

## LỜI GIỚI THIỆU

Theo dự đoán của các nhà nghiên cứu, trong 2 thập kỷ tới, các nước trên thế giới sẽ phải đối mặt với hàng loạt thách thức về kinh tế, xã hội và môi trường. Thu nhập gia tăng, nhất là ở các nước đang phát triển sẽ làm tăng nhu cầu về chăm sóc sức khỏe và các sản phẩm nông, lâm và ngư nghiệp. Trong khi đó, các nguồn tài nguyên thiên nhiên đang bị khai thác một cách quá mức và không bền vững. Biến đổi khí hậu cũng sẽ làm trầm trọng thêm những vấn đề môi trường này bởi tác động xấu đến việc cung cấp nước ngọt và tăng tần suất hạn hán.

Công nghệ sinh học (CNSH) đưa ra các giải pháp công nghệ cho nhiều vấn đề liên quan đến tài nguyên và y tế mà thế giới đang đối mặt. Việc áp dụng CNSH vào sản xuất, y tế và công nghiệp cơ bản có thể sẽ dẫn đến sự xuất hiện một “Nền Kinh tế Sinh học” trong tương lai, trong đó CNSH đóng góp một phần đáng kể trong sản lượng kinh tế.

Để cung cấp cho bạn đọc một cách nhìn tổng quát về các tính chất đổi mới của CNSH hiện tại và hình dung được diện mạo của nền Kinh tế sinh học trong tương lai, dựa trên các tài liệu chuyên ngành của nước ngoài, Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia đã tổng hợp, biên tập và soạn thảo Tổng luận “**NỀN KINH TẾ SINH HỌC THẾ GIỚI TỚI NĂM 2030**”. Hy vọng Tổng quan này sẽ là một tài liệu bổ ích giúp cho người đọc nhận thức được tiềm năng đóng góp của CNSH trong tương lai và là một tài liệu tham khảo hữu ích cho các nhà hoạch định chính sách trong việc sử dụng CNSH để đối phó với các thách thức hiện tại và tương lai.

Xin trân trọng giới thiệu.

**TRUNG TÂM THÔNG TIN KH&CN QUỐC GIA**

# **I. KHÁI NIỆM VỀ NỀN KINH TẾ SINH HỌC**

## **1. Định nghĩa nền kinh tế sinh học**

Đến năm 2030, dân số toàn cầu ước tính sẽ tăng tới 28%, từ 6,5 tỷ năm 2005 lên 8,3 tỷ người và thu nhập bình quân đầu người toàn cầu sẽ tăng 57%, từ 5.900 USD năm 2005 lên 8.600 USD. Dân số lớn hơn và có tác động mạnh hơn sẽ làm tăng nhu cầu về các dịch vụ y tế nâng cao chất lượng cuộc sống và kéo dài tuổi thọ của con người, cũng như nhu cầu về các tài nguyên thiết yếu như: thực phẩm, thức ăn chăn nuôi, sợi để sản xuất quần áo và đồ sinh hoạt, nước sạch và năng lượng.

Để đáp ứng nhu cầu tương lai, khai thác tài nguyên thiên nhiên trong tương lai sẽ cần phải tăng nhanh hơn so với trước đây. Thế nhưng cách thức mà loài người sử dụng và khai thác tài nguyên thiên nhiên đang gây áp lực lên sự bền vững của hệ sinh thái của Trái đất. Dự án Đánh giá Hệ sinh thái Thiên nhiên kỷ ước tính rằng 60% của 24 hệ sinh thái chính trên Trái đất hỗ trợ đời sống của loài người - trong đó có các sông hồ, các ngư trường đại dương, rừng, chất lượng không khí và các hệ cây trồng - đang “bị xuống cấp hoặc sử dụng không bền vững”. Một nghiên cứu về nguồn cá dự báo sự cạn kiệt toàn cầu vào năm 2048 của tất cả các nguồn cá đại dương hiện đang được khai thác nếu không có những thay đổi đáng kể trong quản lý đánh bắt cá. Ngoài ra, biến đổi khí hậu sẽ gia tăng sức ép lên các hệ sinh thái.

Các giải pháp cho những thách thức được đặt ra bởi biến đổi khí hậu, hệ sinh thái xuống cấp, nghèo đói và sức khỏe cộng đồng toàn cầu sẽ đòi hỏi những đổi mới trong lãnh đạo trên phạm vi toàn cầu, chính sách đổi mới, các sáng kiến kinh tế và tổ chức hoạt động kinh tế. Một giải pháp thiết yếu, như đối với những cuộc khủng hoảng trước đây mà loài người phải đối phó với mỗi đe dọa khan hiếm tài nguyên, là đổi mới công nghệ để tạo ra các nguồn tài nguyên mới và cho phép sử dụng hiệu quả các tài nguyên hiện có.

CNSH có thể cung cấp những đổi mới công nghệ như vậy. Nó có thể cải thiện nguồn cung và sự khai thác bền vững trên khía cạnh môi trường về thực phẩm, thức ăn chăn nuôi, sản xuất sợi, cải thiện chất lượng nước, cung cấp năng lượng tái tạo, cải thiện sức khỏe của người, động vật và giúp duy trì sự đa dạng sinh học bằng việc phát hiện các loài xâm hại. Thế nhưng CNSH có thể sẽ không phát huy tiềm năng của nó nếu không có những chính sách thích hợp ở quy mô khu vực, quốc gia và toàn cầu để hỗ trợ phát triển và ứng dụng chúng.

### ***1.1. Kinh tế sinh học là gì?***

Theo tài liệu của OECD, nền kinh tế sinh học có thể được xem như là một thế giới, trong đó CNSH đóng góp một phần đáng kể vào sản lượng kinh tế. Sự nổi lên của nền

CNSH sẽ mang tính toàn cầu và được dẫn dắt bởi các nguyên lý phát triển bền vững và sự bền vững môi trường (xem Hộp 1). Nền kinh tế sinh học gồm 3 thành phần: kiến thức về CNSH, sinh khối tái tạo, và những ứng dụng tích hợp liên ngành.

### **Hộp 1. Nền kinh tế sinh học và phát triển bền vững**

Phát triển bền vững đòi hỏi duy trì các yếu tố hỗ trợ cho đời sống và xã hội. Điều này đòi hỏi sự bảo tồn lâu dài, trong điều kiện tốt: (1) các yếu tố môi trường cơ bản cho sự sống, như đa dạng sinh học, nước uống sạch, không khí sạch, đất đai màu mỡ và khí hậu ôn hòa; (2) các nguồn tái tạo như nước, gỗ, thực phẩm và cá; và (3) các năng lực công nghệ để phát triển các dạng thay thế cho sự suy giảm các nguồn tài nguyên không tái tạo được, như các loại khoáng chất, đá phốt phát và dầu mỏ, hay quản lý các thách thức khác, chẳng hạn như biến đổi khí hậu.

Phát triển bền vững phụ thuộc vào tăng trưởng kinh tế duy trì sự bền vững môi trường. Điều này đòi hỏi phải tách rời tăng trưởng kinh tế khỏi suy thoái môi trường. Bước thứ nhất là giảm số lượng tài nguyên được sử dụng và khối lượng ô nhiễm sinh ra để sản xuất ra một đơn vị sản phẩm kinh tế. Phân tích vòng đời có thể giúp xác định các công nghệ sản xuất hiệu quả môi trường nhất. Tuy nhiên, về lâu dài, tăng trưởng kinh tế cần không chỉ giảm sự hủy hoại môi trường xuống bằng không, mà còn phải phục hồi đất, nước và không khí đã bị hủy hoại.

CNSH có thể hỗ trợ phát triển bền vững bằng cách nâng cao hiệu quả môi trường của lĩnh vực sản xuất sơ cấp, chế biến công nghiệp, giúp phục hồi đất và nước bị hủy hoại. Các thí dụ bao gồm việc sử dụng phương pháp sinh học để loại bỏ các chất độc hại khỏi nước và đất, các giống cây cải tiến cần cày xới ít hơn (giảm xói mòn đất) hay cần ít phân bón và thuốc trừ sâu hơn (giảm ô nhiễm nước), lấy dấu gen để quản lý nguồn cá tự nhiên và ngăn chặn sự suy giảm của chúng, và các ứng dụng CNSH công nghiệp có thể giảm phát thải khí nhà kính từ quá trình sản xuất hóa chất.

*Nguồn: Diamond, 2005; Hermann et al., 2007; IAASTD, 2009*

Yếu tố đầu tiên cần phải làm là sử dụng các kiến thức CNSH để phát triển các quy trình mới sản xuất hàng loạt sản phẩm, bao gồm các dược phẩm sinh học, các vắc-xin tái tổ hợp, các giống cây và con mới và các enzym công nghiệp. Các kiến thức này bao gồm sự hiểu biết về ADN, ARN, các protein và enzym ở cấp phân tử; hiểu biết các cách thức điều khiển tế bào, mô, các cơ quan của cơ thể hay toàn bộ sinh vật; và tin sinh học để phân tích bộ gen và protein. Sự phát triển của các kiến thức này đòi hỏi nghiên cứu và phát triển (NC&PT) và đổi mới một cách tích cực.

Yếu tố thứ hai là sử dụng sinh khối tái tạo và các quy trình sinh học hiệu quả để đạt được sự sản xuất bền vững. Sinh khối tái tạo có thể thu được từ các nguồn sơ cấp như các cây lương thực, cỏ, cây cối và tảo biển; và từ các phế thải nông, công nghiệp và sinh hoạt như phần rau quả bỏ đi, mùn cưa, dầu thực vật đã sử dụng, rác và rom. Các quy trình sinh học có thể chuyển hóa các nguyên liệu này thành nhiều loại sản phẩm, gồm giấy, nhiên liệu sinh học, chất dẻo và hóa chất công nghiệp. Theo cách khác, một số sản phẩm này còn có thể được sản xuất trực tiếp bằng các loại tảo biến đổi gen và vi sinh vật, mà không cần đến nguồn sinh khối.

Yếu tố thứ ba là sự kết hợp giữa kiến thức và ứng dụng, dựa trên những kiến thức cơ bản và các chuỗi kiến thức giá trị gia tăng xuyên suốt các ứng dụng.

Có 3 lĩnh vực ứng dụng chính cho CNSH : sản xuất sơ cấp, y tế và công nghiệp. Sản xuất sơ cấp bao gồm tất cả các tài nguyên thiên nhiên sống, chẳng hạn như rừng, cây ngũ cốc, vật nuôi, côn trùng, cá và các nguồn tài nguyên biển. Các ứng dụng y tế bao gồm dược phẩm, chẩn đoán, dược phẩm dinh dưỡng (nutraceuticals) và một số thiết bị y tế. Các ứng dụng công nghiệp bao gồm hóa chất, chất dẻo, enzym, khai thác mỏ, giấy và bột giấy, nhiên liệu sinh học và các ứng dụng môi trường như các phương pháp sinh học để làm sạch đất ô nhiễm.

Vào giữa thập kỷ thứ nhất của thế kỷ 21, CNSH chiếm dưới 1% GDP của các nước OECD. Trong khi đó, giá trị kinh tế tiềm năng của CNSH có thể lớn hơn rất nhiều. Năm 2004, sản xuất sơ cấp, y tế và các ngành công nghiệp hoặc đã sử dụng sinh khối hoặc có những ứng dụng CNSH hiện tại hoặc tiềm năng đã chiếm tới 5,6% GDP của EU và 5,8% GDP của Mỹ. Để so sánh, ngành công nghệ thông tin và truyền thông chiếm 7,4% GDP của Mỹ năm 2004.

Tiềm năng kinh tế của CNSH có thể được tăng lên thông qua hiệu quả kinh tế nhờ quy mô và phạm vi, làm tăng hiệu quả của nghiên cứu và ứng dụng. Với vai trò là công nghệ nguồn, nghiên cứu trong CNSH tạo ra các công cụ và phát minh sử dụng đa mục đích. Một ví dụ là lập trình tự bộ gen, đã được sử dụng để xác định các mục tiêu dẫn thuốc ở người, các gen hữu ích có giá trị thương mại ở các cây nông nghiệp và các gen ở các vi sinh vật có các ứng dụng công nghiệp. Một ví dụ khác là tin sinh học, đã được sử dụng để phân tích các cơ sở dữ liệu lớn về gen, protein và các cơ sở dữ liệu khác ở tất cả các lĩnh vực ứng dụng.

Tuy vậy, không phải mọi phát minh đều hữu ích trong mọi lĩnh vực. Việc sử dụng dược gen học (pharmacogenetics) hầu như mới chỉ giới hạn trong phạm vi sức khỏe của con người. Phạm vi sử dụng của các phát minh thường giảm dần khi nghiên cứu tiến gần hơn tới những ứng dụng thị trường. Tuy nhiên, có một số trường hợp khi những phát minh được phát triển cho một ứng dụng lại được sử dụng cho một mục

đích hoàn toàn khác. Sự kết hợp chéo của những ứng dụng nghiên cứu và các chuỗi giá trị gia tăng có thể dẫn đến hiệu quả cao hơn và đạt quy mô kinh tế của ứng dụng công nghệ cho mục đích thương mại. Mãi đến gần đây, việc sử dụng CNSH trong một ứng dụng hiếm khi được kết hợp với việc sử dụng nó ở một ứng dụng khác. Trên thực tế, mức độ kết hợp đã giảm theo thời gian. Khoảng cuối thập kỷ 80 và giữa thập kỷ 90, một số tập đoàn lớn, gồm có Monsanto, Novartis và Zeneca, đã tự cho mình là những hãng “khoa học sự sống” để khai thác những kết hợp trong ứng dụng nghiên cứu CNSH chéo giữa nông nghiệp và dược phẩm. Chiến lược này thất bại bởi những khác biệt về thị trường, văn hóa và cơ cấu trong 2 lĩnh vực ứng dụng này. Rốt cuộc, các tập đoàn này đã tách các hoạt động kinh doanh của họ thành các hãng công nghiệp, y tế và nông nghiệp độc lập.

Những sự phát triển gần đây đã tăng mức độ tích hợp chéo giữa 2 lĩnh vực ứng dụng chính này. Ví dụ, việc sản xuất enzyme cho các hóa chất tinh khiết của các hãng công nghiệp để sử dụng trong ngành dược phẩm, đã cải thiện các giống cây trồng cho nhiên liệu sinh học và sản xuất chất dẻo sinh học, việc sản xuất các dược phẩm sinh học đại phân tử trong các cây trồng biến đổi gen, việc sử dụng các vắc-xin tái tổ hợp và chẩn đoán sinh học trong nông nghiệp, và các thực phẩm chức năng và dược phẩm dinh dưỡng được hy vọng cải thiện sức khỏe. Sản xuất sơ cấp, như một nguồn sinh khối và như một cỗ máy sản xuất hóa chất giá trị cao, có thể sẽ đóng vai trò trung tâm trong việc tích hợp các ứng dụng CNSH. Thí dụ, sử dụng CNSH để tạo ra các giống cây cải tiến cho nhiên liệu sinh học sẽ kết hợp sản xuất sơ cấp với sản xuất công nghiệp, còn sản xuất dược phẩm ở thực vật sẽ liên kết các ngành dược phẩm với nông nghiệp.

### ***1.2. Dự đoán về nền kinh tế sinh học đang nổi***

Có hai tính chất của CNSH khiến cho lĩnh vực công nghệ này khác với nhiều công nghệ khác, góp phần nâng cao khả năng dự đoán của các nhà nghiên cứu về tương lai của nền kinh tế sinh học. Thứ nhất, các yêu cầu điều tiết đối với một số CNSH trong nông nghiệp và y tế. Những yêu cầu này cung cấp dữ liệu có thể được sử dụng để dự báo những gì sẽ có thể được đưa ra thị trường trong vòng 7 năm tới. Đặc tính thứ hai là CNSH thường xuyên được sử dụng như là một quy trình công nghệ để làm ra các sản phẩm đang tồn tại, chẳng hạn như nhiên liệu, chất dẻo và giống cây trồng. Nó cũng có thể được sử dụng để sản xuất một sản phẩm hoàn toàn mới ví dụ như các loại thuốc chữa trị ung thư. Đối với tất cả ví dụ này, vấn đề cần phải giải quyết đã được biết trước. Chúng gồm các vấn đề bệnh tật, các loại giống cây có thể nâng cao sản lượng nông nghiệp và các loại sản phẩm công nghiệp có thể thay thế bằng sinh khối. Ngoài ra, quy mô thị trường tiềm năng cho những sản phẩm như nhiên liệu sinh học và thuốc chống ung thư có thể ước tính được với mức độ chính xác thỏa đáng.

Tuy nhiên, những đột phá khoa học có thể tạo ra ứng dụng thành công mô hình kỹ thuật sinh học tổng hợp, dẫn đến việc sản xuất các hợp chất mới vẫn chưa thể dự đoán được trước năm 2030, với những ứng dụng và thị trường không thể lường trước.

## **2. Hiện trạng của nền kinh tế sinh học hiện nay**

CNSH hiện nay được sử dụng trong sản xuất sơ cấp, y tế và công nghiệp. Các công nghệ nền tảng như biến đổi gen, sắp xếp gen, tin sinh học và kỹ thuật đường trao đổi chất đã có các lợi ích thương mại trong một số lĩnh vực ứng dụng. Các ứng dụng chính hiện tại của CNSH trong sản xuất sơ cấp là trong lĩnh vực trồng trọt, chăn nuôi và chẩn đoán bệnh, và một số ít ứng dụng trong lĩnh vực thuốc thú y. Các ứng dụng đối với lĩnh vực chăm sóc sức khỏe con người gồm liệu pháp học, chẩn đoán, dược gen học nhằm cải tiến các phương pháp chẩn bệnh, thực phẩm chức năng và dược phẩm dinh dưỡng và một số thiết bị y tế. Các ứng dụng công nghiệp gồm việc sử dụng các quy trình CNSH để sản xuất hoá chất, chất dẻo, các enzym, các ứng dụng môi trường như xử lý ô nhiễm bằng phương pháp vi sinh và cảm ứng sinh học, các phương pháp làm giảm hiệu ứng môi trường hoặc giảm chi phí của việc khai thác tài nguyên; sản xuất nhiên liệu sinh học. Một số ứng dụng, như sinh dược phẩm, chẩn đoán trong ống nghiệm (in vitro diagnostics), một số dạng cây lương thực biến đổi gen, các enzym được coi là các công nghệ tương đối "chín muồi". Một số các ứng dụng khác có khả năng thương mại hạn chế nếu không nhận được sự hậu thuẫn của chính phủ (ví dụ như nhiên liệu sinh học và khai mỏ sinh học) hoặc vẫn đang trong giai đoạn thí nghiệm, ví dụ dược phẩm tái phục hồi và các liệu pháp y tế dựa trên can thiệp RNA.

### **2.1. Các công nghệ nền tảng**

Các công nghệ nền tảng, ở đây được hiểu là các công cụ và các kỹ thuật nghiên cứu chính đối với lĩnh vực CNSH hiện đại, được sử dụng cho cả NC&PT và ở hầu hết các ứng dụng CNSH. Hiện tại, các công nghệ quan trọng nhất trong lĩnh vực này là thông tin di truyền và biến đổi gen (GM). Biến đổi gen, được thực hiện vào đầu thập niên 70 của thế kỷ trước, bao gồm việc chèn một hoặc nhiều đoạn gen của một sinh vật này vào ADN của một sinh vật khác, thường nhằm để tạo ra một đặc điểm di truyền mong muốn. Mặc dù công nghệ này từng rất phức tạp và chỉ thực hiện trong phòng thí nghiệm, các tiến bộ trong việc khuếch đại các dải ADN (sử dụng phản ứng chuỗi polymerase, hay PCR) và sự phát triển của các phương pháp truyền gen mới (ví dụ các súng bắn gen) đã khiến cho kỹ thuật này trở nên phổ biến. Biến đổi gen hiện đang được sử dụng trong rất nhiều các ứng dụng CNSH khác nhau.

Một công nghệ nền tảng mới nổi được sử dụng để điều chỉnh chức năng của gen là kỹ thuật Gây nhiễu RNA (RNAi). Kỹ thuật này bao gồm việc bão hoà các tế bào bằng các đoạn RNA dài kép làm tắt (hoặc bật) các gen mục tiêu. Hiện tại chưa có ứng dụng

thương mại nào của RNAi đối với việc làm câm gen, nhưng một số liệu pháp y tế dựa trên RNAi đang được thử nghiệm lâm sàng.

Các công nghệ quan trọng khác gồm phân tích chức năng tế bào (trao đổi chất) và cấu trúc của các phân tử tế bào, proteomics (hệ protein học) và ADN. Proteomics gồm việc xác định và phân tích chức năng hoàn chỉnh của các protein trong một sinh vật. Kỹ thuật này phức tạp hơn kỹ thuật hệ gen bởi vì các protein có thể được biến đổi nội bào.

Sắp xếp ADN xác định trật tự của các nucleotide (chuỗi cơ sở) trong một phân tử ADN. Đây là bước chủ chốt trong việc phát hiện các gen cấu trúc và chức năng. Một khi xác định được chuỗi tham khảo của một gen, thì thông tin này có thể được sử dụng để xác định các sai sót trong việc mã hoá di truyền của các cá thể. Hiệu quả của các công nghệ sắp xếp gen, được đo bằng số lượng các cặp cơ sở có thể được sắp xếp bởi một kỹ thuật viên trong một ngày, đã tăng gấp 500 lần trong thập kỷ qua, với chi phí giảm mạnh. Hiện có một phạm vi ngày càng tăng các công nghệ sắp xếp gen, từ các công nghệ dựa vào PCR để khuếch đại vật liệu di truyền trước khi chúng có thể được sử dụng cho tới những công nghệ đòi hỏi một phân tử đơn để xác định chuỗi gen của nó. Công nghệ ADN micro array (cùng một lúc đo được nhiều mẫu phân tích) cho phép các nhà nghiên cứu xác định các gen đã biết của con người, động vật, thực vật và côn trùng. Những công nghệ này mở ra rất nhiều ứng dụng trong lĩnh vực xét nghiệm.

Tin sinh học (Bioinformatics) bao gồm việc xây dựng và phân tích các cơ sở dữ liệu chứa thông tin về các bộ gen, protein và các quy trình tế bào phức hợp khác. Có nhiều ngân hàng sinh học đã được thành lập ở một số nước để thu thập dữ liệu di truyền và các dữ liệu khác về một số lượng lớn các cá thể. Phân tích các cơ sở dữ liệu về các hệ gen của người, động vật và thực vật sẽ có thể mang tới những hiểu biết tốt hơn về các chức năng gen và cải thiện việc phòng ngừa, chẩn đoán và chữa trị nhiều loại bệnh tật.

Sinh học tổng hợp (synbio) đang nổi lên với vai trò là một lĩnh vực mới về cải tiến vi sinh vật, dựa trên một phương pháp kỹ thuật cho phép "chế tạo và xây dựng các bộ phận, thiết bị và các hệ thống sinh học mới và tái thiết kế các hệ thống sinh học tự nhiên, đã có cho các mục đích sử dụng". Mục tiêu của synbio là nhằm tăng năng lực sinh học bằng cách chế tạo một hệ thống tế bào cho một chức năng riêng biệt, vì vậy loại trừ được việc sản sinh các sản phẩm không mong muốn làm phí tổn năng lượng của tế bào. Một kỹ thuật nằm trong lĩnh vực synbio gồm biến đổi các con đường trao đổi chất của một sinh vật, ví dụ tập hợp các phản ứng hoá học mà nhờ đó một sinh vật sống hoặc một tế bào có thể tự duy trì. Mục đích là nhằm khiến cho tế bào hoặc sinh sản ra một chất mong muốn hoặc tiêu thụ một chất (ví dụ để phục hồi môi trường). Kỹ thuật đường trao đổi chất đã được sử dụng, ví dụ, để phát triển các vi sinh vật có khả

năng sản sinh ra các polime polyhydroxybutyrate (PHB) và propanediol (PDO). Một ứng dụng tiềm năng nữa của synbio đó là đối với các cảm ứng sinh học. Gần đây, một bộ cảm ứng sinh học có khả năng dò ra arsen trong nước, đã được trường đại học Edinburgh của Anh phát triển bằng cách sử dụng synbio. Các thiết bị có khả năng dò ra sự hình thành màng sinh học là nguyên nhân gây ra sự nhiễm trùng và tắc nghẽn trong ống thông đường tiêu, cũng đang trong quá trình phát triển.

Việc xây dựng một “tế bào cực nhỏ” hoặc một “bộ gen nhân tạo” là chủ đề chính của nghiên cứu synbio. Việc này có thể thực hiện được hoặc bằng cách sử dụng một bộ gen tổng hợp hoàn toàn sau đó chèn nó vào một tế bào có ADN nguyên gốc đã được loại bỏ, hoặc bằng cách xây dựng một tế bào nhân tạo từ các thành phần sinh học được thiết kế trước. Năm 2007, Phòng Thương hiệu và Sáng chế Mỹ đã cấp sáng chế cho Viện J.Craig Venter về bộ gen vi khuẩn nhân tạo hoàn chỉnh đầu tiên. Nghiên cứu này hiện đang trong quá trình chèn bộ gen nhân tạo này vào một tế bào vi khuẩn sống.

## ***2.2. Các ứng dụng của CNSH trong sản xuất sơ cấp***

CNSH hiện đại được sử dụng trong sản xuất sơ cấp để phát triển các loài thực vật và động vật mới có những đặc điểm di truyền được cải tiến, các công cụ chẩn đoán mới, các kỹ thuật gây giống thực vật và động vật tiên tiến và các liệu pháp, vắc-xin để chữa trị và phòng ngừa bệnh thú y.

### ***2.2.1. Thực vật***

- Các loại cây trồng mới

CNSH được sử dụng để phát triển các loại cây lương thực, thức ăn cho gia súc, lấy sợi có các đặc điểm di truyền có giá trị thương mại. Một phương pháp là sử dụng biến đổi gen (GM) để chuyển giao vật liệu di truyền tới các loài không thể lai giống. Các phương pháp khác chỉ sử dụng vật liệu di truyền của các loài có khả năng tự lai giống tự nhiên, ví dụ như sắp xếp gen và tái cấu trúc nội gen (gene shuffling và intragenics). Các CNSH ví dụ như chọn lọc dựa vào chỉ thị đánh dấu phân tử (MAS), sử dụng các đánh dấu sinh học hay hoá học để xác định các đặc điểm, có thể được sử dụng để cải thiện độ chính xác và giảm thời gian cần để phát triển các loại cây mới dựa trên các kỹ thuật sinh sản thông thường.

Cả chương trình nghiên cứu Biến đổi gen và phi Biến đổi gen đều tập trung vào một hoặc những đặc điểm sau:

- Chịu được thuốc diệt cỏ (HT): cho phép thực vật kháng lại những hiệu ứng của các thuốc diệt cỏ chuyên biệt. HT được phát triển bằng cách sử dụng cả công nghệ GM và các kỹ thuật chăn nuôi khác.
- Chống được các loài gây hại: cải thiện khả năng chống chịu các côn trùng, virus, vi khuẩn, nấm mốc và giun tròn gây hại cho thực vật.

- Các đặc điểm nông học: cải tiến năng suất, tăng sức đề kháng với các điều kiện khắc nghiệt như độ nóng, lạnh, hạn hán và độ mặn.
- Các đặc trưng chất lượng sản phẩm: gồm màu sắc hoặc hương vị được biến đổi, thành phần dầu hoặc tinh bột được biến đổi làm cải thiện giá trị dinh dưỡng hoặc các đặc điểm chế biến, và sản xuất các chất công nghiệp và y học có giá trị.
- Các đặc điểm kỹ thuật: ví dụ các chất chỉ thị hoá học rất cần thiết đối với các chương trình lai giống, nhưng không có giá trị thương mại đối với người trồng.

