

الباب السابع

**التكنولوجيا الحيوية الحديثة**



# التكنولوجيا الحيوية الحديثة

## ١ - مقدمة

أدرك الإنسان منذ القدم أنه جزء لا يتجزأ من المحيط الحيوى Biosphere، يتأثر به ويؤثر فيه. وكان من الطبيعى مع تقدم فهمه لهذا المحيط الحيوى أن تزداد العلاقة التبادلية المذكورة شدة وعمقا. إن محاولتنا الدائمة أن نجعل العالم المحيط أكثر ملاءمة وراحة، تدفعنا إلى التدخل فى البيئة المحيطة والعمل على تغييرها لتحقيق هذا الهدف. ويساعد التقدم العلمى والتكنولوجى المتسارع على زيادة القدرة على التغيير، وما يصاحبه من آثار إيجابية وسلبية تستدعى التقييم المستمر، ضماناً لاستمرار التقدم لتعظيم الإيجابيات وتلافى السلبيات بقدر الإمكان.

وهذا ما حدث بالضبط بالنسبة للمحيط الحيوى، حيث قام الإنسان منذ القدم بتدجين وانتخاب النباتات والحيوانات الجيدة وتهجينها وإكثارها لتوفير الغذاء والكساء والحراسة. وعرف كيف يوظفها لأغراض العلاج والتداوى، وكيف يتعامل معها بتكنولوجيات بدائية ليجعلها أكثر استساغة أو ملاءمة بالطهو والتخمير. بل وابتدع الطرق التشخيصية الأولى باستخدامها، مثل استنتاج نوع الجنين من معرفة قدرة بول الحوامل على إنبات حبوب الشعير والقمح... الخ.

لقد شكلت هذه الممارسات الأشكال الأولى "للتكنولوجيا الحيوية" Biotechnology التي قامت على أكتافها علوم تربية النبات والحيوان والطب القديم. ومع تقدم دراسة المحيط الحيوى وظهور علوم التصنيف والمورفولوجيا والتشريح، وكذلك اكتشاف وجود الميكروبات والتعرف على الخلية كوحدة مكونة للكائنات الحية، ودراسة كيمياء المادة الحية، ثم اكتشاف قوانين الوراثة وتحديد مادة الوراثة والقدرة على التعامل مع ظواهر الحياة على المستوى الجزيئي، حدث تقدم نوعى كبير فى قدرات "التكنولوجيا الحيوية" على تطوير manipulating ظواهر الحياة والوراثة وتوجيهها فيما اصطلح على تسميته بالهندسة الوراثية Genetic Engineering. لذلك صار من المنطقى أن نتحدث عن "التكنولوجيا الحيوية الحديثة"، تميزا لها عن الأشكال التاريخية والتقليدية القديمة.

ولأن أى مجال من مجالات النشاط العلمى يستلزم "الاتفاق" على تعريف له وإن كان هذا الأمر لا يتسم دائما بالسهولة أو المباشرة، فمن المفيد أن نستعرض أشهر التعريفات التى قدمت للتكنولوجيا الحيوية الحديثة:

فى عام ١٩٨٢ عرف تقرير OECD التكنولوجيا الحيوية بأنها "تطبيق الأسس العلمية والهندسية لمعالجة المواد بالوسائط الحيوية لتوفير السلع والخدمات". أما فى عام ١٩٩١ فقد عرف تقرير OTA التكنولوجيا الحيوية بكونها "أى تقنية تستخدم الكائنات الحية - أو أجزاء من هذه الكائنات - لتصنيع أو تحويل بعض المنتجات أو تقوم بتحسين النباتات أو الحيوانات، أو تطوير كائنات دقيقة صالحة لاستخدامات خاصة.

ويلاحظ هنا تحفظ تقرير OECD بالنسبة لتقرير OTA وهو تحفظ مبرر باختلاف القدرات فى الفترة الزمنية للتقريرين وبالرغبة فى عدم إثارة معارضة

قوية فى وقت مبكر لأخذ براءات اختراع بالنسبة للتعامل مع الكائنات الحية (صدرت أول براءة عام ١٩٨٠ بالنسبة للتصريح باستخدام الميكروبات المعدلة فى تحليل الملوثات العضوية، بناء على طلب تقدم به شاكرا بارتى فى أوائل السبعينات). ومع توالى الحصول على هذه البراءات بالنسبة للنباتات والحيوانات فى الثمانينات جاء تقرير OTA أكثر صراحة وطموحا.

واليوم بعد عشر سنوات من تقرير OTA يبدو هذا التقرير بدوره متواضعا، يخلو من ذكر التعامل مع الإنسان بهذه التقنيات، فى ضوء محاولات العلاج الجينى وقرب الانتهاء من مشروع الجينوم البشرى وقيام "بزنس" ضخمة وشركات عديدة بالعمل فى المجال بهدف التوصل إلى طرق حديثة لتشخيص وعلاج آلاف الأمراض الوراثية وإنتاج أدوية ملائمة للبرنامج الوراثى للأفراد... الخ . ناهيك عن التقدم فى تكنولوجيات التكاثر عموما، وتقنية الاستنساخ بالذات، التى يناقش بجدية احتمال توظيفها بالنسبة للإنسان. كل ذلك أكسب "التكنولوجيا الحيوية الحديثة" أبعادا اقتصادية وأخلاقية وقانونية واجتماعية غير مسبوقة.

إن الصورة الحديثة "للتكنولوجيا الحيوية" دفعت الكثيرين إلى وصف القرن الواحد والعشرين "بقرن التكنولوجيا الحيوية". وأذكر أنه فى مقدمة أول عمل موسوعى مرجعى عن التكنولوجيا الحيوية صدر عام ١٩٨٥ تحت عنوان Comprehensive Biotechnology استشهد موراي مو - يونج بالمستقبل الشهير جون نيسبت، الذى صنف فى كتابه عن "التوجهات الكبرى" الحضارات الصناعية على شكل سلسلة من الحقب يتميز كل منها بتكنولوجيا معينة: من العصر الكيماوي (البلاستيك) إلى العصر الذرى (الطاقة النووية)، ثم عصر الإلكترونيات الدقيقة (الكمبيوتر)، حتى وصلنا إلى عصر التكنولوجيا الحيوية. لكن التكنولوجيا الحيوية ليست بعيدة كما قد يتصور البعض عن التكنولوجيات

الأخرى، وعن العلوم الأساسية التي قامت على أكتافها. لذلك، فمن المفيد في هذا التقرير المستقبلي أن نذكر السياق التاريخي الحديث لنشأتها ووضعها المقارن في طيف التكنولوجيا المتقدمة الأخرى، لننتعرف على مستقبلاتها المحتملة في إطار المستقبلات البديلة لعالم الغد.

## ٢- "التكنولوجيا الحيوية الحديثة كنموذج للتكنولوجيات المتقدمة - نظرة تاريخية مقارنة"

كيف صارت "التكنولوجيا الحيوية الحديثة" ممكنة في ضوء العلاقات المتشابكة لمنظومة الثورة العلمية والتكنولوجية، التي شهدها القرن العشرون عموماً، ونصفه الثاني خصوصاً؟ لقد تصدت بنينا أبير - أم، المتخصصة في تاريخ العلم، للإجابة عن هذا السؤال برؤية إبداعية تستحق الطرح والمناقشة. ويمكن تلخيص رؤيتها في التحول الجزيئي molecular transformation للبيولوجيا في القرن الماضي، والذي يمكن أن ينظر إليه باعتباره عملية تاريخية مستمرة لاستعمال البيولوجيا المتزايد بالعلوم المنضبطة exact sciences (مثل الكيمياء والفيزياء والرياضة والهندسة، أو توليفات من فروع هذه العلوم كالكيمياء العضوية والفيزياء الذرية .. الخ). وفي ضوء إدراكها لسياسة العلم Politics of Science، حددت تأثير البيولوجيا بثلاث حالات من التشكل، تميز تاريخياً بالأعوام ١٩١٨، ١٩٤٥، ١٩٨٩ !! فبعد أن فرضت الكيمياء نفسها في الحرب العالمية الأولى وميدانها التحمت البيولوجيا بالكيمياء وظهرت الكيمياء الحيوية Biochemistry. وجاء الدور على الفيزياء في الحرب العالمية الثانية فظهرت الفيزياء البيولوجية التي مكننا من دراسة ظواهر الحياة على المستوى الجزيئي، حيث بزغت البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology. ومع تأكيد انتهاء الحرب الباردة لصالح الغرب وتأكيد

توظيف التكنولوجيا لخدمة السوق تأكدت ملامح "البرنس" فى المجال الجديد للتكنولوجيا الحيوية الحديثة.

وإذا كان لنا أن نزيد الأمر توضيحاً فيمكن أن نذكر أن الحالات الثلاث حكمتها "قوة الهجن" فى المزج بين المعارف البشرية، الهجن بين علمين فى حالة الكيمياء الحيوية، والهجن بين أدوات التقدم التقنى فى البحث العلمى فى حالة الفيزياء البيولوجية والبيولوجيا الجزئية، وأخيراً المزج بين التقدم العلمى والتكنولوجى من ناحية والتحول المجتمعى فى توظيفه من ناحية أخرى وظهور البرنس متسارع النمو للتكنولوجيا الحيوية.

التكنولوجيا الحيوية والتكنولوجيات المتقدمة الأخرى : أوجه التشابه والاختلاف

نظراً للوضع الخاص للتكنولوجيات المتقدمة ودورها فى تشكيل ملامح الحياة فى الحاضر والمستقبل، من المفيد عقد مقارنة بينها توضح أوجه التشابه والاختلاف، وتحدد أشكال التماس والتداخل. لقد قدم مارتن باور عام ١٩٩٥ فى الفصل الأول من الكتاب الذى حرره عن "مقارنة التكنولوجيا الحديثة" دراسة مقارنة عن التكنولوجيات الأساسية الثلاث، التى ظهرت منذ عام ١٩٤٥: النووية - المعلومات - الحيوية. هناك أوجه للتشابه والاختلاف تضمنت حيوية المقارنة، مع معالجة كل تكنولوجيا باعتبارها مجموعة من المعارف المستجدة، التى تكون موضوعاً لبرامج البحث والتطوير والتخطيط والاهتمام العام. وهنا يلاحظ أن باور لم يدرج بعض التكنولوجيات الهامة مثل صناعة السيارات التى ظهرت قبل هذا التاريخ واعتمدت على خطوط التجميع، وكذلك تكنولوجيا الفضاء، لأنه بالأساس يركز على ردود الأفعال المجتمعية لأهم التكنولوجيات القابلة للمقارنة.