Mặc dù các giống biến đổi gen của hơn chục loài thực vật khác nhau đã được luật pháp chấp nhận ở nhiều nơi trên thế giới, nhưng phần lớn cây biến đổi gen là cây bông, ngô, hạt cải dầu và đậu tương. Nhiều nơi trên thế giới, cả các nước OECD lẫn không thuộc OECD đã sử dụng thực vật biến đổi gen, với các cây trồng GM được canh tác ở 10 nước OECD và ở 13 nước không thuộc khối OECD trong năm 2007. Tính trên toàn cầu, cây trồng GM đã được canh tác trên khoảng 107 triệu héc-ta trong năm 2007, chiếm xấp xỉ 9% diện tích đất canh tác tất cả các loại cây trồng, xấp xỉ 1/3 cây trồng là của 4 loại cây GM được nêu trên. Mặc dù hầu hết các giống cây GM thương mại đều được phát triển ở các nước OECD, nhiều nước đang phát triển cũng rất tích cực trong việc sử dụng CNSH để cải thiện các giống cây trồng. Cơ sở dữ liệu FAO-BioDeC liệt kê 1678 dự án cây trồng không sử dụng công nghệ GM và 929 dự án cây trồng GM ở 88 nước. Xấp xỉ 8,5% dự án phi GM và 6,2% dự án GM đều dẫn tới các giống cây được thương mại hoá. Các cây trồng GM trọng điểm chính (bông, ngô, hạt cải dầu và đậu tương) chiếm hầu hết tất cả các giống GM được thương mại hoá cũng như chiếm phần lớn trong số cây trồng GM. NC&PT cũng được thực hiện ở các nước đang phát triển. Các đối tượng nghiên cứu khác gồm ri đường, lúa mạch, chuối, cà phê, quả cà, dầu cọ, dứa, khoai lang và các giống đậu khác.

#### - Lâm nghiệp

Việc áp dụng GM vào lâm nghiệp tương đối chậm so với cây trồng GM. Nguyên nhân là do mức độ di truyền phức tạp của các loại cây lâm nghiệp, thời gian trồng trọt dài và đòi hỏi nhiều yêu cầu biến đổi gen đối với hầu hết các đặc điểm di truyền. Hầu hết, tất cả các chương trình CNSH dành cho các loài cây lâm nghiệp đều ở giai đoạn nghiên cứu, ngoại trừ chương trình vườn ươm cây dương GM của Trung Quốc. Mặc dù các thử nghiệm trong lĩnh vực GM về các đặc điểm di truyền có giá trị thương mại trong lâm nghiệp được tiến hành ở những khía cạnh như: các đặc điểm chất lượng, mức độ chịu thuốc diệt cỏ và chống côn trùng gây hại, nhưng phần lớn các thử nghiệm là về các đặc điểm di truyền kỹ thuật không có mục đích thương mại hoá mà mang ý nghĩa hỗ trợ nghiên cứu sâu hơn. Tuy nhiên, tốc độ nghiên cứu cây lâm nghiệp GM đã tăng. Theo tài liệu phân tích của OECD, hơn 387 thử nghiệm lĩnh vực GM được tiến

hành với các loài cây lâm nghiệp trong giai đoạn 2000-2007, so với chỉ có 93 thử nghiệm được tiến hành giai đoạn 1987-2000.

CNSH hiện được sử dụng để phát triển các loại cây có chất gỗ được biến đổi, có khả năng làm giảm chi phí sản xuất giấy, đặc biệt là đối với loại giấy đặc biệt. Các loại cây sinh trưởng nhanh để lấy gỗ thanh, bột giấy, giấy và sản phẩm nhiên liệu sinh học cũng là một mục tiêu quan trọng. CNSH cũng được áp dụng vào lĩnh vực nhân giống cây. Mục tiêu là nhân giống các cây con giống nhau về mặt di truyền của các cây có tính năng di truyền siêu đẳng. Các công nghệ nhân giống dựa trên CNSH, đôi khi kết hợp với MAS, có thể đẩy mạnh tiến độ của các chương trình gây giống cây. Một kỹ thuật phổ biến là vi nhân giống (micropropagation), cho phép việc nhân giống nhanh các loại cây từ việc nuôi cấy mô. Công nghệ này hiện đã được thương mại hoá.

Các nước đang phát triển cũng đã áp dụng CNSH vào lâm nghiệp, với nhiều ứng dụng được thương mại hoá. Cơ sở dữ liệu FAO-BioDeC có chứa 810 dự án nghiên cứu phi GM và 46 dự án GM liên quan tới lâm nghiệp. Vi nhân giống và nuôi trồng thực vật dựa trên CNSH chiếm tương ứng tới 51% và 33% các dự án nghiên cứu phi GM, trong khi phần còn lại của dự án nghiên cứu lâm nghiệp là về chẩn đoán hoặc thuốc trừ sâu sinh học và phân bón. Hơn 41% nghiên cứu lâm nghiệp GM là ở các nước đang phát triển, tập trung vào khía cạnh chống chịu sâu bọ, 13% là về khía cạnh chống chịu vi khuẩn và nấm mốc, 11% là về khía cạnh chịu mặn, còn 4% là về hàm lượng lignin/chất lượng gỗ.

#### - Chẩn đoán bệnh thực vật

Chẩn đoán có thể xác định dịch bệnh của cây trước khi nó có thể gây ra tổn thất cho nền kinh tế, cho phép nông dân có thể xử lý các cây trồng bị bệnh bằng thuốc diệt sâu bọ hoặc ngăn ngừa sự lan rộng của dịch bệnh. Một số phương pháp chẩn bệnh thông qua sự hiện diện của các protein hay các gen cụ thể (ví dụ một kháng thể) đang được sử dụng để phát hiện dịch bệnh ở cây. Hiện đã có thể chẩn đoán được 954 loại bệnh thực vật, trong số đó 90% là về vi khuẩn, nấm và các ký sinh gây ra virut.

#### 2.2.2. Động vật

CNSH có ba ứng dụng chính đối với gia súc, gia cầm và thủy sản, đó là: gây giống, nhân giống và chăm sóc (chẩn đoán và chữa trị). Các CNSH (như MAS và GM) được sử dụng trong nuôi trồng thực vật cũng có thể được áp dụng vào chăn nuôi động vật. Ngoài ra, chẩn đoán có thể được sử dụng để xác định các căn bệnh di truyền nguy hiểm, nhằm loại bỏ các con vật bị bệnh ra khỏi đàn chăn nuôi. Các liệu pháp sinh học, do chi phí cao, chủ yếu được sử dụng cho động vật thuần hoá (vật nuôi trong nhà) hoặc gia súc có giá trị.

- Gây giống động vật:

Ứng dụng thương mại lớn nhất của CNSH đối với gây giống động vật là sử dụng MAS để cải tiến độ chính xác và tốc độ của các chương trình gây giống thông thường. Công nghệ này được sử dụng rộng rãi ở các nước OECD và các nước không thuộc OECD. NC&PT đối với gây giống các động vật GM nhằm mục đích sản xuất ra các hợp chất mong muốn trong sữa hoặc máu của chúng, cải thiện các tính chất thực phẩm, hoặc phổ biến các đặc điểm di truyền làm giảm một số tác động có hại lên môi trường của việc chăn nuôi động vật quy mô lớn.

- Nhân giống:

Nhân bản chuyên nhân tế bào thường là kỹ thuật sinh học tiên tiến chủ yếu được sử dụng để nhân giống động vật. Kỹ thuật này bao gồm việc loại bỏ nhân của một tế bào trứng và thay nó bằng một nhân (và ADN) của một cá thể khác cùng loại. Con vật được nhân bản giống hệt với con vật tặng ADN. Mặc dù chi phí đang và sẽ giảm, nhưng kỹ thuật này quá tốn kém để được sử dụng rộng rãi cho gây giống

- Chẩn đoán và chữa trị thú y:

Lĩnh vực chẩn đoán bệnh động vật dựa trên các xét nghiệm miễn dịch và di truyền được phát triển cho người, với sự biến đổi rất nhỏ. Có hai thị trường chính cho chẩn đoán bệnh động vật: vật nuôi trong nhà và gia súc trang trại.

Năm 2007, 160 bộ kit chuẩn đoán thú y sử dụng 69 phương pháp khác nhau, trong đó 39 phương pháp dựa trên CNSH, được đưa ra thị trường để phát hiện 57 bệnh dịch. Các bộ kit chẩn đoán bệnh hiện có thể chẩn đoán được 26 trên 91 bệnh mà Tổ chức Thú Y Thế giới (OIE) coi là "tác động xấu tới kinh tế xã hội và gây ra hậu quả cho sức khỏe cộng đồng". Hiện tại, việc phát triển các phương pháp chẩn đoán thú y đang tăng lên, thể hiện ở hơn 1/3 của 160 phương pháp chẩn đoán trên thị trường trong năm 2007 là được phát triển trong giai đoạn 2002 tới 2007, nhưng phần lớn không dựa trên CNSH.

CNSH cũng đóng góp vào một số phương pháp chẩn bệnh đối với thủy sản. Những phương pháp này sử dụng ADN để phát hiện các virus gây bệnh ở các loại giáp xác và cá nuôi ở trang trại. Ngoài các ứng dụng này, CNSH cũng có một số ứng dụng đối với các nguồn thủy sản, ví dụ như cá tự nhiên, động vật thân mềm và các loài thủy sản khác.

### **2.3. Các ứng dụng CNSH trong y tế**

CNSH được ứng dụng vào ba lĩnh vực chính của y tế, gồm: chữa trị, chẩn đoán và dược gen học. Ngoài ra, còn có hai lĩnh vực khác mà CNSH còn có thể được ứng dụng đối với lĩnh vực y tế, đó là Dược phẩm dinh dưỡng và Thực phẩm chức năng (FFN) và các thiết bị y tế.

### 2.3.1. *Chữa trị*

- Các liệu pháp chữa trị sử dụng CNSH có thể được chia thành 3 nhóm:
  - Dược sinh học: là các liệu pháp đại phân tử với trọng lượng của phân tử từ vài ngàn cho tới vài chục ngàn dalton. Các liệu pháp này bao gồm các kháng thể đơn dòng (mAbs) và các phiên bản tái tổ hợp của các protein, axit amin, vắc-xin, các enzym và các hóc-môn.
  - Các phương pháp điều trị thử nghiệm: bao gồm một nhóm các CNSH khác nhau có rất ít sản phẩm trên thị trường, ví dụ, kỹ thuật mô, vắc-xin liệu pháp, nghiên cứu tế bào gốc, gen, antisense, và liệu pháp RNAi.
  - Các liệu pháp điều trị tiêu phân tử (SM): các thuốc tiêu phân tử thường được tạo ra thông qua quá trình tổng hợp hoá học. CNSH có thể được sử dụng để xác định các mục tiêu liệu pháp, để cung cấp một phương tiện sàng lọc một cách hiệu quả hơn các phân tử có tiềm năng làm thuốc trong nghiên cứu tiền lâm sàng. Tri thức CNSH có thể được ứng dụng để phát triển, sản xuất, thử nghiệm và quản lý việc sử dụng thuốc SM. Ứng dụng này tạo ra các cơ hội để cải thiện năng suất phát triển thuốc SM theo bốn cách sau: truyền thuốc, thử nghiệm lâm sàng, sản xuất, chăm sóc bệnh nhân.

### 2.3.2. *Chẩn đoán*

Các xét nghiệm chẩn đoán dựa trên CNSH hiện đại được sử dụng để xác định các bệnh di truyền và không di truyền. Chẩn đoán có thể trên vật chủ sống (in vivo) hoặc nuôi cấy trong phòng thí nghiệm (in vitro). In vivo dựa trên CNSH có thị trường tương đối nhỏ và phần lớn nhằm mục đích phát hiện bệnh ung thư. Ngược lại, thị trường chẩn đoán in vitro (IVD) tương đối lớn. Các quy định đối với chẩn đoán in vitro thường đỡ khắt khe hơn so với chẩn đoán in vivo bởi vì chẩn đoán in vitro thường được coi là không gây hại cho sức khoẻ. Nói chung, có hai loại xét nghiệm chẩn đoán in vivo dựa trên CNSH: miễn dịch học (dựa trên sự chuyên biệt trong việc kết hợp với một phân tử mục tiêu của các kháng thể) và di truyền phân tử (dựa trên các tính chất liên kết của các chuỗi gen tương đồng). Các kháng thể chuyên biệt với một phạm vi rộng các phân tử có thể được tạo ra và sử dụng để dò ra các dấu hiệu bệnh tật hoặc để phát hiện các chất lạ ở nhiều loại chất lưu của con người, như máu hoặc nước tiểu. Các xét nghiệm di truyền có thể xác định các gen chuyên biệt và xác định sự hiện diện hoặc vắng mặt của các đột biến hoặc các thay đổi khác ở vật liệu di truyền của một cá thể.

### 2.3.3. *Dược di truyền học*

Dược di truyền học nghiên cứu cách thức tương tác giữa gen và thuốc. Phương pháp này sử dụng các chẩn đoán và tin sinh học để xác định các tiểu nhóm phản ứng hoặc

không phản ứng với các thuốc cụ thể. Công nghệ này có thể mở đường cho các liệu pháp y tế cụ thể hơn.

OECD đã xác định ba cách thức theo đó dược di truyền học hiện được ứng dụng vào thực hành lâm sàng:

- giúp xác định các chất phản ứng và chất phi phản ứng đối với một phương pháp điều trị
- hỗ trợ việc xác lập các liều thích hợp cho các chất phản ứng;
- xác định tính nhạy đối với một số phản ứng nghịch thuốc (ADR) và có thể loại một số bệnh nhân khỏi phác đồ điều trị

Việc sử dụng rộng rãi dược gen học và dược di truyền học có thể dẫn tới các loại thuốc cá nhân hoá, trong đó loại thuốc và liều dùng theo đơn được xác định bởi hệ gen của một cá thể. Việc sử dụng những công nghệ này trong bào chế và phát tán thuốc có thể làm giảm thời gian và chi phí bào chế thuốc, do nhờ các thử nghiệm lâm sàng cụ thể và nhỏ hơn và thời gian cấp phép lưu hành cho thuốc ngắn hơn. Lợi ích đối với việc chăm sóc sức khoẻ bao gồm các liều lượng hiệu quả hơn, được cá nhân hoá và ít phản ứng phụ.

#### *2.3.4. Dược phẩm dinh dưỡng và Thực phẩm chức năng (FFN)*

CNSH được sử dụng để phát triển các loại thực phẩm chức năng bằng các loại dầu và quả như cà chua có các mức kháng ôxi hoá cao ví dụ như lycopene và anthocyanin, là các loại chất được cho là có khả năng chống ung thư và các bệnh tim mạch.

#### *2.3.5. Các thiết bị y tế*

Thiết bị y tế bao gồm các dụng cụ và thiết bị phẫu thuật, chẩn đoán nuôi cấy trong phòng thí nghiệm (in vitro), kỹ thuật mô, các dụng cụ và sản phẩm chụp hình y tế và các sản phẩm tác động tới cấu trúc sinh học của một cá thể nhưng không tạo ra các hiệu ứng thông qua phản ứng hoá học hoặc sinh học (ví dụ, cấy ghép, bộ phận giả, thần kinh giả để phục hồi thị lực, thị giác hoặc vận động chức năng, máy kiểm soát nhịp tim, bơm truyền và các máy thâm tách). Nhiều thiết bị y tế không liên quan tới CNSH, nhưng kỹ thuật mô và nhiều phương pháp chẩn bệnh có liên quan tới CNSH. Một dạng khác của thiết bị y tế là cảm ứng sinh học sử dụng các protein để dò ra các phân tử. Các bộ cảm ứng sử dụng các enzym có thể làm trung hoà các phản ứng hoá học để chỉ ra sự hiện diện của các chất mà không bị hỏng. Các cảm ứng sinh học dựa trên enzym hiện đang được sử dụng với các bơm insulin để giám sát các mức glucô ở người mắc bệnh tiểu đường.

#### *2.4. Các ứng dụng của CNSH trong công nghiệp*

CNSH công nghiệp được sử dụng trong việc sản xuất các hoá chất và các vật liệu sinh chiết suất, với các ứng dụng phụ trong lĩnh vực khai mỏ và khai thác tài nguyên.

Có rất nhiều ứng dụng công nghiệp dựa trên các enzym được sản xuất từ các vi sinh vật GM hoặc được lựa chọn bởi CNSH hiện đại.

#### *2.4.1. Sản xuất hoá chất*

CNSH có thể được sử dụng để sản xuất những khối lượng lớn nhiên liệu sinh học, các hoá chất chuyên dụng và hoá chất thô, bao gồm các enzym, dung môi, các axit amin, các axit hữu cơ, các vitamin, thuốc kháng sinh, các polime sinh học. Đối với sản xuất hoá chất, các quy trình CNSH có thể thay thế cho một hoặc nhiều bước hoá chất. Vì vậy, chúng có nhiều lợi thế đối với các phương pháp tổng hợp hoá chất thông thường, bao gồm nhiều bước phản ứng đặc trưng hơn, đòi hỏi các điều kiện sản xuất ít hơn (như nhiệt độ và áp suất thấp hơn, các điều kiện pH dịu hơn) và các đầu vào năng lượng, chất thải và tác động tới môi trường thấp hơn. Bất chấp những lợi thế này, việc áp dụng CNSH vào sản xuất hoá chất vẫn còn hạn chế, do chi phí cao của các enzym hay các lò phản ứng sinh học và chi phí của việc xây dựng hoặc cải tạo các cơ sở sản xuất để sử dụng CNSH. Bộ Nông nghiệp Mỹ (USDA) ước tính các quy trình CNSH sản xuất 1,77% sản lượng hoá chất toàn cầu ước tính trị giá 1,2 nghìn tỷ USD trong năm 2005. Các nghiên cứu hiện đang tập trung vào việc đưa CNSH cạnh tranh hơn về mặt chi phí thông qua các phương pháp sản xuất cải tiến, biến đổi gen và kỹ thuật tuyển traو đổi chất và phát triển các quy trình lên men.

#### *2.4.2. Sản xuất vật liệu sinh học*

Ngoài các vật liệu sinh học thông thường như gỗ và bông, các hoá chất sinh học có thể được sử dụng để đóng gói, làm hộp đựng, vải và các loại hàng tiêu dùng lâu bền (vỏ linh kiện điện tử và các bộ phận xe ô tô). Ứng dụng quan trọng nhất của vật liệu sinh học hiện nay là chất dẻo sinh học được sản xuất từ polime sinh học, một số có thể phân huỷ, một số không phân huỷ nhưng có thể tái chế. Hiện tại, việc phát triển các chất dẻo sinh học có thể phân huỷ phát triển hơn chất dẻo không phân huỷ. Một số chất dẻo sinh học, gồm các polime dựa trên ngô phổ biến nhất, có thể được sản xuất mà không cần CNSH hiện đại, nhưng các loại khác đòi hỏi quá trình lên men tiên tiến hoặc các vi sinh vật thiết kế để sản xuất các polime và các đơn phân (các khối kiến tạo của polime). Ngoài ra, các tiến bộ của CNSH nông nghiệp, đặc biệt là các công nghệ liên quan tới các đặc điểm chất lượng sản phẩm, có khả năng làm tăng chất lượng của các thành phần thực vật nào đó, cũng có tác động tích cực lớn tới sản xuất polime sinh học bằng cách tăng sản lượng. Ước tính sản lượng chất dẻo sinh học năm 2008 của thế giới đạt từ 300.000 tấn mét (theo số liệu của European Bioplastic, 2008) lên gần 600.000 tấn mét (USDA, 2008).

#### *2.4.3. Các enzym công nghiệp*

Các enzym là các protein có thể xúc tác lặp lại nhiều lần trong các phản ứng sinh hoá mà không bị tiêu huỷ bởi các phản ứng đó. Ngoài việc đang được sử dụng để sản xuất các hoá chất, chúng còn được sử dụng rất nhiều trong thực phẩm, thức ăn cho gia

súc, chất tẩy rửa, dệt, nhiên liệu sinh học, sản xuất bột giấy và giấy. Việc sử dụng các enzym để thay thế sử dụng các hoá chất có tác động lớn tới việc giảm tác động tới môi trường của các quy trình sản xuất công nghiệp, ví dụ phát thải CO<sub>2</sub> thường giảm nhờ việc tiêu thụ năng lượng thấp hơn khi các quy trình sản xuất được thực hiện ở nhiệt độ thấp.

### **2.5. Các ứng dụng bảo vệ môi trường**

CNSH có thể được sử dụng ở lĩnh vực dịch vụ môi trường để phục hồi hoặc giám sát các điều kiện môi trường. Hai ứng dụng chính gồm:

- Phục hồi sinh thái (bioremediation): sử dụng các vi sinh vật để làm giảm, loại trừ, kiềm chế hoặc chuyển hoá các chất ô nhiễm sản phẩm lành có trong đất, cặn lắng, nước hay không khí
- Các bộ cảm ứng sinh học: Các thiết bị "sử dụng một tác nhân sinh học cố định (một enzym, kháng thể, cơ quan tế bào hoặc toàn bộ một tế bào để phát hiện hoặc đo một hợp chất hoá học" (định nghĩa của Bộ Năng lượng Mỹ).

Các công nghệ phục hồi sinh thái đã được sử dụng trong nhiều năm nay và hình thành nên một nền tảng công nghệ của hầu hết các nhà máy xử lý nước thải hiện đại. Các bộ cảm ứng sinh học có thể được sử dụng để giám sát lâu dài các điều kiện môi trường và sinh thái. So với các cảm ứng sinh học, các cảm ứng dựa trên phân tích hoá chất thường được phát triển rẻ hơn, nhưng lại có mức chi phí tính trên mỗi lần xét nghiệm cao hơn.

Mặc dù các số liệu NC&PT đồng bộ hiện chưa có, nhưng một đánh giá của OECD về NC&PT cảm ứng sinh học ở Liên Minh châu Âu, Nhật Bản và Mỹ cho thấy lĩnh vực này nhận được rất ít đầu tư tư nhân và không có mức tăng đáng kể nào của tài trợ khu vực công. Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn được tiến hành trong lĩnh vực này.

Ngoài phục hồi sinh thái và cảm ứng sinh học, CNSH có thể được áp dụng với vai trò phương pháp tiên xử lý các hoá chất hoặc nhiên liệu để loại bỏ bớt các chất độc hại. Ví dụ, vi sinh vật có thể được kết hợp với phương pháp xử lý hydro truyền thống để loại bỏ các hợp chất sun-phua, thủ phạm gây ra mưa axit, từ các nhiên liệu trầm tích.

### **2.6. CNSH đối với khai thác tài nguyên**

CNSH có thể được sử dụng trong khai thác quặng kim loại và nâng cao việc thu hồi dầu, nhưng hiện nay có rất ít NC&PT về lĩnh vực này được thực hiện.

Đối với khai thác quặng kim loại, hai kỹ thuật ngâm chiết sinh học (bioleaching) và ôxi hoá sinh được sử dụng. Kỹ thuật ngâm chiết sinh học sử dụng vi khuẩn trong một dung dịch lỏng để tách kim loại ra khỏi quặng và được khai thác trong các hoạt động đào vàng và đồng. Ôxi hoá sinh sử dụng vi khuẩn để giải phóng các kim loại kết nang

theo ý muốn. Hai kỹ thuật này có một số lợi thế hơn so với các phương pháp khai thác thông thường: cải tiến tỷ lệ phục hồi, chi phí năng lượng và vốn thấp, hữu ích ở các vùng xa xôi, không đòi hỏi kỹ năng cao.

CNSH cũng có thể được áp dụng trong khai thác dầu. Phục hồi dầu nâng cao bằng vi khuẩn (MEOR) sử dụng các vi sinh vật để tăng lượng dầu thu được từ các giếng dầu. Các axit và khí do vi sinh vật sản sinh ra có thể làm tăng việc khai thác dầu bằng cách giải phóng các túi khí ở đá nhiên liệu hoặc làm tăng áp lực. Tỷ lệ của dầu có thể phục hồi được từ một giếng chuẩn thông thường ở phạm vi từ 15% tới 50%, nhưng một số nhà nghiên cứu ước tính MEOR có thể làm tăng tỷ lệ phục hồi dầu tới hơn 80%. Công nghệ MEOR hiện được sử dụng ở một số lĩnh vực dầu mỏ quy mô nhỏ trong đó công nghệ này có khả năng cạnh tranh về mặt kinh tế.

### **2.7. Tinh chế sinh học (biorefineries)**

Tinh chế sinh học là một "cơ sở tích hợp các quy trình và thiết bị chuyên hoá sinh khối để sản xuất nhiên liệu, điện và hoá chất từ sinh khối" (định nghĩa của Phòng thí nghiệm Năng lượng tái tạo Quốc gia của Mỹ). Khái niệm tinh chế sinh học tương tự với khái niệm tinh chế dầu mỏ ngày nay, vốn là quy trình sản xuất nhiều loại nhiên liệu và sản phẩm từ dầu mỏ. Nhiều ngành công nghiệp, bao gồm chế biến thực phẩm, bột giấy và giấy, đã sử dụng sinh khối để sản xuất sản phẩm với nguồn năng lượng là sản phẩm phụ. Ví dụ, một nhà máy giấy và bột giấy có thể sản xuất các loại giấy từ gỗ trong khi sử dụng nước thải và các chất cặn bã để sản xuất điện. Cũng như vậy, sản xuất ethanol từ ri đường dựa vào việc lên men truyền thống, còn bã mía, sản phẩm phụ của quá trình lên men đường, được đốt lên để tạo ra điện. Hiện có nhiều cơ sở tinh chế sinh học sử dụng amylaza, các enzym được các vi sinh vật biến đổi sản sinh ra, để chuyển hoá tinh bột thành đường sau đó được lên men để tạo ra ethanol. Ngoài việc sản xuất ra nhiên liệu sinh học (như ethanol, diesel sinh học) và thực phẩm cho người hoặc sản phẩm phụ cho chăn nuôi gia súc, tinh chế sinh học còn làm tăng việc sản xuất hoá chất và vật liệu sinh học. Bên cạnh đó, tinh chế sinh học cũng đang được nghiên cứu để sử dụng sinh khối phi thực phẩm hoặc tích hợp với quy trình chế biến chất thải phi thực phẩm như cỏ, các sản phẩm thải loại (các sản phẩm từ gỗ, sản phẩm nông nghiệp và nhiều loại khác) các loại vi tảo hoặc tảo biển.

### **2.8. Nhiên liệu sinh học**

Mặc dù chưa có dữ liệu tổng thể, nhưng nhiều cơ sở tinh chế sinh học để sản xuất nhiên liệu sinh học đang được sử dụng hoặc đang được phát triển ở khu vực OECD. Tới tháng 1/2009, 172 cơ sở tinh chế sinh học ethanol được vận hành ở Mỹ đạt tổng công suất hằng năm là 40,1 tỷ lít (10,6 tỷ galông, số liệu của RFA, 2009), chiếm xấp xỉ 4,5% mức tiêu thụ tính theo galông (số liệu OECD-FAO năm 2008). Ngoại trừ 10 cơ

sở tinh chế sinh học, tất cả đều sử dụng ngô làm nguồn nhiên liệu chủ yếu. Ngoài ra, 13 nhà máy sản xuất ethanol xenluloza thử nghiệm và kiểu mẫu đang được xây dựng ở Mỹ. Những cơ sở tinh chế sinh học xenluloza này được kỳ vọng là sẽ sử dụng các loại cỏ, gỗ, chất thải nông nghiệp và chất thải của đô thị để làm nhiên liệu. Nhà máy quy mô thương mại đầu tiên được kỳ vọng sẽ xây dựng xong vào cuối năm 2009 và sẽ bắt đầu sản xuất 38 triệu lit (10 triệu galông) vào năm 2010. Ngoài ra, 18 chương trình về tinh chế sinh học ở Hà Lan (gồm 1 mạng lưới tinh chế sinh học, 8 dự án NC&PT, 6 nhà máy thử nghiệm và 3 nhà máy kiểu mẫu) và 33 chương trình tinh chế sinh học ở châu Âu và Mỹ (gồm một liên doanh thương mại, 5 mạng lưới, 14 dự án NC&PT, 8 nhà máy thử nghiệm và 5 nhà máy kiểu mẫu)

Có hai giai đoạn trong sản xuất nhiên liệu sinh học sử dụng CNSH: phát triển các loại cây phục vụ cho sản xuất năng lượng sinh học (các đặc điểm nâng cao chất lượng ví dụ như nâng cao dung lượng dầu) và các quy trình mới cải tiến sự chuyển hoá sinh khối thành nhiên liệu.