وقد ذكر في هوامش الفصل حالات عديدة تخدم هدفه، مثل أشكال الاستجابة المجتمعية للتطعيم الإجباري وفلورة المياه ومحاولة مقارنة رد الفعل تجاه مد خطوط السكك الحديدية في القرن التاسع عشر وبرامج الفضاء في القرن العشرين ... لاحظ الفرق !!!.

نعود إلى المقارنة (التشابه والاختلاف) التي أوردتها، فنجد أنه يذكر خمسة أوجه للتشابه، يتعلق أولها بما يرصده المؤرخون الاقتصاديون من دورات تحدث في الاقتصاد العالمي كل خمسين عاما منذ عام ١٧٨٠ تقريبا وتسمى "بالموجات الطويلة" أو دورات كوندراتيف. ويعتمد ارتفاع كل موجة على الأفكار العلمية والتكنولوجية التي تجمعت أثناء انخفاض سابقها. وتشير الدلائل إلى أن الموجة الرابعة قد انحسرت في أوائل سبعينات القرن الحالي: حيث أخذت الموجة الخامسة في التصاعد منذ ذلك الحين. والتكنولوجيات التي ترتبط عادة بهذه الموجة الافتراضية هي الاستخدامات السلمية للقوى النووية (المصدر الجديد للطاقة)، والإلكترونيات الدقيقة بتأثيراتها المعروفة على الكمبيوتر وتكنولوجيا الاتصالات (الشكل الجديد للمعلوماتية والاتصال)، والتكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية (الشكل الجديد لإنتاج الغذاء والرعاية الصحية).

وإذا كان وجه التشابه الأول هو الانتماء إلى دورة واحدة، فإن الثاني يرصد التسلسل الزمني للفت انتباه المخططين وواضعي السياسات، بشكل يتوأكب مع بدء التوصل إلى التكنولوجيا الجديدة وتتالي تطوها، ويحكم على ذلك بصدد أول تقرير يخص كل منها عن منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. لقد بدأ "الكشف الأول" للتكنولوجيات الثلاث في ثلاثة أعوام متعاقبة (١٩٤٢: أول تفاعل متسلسل، ١٩٤٣ ENIAC، ١٩٤٤: اكتشاف أن مادة الوراثة هي DNA). وتوالى التطوير القابل للتطبيق التجاري، بما دفع إلى إصدار أول تقرير عن القوى النووية ١٩٥٦، وعدة تقارير جزئية عن تكنولوجيا المعلومات، وإن

كان مارتن لا يعتد إلا بما صدر بعد ١٩٧١ عن السياسات الخاصة بهذه التكنولوجيا. ولم يشهد أول تقرير عن التكنولوجيا الحيوية النور إلا عام ١٩٨٢. لقد توافقت البداية، وتعاقب وصول التكنولوجيات الثلاث إلى خط الاهتمام المجتمعى، مع أسبقية تكنولوجيا القوى النووية، تليها تكنولوجيا المعلومات، وأخيرا التكنولوجيا الحيوية.

ثالث أوجه التشابه يتلخص فيما أوجت به كل تكنولوجيا من إمكانية الدخول إلى عصر، بشكل لا يخلو فى بعض الأحيان من الطوباوية: العصر الذرى - الدولة النووية - ثورة الإلكترونيات الدقيقة - عصر الكمبيوتر - مجتمع المعلومات - فجر "المجتمع الحيوى" عصر البيولوجيا ... الخ. أما الوجه الرابع فيتعلق بالتغطية الإعلامية، التى لقيتها وتلقاها هذه التكنولوجيات، مع ملاحظة تأثرها بالأحداث الجارية، مثل ما حدث بعد "أزمة البترول" عام ١٩٧٣ (أضيف إلى ذلك ما حدث بعد انفراجها، وتحولها من أزمة مستهلكين إلى أزمة منتجين). والوجه الخامس والأخير يتمثل فيما سببته التكنولوجيات الثلاث من جدل عام وحراك مجتمعى، مقاومة وتأييدا ومناقشة لآثارها على الصحة أو البيئة أو البطالة أو الخصوصية . . الخ. إذ يرى باور أن رد الفعل تجاه التكنولوجيا النووية قد أثر على ردود الفعل تجاه التكنولوجيات التالية، حيث أسس نمودجا للمقاومة المجتمعية.

وإذا كان استيعاب أوجه التشابه مفيدا، فإن باور على حق فى أهمية إدراك الاختلاف أيضاً. فهى تختلف فيما تقدمه للحياة البشرية، وفى الخيارات التى تطرحها (نعم أو لا - الاختيار بين البدائل) - وفى أشكال التحكم المطلوبة، لزيادة العائد المجتمعى وتقليل المخاطر المحتملة، فى كثافة رأس المال والتركيز الجغرافى. ولا شك أن المناخ العام لعالم ما بعد الحرب الباردة سيعطى الكثير

للاستجابة الكوكبية لهذه التكنولوجيات، بكل ما فيها من أوجه للتشابه والاختلاف.

وإن كنت أود أن أنهى عرضي لأراء باور بذكر أنه استبعد في دراسته تكنولوجيا المواد الجديدة، لأنها لم تلق بعد استجابة مجتمعية كافية تجعلها تقع في إطار أهداف الكتاب، وذلك رغم الاتفاق على مستقبلها الكبير.

ومع تقديري لبعدها الاستجابة الاجتماعية (المقاومة - رسم السياسات) لمقارنات باور السابقة، أود أن أضيف مقارنة مختصرة تعتمد على البعد العلمي التكنولوجي والعائد التطبيقي، وهما لا يخرجان بالطبع عن دائرة المعالجة المجتمعية الشاملة، وإن كانا - في ظني، وقد أكون مخطئا - يجعلان إطارهما المرجعي هو المستقبل بصورة أكبر، ولا يستبعدان تكنولوجيا جديدة واعدة، مثل تكنولوجيا المواد الجديدة. وأرجو ألا يعيب هذه المقارنة تركيزها على التشابه، وألا تدفع إلى تصور طوباوي خاطئ يقلل من ضرورة سلامة التوظيف المجتمعي للإمكانيات الهائلة لهذه التكنولوجيات. يجمع هذه الحزمة من التكنولوجيات الجديدة ما يلي:

١- أنها تكنولوجيات قادرة على كسر الحواجز بمختلف أنواعها: حاجز الزمان والمكان (المعلومات والاتصالات)، حاجز المادة (الطاقة، والمواد الجديدة)، وحاجز التزاوج بين الأنواع (الهندسة الوراثية).

٢- أنها تكنولوجيات متعددة الفروع Multidisciplinary، فالتكنولوجيات الحيوية تعبر عن الالتقاء بين البيولوجيا والكيمياء والهندسة، والمواد الجديدة تتضمن التقاء الفيزياء والكيمياء والكمبيوتر، والمعلوماتية مجال لالتقاء الفيزياء والرياضة والمنطق والفسولوجيا.

٣- أنها تكنولوجيات شديدة الإستدقاق (تكنولوجيات نانوية - Nano-technologies)، فهي تتعامل مع الجزيئات (التكنولوجيا الحيوية الحديثة) أو الذرات وما دونها (النوية - المعلوماتية - المواد الجديدة). إنها تعطى مفهوماً جديداً لمقولة "الصغير جميل Small is beautiful"!!، وتعبير عن قمة التقدم العلمى وما يقدمه من إمكانيات تكنولوجية، لقد أطلق شوماخر مقولته السابقة ليعبر عن أهمية المشروعات التنموية الصغيرة، واليوم نطلقها للتعبير عن التكنولوجيات الدقيقة، ولكل منهما جماله مادام فى خدمة الإنسان. فإذا ما ترسخ اتجاه الوفاق بين التقدم العلمى والتقدم المجتمعى، بما نراه من رغبة فى التخلص من أسلحة الدمار الشامل وتزايد للوعى البيئى واهتمام بأخلاقيات العلم والتكنولوجيا بوجه عام، فلا بأس من أن نتوقع استفادة بشرية أكبر من هذا التقدم غير المسبوق فى قدرته التحليلية.

٤- يصاحب القدرة التحليلية أيضاً قدرة تحكمية وتوجيهية كبيرة، يزيد بها استمرار التقدم البحثى بشكل أسى. هذه القدرة يمكن أن توصف - بما لا يخالف المعنى القاموسى - بالهندسة engineering التى تتميز بإمكانية إحداث إنجازات نوعية qualitative breakthrough فى حل المشكلات العلمية والتكنولوجية و/أو زيادة القيمة المضافة بشكل لا يمكن أن تجاربه التكنولوجيا التقليدية، رغم الاعتراف الكامل بأهميتها واستمراريتها بما يتلاءم مع اقتصاديات هذا الاستمرار.

٥- أخيراً، تتميز هذه التكنولوجيات بأنها عبر قطاعية فى استخدامها. إنها تقدم وسيلة أو حلاً ممكن التطبيق لطيف واسع من المشكلات (حل يبحث عن مشكلة، كما وصفت تكنولوجيا الليزر وشعاعها المميز). فالخيارات التطبيقية متعددة، والتكنولوجيا الحيوية الحديثة بالذات تقدم مثلاً نموذجياً على ذلك، كما سنرى.

من هنا، وكما ذكرنا في النقطة الثانية، لا نرى أساسا للمفاضلة بين التكنولوجيات التقليدية، التي يغلب عليها الطابع القطاعي، وبين التكنولوجيات الجديدة. إن هذه التكنولوجيات تستخدم في زيادة الجودة والقيمة المضافة كلما لزم ذلك، وأوضحت اقتصاديات الإنتاج والخدمات فائدتها. إنها علاقة تكامل متطور، وليست علاقة إحلال تعسفي. ولا أنكر أن هذا التصور يأتي من إيمان بضرورة التفاضل بإمكانيات التقدم العلمي، مع الحرص على الالتحام الواعي بإمكانيات التقدم التكنولوجي، بما يجعل البشرية تستفيد من الفرص وتتفادى المحاذير.

وفي ضوء هذه المقارنات، ومع التعامل مع المستقبل باعتباره إطارنا المرجعي، ما هي أهم التكنولوجيات المرشحة للإزدهار في القرن الحالي أو عقود الألفية الأولى على الأقل؟.