#### *2.8.1. Các loại cây dùng cho nhiên liệu sinh học*

Các CNSH nông nghiệp làm tăng sản lượng cây trồng, làm giảm việc sử dụng thuốc trừ sâu và cải thiện hiệu suất nông học sẽ gián tiếp làm giảm chi phí sản xuất nhiên liệu sinh học. Các CNSH cũng có thể được sử dụng để biến đổi thành phần cấu tạo của cây trồng để sản xuất nhiên liệu sinh học hiệu quả hơn. Tuy nhiên, chỉ có một tỷ trọng nhỏ nghiên cứu nhiên liệu sinh học là tập trung vào phát triển các loài cây cải tiến dùng cho sản xuất nhiên liệu sinh học. Tổng số sáng chế về nhiên liệu sinh học đã tăng nhanh từ 147 trong năm 2002 lên 1045 sáng chế trong năm 2007. Tuy vậy, sáng chế CNSH nông nghiệp, chỉ chiếm 59 trong tổng số các sáng chế nhiên liệu sinh học năm 2006 (chiếm 9,2% tổng số sáng chế nhiên liệu sinh học năm 2006) và 51 trong năm 2007 (chiếm 4,9% tổng số của năm đó). Bất chấp số lượng sáng chế thấp, nghiên cứu các đặc điểm chất lượng sản phẩm sẽ có thể làm tăng hiệu suất và năng suất nhiên liệu sinh học. Mặc dù một số nghiên cứu trong lĩnh vực này chỉ tập trung vào nhiên liệu sinh học, nhưng các đặc điểm về cải thiện hàm lượng dầu, hạt và hàm lượng tinh bột hiện đang được thử nghiệm ở một số cây lương thực chính (ngô, đậu tương, hạt cải dầu) cũng có thể mang lại những lợi ích lớn cho việc sản xuất nhiên liệu sinh học.

Các loại cỏ và cây gỗ cũng đang được khai thác để sử dụng trong sản xuất nhiên liệu sinh học. Trong khi các cây gỗ có thể được sử dụng để sản xuất năng lượng thông qua đốt cháy (dưới dạng các viên gỗ), thì các CNSH tiên tiến mang lại triển vọng chuyển hoá cỏ và sinh khối lâm nghiệp thành nhiên liệu lỏng thông qua quy trình lên men.

#### *2.8.2. Các quy trình sản xuất công nghiệp nhiên liệu sinh học*

CNSH có thể làm giảm chi phí sản xuất nhiên liệu sinh học thông qua các quy trình CNSH công nghiệp cải tiến, làm thuận lợi cho quá trình chuyển hoá của sinh khối

thành nhiên liệu hoặc năng lượng. Hai dạng nhiên liệu sinh học chính đang được sử dụng hiện nay là ethanol sinh học và diesel sinh học. Các chính sách của chính phủ, đặc biệt là các chính sách trợ cấp, đi đôi với giá năng lượng tăng cao trong giai đoạn 2004 tới 2008, đã thúc đẩy công suất sản xuất nhiên liệu sinh học tăng mạnh.

Việc sản xuất ethanol sinh học và diesel sinh học quy mô lớn đã làm dấy lên những mối quan ngại về tác động của việc sản xuất nhiên liệu sinh học lên môi trường và giá lương thực. Điều này đã thúc đẩy sự quan tâm về quy trình lên men xenluloza và việc sử dụng vi sinh vật để sản xuất nhiên liệu sinh học. Phương pháp sử dụng vi sinh vật có thể tận dụng những ích lợi từ việc sử dụng kỹ thuật con đường trao đổi chất hoặc sinh học tổng hợp để tạo ra các loại vi sinh vật có khả năng sản sinh ra rất nhiều loại nhiên liệu sinh học tiềm năng.

## **II. CÁC NHÂN TỐ CHI PHỐI VÀ MÔ HÌNH KINH DOANH CỦA NỀN KINH TẾ SINH HỌC (KTSH)**

### **1. Các động lực chi phối về thể chế và xã hội của nền kinh tế sinh học**

Nền KTSH mới nổi sẽ bị tác động bởi các yếu tố như hỗ trợ nghiên cứu công, các quy định, quyền sở hữu trí tuệ và quan điểm của xã hội. Năm 2005, chi tiêu cho NC&PT của Nhà nước cho CNSH của khu vực OECD đạt 28,7 tỷ USD, so với 21,5 tỷ USD của khu vực tư nhân năm 2003. Khu vực công vẫn chiếm tỷ lệ đáng kể trong đầu tư vào CNSH y tế. Trong giai đoạn 1989 đến 2007, 20% các thử nghiệm về cây trồng biến đổi gen (GM) được tiến hành bởi các trường đại học và các viện nghiên cứu của Chính phủ. Dữ liệu về hỗ trợ nghiên cứu của Nhà nước cho CNSH công nghiệp vẫn không đầy đủ, trừ dữ liệu về nhiên liệu sinh học (chủ yếu là những hỗ trợ cho các nhà máy thí điểm, thay vì cho NC&PT).

Các quy định để đảm bảo an toàn và hiệu quả của các sản phẩm CNSH tác động tới các dạng nghiên cứu có khả năng về mặt thương mại và chi phí nghiên cứu. Cây trồng GM có mức chi phí quản lý thuần túy cao nhất (dao động từ 0,4 triệu USD đến 13,5 triệu USD đối với mỗi loại giống). Trong lĩnh vực y tế, tính định hướng của các quy định trong tương lai không rõ ràng, với những sức ép kinh tế và những cơ hội công nghệ có thể thúc đẩy các vấn đề theo nhiều hướng khác nhau. Quyền sở hữu trí tuệ có thể ngày càng được sử dụng để đảm bảo sự chia sẻ tri thức thông qua các cơ chế hợp tác như các kho sáng chế hay các consotium nghiên cứu. Thái độ xã hội đối với CNSH sẽ tiếp tục tác động tới các cơ hội xâm nhập thị trường, nhưng quan điểm của công chúng có thể sẽ thay đổi, ví dụ khi các sản phẩm CNSH mang lại những lợi ích đáng kể cho người tiêu dùng hoặc cho môi trường.

Sự phát triển của CNSH chịu sự tác động bởi các yếu tố định hướng thể chế và định hướng xã hội: hỗ trợ của Nhà nước cho nghiên cứu CNSH và đào tạo các nhà khoa học, các quy định, sở hữu trí tuệ và sự chấp nhận của công chúng.

### ***1.1. Nghiên cứu công***

Khu vực nghiên cứu công, bao gồm các trường đại học và các viện nghiên cứu, là yếu tố định hướng/dẫn dắt then chốt của cả CNSH y tế và CNSH nông nghiệp. Khu vực này tạo ra các khám phá về KH&CN có tiềm năng ứng dụng thương mại và liên kết các nguồn nhân lực trình độ cao như các nhà khoa học và kỹ sư. Do vậy, thông qua các quỹ trợ cấp cho các khu vực nghiên cứu, khu vực công có thể tác động tới định hướng nghiên cứu. Chẳng hạn, do những lo ngại về khủng bố sinh học, Chính phủ Mỹ đã tăng chi tiêu cho an ninh sinh học dân sự từ 576 triệu USD năm 2001 lên 5,4 tỷ USD năm 2008. Số lượng các quỹ nghiên cứu về vũ khí sinh học đã tăng hơn 15 lần, từ 33 quỹ trong giai đoạn 1996-2000 lên 497 trong giai đoạn 2001-2005. Sự gia tăng nhanh chóng của nguồn tài trợ này có thể kích thích các nhà nghiên cứu quay sang các ứng dụng CNSH phục vụ an ninh sinh học.

#### ***1.1.1. Chi tiêu công cho NC&PT CNSH:***

Dữ liệu chi tiêu công cho NC&PT tập trung chủ yếu vào vai trò của Mỹ và của khu vực công trong tổng chi NC&PT CNSH của khu vực OECD. Các dữ liệu hiện thời về chi tiêu NC&PT và dữ liệu về xu hướng của nguồn nhân lực là giáo sư và tiến sỹ cho thấy rằng các nước đang phát triển như Trung Quốc, Ấn Độ và Braxin sẽ đóng vai trò ngày càng tăng trong NC&PT CNSH trong tương lai.

Chi tiêu công trong khu vực OECD đối với mọi loại hình NC&PT CNSH năm 2005 đạt gần 28,7 tỷ USD. Châu Âu đạt 4,1 tỷ USD, các nước OECD khác đạt 1,43 tỷ USD và Mỹ là 23,2 tỷ USD. Như vậy, Mỹ chiếm 81% tổng chi tiêu NC&PT công của CNSH. Tổng chi của khu vực tư nhân cho NC&PT của CNSH ở khu vực OECD đạt 21,5 tỷ USD năm 2003, thấp hơn của khu vực công năm 2005. Mỹ chiếm 66,3% tổng chi NC&PT khu vực tư nhân cho CNSH. Do không có thay đổi về chính sách, đặc biệt là của các Chính phủ châu Âu, nên Mỹ vẫn đứng đầu về chi tiêu NC&PT khu vực công cho CNSH, cho dù các nước lớn đang phát triển như Trung Quốc, Ấn Độ và Braxin đang tăng nhanh chi tiêu công cho NC&PT trong lĩnh vực CNSH nông nghiệp. Vai trò của Mỹ, đặc biệt là về nghiên cứu CNSH y tế, có tác động lớn tới người cấp tài trợ cũng như người hưởng lợi ích từ nghiên cứu khoa học.

#### ***1.1.2. Vai trò của nghiên cứu công và chi tiêu theo ứng dụng***

Khu vực công là khu vực quan trọng trong nghiên cứu CNSH phục vụ sản xuất sơ cấp ở các nước phát triển cũng như các nước đang phát triển. Năm 2005, Tổng chi

NC&PT khu vực công ở Mỹ trong lĩnh vực khoa học sự sống (trừ nghiên cứu y tế) đạt 3 tỷ USD, trong đó phần lớn là đầu tư vào sản xuất sơ cấp. Trong khi đó, tổng chi NC&PT khu vực công trong những năm gần đây của 3 nước là Trung Quốc, Ấn Độ và Braxin cũng chỉ đạt 1,2 tỷ USD. Khoản chi này hàng năm của Braxin là 0,5 tỷ USD, của Trung Quốc là 120 triệu USD (trong đó 24 triệu USD là đầu tư cho lúa GM) và 100 USD của Ấn Độ. Hợp tác quốc tế trong nông nghiệp cũng đóng vai trò quan trọng. Ví dụ, nhóm Tư vấn về Nghiên cứu Nông nghiệp Quốc tế (Consultative Group on International Agricultural Research - CGIAR), có vai trò tăng cường các nỗ lực NC&PT sản xuất sơ cấp ở các nước đang phát triển, có ngân sách 500 triệu USD năm 2007.

Sau năm 2003, nghiên cứu công hướng tới những lĩnh vực nghiên cứu mới có tính tiên phong, trong khi các doanh nghiệp tư nhân, mà trong đó một phần ra đời nhờ những khám phá trong nghiên cứu của khu vực công, đã gia tăng đầu tư của họ trong nghiên cứu về nông nghiệp. Mỹ vẫn vững chắc đi đầu về chi tiêu khu vực công cho CNSH y tế, với 29,7 tỷ USD năm 2005 cho mọi loại NC&PT liên quan đến y tế. Con số này gấp 4 lần tổng mức đầu tư công trong lĩnh vực này của 25 nước EU năm 2005 (khoảng 7,5 tỷ USD). Tuy nhiên trong năm 2003, đối với lĩnh vực nghiên cứu dược phẩm thì mức chi tiêu của Mỹ (15,9 tỷ USD) và của tổng cộng 15 nước hàng đầu EU (16,9%) không có nhiều cách biệt. Nếu tính bình quân đầu người, mức chi của khu vực tư nhân ở Mỹ (53 USD) cao hơn khu vực tư nhân ở 15 nước EU này (45 USD). Ngoài đóng góp vào NC&PT, khu vực công là một động lực lớn đối với những chương trình, dự án nghiên cứu hợp tác lớn, có tác động rất lớn tới sự tiến bộ của CNSH y tế. Dự án nổi tiếng nhất là Dự án Bộ gen người (Human Genome Project), một nỗ lực hợp tác công - tư sau 13 năm đã giải mã được toàn bộ bộ gen người sớm hơn 2 năm so với dự kiến (năm 2003). Ví dụ khác về các chương trình hợp tác nghiên cứu, Dự án HapMap Quốc tế (International HapMap Project) nhằm giúp các nhà nghiên cứu xác định những nguyên nhân di truyền của các căn bệnh và các phản ứng thuốc; Dự án Phân tích Bộ gen Ung thư (CGAP) mở ra cơ hội tiếp cận thông tin về gen liên quan tới ung thư.

Dù không có dữ liệu về đầu tư khu vực công cho mọi loại hình CNSH công nghiệp, nhưng Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA) đang thu thập các dữ liệu về đầu tư khu vực công cho NC&PT trong lĩnh vực CNSH năng lượng. Số lượng tài trợ cho NC&PT của nhiên liệu sinh học thấp hơn đầu tư vào y tế và sản xuất sơ cấp. Các nước thành viên của IEA đã chi 250 triệu USD năm 2006 cho NC&PT năng lượng sinh học. Tuy nhiên con số này ít hơn nhiều so với chi tiêu công NC&PT cho các dạng năng lượng khác như nhiệt hạch, nhiên liệu hoá thạch. Tuy nhiên trong tương lai, mức hỗ trợ của các chính phủ cho NC&PT năng lượng sinh học có thể sẽ tăng cao. Tại Mỹ, các dự án

do các quỹ liên bang tài trợ đang tăng chi cho NC&PT ethanol và diesel sinh học, dự kiến có thể đạt 360 triệu USD mỗi năm trong giai đoạn 2006-2012. Bên cạnh đó, Chính phủ Mỹ khuyến khích phát triển CNSH công nghiệp bằng cách cung cấp trang thiết bị chuyên dụng cho các công ty. Chẳng hạn, Bộ Năng lượng Mỹ cho phép các công ty công nghiệp sử dụng nhà máy thí điểm xử lý sinh học hiện đại nhất tại Trung tâm Năng lượng Sinh học Quốc gia (National Bioenergy Center). Việc này cho phép các công ty sử dụng các thiết bị hàng đầu thế giới như các hệ thống lọc và lên men, máy li tâm hiện đại, mà không cần phải đầu tư phát triển nhà máy thí điểm của riêng họ.

### *1.1.3. Nhân lực và đào tạo nhân lực trình độ cao*

Tương lai của nền KTSH phụ thuộc vào nguồn cung cấp nhân lực có trình độ cao, không chỉ nhân lực có chuyên môn hoá cho NC&PT, mà còn cả nguồn nhân lực kỹ năng cao trong các lĩnh vực bán hàng, marketing và phân phối các sản phẩm CNSH được thương mại hoá. Ngoài ra, tính liên ngành của CNSH ngày càng tăng sẽ đòi hỏi phải có nguồn nhân lực am hiểu các lĩnh vực KH&CN liên ngành, gồm hoá học, vật lý, khoa học máy tính, toán học... để có thể tạo ra được những sản phẩm mới có tính sáng tạo. Do vậy, KTSH sẽ ngày càng phát triển trong các nước mà ở đó có chính sách đào tạo và thu hút các nhà khoa học trình độ cao. Một giải pháp để có ngay nguồn nhân lực cho CNSH là sử dụng những người có trình độ bằng cấp về sinh học và các khoa học liên quan. Số người có trình độ tiến sỹ trong các lĩnh vực khoa học vật lý, sinh học và nông nghiệp ở nhiều nước đã tăng mạnh (từ 19.862 đến 34.641 người) từ năm 1985 đến 2005, đặc biệt ở Trung Quốc, tỷ lệ tăng lên tới 98,5%. Trung Quốc và Ấn Độ đạt tỷ lệ 4 tiến sỹ/1 triệu dân, trong khi tỷ lệ này ở Hàn Quốc và Nhật Bản là 20 tiến sỹ/1 triệu dân, Mỹ gần 40, Đức và Anh hơn 70. Số người đạt trình độ đại học và cao học trong các lĩnh vực liên quan tới khoa học sự sống cũng rất quan trọng đối với sự phát triển của KTSH.

Theo OECD, các nghiên cứu ở Phần Lan và New Zealand cho thấy rằng hơn 80% số người làm việc trong NC&PT CNSH không có trình độ tiến sỹ. Tại Mỹ, số người tốt nghiệp đại học và thạc sỹ mới trong lĩnh vực khoa học nông nghiệp và sinh học tăng lần lượt là 65% và 50% trong giai đoạn 1985-2005. Ngoài ra, số lượng người có trình độ tiến sỹ cũng tăng 144% trong lĩnh vực y học và các khoa học sự sống khác. Sự gia tăng số người có trình độ trong lĩnh vực CNSH và các lĩnh vực liên quan là những tín hiệu khả quan đối với tương lai của NC&PT CNSH. Số lượng tiến sỹ giảm ở Mỹ và Đức từ năm 1997 đến 2001 là mối lo, nhưng nó chỉ ảnh hưởng ít tới tổng số tiến sỹ mới vì số lượng tiến sỹ ở Trung Quốc và các nước khác lại tăng. Việc gia tăng nhanh chóng nguồn cung nhân lực và chi tiêu cho NC&PT cho thấy rằng Trung Quốc sẽ ngày càng trở thành trung tâm lớn về CNSH.

## ***1.2. Quy định luật pháp***

Quy định và định hướng trước môi trường pháp lý tác động tới hướng nghiên cứu CNSH, các dạng nghiên cứu có thể thương mại hoá và chi phí cho NC&PT, chủ yếu là các quy định về tính an toàn và hiệu quả của các sản phẩm CNSH. Ngoài ra, còn có các chỉ thị, lệnh cấm và tạm ngừng, như lệnh cấm của chính quyền dưới thời Tổng thống Mỹ Bush về sử dụng các quỹ liên bang cho nghiên cứu tế bào gốc phôi, hay việc nhiều nước EU từ chối thông qua các giống cây trồng GM.

Phần lớn những nghiên cứu về CNSH, vật liệu hay các thiết bị sinh học không chịu những quy định chặt chẽ. Tuy nhiên, trong một số trường hợp việc kiểm soát nghiên cứu tỏ ra rất khắt khe vì những lý do an toàn sinh học. Chẳng hạn, ở Mỹ sau thảm hoạ 11/9, những nghiên cứu về những mầm bệnh nguy hiểm được quy định chặt chẽ hơn. Một nghiên cứu về tác động của các quy định này cho thấy rằng những phụ phí khởi nghiệp nghiên cứu đã tăng từ 1 triệu USD lên 4 triệu USD và chi phí duy trì hoạt động hàng năm tăng từ 100.000 USD lên 700.000 USD. Những chi phí này sẽ làm cho nghiên cứu bị hạn định ở các viện nghiên cứu hoặc doanh nghiệp nhỏ và ảnh hưởng tới hướng nghiên cứu.

Nhiều sản phẩm CNSH được điều chỉnh theo quy định trước khi được thương mại hoá để bảo vệ con người, động vật, cây trồng và môi trường. Các sản phẩm ít có khả năng gây hại cho con người hoặc môi trường thì được quy định ít chặt chẽ hơn. Đó là các chẩn đoán in vitro, cây trồng CNSH không phải GM và các vi sinh vật GM nhằm sử dụng cho các phản ứng sinh học kín. Do vậy, các sản phẩm này thường được đưa ra thị trường tương đối nhanh sau khi hoàn tất NC&PT. Mỹ vẫn là thị trường lớn nhất đối với các sản phẩm CNSH.

Các chi phí quản lý rất khác nhau theo lĩnh vực và dạng sản phẩm. Các sản phẩm không liên quan đến việc đưa vào môi trường mở một sinh vật GM hoặc các can thiệp y học vào cơ thể sống (in vivo) thường ít tốn kém hơn. Trong nông nghiệp, chi phí quản lý khi đưa một giống cây GM ra thị trường là từ 435.000 USD (không gồm các chi phí về an toàn) đến 13,5 triệu USD (gồm cả chi phí an toàn). Chi phí này cao hơn nhiều so với chi phí khi đưa giống cây không phải GM ra thị trường (chỉ từ 5.000 đến 11.000 USD). Các chi phí về liệu pháp chữa trị trên động vật hoặc vắc-xin dựa trên CNSH cũng rất cao (từ 176.000 USD đến 446.000 USD) khi sản phẩm được đưa ra thị trường. Tại Mỹ, chi phí để cho ra đời một liệu pháp chữa trị trên người là gần 1,3 triệu USD, trong khi chi phí quản lý của chẩn đoán trong ống nghiệm chỉ từ 142.000 đến 557.000 USD.

- Những tác động của quy định đối với đổi mới:

Chi phí quản lý cao có thể là một lợi thế cạnh tranh đối với các công ty lớn so với các công ty nhỏ và vừa. Đặc biệt là trong lĩnh vực nông nghiệp ở đó chi phí để đưa

một số sản phẩm ra thị trường vượt quá khả năng tài chính của các công ty nhỏ. Chi phí quản lý cao cũng có thể cản trở một số dạng đổi mới, nhất là khi chúng có thị trường nhỏ. Nhiều ứng dụng về môi trường của CNSH công nghiệp, như phục hồi sinh thái sinh học (bioremediation), có thị trường nhỏ vì các vi sinh vật cần thích ứng với điều kiện môi trường, độ ẩm và đất cục bộ. Đối với những trường hợp này, chi phí quản lý tương đối cao có thể làm hạn chế việc nghiên cứu các loài vi khuẩn hoang dã.

Quy định nghiêm cấm việc sử dụng một công nghệ gen có thể có những tác động xấu tới đổi mới và sự phát triển của KTSH. Luật mang tên De Facto moratorium về các giống cây trồng GM ở châu Âu là trường hợp cho thấy khả năng làm biến đổi cơ cấu thị trường và những cơ hội kinh doanh trong tương lai của quy định.

Thực tế cho thấy các quy định cấm hay tạm ngừng ở châu Âu có ảnh hưởng tiêu cực đến năng lực của các công ty và của khu vực nghiên cứu công khi họ tiến hành nghiên cứu trong lĩnh vực công nghệ GM. Mặc dù hiện nay, điều này chưa thực sự tác động lớn tới thị phần toàn cầu của các công ty châu Âu, có thể do các công ty này tập trung vào các công nghệ phát triển giống phi GM cho thị trường châu Âu và chuyển phần lớn nghiên cứu GM và hoạt động thương mại hoá ra bên ngoài châu Âu. Tuy nhiên, nhu cầu ngày càng tăng về các cây trồng nông nghiệp, cộng với các giống cây trồng GM mới có các đặc điểm nông học và sản phẩm hấp dẫn có khả năng thương mại hoá vào năm 2015, sẽ đặt các doanh nghiệp tiềm năng của châu Âu trong tình thế ngày càng bất lợi.

Tại Ôxtrâylia, việc nghiên cứu CNSH nông nghiệp có thể gặp trở ngại khi nhiều bang ở nước này thực hiện quy định tạm ngưng trồng cây GM. Số lượng các cánh đồng thử nghiệm cây trồng GM ở Ôxtrâylia đã giảm từ 57 (từ 2001 – 2004) xuống còn 15 (từ 2005-2007). Như vậy, quy định này đang có tác động tiêu cực tới hoạt động nghiên cứu nông nghiệp.

### ***1.3. Quyền sở hữu trí tuệ***

Quyền sở hữu trí tuệ về KTSH gồm sáng chế, thương hiệu, bản quyền và bí quyết thương mại. Sáng chế là động cơ chủ chốt đối với đầu tư đổi mới trong phần lớn các ứng dụng CNSH. Các điều luật và nguyên tắc chỉ đạo của văn phòng sáng chế đã phát triển song song với lĩnh vực CNSH nhằm hỗ trợ cho công nghệ, ví dụ như Nghị định 98/44/EC của EU cho phép cấp sáng chế cho các ứng dụng chuỗi gen. Sở hữu trí tuệ thường gây nhiều tranh cãi vì những mối lo ngại về việc nghiên cứu hoặc tiếp cận các sáng chế sẽ khó khăn hơn. Trong tương lai, các công ty CNSH và các cơ quan thuộc khu vực công sẽ tiếp tục hợp tác khai thác quyền sở hữu trí tuệ. Nhằm tránh những mối lo ngại về các tác động tiêu cực thì cần phải có những cơ chế bổ sung đối với đổi mới. Các cơ chế tăng cường bổ sung gồm các giải thưởng nghiên cứu, tài trợ của khu vực công cho nghiên cứu, hiến tặng và các chính

sách hỗ trợ thị trường, các sáng kiến nguồn mở và khoa học mở, kho sáng chế (Sáng chế Pools) và các Ngân hàng sáng chế (những kho sáng chế đặc biệt nhằm cung cấp những thông tin về những công nghệ đã được cấp sáng chế, phân loại sáng chế, cung cấp cơ chế trọng tài nâng cao hiệu lực hợp đồng...). Các cơ chế bổ sung cũng bao gồm việc sử dụng các hệ thống sở hữu trí tuệ hiện có để thúc đẩy hợp tác và đổi mới.

Trong giai đoạn sản xuất sơ cấp, việc có được quyền sử dụng một số ít công nghệ then chốt cho chuyển gen có thể mất nhiều thời gian và tốn kém, tùy thuộc vào số lượng các công ty và các tổ chức sở hữu sáng chế về các công nghệ này và chi phí cho một li-xăng. Cơ chế hợp tác chia sẻ sở hữu trí tuệ, như công nghệ Transbacter nguồn mở của công ty phi lợi nhuận Cambia về chuyển gen trong cây trồng, có thể ngày càng thu hút các doanh nghiệp nhỏ và vừa và các viện nghiên cứu nông nghiệp, đặc biệt là ở các nước đang phát triển.

Trong CNSH y tế, đã có những sự hợp tác giữa các công ty dược phẩm, công ty CNSH và các tổ chức nghiên cứu công nhằm giảm chi phí xác định các mục tiêu dược phẩm và công nhận các công cụ đánh dấu sinh học (biomarker). Sự thành công của phương thức hợp tác này phụ thuộc vào việc triển khai các chiến lược tiếp cận tri thức có sở hữu và chia sẻ các lợi ích nhờ sử dụng những khám phá.

#### ***1.4. Quan điểm xã hội***

Một tác động lớn tới thị trường tiềm năng là thái độ của công chúng đối với các sản phẩm CNSH. Việc chấp nhận CNSH không chỉ khác nhau giữa các lĩnh vực ứng dụng như y tế, nông nghiệp và công nghiệp, mà còn khác nhau ngay trong một lĩnh vực ứng dụng. Hiện nay chỉ có số ít người phản đối việc sử dụng CNSH trong phát triển các phương pháp trị liệu hoặc vắc-xin. Ngược lại, nghiên cứu và thử nghiệm tế bào gốc lại nhận nhiều quan điểm trái ngược về đạo đức và xã hội. Trong giai đoạn sản xuất sơ cấp, nhân bản động vật nhận được cái nhìn tiêu cực từ công chúng, trong khi cây trồng GM lại dễ được đón nhận hơn.

Thái độ công chúng đối với CNSH thay đổi theo thời gian và chịu ảnh hưởng từ các khám phá cũng như tuyên truyền của các phương tiện thông tin đại chúng. Ví dụ, ở châu Âu, Bắc Mỹ và Nhật Bản, tỷ lệ người dân có quan điểm tích cực về CNSH giảm trong giai đoạn cuối những năm 90 của thế kỷ trước, trong khi những tranh luận về cây trồng GM diễn ra rất sôi nổi. Từ năm 2000, năm mà các phương tiện thông tin đại chúng đưa nhiều tin sâu rộng và có cái nhìn tích cực đối với dự án bộ gen người, thì tỷ lệ công chúng có cái nhìn tích cực về CNSH đã gia tăng. Những quan điểm thậm chí còn thay đổi tùy theo từng nước. Một nghiên cứu năm 2005 về thái độ của người châu Âu đối với công nghệ GM cho thấy 46% người được hỏi ở Cộng hòa Séc cho rằng GM nên được khuyến khích, so với tỷ lệ chỉ 21% ở Đức.

Thái độ của công chúng đối với CNSH có thể thay đổi rất nhanh, tùy thuộc vào việc nhận ra các lợi ích và rủi ro. Chẳng hạn tỷ lệ người Ôxtrâyliia có cái nhìn tích cực về cây trồng GM tăng nhanh từ 45% năm 2005 lên 73% năm 2007. Điều này chủ yếu do sự gia tăng về nhận thức của công chúng về tiềm năng của công nghệ GM trong việc tạo ra những giống cây trồng tốt hơn có khả năng chịu hạn và chịu mặn, vốn là 2 vấn đề nghiêm trọng ở Ôxtrâyliia. Quan điểm cũng người dân châu Âu đối với GM cũng có thể tích cực hơn nếu các cây trồng GM đem lại cho người tiêu dùng châu Âu một môi trường sạch hoặc những lợi thế khác. Quan điểm tích cực của công chúng là một sự hỗ trợ đối với CNSH, còn quan điểm tiêu cực có thể dẫn tới việc ra đời những chính sách tiêu cực đối với nghiên cứu ứng dụng. Thậm chí thái độ tiêu cực của công chúng đối với GM đã tác động tới các chính sách của châu Âu làm giảm chi tiêu NC&PT trong CNSH nông nghiệp ở châu Âu.

Thông thường người tiêu dùng chống lại thực phẩm cây trồng GM, như ở châu Âu, khiến nhu cầu toàn cầu về sử dụng CNSH để phát triển cây trồng nông nghiệp giảm. Điều này cũng làm chậm đáng kể tiến trình ứng dụng CNSH để phát triển các giống cây trồng. Tuy nhiên, việc đình trệ trong NC&PT và ứng dụng CNSH ở cây trồng GM có 3 lý do: Trước hết là phần lớn thị trường cho các cây trồng GM chính cho đến nay không phục vụ cho tiêu dùng trực tiếp của con người. Trong OECD, chỉ 10% nhu cầu hiện nay đối với các ngũ cốc, lúa mạch, yến mạch... là để làm thực phẩm. 90% còn lại là dùng làm thức ăn cho động vật và nguyên liệu công nghiệp, tỷ lệ này ít chịu tác động bởi quan điểm tiêu cực của người tiêu dùng về GM. Thứ hai là các loại cây trồng GM chính được thương mại trên quy mô toàn cầu, kể cả được mua bán ở những nước không cho phép cây trồng GM được trồng trong nước. EU, thông qua quy định hạn chế sử dụng các giống cây trồng GM trong nông nghiệp, lại nhập khẩu lượng lớn các sản phẩm ngô GM và đậu tương GM dùng làm thức ăn cho động vật từ các nước như Áchentina, Braxin và Mỹ, những nước hàng đầu về cây trồng GM. Thứ ba, ngoài công nghệ GM, còn có nhiều các CNSH khác tạo giống cây trồng và động vật nuôi không chịu sự phản đối tiêu cực của người dùng.

## **2. Hoạt động kinh doanh trong nền kinh tế sinh học mới nổi**

Các yếu tố xã hội, kinh tế và công nghệ sẽ tạo ra các cơ hội kinh doanh mới cho CNSH, đòi hỏi những loại mô hình kinh doanh mới. Các mô hình kinh doanh chính cho tới nay đều liên quan tới các công ty CNSH nhỏ chuyên biệt (DBF), chuyên về nghiên cứu và bán tri thức cho các công ty lớn và các công ty thực hiện NC&PT, chế tạo và phân phối sản phẩm. Cấu trúc này thể hiện rõ trong lĩnh vực y tế. Chỉ số ít các DBF hoạt động trong CNSH công nghiệp, do khả năng tạo lợi nhuận phụ thuộc vào năng lực sản xuất. Điều này đòi hỏi tri thức về công nghệ chuyên biệt và đầu tư vốn lớn.

Theo tài liệu của OECD, hai mô hình kinh doanh có thể nổi lên trong tương lai: 1) mô hình hợp tác chia sẻ tri thức và giảm chi phí nghiên cứu; 2) mô hình hợp nhất để tạo lập và duy trì thị trường. Mô hình hợp tác có thể áp dụng trong tất cả các lĩnh vực ứng dụng. Việc áp dụng nó, kết hợp với các cơ hội kinh doanh mới chẳng hạn trong lĩnh vực cây trồng sinh khối phi thực phẩm, có thể tạo sức sống mới cho các DBF trong giai đoạn sản xuất sơ cấp và trong công nghiệp. Mô hình hợp nhất có thể triển khai trong lĩnh vực CNSH y tế nhằm quản lý độ phức tạp của y tế dự phòng, dựa trên các chất đánh dấu sinh học, nghiên cứu nguồn gốc tự nhiên của thuốc và các phân tích các cơ sở dữ liệu y tế.

Năng lực của các công ty tư nhân trong phát triển mô hình kinh doanh sẽ tác động mạnh tới sự phát triển của KTSH mới nổi. Các mô hình này bao gồm các dạng chi phí từ nghiên cứu, sản xuất tới phân phối và marketing. "Mô hình kinh doanh" ám chỉ việc các công ty làm kinh doanh thế nào - họ sử dụng những năng lực và các nguồn lực của mình thế nào để sản xuất và thu lợi nhuận từ bán sản phẩm và dịch vụ CNSH trên thị trường.

Hai dạng mô hình kinh doanh đã ngự trị lĩnh vực CNSH từ cuối những năm 70 của thế kỷ trước, gồm: các doanh nghiệp nhỏ và vừa tập trung vào nghiên cứu CNSH (thường được gọi là các công ty CNSH chuyên biệt gọi tắt là DBF) và các công ty lớn ra đời trên sự hợp nhất các công ty theo mô hình dọc. Dự báo hai mô hình này sẽ tiếp tục đóng vai trò quan trọng cho tới năm 2030. Tuy nhiên, các mô hình sẽ cần phải có sự biến đổi hơn nữa nếu chúng muốn khai thác đầy đủ những cơ hội và thách thức từ sự phát triển công nghệ hoặc chúng sẽ có những thay đổi trong cách tổ chức hỗ trợ KTSH.

### ***2.1. Những mô hình kinh doanh hiện thời trong CNSH***

Mô hình DBF thường được coi là mô hình kinh doanh "cổ điển". Các DBF tập trung vào phát triển các tiềm lực thương mại của các khám phá khoa học và các sáng chế công nghệ thường được tạo ra bởi các nhà nghiên cứu trong các trường đại học và bệnh viện. Nhiều DBF cần nhiều năm hoặc nhiều thập kỷ để phát triển một khám phá thành một sản phẩm có thể đưa ra thị trường và thiếu các nguồn lực để chế tạo, phân phối và marketing sáng chế của họ. Mô hình kinh doanh của họ phụ thuộc vào việc có được nguồn tài chính từ các công ty vốn mạo hiểm, bán li-xăng cho các công ty lớn, tiến hành nghiên cứu cho các công ty lớn hơn theo hợp đồng hoặc là một phần của liên doanh.

Mô hình kinh doanh thứ hai là hợp nhất theo chiều dọc để thành công ty lớn có năng lực NC&PT, sản xuất, phân phối, marketing, bán ra thị trường các sản phẩm hay quy trình CNSH, như dược phẩm, các giống cây trồng và các enzyme công nghiệp.

Bên cạnh việc phát triển sản phẩm của riêng mình, các công ty lớn này còn tạo ra một “thị trường” đối với các khám phá của các DBF.

Cấu trúc chuỗi giá trị gia tăng tiền thương mại hoá mang tính phức hợp cao đối với CNSH y tế, với khoảng 6000 doanh nghiệp nhỏ và vừa trong các nước OECD, phần lớn trong số đó là các DBF. Các công ty này hoạt động trong lĩnh vực phát triển thuốc, các công nghệ nền tảng như công nghệ sắp xếp chuỗi gen, tổng hợp gen, tin sinh học và sàng lọc thuốc; hoặc trong lĩnh vực thiết bị y tế, công nghệ phân phối thuốc và các kỹ thuật đặc biệt khác.

Khi một loại dược phẩm hoặc một thiết bị y học mới đáp ứng được các quy định của nhà quản lý thì việc đưa ra thị trường sẽ rất nhanh chóng. Các sản phẩm chăm sóc sức khoẻ phần lớn tới người tiêu dùng cuối cùng thông qua các nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khoẻ như phòng khám, bệnh viện. Các sản phẩm được sản xuất có sử dụng các công nghệ công nghiệp cũng dễ dàng đến với người tiêu dùng.

Thương mại hoá các sản phẩm và quy trình CNSH thường được thực hiện bởi các doanh nghiệp lớn, các doanh nghiệp này thực hiện các khâu từ nghiên cứu đến chế tạo và marketing. Tuy nhiên, rất ít các doanh nghiệp này hợp nhất theo chiều từ trên xuống (downstream) với các doanh nghiệp sử dụng sản phẩm CNSH, trừ một số doanh nghiệp công nghiệp. Điều này có thể thay đổi, các mô hình kinh doanh mới ngày nay cho thấy rằng các doanh nghiệp có thể vừa sản xuất và vừa sử dụng sản phẩm CNSH. Hiện nay, những cơ hội kinh doanh đối với mô hình DBF cổ điển phát triển phổ biến trong lĩnh vực y tế, điều này giải thích tại sao số lượng các doanh nghiệp nhỏ và vừa của EU hoạt động trong lĩnh vực y tế gấp gần 10 lần số doanh nghiệp nhỏ và vừa trong lĩnh vực công nghiệp. Hơn nữa, nhiều doanh nghiệp trong số 600 doanh nghiệp nhỏ và vừa và trong ngành công nghiệp và 1000 doanh nghiệp nhỏ và vừa thực hiện sản xuất sơ cấp chỉ tham gia rất ít vào hoạt động CNSH. CNSH y tế cũng chiếm lĩnh trong các hoạt động NC&PT của các doanh nghiệp lớn được hợp nhất. 5 doanh nghiệp CNSH y tế hàng đầu chi 6,333 tỷ USD cho NC&PT năm 2006, so với 1,65 tỷ USD được chi bởi 5 doanh nghiệp hàng đầu hoạt động trong lĩnh vực sản xuất sơ cấp và 275 triệu USD của 5 doanh nghiệp hàng đầu trong lĩnh vực CNSH công nghiệp. Novozymes, hãng thực hiện NC&PT hàng đầu trong CNSH công nghiệp cũng chỉ chi cho NC&PT bằng 3,7% so với chi tiêu cho NC&PT của hãng Genentech (hãng hàng đầu trong lĩnh vực CNSH y tế).

## ***2.2. Cấu trúc thị trường hiện thời theo lĩnh vực áp dụng***

Trong sản xuất sơ cấp, các DBF đóng vai trò ngày càng giảm trong CNSH nông nghiệp của OECD, do vấn đề tập trung năng lực của họ từ giữa những năm 90. Nhiều doanh nghiệp nhỏ và vừa hoạt động trong lĩnh vực tạo hạt giống được mua lại bởi các

doanh nghiệp lớn hoặc được hợp nhất với các doanh nghiệp nhỏ và vừa khác. Kết quả là thị trường rơi vào tay một số doanh nghiệp nhỏ và vừa hoạt động trong lĩnh vực CNSH cây trồng, thử nghiệm cây trồng GM sau năm 1998.

Các yếu tố kinh tế và công nghệ đã tạo thuận lợi cho các công ty hợp nhất theo mô hình dọc trong giai đoạn sản xuất ban đầu. Công nghệ GM có thể sử dụng để đưa các gen có ích vào các loại giống cây trồng. Điều này kích thích các doanh nghiệp lớn thôn tính các doanh nghiệp nhỏ hơn hoạt động trong lĩnh vực giống cây trồng. Bên cạnh đó, chi phí NC&PT cũng được tập trung để xác định các loại gen có ích về mặt thương mại, các loại gen ở lúa, ngô, bông, đậu tương... kháng bệnh, chịu được các điều kiện khắc nghiệt của thời tiết. Do quy mô kinh doanh được mở rộng, các doanh nghiệp lớn vẫn tiếp tục thống trị trong lĩnh vực tạo giống cây trồng ở các nước phát triển, đặc biệt là đối với thị trường lớn về cây trồng.

Một cuộc điều tra khảo sát tại 20 DBF hoạt động trong lĩnh vực CNSH ở châu Âu và Bắc Mỹ đã cho thấy những khó khăn mà các doanh nghiệp nhỏ và vừa trong lĩnh vực này gặp phải. Phần lớn các DBF được điều tra có năng lực phát triển các giống cây trồng GM, nhưng họ ít có khả năng tự đưa các giống cây trồng này ra thị trường. Phần lớn thiếu ít nhất 2 hoặc 3 đầu vào chính: 1) tiền, đặc biệt là thanh toán chi phí quản lý và chi phí NC&PT; 2) một cơ cấu marketing với những mối liên hệ với khách hàng và hệ thống phân phối để liên kết doanh nghiệp với khách hàng của mình, 3) một nguồn giống sản lượng cao tinh túy, đặc biệt quan trọng đối với các nước có một hệ thống các giống cây trồng dựa trên sáng chế.

Từ các cuộc phỏng vấn trong điều tra trên cho thấy rằng mô hình kinh doanh phổ biến nhất đối với các doanh nghiệp nhỏ và vừa có hoạt động nghiên cứu cường độ cao trong sản xuất sơ cấp là cấp li-xăng công nghệ cho các doanh nghiệp lớn, hoặc bị mua lại bởi một doanh nghiệp lớn. Xu hướng này thể hiện rõ nhất trong lĩnh vực y tế. Nhưng ngược lại, các công ty hoạt động trong lĩnh vực phát triển cây trồng thực phẩm lại ít có cơ hội bán tri thức của họ hơn, do thị trường độc quyền nhóm (oligopolistic market) với rất ít người bán.

Các điều kiện công nghệ và thị trường tạo điều kiện thuận lợi cho một số dạng doanh nghiệp lớn được hình thành từ hợp nhất các doanh nghiệp nhỏ theo mô hình dọc trong lĩnh vực CNSH công nghiệp. Thị trường cho các sản phẩm CNSH như các enzyme có sự tham gia của hàng nghìn doanh nghiệp trên toàn thế giới. Tuy nhiên, việc sản xuất enzyme lại rất tập trung. Trong 4 doanh nghiệp hàng đầu thuộc lĩnh vực này thì có tới 3 doanh nghiệp ở Đan Mạch, chiếm hơn 80% doanh số bán hàng trên toàn thế giới, đó là: Novozymes, Danisco, Chr. Hansen và DSM. Bên cạnh đó có ít nhất 1000 doanh nghiệp sử dụng các quy trình biến đổi sinh học để sản xuất các chất

hoá học. Ở một số phân khúc thị trường này, lợi nhuận có thể thu được của các doanh nghiệp hoá chất phụ thuộc vào trình độ công nghệ và năng lực sản xuất của họ. Điều này tạo rào cản cho các doanh nghiệp CNSH nhỏ thiếu sự thâm định công nghệ hoặc thiếu vốn để xây dựng các nhà máy sản xuất quy mô lớn.

Cấu trúc kinh doanh cơ bản của CNSH y tế vẫn không thay đổi kể từ cuối những năm 70 của thế kỷ trước. Việc thương mại hoá các dược phẩm chủ yếu được thực hiện bởi các doanh nghiệp lớn vốn được hình thành từ hợp nhất theo mô hình dọc. Các DBF cung cấp các dịch vụ và triển khai các liệu pháp. Chi phí vốn thấp đã giúp các DBF sống sót. Mặc dù nhiều DBF trong y tế bị thôn tính bởi các doanh nghiệp lớn, nhưng sự ra đời nhanh chóng của nhiều DBF mới trong lĩnh vực này đã giúp giảm sự tập trung vào một số doanh nghiệp lớn. Chi tiêu cho NC&PT của tập 10 doanh nghiệp lớn nhất trong lĩnh vực CNSH dược phẩm và y tế chiếm tỷ lệ ổn định ở mức 64% từ năm 2002 đến 2006.

Tóm lại, các mô hình kinh doanh consortium, hợp tác và nguồn mở đều giúp giảm chi phí thông qua chia sẻ tri thức được cấp sáng chế. Các DBF có thể tham gia vào các mô hình kinh doanh hợp tác, mặc dù trong một số trường hợp điều này có thể mâu thuẫn với các mô hình kinh doanh dựa trên cấp quyền quyền sở hữu tri thức cho các doanh nghiệp lớn được hợp nhất theo mô hình dọc hoặc hợp nhất hệ thống (system integrator). Mô hình hợp nhất hệ thống thực hiện các giai đoạn nghiên cứu và thương mại hoá. Trong lĩnh vực y tế, loại mô hình kinh doanh này có thể bao gồm cả thương mại hoá sản phẩm và cung cấp các dịch vụ y tế. Mô hình kinh doanh hợp nhất kết hợp phát triển sản xuất và dịch vụ là một mô hình mới cho lĩnh vực chăm sóc sức khoẻ. Mô hình này có thể là chính yếu cho phát triển nhanh dược phẩm phục hồi, dựa trên nhu cầu kết hợp các sản phẩm được cá nhân hoá và thực hành lâm sàng. Y học dự báo và phòng ngừa cũng có thể cần tới mô hình hợp nhất bao gồm cung cấp dịch vụ cho bệnh nhân và cung cấp số liệu về các kết quả điều trị cho các doanh nghiệp đang phát triển các liệu pháp.

Ngoài mô hình hợp nhất theo chiều dọc, mô hình hợp nhất theo chiều ngang là mô hình mở liên kết hai hoặc nhiều các lĩnh vực ứng dụng, như CNSH sản xuất sơ cấp với CNSH công nghiệp. Mô hình kinh doanh này có thể đối mặt với sự cạnh tranh mạnh mẽ từ việc sử dụng các tiêu chuẩn hoặc sinh học tổng hợp. Ví dụ, đối với trường hợp đầu, các tiêu chuẩn về các đặc điểm chế biến của các giống cây trồng sinh khối có thể thay thế cho nhu cầu tích hợp, còn trong trường hợp thứ hai, sinh học tổng hợp có thể được sử dụng để phát triển các vi sinh vật có khả năng sản sinh ra các hoá chất mà không cần tới nguyên liệu sinh khối.

### **III. DỰ BÁO NỀN KINH TẾ SINH HỌC THẾ GIỚI ĐẾN NĂM 2015 VÀ 2030**

#### **1. Nền kinh tế sinh học thế giới tới năm 2015**

Dựa trên những xu hướng trước đây, dữ liệu thử nghiệm trong lĩnh vực GM và các báo cáo của các công ty, các nhà nghiên cứu dự đoán tới năm 2015 xấp xỉ một nửa sản lượng toàn cầu của các cây lương thực chính, cây nguyên liệu và nhiên liệu công nghiệp sẽ có nguồn gốc từ các giống thực vật được phát triển bằng cách sử dụng một hoặc nhiều dạng CNSH. Những CNSH này bao gồm không chỉ GM mà còn cả di truyền nội gen (intragenics), sắp xếp gen (gene shuffling) và lựa chọn được hỗ trợ bằng chất đánh dấu. Các CNSH, ngoài GM, sẽ được sử dụng để cải thiện chăn nuôi gia súc lấy sữa và thịt. GM sẽ ngày càng được sử dụng để phát triển các giống động vật có thể sản xuất các loại dược liệu hoặc các chất khác ở sữa có giá trị. Trong lĩnh vực y tế, tri thức CNSH sẽ giữ một vai trò trong việc phát triển các dạng liệu pháp. Việc chia tách giữa khu vực CNSH với khu vực dược phẩm sẽ không còn có nghĩa nữa. Dược di truyền sẽ phát triển nhanh chóng, tác động tới việc tạo ra các thử nghiệm lâm sàng và các thủ tục kê đơn. Giá trị của hoá sinh (ngoài dược phẩm) có thể tăng từ chỗ chiếm 1,8% tổng sản lượng hoá chất trong năm 2005 lên đến 12-20% vào năm 2015. Sản lượng nhiên liệu sinh học cũng dịch chuyển phần nào từ ethanol sinh học dựa trên tinh bột sang các nhiên liệu sinh học mật độ năng lượng cao được sản xuất từ ri đường hoặc ethanol sinh học từ nguyên liệu như cỏ và gỗ.

#### ***1.1. Các công nghệ nền tảng***

Các công nghệ tập trung vào gen, ví dụ như các công nghệ GM, sẽ tiếp tục giữ vai trò chính trong các ứng dụng tới năm 2015. Các công nghệ có tác động lớn nhất trong tương lai gần là RNAi, sắp xếp gen, kỹ thuật đường trao đổi chất, tổng hợp ADN và có thể là tổng hợp sinh (synbio). Mặc dù các kỹ thuật được sử dụng rộng rãi ngày nay, như GM, sẽ tiếp tục được sử dụng nhiều hơn, các kỹ thuật tiên tiến sẽ ngày càng trở nên quan trọng. Ví dụ, các liệu pháp dựa trên RNAi hiện đang trong giai đoạn thử nghiệm lâm sàng sẽ được đưa ra thị trường tới năm 2015. Đóng góp vào xu hướng này sẽ là mức giảm trong chi phí sắp xếp chuỗi gen. Nếu chi phí tiếp tục giảm như dự kiến, thì có thể sắp xếp bộ gen người với giá xấp xỉ 1000USD vào năm 2020. Các kỹ thuật con đường trao đổi chất sẽ tiếp tục mở rộng phạm vi các hợp chất có thể được sản xuất thông qua CNSH. Những kỹ thuật này có thể được sử dụng rộng rãi trước năm 2015 để sản xuất một cách kinh tế các chất dẻo không phân huỷ sinh học, các nhiên liệu sinh học mật độ cao và dược phẩm. Những kỹ thuật này có thể hình thành nên cầu nối với các kỹ thuật synbio khác, liên quan tới việc sử dụng "các bộ gen nhân tạo" hoặc các bộ phận sinh học phân tử. Tiếp nối những tiến bộ gần đây, tới năm 2015, các bộ gen nhân tạo và/hoặc các bộ phận sinh học có thể được sử dụng để xây dựng một số lượng nhỏ

các vi sinh vật được tạo ra theo mục đích để sản xuất các hợp chất có giá trị, khó hoặc không thể sản xuất bằng các kỹ thuật khác. Xét trên những quy định chặt chẽ đối với các sản phẩm nông nghiệp và y tế, những ứng dụng đầu tiên đối với các vi sinh vật nhân tạo này có thể là trong lĩnh vực bào chế thuốc và sản xuất các hợp chất với quy trình khép kín.

### ***1.2. Các ứng dụng CNSH trong sản xuất sơ cấp***

Sử dụng CNSH trong sản xuất sơ cấp được kỳ vọng sẽ tăng mạnh tới năm 2015, đặc biệt là đối với việc phát triển các loài động thực vật mới. CNSH sẽ giữ vai trò chủ chốt trong việc gây giống và nhân giống, với kỹ thuật MAS được sử dụng trong hầu hết các hoạt động gây giống hiện đại tới năm 2015. Nghiên cứu các động vật GM và nhân bản sẽ tiếp tục, nhưng chi phí cao và sự phản đối của người tiêu dùng sẽ làm hạn chế các cơ hội thương mại. Tuy nhiên, CNSH sẽ ngày càng được sử dụng để chẩn đoán và điều trị các căn bệnh ở gia súc, gia cầm và trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản.

- *Các ứng dụng CNSH đối với thực vật:* Tỷ trọng của các loại cây lương thực, thức ăn cho gia súc và các loại cây nguyên liệu công nghiệp được phát triển nhờ các công nghệ GM, MAS và các CNSH khác sẽ tiếp tục tăng mạnh trong tương lai. Cả MAS và GM sẽ được sử dụng trong lâm nghiệp để cải thiện sức đề kháng với các loài gây hại và tỷ lệ sinh trưởng cũng như làm giảm dung lượng linhin của các loại cây lấy bột giấy và giấy hay sản xuất nhiên liệu sinh học.

- Các cây lương thực, làm thức ăn cho gia súc và nguyên liệu công nghiệp: Theo dự đoán, tới năm 2015, xấp xỉ một nửa sản lượng toàn cầu các cây lương thực, làm thức ăn cho gia súc và nguyên liệu công nghiệp có thể sẽ có nguồn gốc từ các giống được phát triển nhờ CNSH. Việc sử dụng các giống ngô và hạt cải dầu GM ở Braxin, Trung Quốc và Ấn độ sẽ làm tăng mạnh tỷ trọng GM dự đoán vì hơn 33% hecta trồng ngô và 50% hecta trồng hạt cải dầu toàn cầu là của ba nước này. Các chương trình nghiên cứu GM hiện đang tiến hành ở ba nước này cũng cho thấy canh tác các cây trồng GM sẽ tăng lên ở ba nước này.
- Lâm nghiệp: Tới năm 2012, các giống cây sinh trưởng nhanh GM đã sẵn sàng để thương mại hoá và các giống cây có hàm lượng linhin biến đổi để sử dụng làm bột giấy hoặc sản xuất ethanol sinh học sẽ được đưa ra thị trường vào năm 2015.
- Chẩn đoán và điều trị bệnh thực vật: Mặc dù hiện tại đã có 24 phương pháp chẩn đoán dựa trên CNSH theo thời gian thực (sử dụng kỹ thuật sinh học phân tử-PCR), nhưng chúng chỉ phát hiện ra các mầm bệnh đơn và hầu như không phù hợp để sử dụng trong lĩnh vực này. Một công nghệ hữu dụng hơn là ADN micro array có khả năng phát hiện ra 24 mầm bệnh trên khoai tây. Phương pháp

này vẫn tồn kém và khó thực hiện, nhưng tới năm 2015, kỹ thuật ADN microarray cho những cây trồng có thị trường lớn sẽ có khả năng phát hiện ra số lượng lớn mầm bệnh thực vật

- *Các ứng dụng CNSH đối với động vật:* Các CNSH như MAS và chẩn đoán bệnh và các loài gây hại sẽ cải thiện chất lượng và giảm chi phí chăn nuôi gia súc và gia cầm, thủy sản và sản xuất mật ong.

- Gia súc và gia cầm: Tới năm 2015, MAS và các kỹ thuật CNSH khác không liên quan tới GM có thể sẽ được sử dụng rộng rãi để cải thiện các loài gia súc thương mại như lợn, trâu bò, bò sữa và cừu. Do chi phí cao và sự phản đối của công chúng, việc sử dụng nhân bản đối với động vật thực phẩm trong khu vực OECD sẽ có thể bị giới hạn ở việc sinh sản các loài động vật chăn nuôi. Tới năm 2015, ứng dụng khả thi nhất của GM và nhân bản sẽ là sản xuất các dược phẩm có giá trị hoặc các hợp chất khác ở sữa của động vật.
- Nuôi trồng thủy sản nước ngọt và mặn: Tới năm 2015, tiềm năng sử dụng CNSH lớn nhất đối với các ứng dụng thủy sản là sử dụng điểm chỉ ADN để quản lý các loài cá tự nhiên và sử dụng MAS và các kỹ thuật khác không bao gồm GM để phát triển các loài cá, động vật thân mềm và giáp xác được cải tiến.
- Ong mật và côn trùng: Ứng dụng CNSH khả thi nhất đối với côn trùng là sử dụng MAS hoặc GM để phát triển các loại thuốc diệt côn trùng, và các loại ong mật có khả năng chống lại các loài phá hoại, và phát triển các phương pháp chẩn đoán các mầm bệnh tấn công tổ ong mật. Các giống ong mật cải tiến sẽ không thể thương mại hoá trước năm 2015, nhưng các phương pháp chẩn đoán mới có thể sẽ được thương mại hoá vào năm 2015.
- Chẩn đoán và chữa trị bệnh của động vật: Hiện tại, NC&PT đang được tiến hành trong lĩnh vực này và một số sản phẩm chẩn đoán bệnh sẽ được thương mại hóa tới năm 2015. Một số phương pháp trị bệnh gia súc dựa trên CNSH, như học-môn tăng trưởng cho lợn, các phương pháp điều trị thực vật ký sinh và các vắc-xin tái kết hợp, sẽ được đưa ra thị trường vào năm 2015.