لقد قدم جوزيف كوتس عام ١٩٩٨ عرضا لهذا الموضوع ضمنه في تقرير OECD عن تكنولوجيا القرن ٢١، ذكر فيه التكنولوجيات التالية:

- تكنولوجيا الوراثة Genetic Technology
- تكنولوجيا الطاقة Energy Technology
- تكنولوجيا المواد Materials Technology
- تكنولوجيا المخ Brain Technology
- تكنولوجيا المعلومات Information Technology

وهناك مجال سادس، لا يعد في حد ذاته تكنولوجيا قائمة بذاتها، ولكنه سيحكم أداء التكنولوجيات كلها وهو البعد البيئي Environmentalism، الذي أشد تأثيره على مجمل النشاط البشري في العقود الأخيرة.

والمفحص لتفاصيل الأنشطة التى تتبنى على هذه التكنولوجيات، الذى ارتفع الستار عن أغلبها باستثناء تكنولوجيا المخ الوليدة، سيجد التداخل الشديد فى توظيف إمكانيات كل منها فى تقدم الأخرى. فمشروع الجينوم لم يكن ممكناً دون المعلوماتية، ومادة الوراثة ستخدم فى المعلوماتية بكثافة، وتكنولوجيا المواد ستتطور لتجعل أغلب الشركات العاملة تتجه إلى الاشتغال فى المواد الحيوية Bioterials ... الخ.

وفى ختام هذا العرض المقارن للتكنولوجيات المتقدمة ووضع التكنولوجيا الحيوية فى إطارها، وهى التكنولوجيات التى وضع القرن العشرون أيدينا على مفاتيحها، وبدأنا نتأثر بشدة بمنجزات أغلبها، من المهم أن نستعرض أخطاء التعامل معها. لقد أورد كوتس فى المرجع السابق بصورة لهذه الأخطاء فيما يلى:

- الخطأ الأول والأكبر يأتى من عدم إدراك الإمكانية الحقيقية التى يمكن أن تقدمها التكنولوجيات الجديدة والبازغة لتحسين ظروف الحياة البشرية وحالة الدول المختلفة فى هذا الكوكب.

- الخطأ الثانى هو المبالغة فى تنظيم regulation أو عدم تنظيم deregulation، أو فى رسملة capitalization أو عدم رسملة decapitalization التطورات الناجمة عن توظيفها.

- والخطأ الثالث، والأكثر شيوعاً، هو التفاؤل حىال إمكانياتها والزمن الكافى لتطبيقها.

- أما الخطأ الرابع، الذى يكمل الخطأ السابق، فهو إغفال آثارها الجانبية، التى كثيراً ما تفوق فى أهميتها المشاكل التى تقدم هذه التكنولوجيات كحل لها.

- والخطأ الخامس يتمثل في خطورة اتخاذ القرارات قصيرة النظر اعتماداً على الحاضر ودون رؤية واعية للاعتبارات والاحتياجات المستقبلية.
- أما الخطأ السادس والأخير فيتمثل بدوره في إهمال حقيقة تعقد العالم اليوم. فرغم عدم إنكارنا لرياح الكوكبية Globalization إلا أننا نرصد وجود ثلاثة عوالم مختلفة في إمكاناتها ومستقبلها التكنولوجي القريب. عالم أول مارس التقدم بصورة تسمح له باستيعاب وتطبيق كل جديد، وعالم ثان يمارس التقدم المتوازن بقدر الإمكان، وعالم ثالث مازالت مؤشرات المستقبل الإيجابي بالنسبة له غير واضحة. إن هذا الواقع سينعكس على الخيارات التكنولوجية لكل عالم، وعلى المناخ الذي يتم فيه بين عوالم ثلاثة "يجمعها" مستقبل كوكبي واحد. وهذا ما لم يتطرق إليه كوتس بوضوح، وإن كان يعد فرضية واجبة للمستغلين بسياسة العلم والتكنولوجيا في العالم الثالث ودوله النامية بالذات، حتى يمكنهم التوصل إلى أفضل الخيارات والسيناريوهات الملائمة لقدرات دولهم وتطلعاتها إلى غد أفضل، آخذين في الاعتبار كل حسابات الفرص والمخاطر المتضمنة دائماً في الدراسات المستقبلية، مهما كان المناخ ضاغظاً ومعقداً، تسوده المعايير المزدوجة والاتفاقيات المفروضة فوقياً من الأقوياء بصرف النظر عن أحاديث الشراكة، وتزيده حدة الفجوة المعرفية والتفاوت الكبير في القدرات والإمكانيات، وضعف إرادة التنسيق والتعاون بين من يحتاجونها لتحسين أوضاعهم وتعظيم قدراتهم التفاوضية.

### ٣- تطبيقات التكنولوجيا الحيوية الحديثة: الحاضر والمستقبل

#### ٣-١ التكنولوجيا الحيوية - علم تقني

أدخلت الثورة العلمية والتكنولوجية البشرية في مرحلة العلم التقني Techno-science، التي يتضاءل فيها الفاصل الزمني بين الاكتشاف والتطبيق،

ويتم تمويل البحث والتطوير إلى دعم الاكتشافات اللازمة للتطبيق وعوائده المتوقعة على الممولين. لقد اهتزت الصورة التقليدية التى تصنف البحوث إلى أساسية Basic وتطبيقية Applied حتى أن منظمة الأغذية والزراعة FAO قدمت فى تقرير لها منذ خمسة عشر عاماً تصنيفاً جديداً للبحوث، يقسمها إلى:

- بحوث أساسية تستهدف إنتاج معرفة جديدة تساعد فى زيادة فهمنا للعالم، وفهمنا لأنفسنا كمكون أصيل فى هذا العالم.

- بحوث إستراتيجية Strategic تسعى إلى المعرفة الجديدة اللازمة لحل مشكلة بعينها. ويمكن اعتبارها بذلك بحوثاً أساسية موجهة، ولا تطلب المعرفة فى ذاتها، ولكن لأهداف ملحة من ورائها.

- بحوث تطبيقية توظف المعرفة المتاحة لحل مشكلة قائمة، وتتنافس فى حساب اقتصاديات التطبيق والكلفة والمنفعة وتلافى الآثار السلبية ... الخ.

- بحوث مواعمة Adaptive تتعلق أساساً بدراسة أفضل طرق نقل التكنولوجيا إلى سياق مختلف. وهى تعد بذلك بحوثاً تطبيقية خاصة.

وإذا ما أخذنا التكنولوجيا الحيوية، باعتبارها موضوع حديثاً، كنموذج لتوضيح هذا التصنيف المعدل لنوعيات البحوث، يمكن أن نذكر أن بحوث البيولوجيا الجزيئية الخاصة بفهم آليات تحول الخلية العادية إلى خلية سرطانية، تعد بحوثاً أساسية/ إستراتيجية تنتظر التكنولوجيا الحيوية نتائجها للتصدي لمشكلة السرطان بتقديم الطرق الملائمة للتشخيص والوقاية والعلاج. كما أن نقل منجزات التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية فى مجال الزراعة إلى مزارعى الدول النامية يستلزم دراسة لما يحدثه ذلك فى نمط الإنتاج التقليدى، وتأثيره على اقتصاديات المزارع الصغير، واستخدامه لبذور محاصيله المرة تلو الأخرى، ومدى قدرته على التعامل مع أصناف أكثر حساسية، واستيعابه

للشروط البيئية لهذا التعامل ... ألخ. وهذا يستدعى إجراء بحوث تطبيقية فى مجال المواءمة.

إن التكنولوجيا الحيوية كعلم تقنى، تستند إلى العلوم الأساسية وفروعها البينية interdisciplinary، ويستلزم تطبيقها مهارات تكنولوجية كبيرة، وتماس مع مختلف مجالات العلم الاجتماعى، بحيث يتضمن الطيف الواسع من المعارف الموظفة فيها تعدد الفروع multidisiplinarit وتعايرها transdisiplinarit. ونظرا للتقدم المتسارع فى جل، إن لم يكن كل هذه المجالات، فإن تطبيقات التكنولوجيا الحيوية الممكنة والمتوقعة تزداد باستمرار، مما يجعل المشتغلين بالاستشراف العلمى والتكنولوجى يلهثون وراء تقديم الأشكال المحتملة للتطبيق فى هذه التكنولوجيا الواعدة، التى يراها البعض متوعدة أيضا. بل ويتفقون على أن غير المتوقع قد يتجاوز المتوقع فى كثير من الأحيان. ولعل هذه هى السمة المشتركة فى التكنولوجيا المتقدمة الجديدة والبازغة بشكل عام، حيث تستعصى "صورة المستقبل" على بناء السيناريوهات فى ضوء المعارف المتاحة، دون إضافة قدر كبير من الإبداع التخيلى الذى قد يصيب أو يخطئ.

### ٣-٢ الإطار الإجرائى لتطبيقات التكنولوجيا الحيوية فى الحاضر والمستقبل

يلاحظ أن التغيرات الإقتصادية الكبرى تحدث تاريخيا عند تضافر عدد من القوى التكنولوجية والاجتماعية على تشكيل "إطار إجرائى" جديد للنشاط البشرى. ورغم أن الإقتصادى الأمريكى "جيمى ريفكين" يعد من أكبر نقاد التكنولوجيا الحيوية، إلا أنه يؤكد أننا دخلنا "قرن التكنولوجيا الحيوية"، ويعدد بوضوح - قد يفقده أنصارها - الخيوط السبعة للإطار الإجرائى، الذى يحكم تطبيقاتها واقتصادياتها فى الحاضر والمستقبل. هذه الخيوط هى:

١- القدرة على عزل الجينات والتعرف عليها والتوليف بينها، بما يجعل المستودع الجينى gene pool للكائنات الحية كلها متاحا - لأول مرة فى التاريخ - كمصادر أولية خام للأنشطة الإقتصادية التى تمارسها شركات التكنولوجيا الحيوية، باستخدام تقنيات تطويع وتوليف مادة الوراثة، وغيرها من التقنيات الحيوية.

٢- قواعد السماح بإعطاء "براءات إختراع" بالنسبة للجينات والخطوط الخلوية والأنسجة المهندسة الوراثية، بل والأعضاء والكائنات والعمليات المستخدمة فى تحويلها وراثيا، تعطى السوق حوافز مجزية لاستغلال هذه المصادر الجديدة.

٣- كوكبة globalisation التجارة تفتح آفاق "المحيط الحيوى" أمام الشركات العملاقة بإمكانياتها التكنولوجية الكبيرة، معطية إياها قوة غير مسبوقه تمكنها من إقامة صناعات بيولوجية ضخمة فى طيف واسع من المجالات (من الزراعة إلى الطب)، موظفة فى ذلك كل المصادر الحيوية لكوكب الأرض.