### ***1.3. Các ứng dụng CNSH đối với sức khỏe con người***

Các sản phẩm CNSH chính dành cho sức khỏe con người là dược phẩm, các liệu pháp chữa trị thử nghiệm và mới nổi (gồm tế bào, gen và nghiên cứu tế bào gốc) và các phương pháp chẩn đoán. Tới năm 2015, CNSH y tế sẽ tạo ra xấp xỉ từ 10 tới 14 sản phẩm sinh dược phẩm mới một năm. Tới thời điểm đó, một số CNSH phục hồi mới cũng sẽ được chấp nhận trên thị trường, còn một số lượng lớn các phương pháp chẩn đoán cũng sẽ được tung ra thị trường hàng năm. Tri thức về CNSH cũng sẽ được sử dụng trong việc khám

phá và các quy trình phát triển cho tất cả các loại dược phẩm mới tới năm 2015, ví dụ, để xác định các loại thuốc tiềm năng hoặc các mục tiêu bào chế thuốc, hoặc đánh giá mức độ an toàn. Ngoài việc làm tăng dần dần nguồn cung các liệu pháp y tế, CNSH còn có tiềm năng tạo ra những cải tiến lớn đối với các dịch vụ chăm sóc sức khỏe thông qua các liệu pháp cá thể hoá hiệu quả cao hơn và phát triển các loại thuốc dự phòng. Thách thức chính đối với năm 2015 là tạo ra và phân tích dữ liệu dựa trên các bộ gen cá thể, các chất chỉ thị sinh học được xác nhận và các thành quả điều trị.

- Các liệu pháp chữa trị: CNSH có thể được sử dụng để phát triển ba dạng liệu pháp: sinh dược phẩm phân tử lớn, điều trị thử nghiệm và các liệu pháp phân tử nhỏ. Do thiếu dữ liệu, khó có thể dự đoán tỷ trọng của các loại dược phẩm phân tử nhỏ được phát triển thông qua CNSH, hiện đang được thử nghiệm lâm sàng và những loại có thể vượt qua mỗi giai đoạn thử nghiệm lâm sàng và được thị trường chấp nhận tới năm 2015. Ngược lại, dữ liệu thử nghiệm lâm sàng có thể được sử dụng để xác định các liệu pháp sinh dược liệu và thử nghiệm và vì thế ước tính được số lượng của những loại thuốc có tiềm năng ra thị trường vào năm 2015. Đáng lưu ý, tầm quan trọng của tri thức CNSH trong việc phát triển dược phẩm phân tử nhỏ được kỳ vọng sẽ tăng mạnh trong thập niên tới. Theo dự đoán, sau năm 2015, hầu hết các loại thuốc vượt qua các thử nghiệm lâm sàng và được cấp phép lưu hành trên thị trường sẽ sử dụng CNSH ở mức độ nào đó trong giai đoạn phát triển của chúng.
- Chẩn đoán: Tầm quan trọng của các xét nghiệm chẩn đoán, gồm chẩn đoán dựa trên CNSH sẽ tiếp tục tăng tới năm 2015. Mặc dù chỉ có một số lượng nhỏ chẩn đoán CNSH in vivo trong giai đoạn thử nghiệm lâm sàng, nhưng những sản phẩm này có thời gian phát triển ngắn và tỷ lệ thành công cao. Vì vậy, sẽ có một số sản phẩm hiện trong quá trình phát triển được đưa ra thị trường trước năm 2015.
- Dược di truyền: Những tiến bộ ở tất cả các thành phần công nghệ chủ chốt cần thiết để phát triển dược di truyền như các công cụ tin sinh học phát triển, chi phí sắp xếp chuỗi ADN giảm... sẽ có tác động lớn tới sự phát triển của dược di truyền học.
- Thực phẩm chức năng và dược phẩm dinh dưỡng: Một số loài cây trồng với các đặc điểm chất lượng sản phẩm được nâng cao (như thành phần tiền vitamin A, vitamin E, folate, sắt, canxi, hoặc các mức protein cao hơn) được kỳ vọng sẽ được tung ra thị trường tới giai đoạn 2012-2015.
- Thiết bị y tế: Hiện nay, một số hệ thống phân tán thuốc và cảm ứng sinh học hiện đang trong quá trình phát triển và sẽ có thể được đưa ra thị trường trong

tương lai gần. Đổi mới trong giai đoạn đầu khác có thể được đưa ra thị trường tới năm 2015 là thiết bị nano có khả năng giải phóng thuốc khi phản ứng với sự biểu hiện quá mức của các protein không mong muốn. Thế hệ mới của các sản phẩm kỹ thuật mô có thể sẽ bao gồm các khung đơn giản để hỗ trợ cho các tế bào sản sinh insulin cũng sẽ có thể ra thị trường trước năm 2015.

#### **1.4. Các ứng dụng CNSH trong công nghiệp:**

Dữ liệu tin cậy về phát triển sản phẩm hiện vẫn chưa có đối với CNSH công nghiệp. Triển vọng của khu vực này tới năm 2015 chỉ có thể ước tính từ các chỉ số đổi mới chung về sáng chế, vốn mạo hiểm và đầu tư NC&PT, và từ các nghiên cứu mẫu về các công nghệ chuyên biệt. Những chỉ số này cho thấy mức tăng trưởng tiếp diễn của CNSH công nghiệp, nhưng không có dữ liệu tin cậy nào để dự đoán khả năng thương mại hoá của các CNSH chuyên biệt tới năm 2015.

- *Các chỉ số đổi mới chung:* Sáng chế CNSH công nghiệp, tài trợ vốn mạo hiểm và NC&PT khu vực tư nhân tất cả đều cho thấy một mức tăng nhanh của đầu tư vào CNSH công nghiệp. Xu hướng này sẽ tiếp diễn trong tương lai, khiến cho nhiều sản phẩm và quy trình sản xuất mới tới được thị trường vào năm 2015. Ngoài những rào cản kỹ thuật, hạn chế chính đối với khả năng thay thế các quy trình công nghệ khác của CNSH công nghiệp sẽ là giá tương đối của các hàng hoá như dầu mỏ và nguyên liệu sinh khối. Những mức tăng gần đây trong chi tiêu NC&PT, việc làm, cấp sáng chế và đầu tư vốn mạo hiểm vào CNSH công nghiệp cho thấy việc sử dụng các enzym công nghiệp và CNSH trong sản xuất hoá chất sẽ tiếp tục tăng tới năm 2015, đáng lưu ý nhất ở lĩnh vực chất dẻo sinh học trong đó các công nghệ sẽ mở đường cho việc sản xuất các polime sinh học phức hợp. Các lĩnh vực ứng dụng công nghiệp khác, như các dịch vụ khai khoáng sinh học và môi trường, sẽ có mức tăng trưởng nhỏ.
- *Sản xuất hoá chất:* Mặc dù chưa có số liệu chính thức, việc sử dụng CNSH để sản xuất hoá chất đã tăng trong thập kỷ qua và sẽ có thể tiếp tục tăng, phần lớn là do chi phí năng lượng, pháp chế về hoá chất mới (ví dụ, REACH ở Châu Âu) và các quy định bảo vệ môi trường ngày càng chặt chẽ. Đánh giá về tài trợ và các mục tiêu nghiên cứu hiện thời mang tới một số dự đoán về việc sử dụng CNSH công nghiệp trong sản xuất hoá chất tới năm 2015. Một số các chất xúc tác sinh học mới và các quy trình lên men tiên tiến sẽ được phát triển, có khả năng xúc tác nhanh hơn, ít tốn kém hơn và đa năng hơn các loại xúc tác hoá chất thông thường. Ngoài ra, kỹ thuật đường trao đổi chất cũng đang được khai thác để sản xuất một số loại hoá chất. Nhiều quy trình sẽ dựa vào các enzym chuyên dụng được cải tạo cho các quy trình sản xuất chuyên dụng và các điều kiện môi trường cụ thể.

- *Sản xuất vật liệu sinh học*: Việc phát triển vật liệu sinh học được kỳ vọng sẽ tiếp tục tăng trưởng mạnh tới năm 2015, đặc biệt là nếu giá dầu tiếp tục tăng mạnh như hiện nay. Nhiều loại vật liệu sinh học, như các tấm composit và cách điện, có thể được sản xuất mà không cần sử dụng CNSH hiện đại. Mức tăng trưởng của các vật liệu sinh học khác, như chất dẻo sinh học, sẽ phụ thuộc vào các tiến bộ của CNSH. Nghiên cứu về các quy trình lên men tiên tiến sẽ có thể làm tăng phạm vi của các chất dẻo được sản xuất bằng CNSH. Những tiến bộ này đã diễn ra mạnh trước đây, với một số polyeste chuyển từ giai đoạn nghiên cứu sang thương mại hoá chỉ trong vòng ba năm. Dự đoán, việc sản xuất PVC từ ethanol sinh học cũng sẽ có một triển vọng hoàn toàn mới.
- *Các enzym công nghiệp*: Thị trường enzym được kỳ vọng sẽ tiếp tục mức tăng trưởng mạnh cho tới năm 2015. NC&PT sẽ tiếp tục tập trung vào việc phát triển và lựa chọn các enzym và các quy trình sản xuất hiệu quả cao hơn. Các ích lợi sẽ bao gồm tiết kiệm chi phí cũng như tác động tới môi trường nhỏ hơn đối với một số quy trình sản xuất công nghiệp thông qua giảm tiêu thụ năng lượng và loại trừ được các sản phẩm phụ độc hại.
- *Các dịch vụ bảo vệ môi trường*: Các cảm ứng sinh học sẽ ngày càng được sử dụng phổ biến so với các phương pháp bảo vệ môi trường thông thường. Hiện chưa có số liệu rõ rệt về mức tăng đầu tư vào các cảm ứng sinh học môi trường, nhưng lĩnh vực này có thể hưởng lợi từ hiệu ứng phụ từ các chương trình NC&PT lớn về cảm ứng sinh học trong lĩnh vực y tế và an ninh sinh học. Ngoài ra, CNSH hiện đại còn có tiềm năng lớn trong lĩnh vực phục hồi môi trường, đặc biệt là lĩnh vực làm sạch kim loại nặng và hoá chất.
- *Khai thác tài nguyên*: Nhu cầu cao về tài nguyên hiện nay sẽ kích thích nghiên cứu các vi sinh vật để hỗ trợ cho việc khai thác các loại khoáng sản quý ví dụ như vàng hay đồng từ quặng, hoặc dầu từ các giếng dầu. Tuy nhiên, việc sử dụng CNSH để khai thác tài nguyên cũng đang phải đối mặt với hàng loạt vấn đề như phục hồi sinh thái sinh học, ví dụ như nhu cầu về các vi sinh vật được tạo ra theo yêu cầu phù hợp với các điều kiện môi trường cụ thể và chi phí quản lý cao đối với việc phổ biến các sinh vật GM.
- *Tinh luyện sinh học*: Những nỗ lực phát triển công nghệ mới và đầu tư tư nhân và nhà nước vào các cơ sở tinh luyện sinh học thí điểm và các nhà máy kiểu mẫu có thể dẫn tới các dạng tinh luyện sinh học mới tới năm 2015, gồm tinh luyện sinh học lignocellulosic và tinh luyện sinh học có thể sử dụng một số loại sinh khối làm nguyên liệu cơ bản. Ngoài ra, các phương pháp mới và đa dạng sử dụng các sản phẩm phụ tinh chế sinh học có thể cải thiện khả năng thương

mại hóa, ví dụ như các quy trình mới để chuyển hoá glycerin, một sản phẩm phụ của quá trình sản xuất diesel sinh học, thành polime sinh học.

### ***1.5. Nhiên liệu sinh học tới năm 2015***

Từ năm 2000 tới 2007, sản xuất nhiên liệu sinh học đã tăng mạnh, chủ yếu do sản xuất ethanol. Sản xuất nhiên liệu sinh học được kỳ vọng sẽ tiếp tục tăng nhanh gấp đôi mức sản lượng năm 2007 tới năm 2017. NC&PT về nhiên liệu sinh học cũng sẽ tăng mạnh, dẫn tới các nguyên liệu sản xuất nông nghiệp mới và phát triển các enzym mới để tăng công suất sản xuất, giảm các đầu vào năng lượng và sinh khối, giảm chi phí sử dụng sinh khối cellulose. Dựa vào những mục tiêu sản xuất đầy tham vọng và nguy cơ giá năng lượng liên tục tăng cao, NC&PT của nhiên liệu sinh học sẽ tiếp tục tăng. Việc này sẽ dẫn tới các nguyên liệu nông nghiệp mới và việc phát triển các enzym mới có khả năng làm tăng công suất sản xuất, làm giảm sinh khối và các yêu cầu đầu vào năng lượng, giảm chi phí xử dụng sinh khối cellulose

Các loại cây sử dụng cho sản xuất nhiên liệu sinh học: Các cuộc tranh cãi về việc sử dụng các cây trồng lương thực và đất canh tác để sản xuất nhiên liệu sinh học, cũng như các cuộc tranh cãi về ích lợi môi trường của việc sử dụng ngô, lúa mì và đậu tương để sản xuất nhiên liệu, sẽ dẫn tới những thay đổi lớn trong việc sản xuất nhiên liệu sinh học. Kết quả có thể sẽ là các ưu tiên nghiên cứu sẽ được chú trọng cho các cây trồng phi lương thực như cỏ và các loài cây có thể sinh trưởng ở các vùng đất không thích hợp để canh tác nông nghiệp. Các loại cây bạch đàn và thông GM có hàm lượng lignin thấp để sản xuất ethanol sinh học có thể sẽ được thương mại hoá vào năm 2015, nhưng cũng có thể muộn hơn. Hầu hết các nghiên cứu về cỏ "nhiên liệu sinh học" sẽ vẫn giới hạn ở phòng thí nghiệm, nhưng số lượng các thử nghiệm cỏ có hàm lượng lignin thấp đáp ứng cho sản xuất nhiên liệu sinh học sẽ tăng trong tương lai gần. Tới năm 2015, một số loại cỏ GM để sản xuất nhiên liệu sinh học có thể sẽ được thương mại hoá, nếu đáp ứng được các yêu cầu về quản lý thị trường.

#### ***- Các quy trình sản xuất nhiên liệu sinh học công nghiệp***

Tới năm 2015, các quy trình sản xuất diesel và ethanol sinh học được chiết suất từ rỉ đường hoặc tinh bột sẽ khó có thể có những bước đột phá công nghệ lớn. Nghiên cứu về việc sử dụng lipaza để sản xuất diesel sinh học đang được tiến hành, nhưng tới năm 2015 sản xuất dựa trên chuyển hóa este (transesterification) có thể vẫn mang tính hiệu quả về mặt chi phí hơn. Nghiên cứu các enzym cải tiến để chuyển hoá sinh khối lignocelulose thành đường đang đạt nhiều tiến bộ. Chi phí và thời gian để sản xuất lignocelulose ethanol được kỳ vọng sẽ có mức giảm. Mặc dù có thể hiệu suất sẽ đạt những bước tiến mới, nhưng các nhà nghiên cứu cho rằng không thể xác định được liệu có thể thương mại hoá một cách hiệu quả lignocelulose ethanol với quy mô lớn tới

năm 2015. Ngoài ra, một số nhiên liệu được sản xuất bằng vi sinh có thể sẽ được tung ra thị trường sớm nhất vào năm 2010. Các nhiên liệu dựa trên vi sinh khác như diesel sinh học từ tảo chưa thể đạt quy mô thương mại hoá tới năm 2015, nhưng chúng có thể đạt tới giai đoạn nhà máy thử nghiệm. Hyđrô sinh học cũng chưa thể trở thành một nhiên liệu động cơ thay thế hiệu quả tới năm 2015 do phải đối mặt với nhiều thách thức, gồm cả chi phí về phát triển cơ sở hạ tầng. Nếu những thách thức này được giải quyết, thì hyđrô sinh học sẽ có thể cạnh tranh được với các phương pháp sản xuất hyđrô như điện phân nước.

### **1.6. Kinh tế sinh học tới năm 2015:**

Các bước đột phá công nghệ tới năm 2015 sẽ làm tăng số lượng các ứng dụng cạnh tranh kinh tế của CNSH, làm củng cố nền kinh tế sinh học. Các công nghệ nền tảng có ảnh hưởng mạnh sẽ tiếp tục được sử dụng trong tất cả các ứng dụng CNSH. Tới năm 2015, gần như tất cả các sản phẩm được, cũng như hầu hết các giống mới của cây trồng có thị trường lớn sẽ được phát triển bằng cách sử dụng CNSH. Các quy trình sản xuất CNSH sẽ sản xuất ra tỷ trọng ngày càng tăng các hoá chất và chất dẻo

Các liên kết chuỗi cung giữa nông công nghiệp sẽ trở nên vững chắc hơn. Việc này sẽ được kết hợp với các kỹ thuật chế biến công nghiệp mới làm tăng sản lượng và giảm lượng chất thải. CNSH y tế sẽ tiếp tục hướng phát triển của mình, nhưng CNSH công nghiệp sẽ sản xuất phần lớn các tiền chất sử dụng cho dược phẩm và một số sinh dược phẩm có thể được sản xuất từ các cây GM.

## **2. Các yếu tố tác động bên ngoài đối với nền kinh tế sinh học tới năm 2030**

Một số yếu tố sẽ tác động đến nền KTSH đang nổi lên theo cách tạo ra những cơ hội đầu tư. Yếu tố chủ yếu là dân số và thu nhập đang gia tăng, nhất là ở những nước đang phát triển. Dân số toàn cầu ước tính đạt 8,3 tỷ người vào năm 2030, với 97% số tăng trưởng diễn ra ở các nước đang phát triển. GDP ước tính tăng trưởng ở mức 4,6% mỗi năm ở các nước đang phát triển và 2,3% ở các nước OECD. Các xu thế về dân số và thu nhập này, cùng với những tiến bộ trong lĩnh vực giáo dục ở Trung Quốc và Ấn Độ, cho thấy không chỉ KTSH sẽ có tính chất toàn cầu, mà cả các thị trường chính cho CNSH trong sản xuất sơ cấp (nông nghiệp, lâm nghiệp và ngư nghiệp) và công nghiệp sẽ là ở các nước đang phát triển. Những gia tăng về nhu cầu năng lượng, đặc biệt nếu được kết hợp với các biện pháp giảm khí nhà kính, sẽ tạo ra những thị trường nhiên liệu sinh học to lớn.

Sự gia tăng nhóm dân số cao tuổi dự kiến, cả ở Trung Quốc lẫn các nước OECD, sẽ làm tăng nhu cầu chữa các bệnh mãn tính và thoái hóa thần kinh, trong đó một số phương pháp chữa trị sẽ dựa trên CNSH. CNSH có thể cung cấp các giải pháp để giảm chi phí NC&PT và sản xuất dược phẩm, nâng cao hiệu quả chi phí cho chữa bệnh.

Sự định hình nền KTSH tương lai sẽ phụ thuộc vào những đột phá trong nghiên cứu cơ bản và ứng dụng của các khoa học sinh học; các cơ hội kinh doanh và các đổi mới trong quy chế và các mô hình kinh doanh. Tuy nhiên, hình hài của nền KTSH năm 2030 cũng sẽ phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài có ảnh hưởng đến địa điểm, quy mô và các dạng thị trường cho các sản phẩm CNSH, bao gồm thực phẩm, thức ăn chăn nuôi, sợi, nhiên liệu, chất dẻo, hoá chất tinh khiết và dược phẩm. Các yếu tố bên ngoài này gồm cả dân số, thu nhập, giáo dục, tiêu thụ năng lượng, khả năng tồn tại và giá thành của các nguồn tài nguyên chủ yếu như năng lượng, thực phẩm, nước, tiếp cận y tế và cả các công nghệ hỗ trợ và cạnh tranh.

Bỏ qua những sự kiện ngoài dự kiến như xung đột lớn toàn cầu hay đại dịch chết người, dự báo dân số, thu nhập và tiêu thụ năng lượng của thế giới có thể ước tính được tương đối chính xác, bởi chúng đi theo các xu thế dài hạn có thể định lượng được. Ngoài ra, những dự đoán chung có thể đề cập đến như biến đổi khí hậu, nguồn nhân lực, giá lương thực, sử dụng nước và các công nghệ cạnh tranh, mặc dù xu thế của những yếu tố này trong tương lai nhạy cảm hơn đối với các hoạt động chính sách đang được thực hiện hay được đề xuất.

Các xu thế chung bao gồm: vai trò quan trọng về kinh tế của các nước đang phát triển đang tăng lên và sẽ tiếp tục tăng trong tương lai, cùng với sự gia tăng ảnh hưởng của những nước này trong các hoạt động toàn cầu. Dân số ở những nước này sẽ di chuyển từ nông thôn ra thành phố khi người dân được giáo dục tốt hơn và các cơ hội việc làm trong công nghiệp dịch vụ và sản xuất tăng lên. Điều này cũng tác động lên các mô hình sức khỏe và tiêu thụ lương thực khi bệnh béo phì trở nên phổ biến hơn do lối sống ít vận động và các chế độ ăn uống quá nhiều. Tỷ lệ việc làm trong nông nghiệp sẽ giảm xuống do cơ giới hóa được tăng cường. Do dân cư đông đúc, các nước đang phát triển lớn sẽ hỗ trợ các thị trường hàng hóa và dịch vụ nội địa bền vững, từ những hoàng hóa cơ bản cho đến nhiều loại sản phẩm tiên tiến.

Các nước OECD vẫn duy trì được sự thịnh vượng và mức thu nhập trên đầu người cao so với các nước đang phát triển, nhưng khoảng cách sẽ ngày càng thu hẹp lại. Sự chuyển dịch nhân khẩu sang cấu trúc dân cư già hơn sẽ tiếp tục đặt ra các thách thức kinh tế. Trong trường hợp tích cực nhất đó là yếu tố này sẽ tạo ra sự gia tăng năng suất tương xứng với nhu cầu, nhưng trong trường hợp tiêu cực nhất nó có thể trở thành gánh nặng lớn cho xã hội, cản trở sự tăng trưởng. Các nước OECD sẽ tiếp tục thấy tương lai kinh tế của mình nằm trong lĩnh vực dịch vụ và đổi mới. Điều này sẽ thúc đẩy sự phát triển các công nghệ y tế mới và các kỹ thuật chế tạo tiên tiến đòi hỏi đầu tư lớn cho NC&PT và thương mại hóa. Một số công nghệ này sẽ quá đắt đối với nhiều nước đang phát triển. Tuy nhiên, sự tiếp cận thị trường của các nền kinh tế lớn ngoài OECD sẽ được xem là động lực cơ bản cho tăng trưởng.

Phần lớn lực lượng lao động ở các nước OECD và một số nước đang phát triển hàng đầu sẽ lớn lên cùng với máy tính cá nhân và sẽ được trang bị kết nối mạng xã hội và học tập qua Internet, những yếu tố có tác động to lớn đến cách mọi người sống, làm việc và giao tiếp.

Các cộng đồng ảo toàn cầu của các nhà môi trường, các phong trào chính trị và nhà nghiên cứu khoa học sẽ thúc đẩy sự phổ biến nhanh chóng các ý tưởng, kiến thức và công nghệ trên toàn thế giới. Những vùng thường được coi là vùng sâu vùng xa sẽ được kết nối nhiều hơn với thế giới thông qua Internet và liên lạc di động. Điều này cũng gây ra những chuyển dịch xã hội to lớn, khi con người ngày càng tiếp xúc nhiều hơn với các nền văn hóa và tư tưởng khác nhau.

Nhu cầu và sự tiếp cận năng lượng vẫn sẽ là những thách thức toàn cầu lớn. Mặc dù sử dụng gia tăng các nguồn năng lượng ít cac-bon và tái tạo, nhiên liệu hóa thạch vẫn sẽ tiếp tục cung cấp một tỷ lệ năng lượng lớn. Điều này có thể mâu thuẫn với những bước đổi mới với biến đổi khí hậu, một hiện tượng dự báo sẽ làm tăng sự khốc liệt của mưa bão, hạn hán và sóng nhiệt; thay đổi mô hình thủy văn và làm dâng mực nước biển. Các yếu tố khí hậu này, cộng với ô nhiễm và sức ép cung cấp nước sạch ngày càng tăng, sẽ làm tăng chi phí đáp ứng nhu cầu ngày càng gia tăng đối với thực phẩm, thức ăn chăn nuôi, sợi và năng lượng, ít nhất là trong thời gian trung hạn. Thậm chí nếu các nước trên thế giới đạt được thỏa thuận toàn cầu hợp lý về biến đổi khí hậu, thì những thách thức môi trường vẫn là không thể tránh khỏi và sẽ đòi hỏi những giải pháp mới và sáng tạo.

Thế giới năm 2030 sẽ phải đấu tranh với những thách thức, nhưng chính những thách thức này sẽ tạo ra vô số cơ hội cho CNSH. KTSH năm 2030 sẽ phụ thuộc vào khả năng phát triển và ứng dụng CNSH để đối phó với những thách thức này của các chính phủ và các công ty.

## **2.1. Dân số và thu nhập**

Dân số thế giới sẽ đạt khoảng 8,3 tỷ người vào năm 2030. Hầu hết số gia tăng (97%) diễn ra tại các nước đang phát triển. Dân số ở các nước phát triển tăng rất ít và chủ yếu là do nhập cư. Dân số của một số nước châu Âu và Nhật Bản còn giảm đi. Châu Á sẽ tiếp tục áp đảo về dân số thế giới, với riêng Trung Quốc và Ấn Độ đã chiếm khoảng 1/3 dân số toàn cầu.

GDP thế giới dự kiến tăng 57% từ mức trung bình 5.488 USD/người năm 2005 lên 8.608 USD/người vào năm 2030. Phần lớn mức tăng này sẽ diễn ra ở các khu vực ngoài OECD, nơi có tỷ lệ GDP thực tế toàn cầu sẽ tăng từ 21% năm 2005 lên 30% năm 2030. Trong giai đoạn 2005 và 2030, GDP sẽ tăng 4,3% hàng năm ở các vùng ngoài OECD và 2,26% nội vùng OECD. Thu nhập bình quân đầu người năm 2030 ở các nước OECD sẽ vẫn cao hơn từ 3 đến 6 lần mức trung bình của thế giới.

Mặc dù tỷ lệ số người trên thế giới sống với dưới 2 USD/ngày sẽ giảm mạnh, nhưng nạn đói triền miên vẫn ảnh hưởng đến trên 1,8 tỷ người vào năm 2030, giảm từ 2,7 tỷ người năm 2003. Một trong những động lực tăng trưởng kinh tế tương lai là toàn cầu hóa thương mại và dịch vụ, được dự kiến sẽ tiếp diễn đến 2030 và có lẽ sẽ bước vào giai đoạn tăng cường cao hơn. Giai đoạn mới này sẽ được đặc trưng bởi tầm quan trọng gia tăng của thương mại trong dịch vụ và NC&PT - sẽ vượt xa các nguồn tăng trưởng khác.

Tăng trưởng kinh tế bền vững và thu nhập cao hơn sẽ là những yếu tố chính của sự phát triển của nền KTSH, mặc dù khủng hoảng kinh tế toàn cầu 2008-2010 có thể giảm mức thu nhập dự kiến vào năm 2030. Thu nhập toàn cầu tăng lên, nhất là ở các nước đang phát triển, sẽ tạo ra thêm nhiều nhu cầu về chăm sóc y tế, thịt, cá và các thực phẩm đặc biệt, ô tô, giáo dục đại học và du lịch. Thu nhập cao hơn cũng sẽ tạo nguồn cho tiết kiệm cá nhân và công ty, một phần trong số đó sẽ được đầu tư vào NC&PT. Các trung tâm nghiên cứu CNSH lớn đang bắt đầu nở rộ ở một số nước đang phát triển hiện nay. Xu thế này sẽ tiếp diễn. Thu nhập trên đầu người cao hơn sẽ làm tăng nhu cầu toàn cầu về chăm sóc y tế, nhưng thu nhập trung bình thấp ở các nước đang phát triển năm 2030 sẽ hạn chế thị trường đối với những liệu pháp chữa bệnh đắt tiền cho những cá nhân có thu nhập tương đối cao. Nếu không có sự thay đổi toàn cầu về việc nghiên cứu CNSH trong y tế được tài trợ và phân phát như thế nào, thì các được phẩm sinh học và các công nghệ y tế tiên tiến khác sẽ vẫn là thứ không với tới đối với hầu hết người dân ở các nước đang phát triển.