٤- خريطة Mapping الجينوم البشرى تمثل "إختراقا جديدا بالنسبة لتطبيقات التكنولوجيا الحيوية فى الإنسان: الفحص والتشخيص بإستخدام رقائى ومصفوقات DNA، العلاج الجينى للخلايا الجسمية، الهندسة الوراثية للبيضات والحيوانات المنوية والخلايا الجينية البشرية، بما قد يؤدى إلى بزوغ "حضارة" تسمح بتحسين النسل البشرى "يوجينيا"، بشكل يستند إلى الحوافز التجارية.

٥- الإتجاهات الجديدة فى البحوث العلمية الخاصة بوراثة السلوك والتى تعلى من شأن الطبع nature على التطبع nurture، تدعم السياق الثقافى الذى يجعل بعض تطبيقات التكنولوجيا الحيوية الجديدة أكثر قبولا.

٦- يعطى الكمبيوتر قدرات تواصلية وتنظيمية أكبر "لإدارة المعلومات الوراثية" اللازمة لاقتصاديات التكنولوجيا الحيوية. إن العلماء يقومون فى بقاع كثيرة من العالم باستخدام الكمبيوتر فى فك شفرة المعلومات الوراثية وتخزينها وتصنيفها وتنظيمها، بما يخلق "رأسمالاً وراثياً" جاهزاً للتوظيف فى عصر الصناعات الحيوية. وباختصار، أدى اندماج تكنولوجيات الكمبيوتر والوراثة إلى خلق واقع تكنولوجى جديد.

٧- تدعم الأفكار الجديدة عن الطبيعة، التى تتحدى قلعة الداروينية الجديدة ماتقوم به التكنولوجيا الحيوية وتطبيقاتها من إعادة تنظيم للاقتصاد والمجتمع، بتأكيد أن ماتحدثه هذه التكنولوجيات ماهو إلا "تعظيم" لأسس قائمة فعلا فى الطبيعة، بشكل يجعل هذه التطبيقات "مبررة" طبيعياً. لقد أعطت الداروينية والداروينية الجديدة "الإطار الطبيعى" للعصر الصناعى والتنافسية... الخ، واليوم تعطى النظرة "البيومعلوماتية" إلى الطبيعة إطاراً جديداً لعصر التكنولوجيا الحيوية.

والخلاصة أن عصر التكنولوجيا الحيوية يقيم تطبيقاته على أساس قاعدة جديدة للمصادر، ومجموعة جديدة من التكنولوجيات التحويلية، وأشكال جديدة من حماية التجارة لتشجيع المشتغلين بها، وسوق كوكبى يعظم إمكانات التوظيف والعائد منه فى آن واحد، بالإضافة إلى أفاق جديدة لإرتياد مناطق خلافية مثل تحسين النسل البشرى، مع توفير الغطاء العلمى والفلسفى اللازم لتبريرها.

### ٣-٣ التطبيقات الحالية والمتوقعة للتكنولوجيا الحيوية حتى عام ٢٠٢٠

هنالك ثلاثة مداخل لإستعراض الطيف الواسع من تطبيقات التكنولوجيا الحيوية الحديثة:

- أ - مجال التطوير التكني
- ب- الكائنات الخاضعة للتطوير
- ج- مجال التطبيق المستهدف

• فى محاولة لحصر مجالات التطوير التكنولوجى قدم الكاتب فى عام ١٩٩٢ نموذج 3R s (التاءات الثلاث بالعربية) التالى:

- التكاثر Reproduction، وهو يشمل إكثار جزيئات مادة الوراثة، زراعة الخلايا والأنسجة بتطبيقاتها المتعددة فى الإنتاج الميكروبى والنباتى، الإستنساخ باعتباره تكاثرا لاجنسى. ويمتد إلى التكاثر بالوسائل المساعدة كالتلقيح الصناعى والإخصاب خارج الرحم (أطفال وحيوانات الأنايب، كما تسمى) والإخصاب المجهرى ونقل الأجنة، باعتبار هذه الطرق قابلة لاعتبارها داخل الطيف الواسع للتكنولوجيا الحيوية.

- التوليف Recombination وهو يتضمن إنتاج كائنات موفلة وراثيا لإضافة صفات مرغوبة، لا يمكن أن تكتسبها فى الظروف الطبيعية، وبشكل يكسر حواجز التكاثر الذى ينحصر فى التزاوج بين أفراد النوع الواحد. وبذلك يمكن إنتاج نباتات وحيوانات وكائنات دقيقة تستخدم كمفاعلات حيوية للحصول على عقاقير ومواد أخرى، أو إضافة خصائص تزيد من قيمتها الاقتصادية، انتهاء بالرغبة فى التدخل الوراثى فى الإنسان بهدف تعزيز Enhancement صفات مرغوبة، دون حاجة علاجية. وقد يشمل التوليف فى مفهومه الواسع غرس رقائق إلكترونية أو بيولوجية وغيرها.

- التصحيح Repair لعلاج العيوب والأمراض الوراثية، وإن كان المفهوم الواسع قد لا يقتصر على العلاج الجينى، حيث يمكن أن يمتد إلى نقل الأنسجة والأعضاء وزرع الوسائل التعويضية.

والحقيقة أن إزدهار مجال الجينوميات Genomics، والاتفاق العام على دوره المستقبلى الكبير، يؤدىان إلى ضرورة مراجعة هذا النموذج، بشكل يعكس

التطور المتسارع للمعرفة العلمية وتطبيقاتها، والمراجعة المقترحة تتضمن الإبقاء على التكاثر، وضم التصحيح إلى التوليف، بحيث نعتبر كلاهما توليفا سواء إستهدف التعزيز أو العلاج. وتمشيا مع ما أدت إليه دراسة الجينوم وتحويل البيولوجيا إلى "علم معلوماتي" يقترح إضافة مجال التمثيل Representation، الذي يشمل كل التطبيقات الحالية والمتوقعة للبيومعلوماتية (الرقائق والمصفوفات والأدوية المفصلة لملاءمة البرنامج الوراثي للفرد وإنعكاس الفروق الفردية على الصحة والمرض وكل الضغوط البيئية ... الخ).

ويلاحظ بشكل عام تدرج التقنيات المستخدمة في التطبيقات السابقة بالنسبة لدرجة الرقي والتعقد sophistication، فما يتم في التكاثر يقع عموما في أول درجات سلم التعقد، وإن كان لتقنياته سلم التعقد الخاص بها. فزراعة الخلايا والأنسجة أبسط من الاستنساخ بنقل الأنوية ... الخ، يلي ذلك تقنيات التوليف المختلفة. وفي أعلى درجات السلم نجد تقنيات التمثيل، التي تتضمن حزمة من التكنولوجيات المسماة بتكنولوجيا "تمكين" التكنولوجيا الحيوية Biotechnology enabling technologies التي سنعود لذكرها فيما بعد.

• أما بالنسبة لدراسة تطبيقات التكنولوجيا الحيوية وفقا للكائنات الخاضعة للتطويع، فيعد ذلك مدخلا مدرسيا ملائما، عند التعرض للتكنولوجيا الحيوية الميكروبية أو النباتية أو الحيوانية، أو حتى مايتعلق بالإنسان بشكل منفصل. لكن التطويع يتم لأهداف مختلفة، فالميكروبات والنباتات والحيوانات قد تحور وراثيا لإنتاج عقار يخدم في مجال الصحة، وليس لإنتاج كتلة حيوية أو فسي مجال الإنتاج الزراعي والحيواني مثلا. لذلك سنستعرض بشكل أكثر تفصيلا مجالات التطبيق المستهدفة، وسيأتي تبعا لذلك ذكر الكائنات المطوعة لهذا الغرض.

• تطبيقات التكنولوجيا الحيوية وفقا للمجال المستهدف

١ - مجال الرعاية الصحية

- إنتاج الطعوم للوقاية من الأمراض المعدية
- إنتاج المواد التشخيصية لأمراض الإنسان
- إنتاج المستحضرات الدوائية التقليدية والمستحدثة والمفصلة وراثيا  
لاحتياجات الأفراد
- توجيه الأدوية بدقة إلى أهدافها
- التعرف على الأصول الوراثية البشرية
- التعرف على آليات عمل الجهاز المناعى فى الصحة والمرض
- استحداث مواد غذائية محتوية على طعوم وأدوية والتوليف الوراثى  
للنباتات والحيوانات بالإضافة إلى الميكروبات لإنتاجها
- تحديث طرق الفصل الدقيق للمواد الحيوية
- إنجاز الخريطة الوراثية للإنسان (٢٠٠٣)
- إعداد خريطة التعبير الجينى للإنسان (مشروع البروتيوم)
- البيومعلوماتية واستخدام الحاسب فى التعامل مع المعلومات الوراثية
- الإخصاب المجهري
- فصل الأجسام المضادة أحادية النوع
- الإنتاج الصناعى الحيوى للمواد العلاجية والتشخيصية
- إنجاز خرائط وراثية للميكروبات المعدية
- تطوير تقنيات العلاج الجينى لزيادة الكفاءة والأمان والإتاحة
- تطبيقات بحوث الخلايا الجذعية فى تجديد الأنسجة والأعضاء  
البشرية

- استخدام محاولات الاستنساخ العلاجي خصوصا عند تأخر تطور الطرق البديلة (الخلايا الجذعية)، وإستمرار الجسدال حول الإإستنساخ بهدف الإنجاب، مع زيادة الضغوط فى حالة التأكّد من الأمان الكافى وزيادة الطلب

## ٢ - مجال الإنتاج الزراعى والحيوانى :

- المخصبات الحيوية
- المقاومة المتكاملة للآفات
- استحداث الواسمات الوراثية فى برامج التربية والتحسين الوراثى
- استحداث سلالات من النباتات الإقتصادية المقاومة للضغوط البيئية والآفات ومقاومة للمبيدات المستخدمة فى مواجهتها
- استحداث سلالات من النباتات الإقتصادية كثيفة القيمة الغذائية والتسويقية والمذاق
- استحداث سلالات من النباتات الإقتصادية محدودة الحاجة إلى الأسمدة
- رفع كفاءة الإنتاج الحيوانى
- استنساخ الحيوان كمنظومة إنتاجية مع التوليف الوراثى محدد الهدف أو بدونه
- إنتاج الطعوم والمواد التشخيصية البيطرية
- إنتاج الأدوية البيطرية بالوسائل الميكروبية
- التوسع فى أنظمة الزراعة البيئية النظيفة
- التوسع فى دراسة جينومات المحاصيل والحيوانات الهامة إقتصاديا، وتوظيف المعلومات المتوفرة فى تطبيقات الهندسة الوراثية