Nhu cầu về các loại nông sản sẽ tăng cùng với sự gia tăng dân số và thu nhập. Thu nhập cao sẽ làm tăng nhu cầu về thịt, cá và các sản phẩm sữa, sẽ cần một lượng lớn thức ăn chăn nuôi. Nhu cầu nông sản tăng sẽ đẩy giá thực phẩm lên cao, làm mất đi một số lợi ích của tăng thu nhập. Các chính phủ và các tổ chức phi chính phủ có thể hỗ trợ việc sử dụng CNSH để phát triển các giống cây mới như là một phần của chính sách nông nghiệp nhằm giảm thiểu hụt lương thực hay cải thiện chất lượng thực phẩm và thức ăn chăn nuôi.

Sự gia tăng hoạt động nông nghiệp và tăng nhu cầu về nhiều loại hàng hóa xuất phát từ tăng dân số và mức thu nhập sẽ làm trầm trọng thêm một số vấn đề môi trường hiện nay. Điều này có thể đẩy mạnh nhu cầu đối với các CNSH công nghiệp để khắc phục môi trường hay các công nghệ sản xuất sạch hơn.

## **2.2. Nhân khẩu và các nguồn nhân lực**

Vào năm 2030, tỷ lệ số dân toàn cầu trên 60 tuổi sẽ tăng lên trong khi tỷ lệ dưới 15 tuổi giảm xuống. Sự thay đổi nhân khẩu sẽ diễn ra ở cả các nước phát triển và đang phát triển, nhưng sự gia tăng tỷ lệ người già sẽ rõ rệt hơn ở các nước phát triển. Hậu quả nghiêm

trọng là sẽ làm giảm số dân trong độ tuổi lao động 15-59 ở các nước phát triển, từ 62,9% xuống còn 56,0% trong tổng số dân cư. Ngược lại, số dân trong độ tuổi lao động ở các nước đang phát triển sẽ vẫn ổn định ở mức khoảng 61% tổng số dân. Do tổng số dân của các nước đang phát triển sẽ tăng hơn 1,5 tỷ người trong giai đoạn 2005-2030, nên dân cư trong độ tuổi lao động toàn cầu sẽ tăng từ trên 3 tỷ người năm 2001 lên trên 4,1 tỷ người năm 2030 (với tốc độ tăng tương đương hàng năm khoảng 1%). Năm 2030, 90% lực lượng lao động toàn cầu sẽ ở các nước đang phát triển, riêng Trung Quốc và Ấn Độ đã chiếm 40% tổng số này. Lực lượng lao động ở các nước phát triển sẽ giảm khoảng 0,16% hàng năm trong giai đoạn này. Phần lớn việc làm ở các nước phát triển sẽ thuộc ngành dịch vụ, còn việc làm ở các nước đang phát triển dịch chuyển từ nông nghiệp sang chế tạo và dịch vụ. Lao động nông nghiệp sẽ giảm từ 43% xuống 30% tổng số lao động toàn cầu trong giai đoạn 2001-2030. Sự dịch chuyển này sẽ dẫn đến sự gia tăng nhu cầu năng lượng.

Chất lượng giáo dục của lực lượng lao động toàn cầu sẽ tiếp tục được cải thiện. Trong khu vực OECD, tỷ lệ người dân có bằng đại học dự kiến tăng từ 26% năm 2005 lên 36% năm 2025. Ở các nước ngoài khu vực OECD tỷ lệ dân cư có bằng đại học cũng tăng đều trong giai đoạn 2000 đến 2030, con số ước tính sẽ tăng gấp đôi, từ khoảng trên 5% lên hơn 10% ở Trung Quốc, 6,5% lên gần 14% ở Braxin và Ấn Độ.

Những dịch chuyển nhân khẩu học và trình độ giáo dục tăng có thể tạo ra những cơ hội và đặt ra những thách thức cho nền KTSH. Số lượng người già tăng lên sẽ làm tăng nhu cầu về chữa trị bệnh thoái hóa não và các căn bệnh tuổi già khác. CNSH sẽ được sử dụng để tìm kiếm những phương pháp điều trị thích hợp. Trong khi đó dân số trong độ tuổi lao động giảm sẽ làm giảm nguồn thuế cho các dịch vụ chăm sóc sức khỏe công cộng.

Lao động toàn cầu có học vấn cao hơn sẽ làm tăng lực lượng lao động cho NC&PT CNSH. Ở các nước đang phát triển lực lượng lao động lớn hơn và được đào tạo tốt hơn sẽ thúc đẩy đầu tư nhiều hơn vào CNSH công nghiệp và sản xuất sơ cấp.

### **2.3. Tiêu thụ năng lượng và biến đổi khí hậu**

Nếu không có những thay đổi chính sách lớn về sử dụng năng lượng và biến đổi khí hậu, thì đến năm 2030, thế giới sẽ phụ thuộc nhiều hơn vào nhiên liệu hóa thạch. Nhu cầu về than đá, dầu mỏ và khí đốt sẽ tăng hơn 44% đến năm 2030. Nhiên liệu hóa thạch sẽ vẫn đáp ứng khoảng 80% tổng nhu cầu năng lượng của thế giới. Do nhu cầu nhiên liệu hóa thạch tiếp tục tăng, nên phát thải khí nhà kính dự kiến tiếp tục tăng trong tương lai. Nhiệt độ trung bình toàn cầu, so với mức năm 1900, dự báo sẽ tăng 1,4-1,6°C, và sẽ gia tăng nhanh sau năm 2030.

Nhiệt độ tăng sẽ tác động đến các hệ sinh thái và hoạt động của con người. Ví dụ, nếu Trái đất nóng lên 1°C thì sẽ làm giảm lượng nước và tăng hạn hán ở những vùng vĩ độ thấp, cũng như tăng nguy cơ chết san hô và cháy rừng. Nhiệt độ tăng cũng làm

giảm sản lượng lương thực ở những vùng vĩ độ thấp, mặc dù có thể được bù đắp bằng sản lượng cao ở những vùng vĩ độ cao. Nóng lên toàn cầu cũng có thể làm tăng nguy cơ bệnh dịch.

Nóng lên toàn cầu có những tác động rất lớn đối với các CNSH môi trường và công nghiệp. Nông nghiệp sẽ phải đối mặt với sản lượng giảm do những sức ép như nhiệt độ cao, hạn hán và xâm mặn. Sự phát triển và ứng dụng CNSH nông nghiệp, nhất là các giống cây tăng sức chịu đựng các môi trường khắc nghiệt, có thể giảm bớt những tác động này. Nhu cầu năng lượng tăng lên và khả năng giá năng lượng tăng sẽ dẫn đến việc sử dụng rộng rãi hơn năng lượng sinh học và CNSH công nghiệp trong các quá trình có thể giảm tiêu thụ năng lượng.

Sự lan tràn bệnh tật sang các nước phát triển có thể thúc đẩy đầu tư vào các công cụ cảm biến và chẩn đoán để phát hiện các vật truyền bệnh và các yếu tố truyền nhiễm. Nó cũng khuyến khích đầu tư vào nghiên cứu vắc xin và các liệu pháp chữa bệnh mới.

#### **2.4. Nông nghiệp, giá lương thực và nước**

Do nhu cầu thế giới về thịt và nhiên liệu sinh học đang tăng lên, giá trung bình của thực phẩm, thức ăn chăn nuôi và các hàng hóa năng lượng từ 2008 đến 2017, có thể sẽ cao hơn nhiều so với mức giá trung bình của thập kỷ trước nhưng xu thế sẽ giảm trong dài hạn. Do có nhiều yếu tố tác động nên khó có thể dự báo giá lương thực và ngũ cốc làm thức ăn chăn nuôi sau năm 2017, nhưng giá lương thực và thức ăn chăn nuôi có thể vẫn ở mức cao vào năm 2030.

Vào năm 2017, các nước đang phát triển sẽ vượt khu vực OECD trong sản xuất hầu hết hàng hóa thực phẩm thương mại. Tuy nhiên, việc chuyển đổi đất sang canh tác nông nghiệp, chủ yếu thông qua phá rừng ở Nam Mỹ và châu Phi, có thể gây ra những hậu quả môi trường to lớn, bao gồm phát thải CO<sub>2</sub> và mất đa dạng sinh học. Nhu cầu nông sản tăng cao cũng sẽ kéo theo gia tăng nhu cầu sử dụng nước trong tương lai. Nông nghiệp là nguồn tiêu thụ nước lớn nhất toàn cầu, chiếm khoảng 70% lượng nước sử dụng. Tất cả yếu tố này, cùng với nguy cơ hạn hán, sẽ làm tăng số người sống dưới sức ép thiếu nước sạch. Vào năm 2030, số người sống trong các khu vực chịu sức ép cao và trung bình về nước lần lượt là 38% và 72%. Ngược lại, số người sống trong các khu vực sẽ ít hay không phải chịu sức ép về nước chỉ tăng 4%. Ô nhiễm nước có thể cũng tăng lên, vào năm 2030 sẽ có 5 tỷ người (nhiều hơn 1,2 tỷ người so với hiện nay) sinh sống mà không có hệ thống nước thải.

Nhu cầu và giá lương thực và nước tăng cao sẽ khiến các nước phải tập trung vào lĩnh vực nông nghiệp. Các CNSH nông nghiệp, nhất là những công nghệ tạo ra các giống cây trồng mới làm tăng sản lượng và tăng độ chịu mặn và hạn hán, là một giải pháp khả dĩ cho nhiều vùng trên thế giới. Thiếu nước cùng với nguy cơ tác động tới

sức khỏe do các hệ thống vệ sinh kém cũng có thể thúc đẩy sự phát triển các CNSH công nghiệp làm giảm tiêu thụ nước hay lọc các nguồn nước ô nhiễm.

## **2.5. Chi phí chăm sóc y tế**

Chi phí chăm sóc sức khỏe tính theo tỷ lệ phần trăm trong GDP, ở cả những nước OECD và ngoài OECD, dường như sẽ tăng đáng kể vào năm 2030. Năm 2005, chi phí công cho chữa bệnh và chăm sóc y tế dài hạn chiếm trung bình khoảng 5,7% GDP của các nước OECD, dự kiến có thể tăng lên tới 12,8% vào năm 2050, với tốc độ tăng nhanh hơn thu nhập 1%/năm (dựa theo các xu thế trong 2 thập kỷ qua). Những công nghệ chăm sóc sức khỏe mới sẽ đóng vai trò chủ yếu trong sự gia tăng này.

Xu thế này có thể có tác động mạnh mẽ tới đổi mới trong lĩnh vực y tế. Việc kiểm soát giá cả và tiếp cận chăm sóc y tế sẽ thực sự là thách thức cho các mô hình kinh doanh hiện tại đối với CNSH y tế, bởi giảm sức ép về lợi nhuận công nghệ y tế sẽ giảm các khuyến khích cho NC&PT - trừ trường hợp các công nghệ mới có tiềm năng giảm các chi phí khám chữa bệnh. Ví dụ, một số nghiên cứu đã ước tính rằng ứng dụng CNSH nông nghiệp để sản xuất các dược phẩm phức hợp ở cây trồng có thể giảm chi phí sản xuất cho một số loại dược phẩm tới 2/3 so với các hệ thống sản xuất bằng vi khuẩn. Các thực phẩm chức năng và thuốc bổ dưỡng với những lợi ích sức khỏe đã được chứng minh có thể làm giảm các chi phí chăm sóc y tế bằng cách giảm nguy cơ của các căn bệnh nhất định. Ngoài ra, CNSH công nghiệp có thể được ứng dụng để khôi phục môi trường và lọc nước, do đó cải thiện được sức khỏe. CNSH cũng có thể đưa ra những cải thiện to lớn cho sức khỏe chung và chất lượng cuộc sống. Điều này có thể đóng vai trò tích cực trong việc định hình quan điểm cộng đồng về các mức chi tiêu chấp nhận được.

## **2.6. Các công nghệ hỗ trợ và cạnh tranh**

Nền KTSH sẽ không phát triển theo kiểu bong bóng. Sự tiến bộ sẽ tiếp tục diễn ra ở những công nghệ hỗ trợ và cạnh tranh, như công nghệ thông tin và các nguồn năng lượng thay thế. Các công nghệ hỗ trợ tác động đến việc các sản phẩm CNSH sẽ được phát triển ra sao, còn các công nghệ cạnh tranh sẽ xác định quy mô và thị phần của thị trường

### **2.6.1. Các công nghệ hỗ trợ**

Hai công nghệ hỗ trợ chính cho CNSH là điện toán và công nghệ nano. Cho đến nay, những tiến bộ trong công nghệ điện toán và tin sinh học có ý nghĩa quan trọng hơn khoa học công nghệ nano đang nổi lên, Nhưng trong tương lai, công nghệ nano sẽ có tác động to lớn đối với CNSH, nhất là những ứng dụng trong y tế.

Nhờ năng lực tính toán và không gian lưu trữ to lớn phát triển trong 4 thập kỷ qua, các nhà nghiên cứu có thể tạo ra, tiếp cận và thao tác những bộ dữ liệu lớn và xây dựng những mô hình hệ sinh học chính xác hơn..

Ứng dụng chính của công nghệ nanô là chế tạo các thiết bị ở cấp nanô có thể tương tác thực tế với các phân tử sinh học ở cả bề mặt và bên trong tế bào. Các thiết bị này có thể đem lại những hệ thống vận chuyển thuốc và gen tới mục tiêu cụ thể trong cơ thể. Ngoài ra, công nghệ nanô có thể được sử dụng để sản xuất ra những bộ phận và dịch lỏng thay thế của cơ thể, thiết bị tự chẩn đoán sử dụng tại gia, các cảm biến cho chip xét nghiệm, và vật liệu tái sinh mô và xương. Công nghệ nanô sinh học còn có những ứng dụng tiềm tàng trong khắc phục môi trường.

### **2.6.2. Các công nghệ cạnh tranh**

Nhiều hàng hóa được sản xuất bằng CNSH như nhiên liệu, chất dẻo và hóa chất có thể sản xuất bằng các công nghệ khác. Điều này tạo ra sự cạnh tranh tiềm tàng giữa những ưu thế môi trường, kinh tế và xã hội của CNSH và những ưu thế của các phương pháp sản xuất thay thế. Tiềm năng cạnh tranh này cũng tồn tại khi có những sản phẩm thay thế trên thị trường. Thí dụ bông biến đổi gen chống côn trùng cạnh tranh với bông thông thường sử dụng các kỹ thuật quản lý sâu bệnh tích hợp. Nhiên liệu sinh học hiện nay cạnh tranh với các nhiên liệu hóa thạch và trong tương lai sẽ cạnh tranh với các ô tô điện. Cũng như vậy, các biện pháp y tế cộng đồng có thể mang tính hiệu quả kinh tế trong việc kiểm soát sự bùng phát bệnh hơn so với việc tiến hành những NC&PT tốn kém để sản xuất vắc xin. Giải pháp công nghệ tối ưu sẽ phụ thuộc vào các ưu thế kinh tế, môi trường và xã hội của CNSH được đánh giá ra sao trong các nền kinh tế thị trường khi so sánh với các phương pháp thay thế. Do nghiên cứu về các giải pháp CNSH tiếp tục giảm được chi phí và nâng cao hiệu quả, nghiên cứu các công nghệ thay thế cũng sẽ có tiến bộ. Ví dụ nghiên cứu về công nghệ dây pin mặt trời có thể giảm được nhiều chi phí sản xuất các tấm pin mặt trời và tăng hiệu suất chuyển hóa ánh nắng thành điện. Đặc biệt, nếu kết hợp với những đột phá trong tích trữ điện, các dây pin mặt trời có thể là nguồn năng lượng tái tạo cho ô tô rẻ hơn so với nhiên liệu sinh học.

Sự cạnh tranh này sẽ phụ thuộc vào một vài yếu tố, bao gồm đầu tư cho NC&PT của mỗi khu vực, chi phí tương đối của các công nghệ khác nhau, và hỗ trợ của chính phủ thông qua trợ cấp hay thuế. Những đột phá chính trong công nghệ cạnh tranh có thể chuyển hướng đầu tư tư nhân và chính phủ ra ngoài một số CNSH.

Trong tương lai, các CNSH sẽ tiếp tục cạnh tranh với các công nghệ thay thế. Trong nông nghiệp, những tiến bộ trong các kỹ thuật bảo tồn nước và canh tác chính xác có thể cạnh tranh với các giải pháp CNSH về các áp lực môi trường. Trong y tế, sự cạnh tranh với các giải pháp giá rẻ về bệnh truyền nhiễm, như lọc nước, vẫn sẽ tiếp diễn. Sự cạnh tranh gay gắt nhất đối với CNSH lại dường như sẽ diễn ra trong những ứng dụng công nghiệp. Các dạng năng lượng tái tạo khác như năng lượng mặt trời, địa nhiệt và gió sẽ chứng tỏ là đối thủ nặng ký đối với năng lượng sinh học, sẽ hạn chế được những tác động phụ không mong muốn của nó.

### **3. Nền kinh tế sinh học thế giới tới năm 2030**

Nền KTSH đến năm 2030 sẽ có hình thù như thế nào? Báo cáo của OECD đã trình bày khả năng của một nền KTSH vào năm 2030 và đưa ra hai kịch bản dựa trên mối quan hệ tương tác giữa các yếu tố khác nhau được dự báo có thể xảy ra trong tương lai. Khả năng về một nền KTSH được dựa trên các dạng sản phẩm theo dự báo sẽ được tung ra thị trường vào năm 2015. Nội vùng OECD, CNSH có thể đóng góp đến 2,7% GDP vào năm 2030, với sự đóng góp kinh tế lớn nhất của CNSH trong các lĩnh vực công nghiệp và sản xuất sơ cấp. Đóng góp kinh tế của CNSH thậm chí có thể còn lớn hơn tại các nước đang phát triển, do tầm quan trọng của hai lĩnh vực này đối với nền kinh tế của các nước đang phát triển.

Các kịch bản đưa ra giả thiết về một thế giới đa cực, sẽ không có một nước hay khu vực nào thống trị các giao dịch thế giới. Các kịch bản này đưa ra các tình huống có thể ảnh hưởng đến sự nổi lên của nền KTSH. Các kết quả nêu bật tầm quan trọng của sự điều hành tốt, trong đó có sự hợp tác quốc tế và khả năng cạnh tranh về mặt công nghệ tác động đến tương lai. Những thách thức khoa học phức tạp và các quy định được hoạch định tồi có thể làm giảm khả năng của các CNSH công nghiệp khi cạnh tranh với các công nghệ thay thế khác. Ví dụ, những mức giảm nhanh của chi phí điện tái tạo kết hợp với những đột phá về mặt kỹ thuật của công nghệ pin ắc quy có thể dẫn đến các loại xe chạy điện có sức cạnh tranh hơn các phương tiện chạy bằng nhiên liệu sinh học. Quan điểm của công chúng cũng có thể khiến cho một số CNSH không phát huy được hết tiềm năng của chúng. Ví dụ, trong lĩnh vực thuốc dự phòng bệnh, tiến bộ của công nghệ trong lĩnh vực này có thể bị hạn chế do sự phản đối của công chúng trước các hệ thống chăm sóc y tế mang tính áp đặt và được lập kế hoạch kém.

Báo cáo của OECD đã sử dụng hai phương pháp để đánh giá nền KTSH của năm 2030 sẽ có hình hài như thế nào. Phương pháp thứ nhất áp dụng cách tiếp cận "kinh doanh theo thông lệ", cho rằng các CNSH có thể vươn ra thị trường vào năm 2030 và ước tính độ lớn tiềm tàng của nền KTSH. Phương pháp thứ hai sử dụng sự phân tích kịch bản để khai thác các yếu tố có thể dẫn đến những nền KTSH rất khác nhau vào năm 2030.

#### **3.1. Khả năng nền kinh tế sinh học vào năm 2030**

Các CNSH khác nhau sẽ thành công về mặt thương mại như thế nào đến năm 2030? Có hai yếu tố then chốt được xác định thông qua các phương án kịch bản được mô tả dưới đây, đó là tốc độ sản sinh ra các đổi mới thành công trong nghiên cứu CNSH và những thay đổi liên quan đến các chính sách thể chế và quản lý. Đối với cả hai yếu tố trên, sự phỏng đoán về khả năng nền KTSH thể hiện một viễn cảnh dè dặt. Thứ nhất, sự phỏng đoán này giả thiết rằng cần có các giai đoạn kéo dài để phát triển một khám

phá về một ứng dụng có khả năng thương mại, được chứng minh qua các tài liệu lịch sử về các CNSH. Thứ hai, sự phỏng đoán này giả thiết rằng hầu hết những thay đổi về các chính sách thể chế và quản lý đều mang tính thích ứng. Những thay đổi về chính sách đòi hỏi những thay đổi sâu sắc hoặc có tính phá vỡ về mặt kinh tế sẽ khó thực hiện hơn nhiều và vì vậy ít có khả năng xảy ra.

**Bảng 1** cho thấy danh sách các loại CNSH có khả năng hiện diện vào năm 2030. Đối với các CNSH này, khả năng giải quyết các vấn đề khoa học và công nghệ là cao, chúng có thể được thương mại hóa một cách hiệu quả và được hỗ trợ bởi các điều kiện về thể chế và luật pháp trên nhiều thị trường lớn. Nhiều trong số các CNSH này đã được xúc tiến thương mại hóa dưới một số hình thức hoặc là đang tiến gần đến thương mại hóa.

**Bảng 1. Các CNSH rất có thể sẽ vượt tới thị trường vào năm 2030**

<b>Sản xuất sơ cấp</b>	<b>Y tế</b>	<b>Công nghiệp</b>
Sử dụng rộng rãi MAS trong nhân giống cây trồng, vật nuôi, cá và động vật có vỏ.	Nhiều loại dược phẩm và vắc-xin mới dựa một phần vào kiến thức CNSH được cấp phép ra thị trường mỗi năm.	Enzym cải tiến được sử dụng cho phạm vi các ứng dụng ngày càng tăng trong ngành hóa chất.
Các giống cây trồng chính và cây trồng GM với hàm lượng tinh bột, dầu và linhin được cải tiến, làm nâng cao quy trình chế biến công nghiệp và hiệu suất chuyển đổi.	Dược gen học được sử dụng rộng rãi hơn trong các thử nghiệm lâm sàng và trong việc kê đơn thuốc, tỷ lệ bệnh nhân được điều trị bằng một liệu pháp đã được định sẵn giảm.	Các vi sinh vật cải tiến có thể sản sinh ra một số lượng ngày càng tăng các sản phẩm hóa học theo một bước (one step), trong đó có một số dựa trên các gen được xác định bằng thăm dò sinh học (bioprospecting).
Cây trồng và vật nuôi GM phục vụ cho bào chế dược phẩm và các hợp chất có giá trị khác.	Độ an toàn và hiệu quả của các liệu pháp điều trị được nâng cao nhờ vào sự liên kết các dữ liệu dược phẩm di truyền, dữ liệu kê đơn và các kết quả sức khỏe lâu dài.	Các bộ cảm biến sinh học giám sát các chất ô nhiễm môi trường trong thời gian thực và các dụng cụ sinh trắc học nhận dạng người.
Các giống cây lương thực chính và cây nguyên liệu được cải thiện cho sản lượng cao, có tính đề kháng sâu hại, có sức chống chịu cao được phát	Kiểm tra sàng lọc với phạm vi rộng các yếu tố rủi ro di truyền phức tạp về các căn bệnh phổ biến như chứng viêm khớp, với di truyền là một nguyên nhân góp phần.	Nhiên liệu sinh học mật độ năng lượng cao được sản xuất từ cây mía và các nguồn sinh khối xenlulose.

triển bằng các kỹ thuật GM, MAS, nhân giống nội gen hay đều gen (cisgenesis).		
Chẩn đoán nhiều hơn các đặc điểm di truyền và các bệnh tật ở vật nuôi, cá và động vật có vỏ.	Các hệ thống vận chuyển thuốc cải tiến nhờ vào sự hội tụ giữa CNSH và công nghệ nano.	Thị phần lớn hơn đối với các loại vật liệu sinh học như bioplastics, đặc biệt là tại các lĩnh vực thích hợp, nơi chúng mang lại một số lợi thế.
Nhân dòng vô tính các động vật có giá trị cao, làm giàu kho dự trữ giống	Dược phẩm dinh dưỡng mới, một số được sản xuất bằng các vi sinh vật GM và số khác từ thực vật hay chiết xuất đại dương.	
Các loại cây trồng chủ lực chính của các nước đang phát triển được tăng cường hàm lượng vitamin hay các chất dinh dưỡng vi lượng, sử dụng công nghệ GM.	Xét nghiệm gen chi phí thấp phát hiện các yếu tố nguy hiểm dẫn đến các bệnh mãn tính như chứng viêm khớp, tiểu đường tuyp II, bệnh tim mạch và một số dạng ung thư.	
	Y học phục hồi mang lại sự kiểm soát bệnh tiểu đường tốt hơn và cho phép thay thế hoặc chữa trị một số dạng mô bị tổn hại.	

Nguồn: OECD

### 3.1.1. Sản xuất sơ cấp

Đối với sản xuất sơ cấp, CNSH đang được sử dụng rộng rãi để triển khai các công cụ chẩn đoán các chứng bệnh ở động vật và thực vật và để phát triển các giống cây trồng, vật nuôi và các loài thủy sản mới với các đặc tính có giá trị cao. Các ứng dụng nhân giống không chỉ có GM, mà còn bao gồm nhiều CNSH khác như xáo trộn gen (gene shuffling), sắp xếp nội gen (intragenics) và chọn lọc nhờ vào công cụ đánh dấu (MAS). Vì vậy, việc sử dụng CNSH trong sản xuất sơ cấp có khả năng phổ biến rộng khắp vào năm 2030 đối với sản xuất các loại thực phẩm từ cây trồng và vật nuôi và đối với các loại cây trồng dùng để làm nguyên liệu và lấy sợi. Việc chia tách lĩnh vực nông nghiệp thành các ngành CNSH và phi CNSH sẽ là điều lỗi thời do sự áp dụng

nhanh chóng của CNSH để phát triển các công cụ chẩn đoán tốt hơn và để cải tiến các giống cây trồng và vật nuôi. Có ba ứng dụng CNSH đối với sản xuất sơ cấp sẽ phải đối mặt với những rào cản về kinh tế hoặc xã hội, đó là: nhân bản vô tính động vật, việc sử dụng công nghệ GM cho cây trồng thị trường nhỏ, và sử dụng GM để phát triển các thực phẩm chức năng. Vào năm 2030, hầu hết việc sử dụng nhân bản vô tính động vật có thể xảy ra là để tạo ra kho dự trữ giống động vật có giá trị cao và các hợp chất làm dược phẩm. Trở ngại chính đối với việc sử dụng rộng rãi hơn nhân bản vô tính có khả năng là do sự phản đối của công chúng đối với thịt động vật nhân bản vô tính. Việc ứng dụng GM đối với các cây trồng thị trường nhỏ sẽ không gặp phải những trở ngại lớn về mặt kỹ thuật, nhưng có thể bị kìm hãm bởi các chi phí quản lý và do sự chú trọng không ngừng vào các cây trồng có thị trường lớn của một số ít các công ty hạt giống đa quốc gia. Các thực phẩm chức năng GM cho các nước phát triển cũng phải đối mặt với những trở ngại về chi phí so với các loại thay thế rẻ hơn như thực phẩm tăng cường. Ứng dụng có triển vọng nhất của CNSH đối với thực phẩm chức năng sẽ diễn ra tại các nước đang phát triển, là nơi mà các chương trình nhân giống các cây trồng chủ lực chính có thể sử dụng CNSH để làm tăng hàm lượng các vitamin và khoáng chất cần thiết.