### ٣- مجال الإنتاج الصناعى

- تقنيات تكثيف الإنتاج الصناعى التقليدى لمنتجات التقنيات الحيوية
- استحداث عمليات صناعية حيوية بالإنزيمات المستحدثة
- استحداث منتجات صناعية بالطرق الحيوية

### ٤- مجال صون البيئة

- تقنيات تدوير النفايات والمخلفات بصفتها موارد غير ناضبة
- تقنيات حيوية تساعد على التخلص من الملوثات البيئية
- تقنيات المجسات الحيوية للرصد البيئى
- تقنيات صون التنوع الحيوى
- تقنيات التعدين بالطرق الحيوية

### ٣-٤ التوجهات التى تحكم المستقبل وتؤثر على التطبيقات الحالية والمتوقعة

تتنظم هذه التوجهات فى ثلاثة محاور:

أولاً: الإيقاع المتسارع للتقدم العلمى والتكنولوجى: إذا أخذنا الاستتساخ البشرى، بإعتباره من الموضوعات الساخنة، كنموذج على ذلك، فالأمانة العلمية تقتضى عدم الموافقة على إجرائه بهدف الإنجاب، بصرف النظر عن الجوانب الأخلاقية رغم أهميتها القصوى. والسبب فى ذلك عدم توفر الأمان الكافى الذى يسمح بالتطبيق على الإنسان. ويزداد وزن هذا الرأى عن ما يصدر عن (إين ويلموث)، الذى أحدث ثورة كبيرة باستتساخ "دوللى". ولكن، ماذا لو تكررت النتائج الآن، كما يؤكد علماء يابانيون بالنسبة لدراساتهم على الفيران؟ إن مثل هذا التطور قد يزيد من موضوعية الطلب، ويشجع العلماء الراغبين فى الإقدام

على الاستنساخ البشرى على مواجهة الإعتراضات الأخلاقية، بناء على حاجة بعض الأسر إلى اللجوء للاستنساخ.

وإذا كان هذا الهدف هو الموقف بالنسبة للاستنساخ الإنجابى أو التكاثرى فإن الوضع يختلف بالنسبة للاستنساخ العلاجى. هذا النوع الأخير يعد أكثر قبولا مع وضع الكثير من القواعد والمحاذير. لكن نجاح الحصول على خلايا جينية واستخدامها فى إنتاج أجنة بطرق التوالد البكرى اللاجنسى قد تدفع المعارضين إلى الدعوة إلى الاستغناء عن الاستنساخ العلاجى لوجود البديل.

وبالمثل يمكن مناقشة تقنيات أخرى كالعلاج الجينى والأغذية المهندسة وراثيا. فالأول يلقى معارضة من منطلق التكلفة والمنفعة والمخاطر المتضمنة. إن هذا العلاج الذى يصفه الكثيرون بأنه "جاء ليبقى" سيجد دفعة قوية تلقائية إذا تم التغلب على مشاكله الفنية. وهذا مايتوقع البعض حدوثه خلال عقد واحد، بالنسبة لبعض الأمراض التى تقع على رأس القائمة فى الاحتياج إلى هذه النوعية من العلاج. كذلك قام المشتغلون بالأغذية المهندسة وراثيا بتعديل تفاصيل تقنياتهم، مثل عدم استخدام جينات مقاومة المضادات الحيوية كواسمات أو علامات على حدوث التوليف، باعتبار ذلك خطوة على طريق إنتاج أكثر مطابقة للأمان الحيوى.

**ثانيا : القبول المجتمعى بمستوياته المختلفة** ونعنى بالمستويات المختلفة هنا المحلى والإقليمى والعالمى، ومايشتمل عليه ذلك من سياقات ثقافية متباينة. وتشهد تقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية درجات مختلفة من التحفظ حيالها فى هذه المستويات. فبينما نلاحظ التحفظ العام بالنسبة للاستنساخ التكاثرى للبشر، نرى درجة تحفظ أقل حيال إستنساخ الحيوانات، تتحصر فى الالتزام بمواصفات الأمان الحيوى واعتراضات الداعين إلى حقوق الحيوان

ورفاهيته. كما نرى ترحيبا حذرا باستخدام الحيوانات المهندسة وراثيا (الخنزير) فى حل مشكلة نقل الأعضاء، فى ضوء التجربة المريرة لجنون البقر، وترحيبا أقل حذرا باستخدام الحيوانات كمفاعلات حيوية لإنتاج الطعوم والعقاقير.

وتلتحم تقنيات التعابر الجينى transgenesis، المستخدمة فى الهندسة الوراثية للكائنات، بالسياقات الثقافية بشكل متميز. ففى مؤتمر عقد بالأكاديمية الإقليمية بألمانيا عام ١٩٩٧ نرى ممثل الهند يذكر أن ثقافته هى الأكثر قبولا، لأن مسن يؤمن بتناسخ الأرواح يكون أقل انزعاجا من " تناسخ الجينات!!" ونرى "الخضر" أكثر انزعاجا، بسبب الممارسات السيئة لليوجينيا (تحسين البشر وراثيا). كما نرى بعض الثقافات تفضل المرجعية الدينية فى تحديد القبول أو الرفض. ويصل الجدل فى بعض الحالات إلى درجة اللجوء إلى الاستفتاء الشعبى كما حدث فى سويسرا عام ١٩٩٨. فبعد هجوم ساخن على الاستمرار فى أنشطة التكنولوجيا الحيوية، تحظى الموافقة على هذا الإستمرار بثلاثى الأصوات، لأهميته للاقتصاد الوطنى والتنافسية.

وتبقى الأغذية المهندسة وراثيا بالذات كأهم نموذج لدراسة القبول المجتمعى. ففى تقرير نشرته مجلة Science فى يوليو ١٩٩٩ نرى قبولا أكثر لهذه الأغذية فى الولايات المتحدة بالمقارنة بالدول الأوروبية، حيث وصفت هذه الأغذية "بأغذية فرانكشتين". وبمقارنة الموقف من هذه التقنية بالموقف من تقنيات الإختبارات الوراثية، نرى الولايات المتحدة أقل قبولا، بسبب الحساسية المجتمعية حيال الخصوصية والتوظيف والتأمين وما إلى ذلك. ويلاحظ أخيرا أن الحاجة إلى هذه التقنية لتوفير الأمن الغذائى، والسوق الواعدة فى الدول النامية، أدت إلى أن تكسر مساحات الأراضى المنزرعة بالمحاصيل المهندسة وراثيا فى العالم حاجز الخمسين مليون هكتار، رغم استمرار الهجوم والتحفظات. ويتأكد

الوجود المؤثر لدولة مثل الصين، بحجمها السكاني الهائل، على خريطة الانتاج. ويمكن القول بأن القبول المجتمعي للهندسة الوراثية لا يتجه نحو السماح أو الرفض، ولكن نحو توفير قدر أكبر من الأمان الحيوي والبيئي، وشفافية في الحقائق التي تتعلق بالإختبارات المؤكدة لذلك من قبل الشركات الكبرى والجهات العاملة في المجال، والاختلاف حول حقوق المستهلك في أن يعرف احتواء الأغذية على مكونات ناتجة بالهندسة الوراثية من عدمه، وهو الأمر الذي عارضته الولايات المتحدة كثيرا، بإعتباره يوحى بمخاطر "متوهمة" من وجهة نظرها، وإن كانت قطاعات متزايدة من المجتمع الأمريكي تعرضت للتأثر بالموقف الأوروبي. وإن كانت العبرة دائما بما يحدث "على الأرض" فإن المحاصيل والأغذية المهندسة وراثيا، في ضوء الحاجة البشرية إليها، قد جاءت لتبقى" مثلما ذكرنا بالنسبة "للعلاج الجيني" بل إنها تشكل فعلا مكونا أكثر وضوحا في المشهد العالمي للإنتاج الغذائي، أكثر بكثير من الواقع الحالي المتواضع للعلاج الجيني. ولعلها تكون، مع العقاقير المنتجة بالتكنولوجيا الحيوية، أهم مجالين لإزدهار المجال.

### ثالثا : الإدارة العالمية لأنشطة التكنولوجيا الحيوية :

لاشك في أن هذا المجال شديد النمو سيتأثر بالتطبيق الكامل لإنتاجيات التجارة العالمية، وسيحدد هذا التطبيق فرص الدخول فيه بالنسبة للدول النامية بالذات. فإدارة قضايا مثل الملكية الفكرية وبراءات الاختراع ونقل التكنولوجيا واعتبارات الأمان الحيوي والسلامة البيئية ستكون حاسمة في ذلك. بعض هذه القضايا سيتأثر "بالمناخ السياسي. فالتكنولوجيات المتقدمة عموما مزدوجة الغرض dual purpose، قد توظف سلما وحرابا. لذلك هنالك بوادر للحفاظ فسي نقل التكنولوجيا مع تزايد تصنيف الدول، ودرجة "مروقتها" أو مروق أفرادها.

هذه النقطة ليست هامشية، لأنها ستحكم قدرة الدول النامية على إستيعاب وتوطين التكنولوجيا الحيوية، وتوظيفها فى حل مشكلاتها.

ولا يمكن ونحن نتحدث عن الإدارة العالمية ألا نذكر القوة المتزايدة للشركات الكبرى عابرة القوميات، وتأثيرها فى هذه الإدارة وصنع القرار، بل وفى تشكيل الرأى العام بشكل سليم أو مضلل (لقد إعتذرت شركة مونسانتو عن عرضها الملتوى لاختبارات الأمان الحيوى بالنسبة للأغذية المهندسة وراثيا، فى إحدى حملاتها الدعائية). كما أن بعض هذه الشركات تطوّر تقنيات تضر بالمزارع الصغير فى الدول النامية بالذات، كأن تمنعه من إعادة إستخدام بذور المحاصيل التى يزرعها (مونسانتو، مرة أخرى). إن الإعلان عن عدم إستخدام هذه التقنيات لايبنى التوقف عن تطوويرها وإنتظار الوقت المناسب للاستخدام. كما أن دور الشركات الكبرى فى إستنزاف الموارد الوراثية للدول النامية (القرصنة الوراثية، كما يسميها البعض) وتطوويرها لبيعها لأصحابها بأسعار مرتفعة، يستلزم تحالفا إستراتيجيا بين أبناء هذه الدول (مثلت قضية نبات "النيم" المتوطن فى الهند، نموذجا صارخا لذلك).

وإذا كنا نؤكد حاجة دول الجنوب إلى التكنولوجيا الحيوية، فلا يمكن أن نكتفى بالحديث عن "شراسة الشمال" بحكوماته وشركاته وتأثيره على الإتفاقيات العالمية. إن إدارة هذه التكنولوجيا فى دول الجنوب يجب أن تلقى من الدعم الحكومى مالم يقينه فى الشمال، حتى تتمكن من الاستيعاب والتوطين والتطوير، مستغلة فى ذلك كل الطرق المتاحة للاحتكاك العلمى وبناء الكوادر البشرية واستكمال البنية الأساسية، فى ضوء إستراتيجية ناضجة تقوم على أولويات مدروسة. والواقع يؤكد إمكانية النجاح فى ذلك، فالصين وكوبا والأرجنتين وجنوب أفريقيا (والبرازيل) من بين الدول التى تشارك فى تشكيل المشهد

العالمى. ويمكن أن نذكر أن أكثر من ربع المساحة المنزرعة بالمحاصيل المهندسة وراثيا فى عام ٢٠٠١ كان فى الدول النامية.

### ٣-٥ تطبيقات التكنولوجيا الحيوية : المشهد العالمى ومؤشرات النمو :

قبل أن يخفت الحديث عن "الثورة الخضراء"، الذى شغل عقد الستينات من القرن العشرين وكان من علاماته نجاح نورمان بورلو فى إنتاج قمح هجين متميز الصفات، بدأ الحديث فى السبعينات عن ثورة أشمل، هى "الثورة البيولوجية"، التى استندت على إمكانيات التعامل مع ظواهر الحياة ومادة الوراثة (DNA) على المستوى الجزيئى . لقد قدمت الثورة الخضراء باعتبارها سلاحا ضد الجوع فى أمريكا اللاتينية وآسيا وأفريقيا. وثار الجدل حول تقييمها، ومدى ملاءمة الأصناف شديدة الحساسية التى نتجت عنها للمزارعين الصغار بمساحات أراضيهم المحدودة وخبراتهم التقليدية وقدراتهم الاقتصادية الضعيفة. أما الثورة البيولوجية الجديدة فقد جاءت لتتعامل بشكل مختلف جذريا مع كل مكونات المحيط الحيوى، بما فى ذلك الإنسان، عن طريق التعامل مع البرنامج الوراثى للكائنات بالتطويع manipulation والتحوير modification وكافة أشكال وتقنيات التدخل intervention ومستوياته (الجزيئات - الخلايا - الأنسجة - الأعضاء - الأجنة - الكائنات الكاملة) وفى أقل من ثلاثة عقود، منذ الإعلان عن أول جزيئ ومولف من مادة الوراثة وحتى اليوم، صارت قائمة التطبيقات والأنشطة والشركات العاملة فى المجال، والاستثمارات والقضايا التى يثيرها هذا المجال اقتصاديا وسياسيا وأخلاقيا وقانونيا، شديدة الضخامة والثراء. وليس أدل على ذلك من أن نقرأ مؤشرات إمكانيات نمو أسواق التكنولوجيا الحيوية فى مختلف القطاعات لعام ٢٠٠٠، التى أوردتها تقرير منظمة صناعة التكنولوجيا

الحيوية BIO عام ١٩٩٩ (جدول ٤٢)، حيث تتجاوز هذه الإمكانيات ثمانية وخمسين بليون دولار.

## جدول (٤٢)

إمكانات نمو سوق التكنولوجيا الحيوية عام ٢٠٠٠ (تقدير عام ١٩٩٩)

قطاع السوق	مليون دولار
الطاقة	١٥٣٩٢
الغذاء	١١٩١٢
الكيمائيات	٩٩٣٦
العقاقير	٨٥٤٤
الزراعة	٨٠٤٨
التعدين	٤٣٠٤
ضبط التلوث	٩٦

المصدر : Biotechnology Industry Resources (BIO), Washington, D. C., 1999.

وهكذا نرى أن "ثورة البيولوجيا"، أو بمعنى أدق "ثورة التكنولوجيا الحيوية"، لم تعد بحاجة إلى أن تثبت جدواها كما كان الأمر فى البداية. لقد صارت مشكلة التعامل معها متمثلة فى اللهاث وراء متابعة سجل منتجاتها المتلاحقة، الذى وصل منها إلى السوق والذى ينتظر دخوله، وتدفعات السوق بالنسبة لهذه المنتجات. ويزداد تعقد الصورة بالإمكانيات التى يقدمها التطوير التكنولوجى المستمر. وعلى سبيل المثال، كما سبق أن أشرنا، هنالك حزمة من التكنولوجيات، التى تسمى "تكنولوجيات تمكين التكنولوجيا الحيوية" Biotechnology-enabling technologies، تضيف الكثير إلى آفاق النمو المستقبلية للسوق. هذه التكنولوجيات هى:

Genomics	الجينوميات
Proteomics	البروتيومات
Pharmacogenomics	العقاقير الجينومية
Bioinformatics	البيومعلوماتية

إن السوق الكلى لهذه التكنولوجيات "بالإضافة" إلى بعض المنتجات المتميزة قدر في عام ٢٠٠٠ بما قيمته ١٢,٥ بليون دولار. ويقدر أن ينمو سوقها بمعدل سنوى بين ٣,١٩ - ٨,٢٢ % ليصل إلى حوالى ٣٤ بليون دولار عام ٢٠٠٥.

والحقيقة أن تكنولوجيات التمكين وحدها تعد محور النمو فى سوق المستقبل. فمبيعاتها قدرت عام ٢٠٠٠ بحوالى ٦,٧ بليون دولار. ومع نموها المتوقع بمعدل سنوى ٧,١٧ % ستجاوز ١٧ بليون دولار عام ٢٠٠٥. ويتميز من بينها قطاعى العقاقير الجينومية (الذى يتوقع أن يشهد معدل نمو ١٠٠% فى الفترة ٢٠٠٠ - ٢٠٠٥) والمصفوفات والرقائق الحيوية (بمعدل نمو متوقع ٤٠% فى الفترة نفسها).

وهذا لا يمثل كل ما فى الجعبة. فلا يجب أن ننسى أن تكنولوجيات العلاج الجينى وإبطال عمل الجينات الضارة بإدخال مقاطع مضادة المعنى antisense لم تدخل السوق بشكل جدى. وسيكون دخولها المكثف معلما هاما، لأنها تؤدى إلى شفاء الأمراض الوراثية دون الإكتفاء بعلاج أعراضها.

ونمو سوق المنتجات يعنى بالضرورة تزايد الشركات الجديدة وتوسيع أنشطة الشركات القائمة، وزيادة الفرص المتاحة أمامها. لقد لاحظ أحد التقارير الأمريكية الصادرة فى ديسمبر ٢٠٠٠ ظهور المئات من الشركات الصغيرة البازغة Start-up firms، والنجاح الملحوظ لبعضها. ففي عام ١٩٩٩ حققت

شركتان صغيرتان من مبيعاتهما عائدات تتجاوز ٥٠ مليون دولار. كما لاحظ أن أغلب الشركات لا تركز على منتج واحد، لأن نشاطها البحثى يسمح بالدخول فى طيف أوسع من التطبيقات والمنتجات. ورصد التقرير المذكور التركيز على العقاقير المتعلقة بالسرطان والسكر والجهاز العصبى المركزى والأوعية الدموية. وأخيراً، قدر أن سوق العقاقير المنتجة بالتكنولوجيا الحيوية سيشهد نمواً سنوياً بمعدل ١٣ %، ليصل إلى ٢٨,٦ مليون دولار فى عام ٢٠٠٤.

إن المشهد العالمى العام لإنتاج الكيماويات والعقاقير بتقنيات التكنولوجيا الحيوية قد نما بشكل متسارع فى العقدين الأخيرين. ولتوضيح ذلك نورد الجدولين (٤٣) و (٤٤):

#### جدول (٤٣)

قائمة بأهم المنتجات والغرض من إنتاجها وتاريخ الموافقة عليها

Product (المنتج)	Indication (الغرض)	Date Approved (تاريخ الموافقة)
Humulin, Humalog (insulin, Eli Lilly)	Diabetes	10/82
Protropin, Nutropin (hGH, Genentech)	Dwarfism; Short stature- renal disease	10/85, 11/93
Intron A (alpha interferon, Biogen/Schering- Plough)	Cancer, hepatitis B & C, genital warts; melanoma; lymphoma	6/86, 2/91, 12/ 95-8/98
Roferon A (alpha interferon, Hoffmann-La Roche)	Cancers	6/86, 10/95
OKT3(MAB, Ortho)	Graft rejection	6/86
Recombivax (Merch/Chiron)	Vaccine - hepatitis B	7/86
Humatrope (hGH, Eli Lilly)	Dwarfism; Adults	3/87, 8/96

Product (المنتج)	Indication (الغرض)	Date Approved (تاريخ الموافقة)
Activase (t-PA, Genentech)	Heart attack, Pulmonary embolism, acute MI, stroke	11/87, 6/90, 4/95, 6/96
Epogen/Eporex (erythropoietin, Amgen and J&J) Procrit (Amgen and J&J)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anemia in renal disease</li> <li>Anemia from AZT</li> <li>Chemo-induced anemia in cancer</li> </ul>	6/89 12/90 4/93
Engerix-B (Wellcome/Biogen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hepatitis B vaccine</li> <li>Treatment for chronic Hep. B</li> </ul>	9/89 8/98
CytoGam (immune sera, MedImmune/Connaught)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prevention of CMV infection</li> <li>Prophylaxis</li> </ul>	4/90 12/98
Actimmune (gamma interferon, Genentech)	Chronic granulo-matous disease	12/90
Neupogen (G-CSF, Amgen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chemo-associated neutropenia</li> <li>Bone marrow trasplants</li> </ul>	2/91 '94-4/98
Leukine/Prokine (GM-CSF, Immunex/Hoechst-Roussel)	Bone marrow transplants; AML	3/91,9/95
Ceredase (beta-glucocerebrocidase, Genzyme) Cerezyme (rDNA version)	Gaucher's disease	4/91 \$411M '98
Proleukin (rDNA IL-2, Chiron)	Metastatic kidney cancer;melanoma	5/92-1/98
Recombinate (rDNA Factor VIII, Genetics Institute/ Baxter)	Hemophilia A	12/92
Oncoscint (MAB, Cytogen/Knoll)	Colorectal/ovarian cancer imaging	12/92
Kogenate (rDNA Factor VIII, Genentech/Cutter)	Hemophilia A	2/93