### **3.1.2. Y tế**

Trong lĩnh vực y tế, gần như tất cả các nghiên cứu nhằm phát triển hoặc ứng dụng các phương pháp chẩn đoán và dược phẩm mới sẽ đều sử dụng CNSH, ví dụ như để xác định các mục tiêu của thuốc, cải tiến sự vận chuyển thuốc, hay các thủ tục kê đơn được cải tiến phù hợp với các đặc điểm di truyền của bệnh nhân. Trường hợp ngoại lệ sẽ là các loại thuốc đồng dạng (generic drug: dược phẩm dùng thay thế sản phẩm gốc và được đưa ra thị trường sau khi bản quyền của sản phẩm gốc hết hạn, có giá rẻ), được phát triển trước năm 2015, mặc dù ngay trong lĩnh vực này các thủ tục kê đơn sẽ ngày càng bị ảnh hưởng bởi lĩnh vực gen dược học. Xét nghiệm các bệnh di truyền nghiêm trọng sẽ trở nên phổ biến và không tốn kém. Xét nghiệm các tiền sử di truyền làm tăng nguy cơ mắc các bệnh mạn tính như chứng viêm khớp, tiểu đường typ II, bệnh tim mạch và một số dạng ung thư cũng sẽ trở nên không tốn kém, nhưng việc sử dụng các xét nghiệm này trong thực tiễn y học có thể bị giới hạn đối với nhóm dân số cao tuổi có nguy cơ cao hơn hoặc đối với các cá nhân đã có biểu hiện các yếu tố nguy cơ cao khác về những căn bệnh nêu trên.

Cả hai phương pháp dược gen học và phân tích hồ sơ bệnh án có liên quan sẽ được cải thiện về độ an toàn và tăng tính hiệu quả của phương pháp trị liệu. Sự phân tích hồ sơ bệnh án liên quan sẽ cho phép các nhà nghiên cứu kết hợp việc kê đơn, với các yếu tố hành vi và dữ liệu di truyền để có được kết quả sức khỏe lâu dài. Điều này sẽ cải thiện đáng kể sức khỏe dân chúng thông qua việc xác định các phản ứng thuốc bất lợi,

các tương tác thuốc không mong muốn và các yếu tố khác có thể gây ảnh hưởng vừa tích cực và tiêu cực đến kết quả sức khỏe. Nó cũng sẽ làm giảm thị trường tiềm năng của các liệu pháp chỉ có hiệu quả hoặc an toàn đối với một nhóm nhỏ đặc biệt và nó cũng có thể dẫn đến sự thu hồi thuốc nhiều hơn sau khi đã được chấp thuận thị trường. Hàng trăm các công cụ đánh dấu sinh học di truyền sẽ được phê chuẩn để sử dụng trong kê đơn thuốc.

Triển vọng của cả hai lĩnh vực y học phục hồi và y học dự phòng đều sẽ chỉ được hiện thực hóa một phần. Mặc dù có nhiều các công nghệ cần thiết và các khám phá nghiên cứu cho hai loại CNSH này trong quá trình triển khai, vẫn còn nhiều thách thức về mặt kỹ thuật, kinh tế và xã hội cần phải giải quyết. Tuy nhiên, nhiều loại thuốc phục hồi sẽ hiện diện vào năm 2030, như thuốc điều trị bệnh tiểu đường hay phục hồi các mô bị hư hại. Sự thay thế các cơ quan phức tạp như tim, phổi hay gan có thể sẽ phải đợi xa hơn trong tương lai.

### **3.1.3. Công nghiệp**

Việc sử dụng các quy trình CNSH trong công nghiệp đang gia tăng nhanh chóng và dường như sẽ tiếp tục tăng lên đến năm 2030, nhưng sẽ có nhiều kết quả có thể xảy ra. Việc sử dụng CNSH trong tương lai để sản xuất các hóa chất, polime và nhiên liệu với khối lượng lớn là điều không chắc chắn, một phần là do sự cạnh tranh kinh tế sẽ phụ thuộc vào đầu tư của chính phủ để tạo ra các thị trường. CNSH công nghiệp sẽ còn cần phải cạnh tranh với các công nghệ thay thế thuộc các lĩnh vực công nghệ khác. Ví dụ như nhiên liệu sinh học sẽ phải cạnh tranh với các nguồn năng lượng thay thế bền vững khác như năng lượng sóng, địa nhiệt, gió, mặt trời và năng lượng hạt nhân và với nhiên liệu hóa thạch kết hợp với công nghệ CCS (thu giữ các-bon). Nhiên liệu sinh học có một lợi thế cố hữu đối với các ứng dụng giao thông bởi vì chúng là nguồn nhiên liệu lỏng tái tạo duy nhất và một số dạng nhiên liệu sinh học không đòi hỏi những thay đổi đáng kể đối với các cơ sở hạ tầng giao thông hiện tại. Tuy nhiên, những đột phá về kỹ thuật trong công nghệ pin ắc quy và trong việc sản xuất điện tái tạo có thể mang lại ưu thế cho các loại xe chạy điện dùng năng lượng mặt trời hay các nguồn điện năng khác.

Những ứng dụng công nghiệp có khả năng nhất của CNSH vào năm 2030 đó sẽ là việc sản xuất các enzym cho rất nhiều quy trình công nghiệp; tổng hợp một công đoạn (one-step) các hóa chất giá trị cao và các plastic sử dụng các vi sinh vật trong các lò phản ứng sinh học; sản xuất nhiên liệu sinh học hàm lượng năng lượng cao từ cây mía và các loại cây trồng xenlulo. Việc sản xuất thương mại quy mô lớn các hóa chất hay nhiên liệu sinh học với khối lượng lớn từ các vi sinh vật hay tảo không sử dụng sinh khối sẽ khó có thể xảy ra vào năm 2030, do những khó khăn đáng kể về mặt kỹ thuật trong việc tăng quy mô sản xuất lên mức có thể cạnh tranh thương mại.

### ***3.1.4. Sự tích hợp***

Mức độ tích hợp của nền KTSH vào năm 2030 sẽ bị ảnh hưởng bởi khả năng cạnh tranh của các giải pháp CNSH so với các công nghệ khác. Một điều không chắc chắn nhất đó là tương lai của sản xuất, nuôi trồng và sử dụng sinh khối. Nếu nguồn sinh khối mang lại một nguồn nguyên liệu kinh tế và bền vững môi trường cho sản xuất hóa chất và nhiên liệu, thì sẽ có một sự hòa nhập với phạm vi rộng giữa sản xuất sơ cấp và CNSH công nghiệp. Ngược lại, nếu các công nghệ khác, trong đó có sinh học tổng hợp, chứng tỏ được sự vượt trội, thì mức độ tích hợp sẽ bị giảm. Tuy nhiên, rất có thể sẽ đạt được sự hòa nhập ở một mức độ nào đó, nếu các công nghệ tinh chế sinh học cạnh tranh được tại các vùng ấm nhiệt đới và cận nhiệt đới với tỷ lệ sản lượng cây trồng cao, bao gồm cả vùng Đông Nam nước Mỹ.

Vào năm 2030 nền KTSH sẽ được kết hợp với các công nghệ bền vững thay thế để làm giảm sức ép về tài nguyên và các vấn đề môi trường, với vai trò là một phần trong sự chuyển hướng toàn cầu hướng đến một sự vững bền hơn về mặt xã hội và kinh tế. Phân tích vòng đời sẽ được sử dụng rộng rãi để nhận dạng các sản phẩm và phương pháp bền vững nhất về môi trường phục vụ cho ngành công nghiệp chế tạo sản phẩm. Một số các hóa chất có thể được sản xuất sử dụng dầu mỏ hay khí tự nhiên làm nguyên liệu, trong khi một số khác sẽ được sản xuất có hiệu quả hơn nhờ sử dụng sinh khối. Việc sản xuất năng lượng sẽ được dựa trên cơ sở một hỗn hợp các dạng năng lượng tái tạo với sự pha trộn cụ thể phụ thuộc vào nguồn tài nguyên địa phương.

### ***3.1.5. Sự chuyển hướng sang các nước đang phát triển***

Sự gia tăng dân số toàn cầu lên 8,3 tỷ vào năm 2030 sẽ làm tăng nhu cầu về lương thực, nguyên vật liệu, năng lượng, phân bón và nước sạch. Một tỷ trọng lớn trong sản xuất và tiêu thụ các sản phẩm công nghiệp CNSH và sản xuất sơ cấp vào năm 2030 sẽ thuộc về các nước đang phát triển như Braxin, Ấn Độ, Trung Quốc và Nam Phi, do sự gia tăng về dân số và thu nhập. Nhiều trong số các nước này có khả năng trở thành các trung tâm thế giới về nghiên cứu CNSH, dựa vào một nguồn cung dồi dào các nhà nghiên cứu có kỹ năng cao, đặc biệt là ở Trung Quốc. Vai trò ngày càng tăng của các nước đang phát triển trong lĩnh vực CNSH sẽ tác động đến vị trí tập trung của nguồn nhân lực có kỹ năng, NC&PT, các thị trường, sự cạnh tranh và thương mại.

Đối với tất cả các ứng dụng CNSH, các công ty sẽ ngày càng có xu hướng áp dụng một chiến lược toàn cầu nhằm tận dụng lợi thế của năng lực nghiên cứu, những tiến bộ công nghệ và các thị trường ở cả các nước phát triển lẫn các nước đang phát triển.

### ***3.1.6. Tác động kinh tế của nền kinh tế sinh học***

Ước tính về tác động của CNSH tại các nước thuộc OECD hoặc đối với nền kinh tế toàn cầu vào năm 2030 sẽ đòi hỏi các dữ liệu về xu hướng của mỗi loại sản phẩm và quy trình CNSH cũng như các ước tính về việc hỗn hợp các sản phẩm có thể thay đổi

như thế nào theo thời gian, ví dụ như dữ liệu về quy mô tương đối của thị trường polime sinh học sẽ tăng lên bao nhiêu vào năm 2030 so với thị trường các sản phẩm thực phẩm chủ lực? Nhiệm vụ này sẽ cần đến các báo cáo riêng, cụ thể. Tuy nhiên, một sự ước tính thô về tác động kinh tế tương lai của nền KTSH có thể thực hiện được bằng cách giả thiết rằng tỷ trọng kinh tế của từng ứng dụng lớn sẽ giữ ở mức xấp xỉ tương đương với mức độ ghi nhận hiện nay. Ví dụ, sản xuất sơ cấp chiếm 1,77% trong tổng giá trị gia tăng (GVA) của khu vực EU vào năm 2005 và nó được cho là sẽ vẫn giữ tỷ trọng tương tự trong GVA vào năm 2030.

Những ước tính đầu tiên được phản ánh ở Bảng 2, cho thấy khả năng tác động kinh tế tối đa của CNSH trong ba lĩnh vực ứng dụng chính. Điều này có thể đạt được nếu tất cả các hoạt động kinh tế thuộc ba lĩnh vực then chốt liên quan đến CNSH như bào chế dược phẩm (ứng dụng chủ yếu trong y tế), sản xuất sơ cấp, và các ngành công nghiệp đều áp dụng CNSH. Tuân theo giả thiết này, đóng góp tối đa của CNSH cho tổng giá trị gia tăng (GVA) tại các nước EU-25 và Mỹ tương ứng sẽ là 5,6% và 5,8%. Các lĩnh vực nêu trên chiếm hơn 4% số việc làm tại EU-25 và 2,5% tại Mỹ.

Tất nhiên, CNSH không chắc có thể đóng góp đến mức độ đó vào toàn thể hoạt động kinh tế vào năm 2030, nhưng nó có thể đạt đến giới hạn đó vào một thời điểm muộn hơn. Nhiều quy trình công nghiệp sẽ tiếp tục dựa vào các công nghệ hiện tại đến năm 2030, với CNSH có khả năng đóng góp 35% trong tổng sản lượng hóa chất vào năm 2030 trong khu vực OECD.

CNSH sẽ đóng góp cho phát triển và sản xuất của gần như toàn bộ các loại dược phẩm mới vào năm 2030, nhưng các loại dược phẩm đồng dạng hiện diện trước khi có cuộc cách mạng CNSH sẽ vẫn chiếm một phần thị trường dược phẩm. Vào năm 2005, các loại dược phẩm đồng dạng chiếm từ 10% đến 40% các thị trường dược phẩm ở các nước châu Âu. Tỷ trọng của các loại dược phẩm đồng dạng phi CNSH sẽ giảm theo thời gian, theo một ước tính rộng thì chúng có thể sẽ chiếm 20% trong tổng GVA dược phẩm vào năm 2030, với các loại CNSH chiếm khoảng 80%. Trong lĩnh vực sản xuất sơ cấp, CNSH sẽ không được sử dụng một cách rộng rãi tại những cánh rừng của các nước phương bắc, nhưng nó có thể đóng góp đến một nửa sản lượng nông nghiệp và gần như toàn bộ ngành lâm nghiệp và nuôi trồng thủy sản, với tổng số đóng góp có thể đạt xấp xỉ 50% sản lượng đầu ra của sản xuất sơ cấp. Xét trên các tỷ trọng này, có thể rút ra một ước tính sơ bộ đó là đóng góp tiềm năng của CNSH đối với GVA theo lĩnh vực tại các nước OECD cộng với một vài nước châu Âu khác, dựa trên tỷ trọng hiện nay và mức độ GVA theo từng ứng dụng, sẽ đạt tổng số 1062 nghìn tỷ USD: 259 tỷ trong lĩnh vực y tế, 381 tỷ trong lĩnh vực sản xuất sơ cấp, và 422 tỷ trong ngành công nghiệp. Con số này tương đương 2,7% tổng GVA tại các nước này.

**Bảng 2: Đóng góp tiềm năng tối đa của CNSH vào tổng giá trị gia tăng và việc làm**

	GDP (tỷ USD)	Tỷ trọng của tổng giá trị gia tăng			Tổng việc làm (nghìn)	Tỷ trọng của việc làm		
		Y tế (Dược phẩm)	Sản xuất sơ cấp	Các khu vực công nghiệp có một số ứng dụng CNSH		Dược phẩm	Sản xuất sơ cấp	Các khu vực công nghiệp có một số ứng dụng CNSH
<b>EU-25</b>	16397	0,66	1,77	3,13	171247	0,31	1,87	1,96
<b>Mỹ</b>	13790	1,24	1,83	2,71	141216	0,23	1,04	1,25
<b>Ôxtrâyli</b>	890	0,27	3,08	3,83	8741	0,13	2,06	1,41
<b>Ca-na-đa</b>	1406	0,36	2,21	3,99	15314	0,19	2,65	--
<b>Ai-xơ-len</b>	20	--	9,34	1,52	0,159	--	6,88	--
<b>Nhật Bản</b>	5103	0,62	1,34	1,94	52935	0,21	0,82	1,73
<b>Hàn Quốc</b>	982	--	3,78	4,91	21557	--	8,82	--
<b>Mê-xi-cô</b>	886	0,73	3,79	6,23	--	--	--	--
<b>New Zealand</b>	124	--	9,19	--	1443	--	0,65	--
<b>Na Uy</b>	369	0,23	1,46	--	2310	--	3,60	--
<b>Thụy Sĩ</b>	414	--	1,36	--	--	--	--	--

Nguồn: OECD

Những con số trên vẫn còn đánh giá thấp tiềm năng của CNSH vào năm 2030, do chúng không kể đến nhiên liệu sinh học, các ứng dụng mới mà hiện tại khó có thể hình dung được và các tác động cũng khó có thể đo được bằng đơn vị tiền tệ. Những tác động như vậy bao gồm cả ảnh hưởng của CNSH y học đến tuổi thọ và chất lượng cuộc sống và những lợi ích về môi trường của CNSH nông nghiệp và công nghiệp. Ngoài ra, những con số này cũng không tính đến những gia tăng về GVA của từng ứng dụng, như sự gia tăng ở sản lượng nông nghiệp với việc đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về sinh khối với vai trò là một nguồn nguyên liệu công nghiệp. Một khía cạnh đáng chú ý của những ước tính sơ bộ trên đó là sự đóng góp kinh tế của CNSH có tiềm năng lớn nhất trong các ứng dụng công nghiệp, với 39% tổng GVA tiềm năng từ CNSH, tiếp theo là sản xuất sơ cấp với 36% tổng số và các ứng dụng trong y tế có thể đóng góp 25% tổng GVA. Ước tính này mâu thuẫn rõ rệt với một ước tính của OECD về sự

phân bố chi tiêu NC&PT theo các doanh nghiệp vào năm 2003, như đã chỉ ra ở **Bảng 3**. Đầu tư NC&PT của khu vực tư nhân chiếm một tỷ trọng lớn, đến 87% cho các ứng dụng trong lĩnh vực y tế vào năm 2003, chỉ có 2% chi tiêu NC&PT của CNSH dành cho các ứng dụng công nghiệp. Các kết quả này cho thấy, đầu tư của khu vực tư nhân vào NC&PT của CNSH chưa tương xứng với các cơ hội thị trường tiềm năng đối với CNSH theo ứng dụng. Điều này có thể phản ánh một phần hiệu quả NC&PT cao hơn trong lĩnh vực sản xuất sơ cấp và CNSH công nghiệp so với CNSH y học, nhưng việc thiếu các biện pháp khuyến khích, các quy định hỗ trợ, các nhà nghiên cứu có kỹ năng hay nguồn đầu tư bổ sung cho NC&PT khu vực nhà nước cũng có thể giữ vai trò quan trọng. Tuy nhiên, một sự thay đổi trong các vấn đề ưu tiên của khu vực tư nhân có thể đang diễn ra, như đã được thấy trong mức tăng gần đây của đầu tư vào năng lượng sạch.

**Bảng 3: Chi tiêu NC&PT hiện tại so với các thị trường trong tương lai của CNSH theo ứng dụng**

	Tỷ trọng của tổng chi tiêu của doanh nghiệp cho NC&PT CNSH của OECD năm 2003	Ước tính tỷ trọng tiềm năng của tổng giá trị gia tăng CNSH của khu vực OECD năm 2030
<b>Y tế</b>	87%	25%
<b>Sản xuất sơ cấp</b>	4%	36%
<b>Công nghiệp</b>	2%	39%
<b>Các lĩnh vực khác</b>	7%	--
	100%	100%

*Nguồn: OECD (2006) phân bố chi tiêu NC&PT của CNSH*

Thậm chí, CNSH có thể chiếm một tỷ trọng cao hơn trong GDP của các nước đang phát triển, do tầm quan trọng của các lĩnh vực sản xuất công nghiệp và sơ cấp đối với GDP của các nước này lớn hơn so với các nước OECD. Ngược lại, tỷ trọng GDP từ sử dụng CNSH để phát triển và bảo chế dược phẩm và chế tạo các thiết bị y tế dường như lại lớn hơn ở các nước phát triển, do sự tập trung của các năng lực nghiên cứu tiên tiến và các thị trường tại khu vực OECD. Hầu hết các công nghệ y tế mới sẽ đều quá đắt tiền đối với phần lớn dân số thế giới. Điều này sẽ giới hạn những ích lợi của nhiều sản phẩm CNSH y học vào năm 2030 chỉ cho khoảng 1 tỷ người của các nước phát triển, nơi có thu nhập bình quân đầu người đủ để đáp ứng và có thể có thêm từ 500 triệu đến 1 tỷ người giàu sống tại các nước đang phát triển.

### **3.2. Các kịch bản đối với nền kinh tế sinh học của năm 2030**

Nền KTSH có thể sẽ xảy ra vào năm 2030 theo mô tả trên đây được dựa trên cơ sở các điều kiện "kinh doanh theo thông lệ". Tuy nhiên, nền KTSH của năm 2030

có thể sẽ thay đổi đáng kể từ vạch xuất phát này, phụ thuộc vào những biến cố không thể lường trước cộng với mỗi tương tác của việc lựa chọn công nghệ, kinh tế và chính trị.

Có hai kịch bản phản ánh những động lực và những biến cố có thể tác động đến hình thù tương lai của một nền KTSH sẽ diễn ra tại các nước OECD và cả trên phạm vi toàn thế giới. Cần lưu ý rằng các kịch bản này không thể vừa dự báo trước được tương lai hay tạo ra sự đồng thuận về các kết quả dễ xảy ra nhất. Không giống như ước tính về dân số toàn cầu, cơ cấu tuổi tác và tiêu thụ năng lượng vào năm 2030, các kịch bản này không phải là phép ngoại suy và vì vậy sẽ không có giá trị đối với việc hoạch định dài hạn về kinh tế hoặc công nghệ. Thay vào đó, các kịch bản có thể được coi là một công cụ để tư duy một cách thấu đáo về những hàm ý tương lai của một loạt các quyết định chính trị và tư nhân.

Nghiên cứu về kịch bản được bắt đầu bằng việc xây dựng sáu kịch bản: mỗi lĩnh vực sản xuất sơ cấp, công nghiệp và CNSH y học bao gồm hai kịch bản. Một phân tích về sáu kịch bản này cho thấy, có hai ảnh hưởng then chốt đến nền KTSH tương lai đó là sự thương mại hóa thành công các sản phẩm và quy trình CNSH (phụ thuộc vào những tiến bộ về khoa học và công nghệ và vào khả năng cạnh tranh của CNSH so với các công nghệ khác) và chất lượng của sự quản lý, được xác định như một hệ thống các quy định và chính sách tác động đến sự phát triển và ứng dụng CNSH. Sáu kịch bản này được kết hợp thành hai kịch bản hỗn hợp mang tên "Muddling Through" (Thành công theo cách lộn xộn) và "Uneven Development" (Phát triển không đồng đều). Trái ngược với nhiều bài tập kịch bản thường có xu hướng đưa ra các kết quả hoặc hoàn toàn tích cực hoặc hoàn toàn tiêu cực, hai kịch bản này bao gồm một sự pha trộn của cả các kết quả tích cực lẫn tiêu cực. Tuy nhiên, kịch bản "Muddling Through" đưa ra nhiều kết quả tích cực hơn so với kịch bản "Uneven Development".

Cả hai kịch bản đều được xây dựng dựa trên các ước tính về động lực chi phối nền KTSH và những dự báo ngắn hạn về các dạng CNSH có thể sẽ đạt đến thị trường vào năm 2015. Các kịch bản đưa ra giả thiết về một thế giới ngày càng đa cực, trong đó không có một đất nước hay một khu vực nào chi phối các vấn đề thế giới và bao gồm các biến cố về tự nhiên và chính trị có thể tác động đến nền KTSH. Ngoài các tác động có thể xảy ra của cuộc khủng hoảng tài chính toàn cầu năm 2007-2010 ảnh hưởng đến nền KTSH, các biến cố trên còn bao gồm cả sự suy thoái môi trường, hạn hán và thời tiết xấu, bệnh tật và cả khả năng của một cuộc khủng bố sinh học. Các kịch bản không đưa ra các biến cố không chắc chắn cao như một nạn dịch bệnh toàn cầu có thể cướp đi sinh mạng của hàng trăm triệu người trên thế

giới. Các kịch bản này đều là hư cấu với những biến cố được đưa ra theo cách suy luận hợp lý nhất. Dưới đây là tóm lược của mỗi kịch bản cùng với các bài học chính sách có thể rút ra từ chúng.

### **3.2.1. Kịch bản 1: “Muddling through”**

Trong giai đoạn từ 2009 đến 2013, đầu tư nghiên cứu và kinh doanh liên quan đến các ứng dụng CNSH đối với các lĩnh vực sản xuất sơ cấp và công nghiệp vẫn tiếp tục tăng, một phần là do sự quay trở lại của giá hàng hóa cao sau cuộc khủng hoảng tài chính toàn cầu 2007-2010. Ngoài ra, các chính phủ hỗ trợ đầu tư và nghiên cứu CNSH như một phần của các xúc tiến tăng trưởng kinh tế. Tuy nhiên, điều này hoàn toàn rõ rệt từ sau năm 2010, thời điểm kết thúc kỷ nguyên với nguồn vốn rẻ, dồi dào đầu tư vào các công ty công nghệ rủi ro cao. Điều này tác động đặc biệt tới các công ty được phẩm mới khởi sự, với luồng đầu tư chuyển hướng sang các lĩnh vực ít rủi ro hơn với thời gian hoàn vốn ngắn hạn, như thiết bị y tế, công cụ chẩn đoán, năng lượng sinh học, và CNSH nông nghiệp. Sự suy giảm về nguồn vốn rẻ phần nào đã hỗ trợ cho việc tìm kiếm các mô hình kinh doanh mới có thể làm giảm chi phí thông qua việc chia sẻ tri thức.

Đầu tư vào y học dự phòng vẫn tiếp tục, nhưng lĩnh vực này phải đối mặt với những rào cản nghiêm trọng do chi phí gia tăng với sự tranh luận của công chúng ngày càng tăng về việc chi tiêu cho y tế nên vào đâu - vào những thay đổi về điều kiện sống với chi phí thấp hay theo hướng các can thiệp y học đắt giá. Phương hướng đầu tiên được ủng hộ một phần bằng sự phản ứng trước viễn cảnh nạn dịch cúm xảy ra vào năm 2014, khi mà các hoạt động y tế công cộng như cách ly và hạn chế đi lại có hiệu quả hơn so với các loại thuốc chống virus mới. Cuộc khủng hoảng bệnh cúm còn góp phần củng cố năng lực của các tổ chức quốc tế như WTO trong việc quản lý và giải quyết các mối đe dọa sức khỏe. Một số tiến bộ đạt được về các điều kiện quản lý đối với y tế, như một hiệp định giữa Cơ quan Thực phẩm và Dược phẩm (FDA) tại Mỹ và Cơ quan Y tế châu Âu (European Medicines Agency) về việc công nhận giá trị của các dụng cụ đánh dấu sinh học. FDA còn đưa ra các yêu cầu về việc tiếp tục đánh giá các dược phẩm sau khi được cấp phép lưu thông trên thị trường và chính phủ Mỹ còn dành riêng kinh phí tài trợ cho các thử nghiệm lâm sàng để so sánh tính hiệu quả của các loại dược phẩm khác nhau dùng để điều trị một căn bệnh cụ thể. Quyền pháp định cỡ trung của lĩnh vực y tế đã phát triển các hệ thống hồ sơ y tế toàn diện cho phép các nhà khoa học nghiên cứu về các tác dụng dài hạn của việc sử dụng dược phẩm và các yếu tố môi trường tác động đến các kết quả sức khỏe. Sự nghiên cứu như vậy sẽ làm tăng thêm những ích lợi của một hệ thống y tế dựa trên cơ sở khoa học chứ không phải "dựa vào kỹ thuật", nhưng sự thành công trong việc thay đổi các hành vi của bác sĩ và bệnh nhân vẫn còn là vấn đề chấp vá.

Hai năm liên tiếp diễn ra hạn hán khắc nghiệt và nhiệt độ cao tại các khu vực trồng ngũ cốc chủ yếu của thế giới trong các năm 2016 và 2017 sẽ làm cho nguồn cung ngũ cốc toàn cầu bị đẩy xuống mức thấp kỷ lục và giá cả tăng lên cao mức kỷ lục. Nạn đói nghiêm trọng xảy ra tại các vùng nghèo hơn của thế giới gần như có thể ngăn chặn được thông qua các hoạt động của Liên hiệp quốc nhằm đạt được một hiệp định toàn cầu hạn chế việc sử dụng ngũ cốc để làm thức ăn gia súc. Kinh nghiệm này chứng tỏ giá trị của các loại cây trồng GM có sức chịu hạn hán, điều này khiến cho châu Âu chấm dứt lệnh đình hoãn GM của mình. Sự kiện này cũng được coi như một lời kêu gọi thức tỉnh về việc cần xem xét vấn đề biến đổi khí hậu một cách nghiêm túc, dẫn đến một hiệp định toàn cầu từng bước thực hiện thuế các-bon với mức độ đủ cao để dẫn đến những suy giảm rõ rệt về phát thải GHG (khí nhà kính). Việc này làm tăng mức độ bảo toàn năng lượng cũng như một sự bùng nổ đầu tư vào năng lượng các-bon thấp, trong đó có nhiên liệu sinh học.

Năm 2019, sẽ có nhiều yếu tố kết hợp làm chuyển hướng các hệ thống tài trợ và khuyến khích cho nghiên cứu y học, từ các sáng chế và định giá thị trường các loại thuốc đã đăng ký sáng chế cho đến một hệ thống giải thưởng toàn cầu, là nơi các sáng chế hết hiệu lực một khi đạt được cấp phép lưu thông trên thị trường. Vì thế tất cả các loại thuốc mới sẽ được sản xuất với giá thuốc đồng dạng. Các công ty phát minh ra thuốc mới sẽ được đền đáp bằng các "giải thưởng" tài chính khác nhau phụ thuộc vào những ích lợi về sức khỏe của từng loại thuốc. Ngành công nghiệp dược chấp nhận hệ thống mới này bởi vì nó mang lại một giải pháp về mức độ suy giảm lợi nhuận lâu dài ở do độ lớn thị trường đối với từng loại thuốc giảm (một phần là do việc sử dụng được gen học) và còn do hệ thống đánh thuế quốc tế dựa trên cơ sở GDP bình quân đầu người quốc gia đã tạo dựng được một nguồn quỹ giải thưởng rất lớn đủ để đền bù cho những đầu tư mạo hiểm vào nghiên cứu y học. Chính phủ các quốc gia chấp nhận hệ thống mới này bởi vì nó làm giảm các chi phí y tế, đặc biệt là ở các nước có thu nhập thấp và trung bình. Hệ thống giải thưởng còn làm tăng đầu tư cho nghiên cứu về các thiết bị y tế và y học phục hồi. Đầu tư vào y học phục hồi phải chịu ảnh hưởng tồi tệ hơn nếu tuân theo hệ thống sáng chế bởi vì các bằng sáng chế không thể bảo vệ một cách thỏa đáng các liệu pháp điều trị dựa vào tế bào gốc và kỹ thuật thao tác mô.

Giai đoạn các năm từ 2025 đến 2030 đánh dấu một sự củng cố của nền KTSH, với việc chấp nhận rộng rãi các kỹ thuật CNSH trong nền sản xuất sơ cấp. Tuy nhiên cũng có một vài thất bại, như việc giải phóng các nguồn lưu trữ các-bon lớn do sự chuyển đổi các vùng thảo nguyên và rừng nhiệt đới tại Nam Mỹ và châu Phi thành đất trồng trọt. Điều này xảy ra do thiếu một hiệp định quốc tế về các tiêu chuẩn vòng đời của các sản phẩm nông nghiệp, hóa sinh và nhiên liệu sinh học mật

độ cao. Nhiên liệu sinh học mật độ cao được sản xuất từ cây mía hoặc các loại cây và cỏ tăng trưởng nhanh, đặc biệt là ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Nhiên liệu sinh học từ tảo có thể làm giảm được nhu cầu về khai phá các diện tích đất trồng mới, nhưng các vấn đề kỹ thuật làm trì hoãn phương án này. Chi phí của việc sản xuất nhiên liệu sinh học từ tảo chỉ bắt đầu trở nên có khả năng cạnh tranh gần đến năm 2030, nhưng tương lai của nó không chắc chắn, do sự cạnh tranh vẫn tiếp diễn từ các nguồn năng lượng tái tạo thay thế.

Trọng tâm của nghiên cứu y học đã chuyển hướng một phần từ các loại dược phẩm sang y học phục hồi, các công cụ chẩn đoán và các kỹ thuật phẫu thuật. Nghiên cứu trong y học dự phòng đã dẫn đến nhiều thành quả về khả năng phòng chống hoặc làm chậm tiến trình phát triển một số dạng bệnh ung thư. Việc kiểm tra phát hiện các phôi mang bệnh di truyền và các nguy cơ mắc các bệnh nghiêm nghèo cao đã trở nên phổ biến. Tuy nhiên, dân chúng sẽ phản đối việc tiến hành xét nghiệm ở trẻ em và người lớn một khi vẫn chưa có các liệu pháp hiệu quả điều trị các căn bệnh nếu như chúng phát triển. Dưới những điều kiện đó, việc xét nghiệm chẩn đoán càng tạo nên lo âu và đau khổ hơn là tốt đẹp. Hoạt động y học ngày càng phát triển cả theo hướng tự động hóa lẫn cá nhân hóa, với các chế độ điều trị được dựa trên cơ sở phân mềm phân tích di truyền và các kết quả xét nghiệm chẩn đoán khác, các hồ sơ bệnh án và các dữ liệu về hành vi và môi trường. Khả năng bỏ qua các thủ tục điều trị thực hành tốt nhất của các bác sĩ sẽ giảm xuống, nhờ vào sự tuân thủ tốt hơn trong các hệ thống y tế được quản lý chặt chẽ.

#### ***- Chính sách tương ứng với kịch bản "Muddling through"***

Một sự phối hợp giữa sự quản lý tốt và khả năng cạnh tranh cao về mặt công nghệ của CNSH ở một phạm vi rộng các ứng dụng có thể dẫn đến các kết quả có lợi như đã nêu ở trên. Sự quản lý quốc tế tốt được thúc đẩy bằng những kinh nghiệm hợp tác tích cực, giống như một sự phản ứng được phối hợp trước một cuộc khủng hoảng dịch cúm lớn. Điều đó sẽ giúp các nước đạt được một hiệp định trong các năm sau này xung quanh các vấn đề quan trọng như thiếu lương thực và sự biến đổi khí hậu. Niềm tin một khi đã được phát triển còn góp phần tạo điều kiện thuận lợi cho hợp tác quốc tế về một cơ cấu khuyến khích mới đối với các ứng dụng trong y tế. Tuy nhiên, các vấn đề gây bất đồng vẫn còn tồn tại và sự đồng thuận toàn cầu vẫn còn là một thách thức đòi hỏi sự thỏa hiệp của tất cả các bên tham gia.

Những khủng hoảng nghiêm trọng có thể tạo ra một cơ hội cho các chính phủ thực hiện một sự thay đổi triệt để hay mang tính phá bỏ. Ví dụ, trong kịch bản này, một cách tiếp cận phối hợp trước vấn đề biến đổi khí hậu chỉ được áp dụng sau khi có một nỗi lo sợ lớn về thiếu hụt lương thực toàn cầu. Một cách tiếp cận không

phối hợp và điều hành kém (không được khai thác trong kịch bản này), là khi mà mỗi một nước đều theo đuổi những lợi ích riêng của mình một cách độc lập, có thể sẽ là điều thảm khốc, cùng với những tranh chấp thương mại gia tăng xung quanh các nguồn lực khan hiếm và sự biến đổi khí hậu nhanh chóng.

CNSH sẽ phát triển mạnh trong kịch bản này bởi nó mang tính cạnh tranh về mặt công nghệ cao, mặc dù trong một số trường hợp, như đối với nhiên liệu sinh học, quy định mang tính hỗ trợ sẽ đóng vai trò quan trọng. Các yếu tố kinh tế cũng ảnh hưởng đến khả năng cạnh tranh và việc tìm kiếm các giải pháp. Khả năng sinh lời suy giảm của ngành công nghiệp dược phẩm đã mang lại cơ hội áp dụng một cơ cấu khuyến khích mới thích hợp đối với nghiên cứu y học. Những thay đổi này khuyến khích sự đầu tư lớn hơn vào các công nghệ, ví dụ như y học phục hồi, và sẽ mang lại một nguồn lợi cao hơn về kinh tế xã hội. Nhiều công nghệ triển vọng, được minh họa trong kịch bản này như y học dự phòng và nhiên liệu sinh học từ tảo, có thể sẽ không đạt được thành công như mong đợi do những thách thức phức tạp về mặt khoa học. Nhiên liệu sinh học từ tảo cũng phải đối mặt với sự cạnh tranh không ngừng từ các nguồn năng lượng sạch thay thế và chưa xác định được rõ người thắng cuộc về kỹ thuật đến cuối kịch bản này. Trong trường hợp y học dự phòng, sự phản đối của dân chúng về y học xâm lấn sẽ gây hạn chế tiến bộ của chúng.

### **3.2.2. Kịch bản 2: “Uneven Development”**

Trong các năm 2009 đến 2014, CNSH nông nghiệp dưới sự kiểm soát của 5 công ty lớn hàng đầu thế giới vẫn sẽ tiếp tục phát triển dựa trên các thành quả trước đó, với sự ra đời một cách đều đặn các giống cây GM cải tiến như ngô, lúa mì và đậu tương. Châu Âu vẫn không chấp nhận cây trồng GM, nhưng sản xuất nhiên liệu sinh học ở cả Mỹ và châu Âu đều phát triển mạnh. Những yêu cầu về hàm lượng nhiên liệu sinh học trong nhiên liệu dùng cho giao thông vận tải tạo thuận lợi cho các khoản đầu tư đã có vào sản xuất nhiên liệu sinh học dựa trên cây trồng hơn là nhiên liệu sinh học xenlulose. Kết hợp với những khó khăn về kỹ thuật, sự tài trợ thấp cho nhiên liệu sinh học xenlôn đã dẫn đến mức đầu tư giảm vào công nghệ này, các nhà đầu tư "xanh" chuyển hướng sang các nguồn năng lượng mặt trời và địa nhiệt. Áp lực từ các tổ chức phi chính phủ dẫn đến việc chấm dứt tất cả các nguồn trợ cấp cho nhiên liệu sinh học vào năm 2014 ở châu Âu. Trong lĩnh vực y tế, hai công ty dược phẩm lớn nhất thế giới, một công ty ICT và một nhà cung cấp dịch vụ y tế tư nhân tại Mỹ đã thành lập một liên doanh để tận dụng lợi thế của các yêu cầu của FDA về việc bắt buộc việc tiếp tục theo dõi sau marketing và việc sử dụng thông tin dược gen học trong các thử nghiệm lâm sàng. Nhà cung cấp dịch vụ y tế cho phép các công ty dược phẩm cơ hội tiếp cận các thành viên và hệ thống cơ sở dữ liệu y tế mở rộng của mình để đổi lại việc được hưởng giá thuốc giảm.

Vẫn không có một thỏa thuận quốc tế nào đạt được về vấn đề GHG. Mọi quan tâm đến sự biến đổi khí hậu đã giảm đáng kể do nhiệt độ tăng rất ít kể từ năm 2007. Các nhà khí hậu học đã dự đoán rằng một chu kỳ kéo dài trên quỹ đạo trái đất sẽ chỉ tạo nên một sự trì hoãn tạm thời ở biến đổi khí hậu trong một thập kỷ, nhưng cảnh báo của họ đã bị phớt lờ.

Vào tháng 9 năm 2016, quân khủng bố sẽ phát tán một loại vi khuẩn tổng hợp tại Luân đôn và là nguyên nhân dẫn đến chứng đau ruột nghiêm trọng ở hàng nghìn người. Không có ai bị tử vong nhưng khả năng quân khủng bố có thể tạo nên một loại vi khuẩn hay vi-rút gây chết người đã dẫn đến những cơn sóc trong cả khu vực OECD. Chính phủ các nước đã chuyển hướng các vấn đề ưu tiên của mình sang an ninh nội địa, áp dụng nhiều biện pháp thắt chặt an ninh nghiêm ngặt đối với nghiên cứu về các dạng sự sống tổng hợp và cả nghiên cứu về GM. Chi phí cao để đáp ứng các quy định hạn chế này đã khiến cho nhiều công ty công nghiệp và nông nghiệp phải từ bỏ các dự án nghiên cứu trong các lĩnh vực này. Họ còn gặp khó khăn ngày càng tăng trong việc duy trì số nhân lực khoa học, những người này ra đi để nhận các công việc được trả lương cao hơn trong nghiên cứu về an toàn sinh học. Các vấn đề an ninh buộc chính phủ các nước OECD thúc đẩy bảo tồn môi trường thiên nhiên và tăng cường việc thực hiện các nguồn năng lượng thay thế cho nhiên liệu hóa thạch nhập khẩu, trong đó có việc xây dựng các nhà máy năng lượng hạt nhân. Tại khu vực Bắc Mỹ, phát thải GHG vẫn tiếp tục gia tăng. Nghiên cứu về an toàn sinh học đã mang lại nhiều tác động có lợi. Kết quả dẫn đến các phương tiện chẩn đoán rẻ hơn phát hiện vật ký sinh và bệnh tật ở người, gia súc và cây trồng. Các bác sĩ có thể nhanh chóng xác định các triệu chứng cảm lạnh gây ra do vi-rút hay vi khuẩn, điều này làm giảm việc kê đơn quá liều các loại thuốc kháng sinh có thể dẫn đến sự phát triển các dòng vi khuẩn kháng thuốc. Các ngân hàng dữ liệu toàn cầu về ADN cây trồng và vật nuôi, được duy trì như một phần của an toàn sinh học được sử dụng trong những năm 2020 nhằm phòng tránh thương mại bất hợp pháp nguồn vật liệu sinh học.

Ngành y tế được bảo vệ gần như hoàn toàn khỏi các vấn đề đang ảnh hưởng đến CNSH nông nghiệp và công nghiệp, do mức lương cạnh tranh hơn và nguồn tài trợ của Mỹ cho nghiên cứu nhằm xác định và xử lý nhanh các mầm bệnh mới. Liên doanh y tế nói trên đã đóng cửa vào năm 2020 và được thay thế bằng một sự liên kết khác giữa các đối tác, chịu sự chi phối của công ty ICT và nhà cung cấp y tế. Mô hình doanh nghiệp mới này được gọi là Networked Health Provider (Nhà cung cấp y tế mạng lưới - NHP). Mọi liên kết này bị chi phối bởi những mâu thuẫn giữa các đối tác xung quanh việc sử dụng các loại thuốc đắt tiền không mang tính sáng tạo một cách đặc biệt và sự thiếu thiện chí của hai đối tác được phẩm trong việc

chuyển sang lĩnh vực hoạt động y học phục hồi, đang gây đe dọa một số thị trường của họ. Công ty mới này có thể áp dụng công nghệ mới, xây dựng các loại hình chuyên môn mới và khắc phục các trở ngại về quản lý đối với đổi mới. Mô hình NHP trở nên sinh lời cao. Chủ yếu dựa trên cơ sở áp dụng các thiết bị y học mới và các liệu pháp phục hồi và được nhân sao ở Ấn Độ và Trung Quốc.

Thực tế, lộ trình chính đến thị trường của các sản phẩm y học thông qua môi trường trung gian là các NHP có nghĩa là các công ty nhỏ có thể phát triển một quy mô các sản phẩm y tế rộng hơn. Phát triển thuốc không còn chi phối CNSH y học nữa, với gần một nửa đầu tư nghiên cứu tư nhân được dành cho các lĩnh vực y học chẩn đoán và phục hồi.

Giai đoạn 2022 và 2030 sẽ đánh dấu sự khôi phục một phần của việc sử dụng CNSH trong sản xuất sơ cấp và công nghiệp. Braxin và một vài nước khác không nằm trong khối OECD đã triển khai các nhà máy tinh chế sinh học có khả năng cạnh tranh về kinh tế để sản xuất nhiên liệu sinh học mật độ năng lượng cao và các loại plastic sinh học vào năm 2025, được xây dựng dựa trên kinh nghiệm chuyên môn của các công ty enzym châu Âu, các công ty này đã chuyển một phần các hoạt động của họ ra nước ngoài nhằm tránh các quy định nghiêm ngặt về nghiên cứu của châu Âu và Mỹ.

Mối quan tâm đến vấn đề GHG và biến đổi khí hậu đã tăng lên thành một vấn đề nghiêm trọng toàn cầu vào năm 2027, do 7 năm biến đổi khí hậu tăng liên tục. Điều này đã làm khôi phục lại mối quan tâm đến việc sử dụng GM và các CNSH khác để phát triển các giống cây trồng chịu đựng các điều kiện khắc nghiệt. Trung Quốc và Ấn Độ là những nước đi đầu trong lĩnh vực này. Các công ty công nghiệp lẫn nông nghiệp đã vận động Chính phủ các nước OECD nới lỏng một số giới hạn đối với việc sử dụng CNSH.

Thành công chủ yếu của mô hình y tế NHP đã tạo nên một sự nói lỏng ngày càng tăng xung quanh việc phát triển một hệ thống y tế hai bậc một cách rõ rệt, với các thành viên tham gia NHP có thể được hưởng những phần thưởng cao hơn từ hệ thống y tế tốt hơn so với các cá nhân được phục vụ bởi các nhà cung cấp dịch vụ y tế khác. Các nước châu Âu và các nước khác với các hệ thống y tế cộng đồng còn chậm trễ trong việc áp dụng mô hình NHP và vì vậy sẽ kém thành công hơn trong việc áp dụng một hệ thống tích hợp về cung cấp các dịch vụ y tế. Họ cũng phải mua nhiều liệu pháp chữa trị mới từ các NHP với giá cao. Phản ứng trước cuộc tranh luận chính trị ngày càng gia tăng xung quanh các NHP, nhiều nước có các hệ thống y tế được tài trợ công được cảnh báo là vào năm 2030 sẽ phải dựa vào các điều khoản không tham gia của hiệp định Quyền sở hữu trí tuệ liên quan đến mậu dịch (TRIPs) nhằm sản xuất các liệu pháp đăng ký bản quyền với chi phí thấp.

### **- Chính sách liên quan đến kịch bản “Uneven Development”**

Một số vấn đề được mô tả trong kịch bản này phát sinh do sự thay đổi ở khả năng cạnh tranh công nghệ của CNSH, thường bị trầm trọng hơn do các quyết định chính trị tồi, ví như thiếu hỗ trợ cho các công nghệ có triển vọng. Mặc dù các biện pháp an ninh được áp dụng với vai trò phản ứng lại các cuộc tấn công khủng bố sinh học đã dẫn đến nhiều đổi mới hữu ích, nhưng chúng vẫn kiềm chế tăng trưởng trong CNSH nông nghiệp và công nghiệp. Tình trạng này trở nên xấu hơn do những ảnh hưởng không được dự tính trước của mức lương cao hơn trong lĩnh vực an toàn sinh học. Các chính sách được thiết kế tỉ mỉ, có hệ thống nhằm hỗ trợ cho cả an toàn sinh học và CNSH nông nghiệp và công nghiệp có thể tránh được một số vấn đề trên. Sự tiến bộ trong CNSH y học được hậu thuẫn bằng một sự đổi cơ cấu quan trọng có quan hệ chặt chẽ với nghiên cứu về các liệu pháp y học với việc cung cấp các dịch vụ y tế. Tuy nhiên, ích lợi không được chia sẻ rộng rãi. Vào cuối kịch bản này, những mối căng thẳng ngày càng tăng xung quanh cơ hội tiếp cận có thể khiến cho một số quốc gia làm suy yếu hệ thống bảo hộ sáng chế, vốn mang lại một động cơ khuyến khích chủ yếu đối với đầu tư vào nghiên cứu y học.

Kịch bản này còn được đánh dấu bởi sự thất bại của việc phản ứng trước các vấn đề toàn cầu như mối đe dọa biến đổi khí hậu. Mọi quan tâm đến vấn đề này đã giảm do trải qua một thập kỷ với sự gia tăng rất nhỏ ở nhiệt độ toàn cầu. Nhận thức về vấn đề không được đề cao cho đến cuối kịch bản này, khi sự biến đổi khí hậu đã trở nên cao hơn mức bình thường. Các giải pháp đưa ra đều không thỏa đáng, nhằm giải quyết các triệu chứng của sự biến đổi khí hậu hơn là nhằm giải quyết nguyên nhân. Sự phản ứng chủ yếu ở đây đó là phát triển các giống cây trồng thích nghi với các điều kiện ngày càng nóng hơn và khô hơn, chứ không phải là giảm phát thải GHG.

### **KẾT LUẬN**

Theo OECD, CNSH có thể sẽ đóng góp xấp xỉ 2,7% tổng giá trị gia tăng chỉ của riêng các nước OECD vào năm 2030 và có thể sẽ còn hơn nữa phụ thuộc vào triển vọng phát triển công nghệ và các chính sách. Nếu có những chính sách hỗ trợ tích cực hơn, CNSH có thể làm tăng năng suất lao động và giúp giải quyết vấn đề biến đổi khí hậu, tình trạng thiếu nước, khan hiếm lương thực, an ninh năng lượng và bệnh tật.

Một câu hỏi đặt ra là tại sao các Chính phủ lại nên hỗ trợ về mặt chính sách lâu dài cho một nền KTSH mới nổi? Câu trả lời đó chính là tiềm năng lớn của CNSH

trong việc tạo ra các thị trường mới, cải thiện năng suất, y tế và độ bền vững của môi trường. Nếu thiếu sự hỗ trợ cho CNSH sẽ dẫn tới thất bại trong việc phát triển các giống cây trồng được cải tiến có thể mang lại lợi ích lớn cho người nghèo. Điều này cũng đúng với trường hợp của các ứng dụng y tế, trong đó CNSH có thể góp phần phát triển các kháng thể và các loại dược phẩm hiệu quả với các lợi thế chữa trị lớn so với các phương pháp điều trị hiện thời.

Những dự báo về nền KTSH đều có thể xảy ra và hai kịch bản khác nhau dự báo về tương lai được trình bày ở trên cho thấy có nhiều yếu tố sẽ tác động đến nền KTSH mới nổi. Một số yếu tố là những tiến bộ công nghệ ngẫu nhiên trong cả hai lĩnh vực CNSH và các công nghệ cạnh tranh. Các yếu tố khác bao gồm những thách thức lớn mà thế giới phải đối mặt, như khan hiếm lương thực do sự biến đổi khí hậu và hạn hán hay các dịch bệnh lớn xảy ra ở gia súc. Nhiều sự kiện được mô tả trong các kịch bản sẽ gây ra các cuộc khủng hoảng chính trị nhưng cũng đem lại cơ hội. Việc các Chính phủ phản ứng như thế nào trước các cuộc khủng hoảng tài chính, khan hiếm lương thực hay các dịch bệnh có thể góp phần hình thành nên sự phát triển của nền KTSH trong tương lai. Viễn cảnh tương lai này còn bị tác động mạnh mẽ bởi sự hợp tác quốc tế, đặc biệt là của các nước đang phát triển, và các cơ cấu kích thích nghiên cứu và các thị trường. Các động cơ kích thích ảnh hưởng đến các dạng CNSH có thể cạnh tranh về mặt thương mại và sự phân bổ ích lợi của chúng. Cơ cấu của các biện pháp kích thích còn có thể hỗ trợ cho các công nghệ bền vững về khía cạnh môi trường hơn so với các công nghệ thay thế kém thân thiện, hoặc ngược lại. Mặc dù các biến cố mô tả trong các kịch bản là hoàn toàn hư cấu, nhưng bài học được rút ra từ đó có thể giữ vai trò rất quan trọng đối với sự quản lý. Điều này đòi hỏi cần có các chính sách được hoạch định một cách sáng suốt nhằm hỗ trợ cho quỹ đạo phát triển của nền KTSH và các chính sách linh hoạt có thể dự báo và phản ứng một cách có hiệu quả trước những cuộc khủng hoảng không thể lường trước.

Theo OECD, để đạt tới một triển vọng đầy sáng sủa của KTSH tới năm 2030 đòi hỏi một khung chính sách có thể sẽ giải quyết được những thách thức về mặt công nghệ, kinh tế và thể chế. Một số giải pháp này sẽ yêu cầu việc điều chỉnh cách chính sách hỗ trợ và hợp tác nghiên cứu giữa khu vực công và tư nhân, đào tạo các nhà khoa học, các thị trường vốn, quyền sở hữu trí tuệ thích hợp, các thị trường sản phẩm cạnh tranh, quy định để tối thiểu hoá các rủi ro cũng như đối thoại với công chúng về ích lợi của CNSH. Các lĩnh vực khác của CNSH sẽ không thể đạt được tiềm năng đầy đủ của chúng nếu không có các cơ chế chính sách mới và các can thiệp chính sách lớn.

Là một nước nông nghiệp, CNSH được nhà nước Việt Nam coi là lĩnh vực mũi nhọn, chủ trương này đã được cụ thể hoá bằng Chỉ thị số 50-CT/TU về Đẩy mạnh phát triển và ứng dụng để phục vụ công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước. Với Chỉ thị này, có thể nói, đó chính là tiền đề quan trọng để Nhà nước tăng cường đầu tư phát triển CNSH trong những năm tới.

Trên thực tế, CNSH Việt Nam đã đạt được một số thành công trong các lĩnh vực nghiên cứu như: nghiên cứu gen, tế bào-mô phôi, enzym-protein. Đặc biệt, các nhà khoa học Việt Nam đã tạo ra được các giống cây trồng thuần nhờ áp dụng công nghệ tế bào-mô phôi, các dòng thuần ở lúa, ngô, các giống cây trồng sạch bệnh trên cây có múi, hoa, dứa, sắn, chuối, khoai tây và cà chua. Bên cạnh đó, sử dụng CNSH, các nhà nghiên cứu đã lưu giữ được nhiều giống cây trồng quý phục vụ công tác bảo tồn, khai thác hợp lý và bền vững nguồn gen cây trồng. Đối với Y học, các nhà khoa học Việt Nam cũng đã đạt được một số thành tựu quan trọng, ví dụ như ứng dụng công nghệ thụ tinh ống nghiệm, thụ tinh trứng và tinh trùng đông lạnh trong chữa trị vô sinh và hiếm muộn ở một số bệnh viện Trung ương, công nghệ nhân nuôi tế bào gốc phục vụ điều trị bệnh hiếm nghèo, hay bước đầu tạo ra các động vật có các yếu tố phù hợp cho công tác cấy ghép nội tạng. Ngoài ra, công nghệ sản xuất vắc-xin của Việt Nam được các nước trong khu vực Đông Nam Á đánh giá rất cao nhờ áp dụng một số kết quả nghiên cứu do CNSH mang lại. Hiện tại, Việt Nam đã làm chủ được 9/10 loại vắc-xin phục vụ cho chương trình tiêm chủng, góp phần thanh toán và loại trừ một số loại bệnh nguy hiểm ở trẻ em.

Từ những nét phác thảo sơ bộ nêu trên, có thể thấy CNSH có tiềm năng đóng góp rất lớn vào sự phát triển kinh tế-xã hội của Việt Nam hiện tại và trong tương lai. Chính vì vậy, dự đoán được xu hướng phát triển của CNSH và sự hình thành nền KTSH trên thế giới trong tương lai sẽ giúp cho các nhà hoạch định chính sách và quản lý của Việt Nam rút ra những kinh nghiệm, bài học bổ ích để đề ra các biện pháp, chính sách hỗ trợ CNSH ở nước ta.

*Người biên tập: Nguyễn Phương Anh*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. The Bioeconomy to 2030 - Designing a Policy agenda. OECD. 2009
2. Agricultural Biotechnology to 2030 - “Steady Progress on Agricultural Biotechnology” Scenario prepared by: Agriculture and Agri-Food Canada. OCED. 2007
3. Health Biotechnology to 2030. OECD. 2007
4. Industrial Biotechnology to 2030. OECD. 2007.
5. Health Biotechnology: Emerging Business Models and Institutional Drivers. OECD. 2008
6. Small and Medium Enterprises in Agricultural Biotechnology OECD. 2008
7. The Role of Biotechnology Intellectual Property Rights in the Bioeconomy of 2030. OECD. 2007.
8. Intellectual Property Rights in Agricultural and Agro-food Biotechnologies to 2030. OECD. 2008.
9. Intellectual Property Issues in Biotechnology: Health and Industry. OECD. 2008
10. An Overview of Regulatory Tools and Frameworks for Modern Biotechnology: A Focus on Agro-Food. OECD. 2007
11. Biotechnology Regulation in the Health Sector. OECD. 2008
12. Opportunities in the New Bioeconomy. Mendel Biotechnology. [http://www.mendelbio.com/bioenergy/opportunities\\_in\\_the\\_new\\_bioeconomy.pdf](http://www.mendelbio.com/bioenergy/opportunities_in_the_new_bioeconomy.pdf)
13. Prospects for the New Bioeconomy. By Hans P. Blaschek Professor and Director of the Center for Advanced Bioenergy Research University of Illinois College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. <http://www.bioenergy.uiuc.edu>