Product (المنتج)	Indication (الغرض)	Date Approved (تاريخ الموافقة)
Betaseron (beta-interferon, Chiron/Berlex)	Multiple sclerosis	9/93
Pulmozyme (rDNA DNase, Genentech)	Cystic fibrosis in mild-severe and infants	12/93 – 3/98
Oncoaspar PEG-asparaginase, Enzon)	Acute lymphocytic leukemia	'94
ReoPro (MAB against the gp lib/IIIa platelet receptor, Centocor/Lilly)	Restenosis after angioplasty, angina	12/94, 11/97
Havrix (SmithKline)	Hepatitis A vaccine	3/95
WinRho SD (antibody-based, Univax)	Blood clotting disorders, Rh disease	3/95, 4/95
Bio-Tropin (rDNA growth hormone, Bio-Technology Gernal)	Growth hormone deficiency	5/95
Norditropin (rDNA growth hormone, Novo Nordisk)	Growth hormone deficiency	5/95
DaunoXome (liposomal daunorubicin, NeXstar)	Kaposi's sarcoma	6/95
Epivir (3Tcoligo, Biomira, Glaxo)	AIDS	11/95
Photophrin (light-activated antitumor agent, QuadraLogic)	Head & neck cancer	12/95
Abelccet (liposomal amphotericin B, The Liposome Co.)	Serious fungal infections	12/95
Doxil (liposomal doxorubicin, Sequus)	Kaposi's sarcoma	12/95
Respigam (RSV immune globulin, MedImmune/AHP)	RSV prevention in infants	1/96
DaunoXome (liposomal daunorubicin, NeXstar)	Kaposi's sarcoma	4/96
Avonex (beta interferon, Biogen)	Multiple sclerosis	5/96

<b>Product</b> (المنتج)	<b>Indication</b> (الغرض)	<b>Date Approved</b> (تاريخ الموافقة)
Vistide (IV oligo, Gilead)	CMV retinitis in AIDS	6/96
CEA-Scan (Te-MAB fragment, Immunomedics)	Colorectal cancer imaging	6/96
MyoScint (MAB, Centocor)	Myocardial necrosis imaging	7/96
Serostim (hGH, Serono)	AIDS wasting	9/96
Verluma (MAB-based diag., Neorx)	Lung cancer diag.	9/96
Photofrin (light-activated cytotoxin, QLT/Sanofi)	esophageal cancer	9/96
ProstaScint (MAB, Cytogen)	Prostate cancer imaging	10/96
Truquant (MAB-based Biomira/Immunex)	Breast CA diagnostic	11/96
Ambisome (liposomal amphotericin B, NeXstar)	Serious fungal diseases	8/97
Benefix (F, IX, Genetics Inst./AHP)	Hemophilia B	2/97
DermaGraft TC (tissue engineered human dermal replacement, Advanced Tissue Sciences)	Burns	3/97
Viracept (HIV protease inhibitor, Agouron)	HIV	3/97
Carticel (tissue engineered cartilage, Genzyme)	Cartilage replacement in knee	8/97
Graftpatch (tissue engineered soft tissue, Organogenesis)	Soft tissue replacement	8/97
Infergen (consensus IFN, Amgen)	Hepatitis C	10/97
RITUXAN (Mab, IDEC/Genetech)	Lymphoma	11/97

Product (المنتج)	Indication (الغرض)	Date Approved (تاريخ الموافقة)
Neumega (IL-11 platelet growth factor, Genetics Institute)	Platelet reconstitution	11/97
Zenapax (Mab, Protein Design Labs/Roche)	Graft vs. Host disease in transplants	12/97
Regranex (PDGF, Chiron/J & J)	Diabetic foot ulcers	12/97
Refludan (rDNA lepirudin??, Hoechst)	Thromboembolism	3/98
Simulect (Hu-MAB to IL-2 receptor, Novartis)	Prevent acute rejection of kidney transplants	5/98
Integrilin (Iib/IIIa inhibitor of platelet aggregations, COR Therapeutics, Schering-Plough)	Heart attack and angioplasty	5/98
Apligraf (Organogenesis Inc.)	Skin replacement for leg ulcers	5/98
Simulect (MAB, Seragen-Ligand/Novartis)	Prevent acute rejection of kidney transplants	5/98
Synagis (Passive immuno-globulin, MedImmune)	Prevents RSV disease in high risk pediatric patients	6/98
Rebetron (Interferon A + ribavarin combination, Schering-Plough)	Chronic hepatitis B pat. W/liver disease who failed IF-A	6/98 – 12/98
Thalidomid (single enantiomer thalidomide, Cellegene)	Leprosy	7/98
Certiva (DTP acellular vaccine, North American Vaccine)	Diphtheria, tetanus, pertussis	7/98
Remicade (TNF antagonist, Centocor)	Crohn's disease	8/98
Vitravene (antisense to CMV, Isis/Ciba Vision)	CMV retinitis in AIDS patients	8/98
Herceptin (MAB to Her2, Genetech)	Metastatic breast cancer	9/98

<b>Product</b> (المنتج)	<b>Indication</b> (الغرض)	<b>Date Approved</b> (تاريخ الموافقة)
Thyrogen (rDNA thyroid hormone, Genzyme)	Thyroid disease diagnosis	11/98
Enbrel (TNF antagonist, Immunex)	Moderate to severe Rheumatoid arthritis	11/98
LYMERix (recombinant Lyme protein, SmithKline)	Vaccine for Lyme disease	12/98
Provigil (modafinil, Cephalon)	Narcolepsy	12/98
Thymoglobulin (polyclonal Ab, SangStat)	Prevent acute rejection of kidney transplants)	12/98
Agenerase (protease inhibitor, Vertex/Glaxo)	Combination treatment for HIV	4/98

## جدول (٤٤)

الشركات المائة الأكبر للتكنولوجيا الحيوية مصنفة وفقا لمجال البحوث الذى تركز عليه ورأسمالها فى السوق (بالمليون دولار)

Anti-infectives مضادات العدوى	Cardiovascular القلب والأوعية	Genomics الجينومات
Medimmune \$10,513	EntreMed \$376	Millennium \$4,392
Virapharma \$557	IDEC \$2,078	Affymetrix \$4,242
Triangle \$483	COR \$726	Human Genome \$3,531
PathoGenesis \$353	CV Therapeutics \$472	Incyte \$1,710
Trimeris \$324	Texas Biotech \$271	Curagen \$970
Gwnelabs \$220	Corvas \$75	Gene Logic \$527
Microcide \$99	<b>Cell-based</b>	Myriad \$432
Magainin \$42	Adv. Tissue Science \$132	Lynx \$363
	Hyseq \$221	Genome Thera. \$298
Antibodies مضادات الأكدسة	Combinatorial Chemistry الكيمياء التوافقية	Hormone Regulation التطعيم الهرموني
Abgenix \$1,988	Pharmacopcia \$448	Amylin \$417
Protein Design \$1,309	ArQule \$130	<b>Immunology</b>
Medarex \$1,181	Trega \$43	SagStat \$511
Imclone \$1,021	<b>Drug Delivery</b>	Alexion \$444
Inmunomedics \$464	Alkermes \$1,243	Biotransplant \$72
Coulter \$379	Inhale \$723	L. Jolla \$51
NeoRx \$85	Matrix \$107	<b>Lipid Drugs</b> اللبيدية
Carbohydrates الكربوهيدرات	Gene Therapy العلاج الجينى	Liposome Co \$477
BioMarin \$409	TKT \$739	Aronex \$71
	Vical \$485	
	Cell Genesys \$415	
	Avigen \$389	
	Collateral \$247	
	Valentis \$238	
	Targeted Gebetics \$134	
	Ribozyme \$118	
	Cyto Therapeutics \$28	
Novel Chemistry كيمياويات جديدة	Small Molecule Rational Design تصميم الجزيئات الصغيرة	
Sepracor \$3,283	Vertex \$893	
Pharmacylics \$623	BioCryst \$450	
Biomatrix \$466	Ariad \$62	
GelTcx \$217		
Nucleotide-based قواعد النيوكليوتيدات		
Gilcad \$2,375		
Isis \$183		

Neurobiology البيولوجيا العصبية		Target Assays/Drug Development الإستهداف الدوائى/تطور اعقاقير	
Cephalon	\$1,120	ICOS	\$1,293
Neurocrine	\$470	Ligand	\$615
Regeneron	\$399	Cubist	\$341
Guilford	\$393	CollaGenex	\$215
Neurogen	\$241	Geron	\$212
Interneuron	\$240	Cell Pathways	\$209
Gilatech	\$166	OSI Pharm	\$171
NPS	\$156	Axys	\$124
Synaptic	\$72	Onyx	\$115
		Cell Therapeut.	\$109
Rec. DNA Proteins, Peptides دنا المونف، البروتينات، الببتيدات		Vaccines الفكسينات	
Amgen	\$61,324	Progenics	\$469
Genentech	\$34,243	Corixa	\$340
Immunex	\$17,987	Aviron	\$251
Biogen	\$12,675	Immunc Response	\$113
Chiron	\$7,697		
Genzyme	\$3,785		
Bio-Tech. Gen	\$807		
Connetics	\$227		
Creative BioMol.	\$178		
XOMA	\$163		
Scios	\$161		
Celtrix	\$76		
Repligen	\$70		

والحديث عن إنتاج الكيماويات والعقاقير وتكنولوجيا التمكين الحديثة يجب أن لا ينسنا الدور المحورى لثورة التكنولوجيا الحيوية فى الزراعة والأمن الغذائى، وحيوية هذا الدور بالنسبة لمواجهة الجوع وتوفير مطالب التزايد السكانى. بل إن بعض هذه التكنولوجيات، كالجينوميات مثلا، ستسهم فى ذلك. إن نورمان بورلو، مفجر الثورة الخضراء الأولى، يقدر الحاجة إلى توفير الحبوب عام ٢٠٢٥ بزيادة إنتاجها بنسبة ٨٠% بالنسبة لمستوى إنتاج ١٩٩٠. وبالإضافة إلى مختلف السياسات، ستحتاج البشرية إلى التكنولوجيا الحيوية للتصدى لهذا المطلب الصعب.

ويعد مجال إنتاج المحاصيل المهندسة وراثيا، بكل ما يصاحبه من جدال حول الأمان الحيوى والتأثير على المزارعين الصغار فى الدول النامية بالذات

وضغوط الشركات العملاقة العاملة فى المجال، أهم ما تقدمه التكنولوجيا الحيوية لقطاع الزراعة والأمن الغذائى. إن إنتاج هذه المحاصيل يتم بشكل أساسى لمقاومة الضغوط البيئية كالإصابة بالآفات والجفاف، أو لتحسين القيمة الغذائية أو التصنيعية للمحاصيل ومنتجاتها. لقد شهدت المساحات المنزرعة بالمحاصيل المهندسة وراثيا زيادة مطردة من ٨, ٢ مليون هكتار عام ١٩٩٦ إلى ١١ مليون هكتار عام ١٩٩٧، وبلغت ٨, ٢٧ مليون هكتار عام ١٩٩٨. والجدول (٤٥) يبين تطور نمو المساحات فى الفترة المذكورة. ومع تزايد قائمة المحاصيل المهندسة وراثيا، وليس المساحة فقط، تبقى محاصيل فول الصويا والذرة والقطن والشلجم/الكانولا والبطاطس على رأس هذه القائمة، مع مساحات ملحوظة لمحاصيل أخرى مثل الطماطم من بين الخضر.

جدول (٤٥) المساحة المنزرعة بالمحاصيل المهندسة وراثيا

Country البلد	1996	1997	1998	Share of global Area 1998 (النسبة المئوية)
	(المساحة بالمليون هكتار)			
United states	1.5	8.1	20.5	74
Argentina	0.1	1.4	4.3	15
Canada	0.1	1.3	2.8	10
Australia	<0.1	0.1	0.1	1
Mexico	<0.1	<0.1	0.1	1
Spain	-	-	<0.1	<1
France	-	-	<0.1	<1
South Africa	-	-	<0.1	<1
TOTAL	1.7	11.0	27.8	100

ملحوظة : لم تذكر الصين لعدم التأكد من المساحة، لكن التقدير التقريبي يصل إلى مليون هكتار عام ١٩٩٨

Source: Clive James, Global Review of Commercial Transgenic Crops: 1998 (Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 1998).

ويبدو سوق مبيعات المحاصيل المهندسة الوراثية واعداء، رغم كل المخاوف. ففي تقديرات عام ١٩٩٩ بلغت المبيعات ما قيمته ٢٣٥ مليون دولار عام ١٩٩٦، زادت إلى حوالي ١,٥ بليون دولار عام ١٩٩٨، مع قيمة متوقعة تزيد عن ٣ بليون دولار عام ٢٠٠٠، ٦ بليون دولار عام ٢٠٠٥، حيث قد تصل إلى ٢٠ بليون عام ٢٠١٠. ويشهد المجال أشكالاً من التحالف والاتحاد بين الشركات المنتجة للتكنولوجيا الحيوية الزراعية. لقد بلغت قيمة استثمارات التحالفات والاتحادات الخاصة بذلك ١٥ مليون دولار من ١٩٩٦ إلى ١٩٩٩. ويتوقع أنها زادت عن ذلك في الوقت الحالي.

وللتطور المتسارع للمحاصيل المهندسة وراثياً التي يتم تسويقها تجارياً، من المفيد أن نطلع على المشهد العالمي لهذا السوق، كما يقدمه تقرير ISAAA الصادر في يناير ٢٠٠٢. أهم ملامح هذا التقرير مايلي:

- تعدت المساحة العالمية المنزرعة حاجر ٥٠ مليون هكتار في عام ٢٠٠١ (بلغت ٥٢,٦ مليون هكتار)، وهذه تعد علامة تاريخية رغم تزايد الهجوم على هذه المحاصيل. لقد قام بزراعة هذه المساحة ٥,٥ مليون مزارع في ١٣ دولة.
- بلغت زيادة المساحة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٠١ نسبة ١٩% (٤,٨ مليون هكتار). هذه الزيادة تقترب من ضعف الزيادة بين عامي ١٩٩٩، ٢٠٠٠ (٣,٤ مليون هكتار، بنسبة ١١%).
- خلال مدة ست سنوات (١٩٩٦ - ٢٠٠١) زادت المساحة ثلاثين مرة (من ١,٧ مليون هكتار إلى ٥٢,٦ مليون هكتار).
- أكثر من ربع هذه المساحة في عام ٢٠٠١ (١٣,٥ مليون هكتار) تمت زراعتها في ست دول نامية. وقد قامت إندونيسيا مثلاً بتسويق القطن المهندس وراثياً بإضافة جين بكتيري لمقاومة إحدى الآفات في عام ٢٠٠١.

• فى عام ٢٠٠١ قامت أربع دول رئيسية بزراعة ٩٩% من المساحة العالمية (الولايات المتحدة ٦٨%، الأرجنتين ٢٢%، كندا ٦%، والصين ٣%). وأظهرت الصين أكبر تسارع فى النسبة المئوية للزيادة بالنسبة للقطن المهندس وراثيا بالذات (من نصف مليون هكتار عام ٢٠٠٠ إلى ١,٥ مليون هكتار عام ٢٠٠١).

• كانت المحاصيل الرئيسية المهندسة وراثيا على المستوى العالمى عام ٢٠٠١ كما يلى:

- فول الصويا ٣,٣ مليون هكتار (٦٣%)

- الذرة ٨,٩ مليون هكتار (١٩%)

- القطن ٨,٦ مليون هكتار (١٣%)

- الكانولا ٧,٢ مليون هكتار (٥%)

• فى الفترة من ١٩٩٦ إلى ٢٠٠١ يستعد إنتاج المحاصيل المهندسة وراثيا لتحمل مبيدات الحشائش القائمة، يليه إنتاج المحاصيل المقاومة للحشرات.

• مجموع مزارع من مساحة فى السنوات الست المذكورة (تراكميا) بلغ ١٧٥ مليون هكتار، وتوافق الإنتاج مع أهداف الملايين من كبار وصغار المزارعين. لقد زاد عدد المستفيدين من المزارعين من ٣,٥ مليون عام ٢٠٠٠ إلى ٥,٥ مليون عام ٢٠٠١. وأكثر من ثلاثة أرباع هذا العدد فى عام ٢٠٠١ كان من بين المزارعين الصغار محدودى الموارد، فى الصين وجنوب أفريقيا بشكل أساسى.

• وأخيرا، هنالك تفاؤل حذر بالنسبة لزيادة المساحة وأعداد المزارعين فى عام ٢٠٠٢.

إن البعض يشكك في هذه الصورة المتفائلة، ويقول أن "الأرقام قد تكذب أحياناً. لكن الواقع لا يكذب. والواقع يؤكد ضرورة "الإستفادة الرشيدة" من كل مجالات تطبيق التكنولوجيا الحيوية في الحاضر والمستقبل.

#### ٤- الهندسة الوراثية التكنولوجيا الحيوية في مصر

##### ٤-١ مقدمة

منذ منتصف السبعينات تنبّهت الجماعة العلمية المصرية عموماً، والمشتغلون ببحوث الزراعة وإنتاج الغذاء بشكل خاص، إلى الأهمية المستقبلية للتكنولوجيا الحيوية الحديثة، التي تمثل تقنيات الهندسة الوراثية قمة تقدمها. ولقد سعت أكاديمية البحث العلمي أن تحصل مصر على مركز من المراكز اللذين خططت منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو) لإنشائهما، لكن المنافسة لم تحسم لصالح مصر. وتم اختيار الهند (نيودلهي) وإيطاليا (تريستا) لإقامة المراكز بهما. ولأن خسارة الحصول على أحد المراكز تعد درساً يجب أن يستفاد به في مجال "الدبلوماسية العلمية والتكنولوجية"، فلا بأس من أن نسترجع بعض الأسباب التي ذكرت في حينها لتبرير هذه النتيجة. لقد عزى ذلك إلى أكثر من عامل، مثل قيام غير نوى الاختصاص بالتفاوض رغم تقديرهم الشخصي، وغياب التنسيق العربي الإيجابي مما قلل الفرصة كنتيجة للمنافسة العربية/العربية، والتراخي في التقدم بتسهيلات كافية لإقناع الجهات الدولية باختيار مصر في مقابل واقع أفضل في البلدين اللذين تم اختيارهما، مع عدم استبعاد شبهة التحيز لسبب أو لآخر. ففي حالة الهند مثلاً، يذكر أن العلماء الهنود في الخارج كانوا - وما زالوا - أكثر ديناميكية وتأثيراً وتواصلاً مع وطنهم، مما يزيد من فرصة الهند في الاستفادة من ثمار التعاون الدولي. كما أن

الحكومة الهندية سارعت بتقديم عشرين مليون دولار كمساهمة فى إقامة المركز .

لكن الاتصال بالمنظمة المذكورة لم يتوقف عند هذا الحد، ونجم عنه إرسال مجموعة من المتخصصين إلى مصر لتقديم المشورة العلمية لبناء قاعدة فى هذا المجال، تلائم الأهداف التنموية المنتظرة منه بالنسبة لمصر. وفى إطار هذا التعاون تم تنظيم زيارتين لممثلى اليونيدو والبرنامج الإنمائى للأمم المتحدة فى عامى ١٩٧٩، ١٩٨٤، وجرت مناقشات موسعة مع المتخصصين فى الجامعات والوزارات والمراكز البحثية وبعض الجمعيات العلمية ذات الصلة. وقد توصلت المجموعة الاستشارية إلى أهمية تشكيل نقطة ارتكاز وطنية Focal Point وإنشاء مركز متخصص يعد بمثابة مركز تميز، يعمل على بناء القاعدة العلمية ووضع خطة بحثية لأولويات المجال، التى تمت الإشارة إلى خطوطها العامة.

#### ٤-٢ ملامح الخريطة المصرية لأنشطة التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية

لقد وجدت هذه الجهود دعماً سياسياً قوياً من نائب رئيس الوزراء ووزير الزراعة واستصلاح الأراضى، حيث أنشئ بالتعاون مع البرنامج الإنمائى للأمم المتحدة المعمل القومى للهندسة الوراثية (NAGEL) بمركز البحوث الزراعية، وهو المعمل الذى تحول فيما بعد إلى معهد بحوث الهندسة الوراثية الزراعية (AGERI)، وهذا المعهد اختير عام ١٩٩٦ كواحد من أحسن عشرة معاهد بحثية فى الدول النامية. ويقوم هذا المعهد بجانب انشغاله بإنتاج نباتات مقاومة للأمراض وغير ذلك من أولويات البحوث الزراعية، بتقديم خدمات بحثية للعاملين فى المجال مستنداً فى ذلك إلى إمكانياته المعملية والبشرية المتميزة. أما الجامعات فقد حاولت توظيف صيغة "الوحدات ذات الطابع الخاص" التى تتميز ببعض المرونة فى القواعد المالية والإدارية التى تمارس أنشطتها من خلالها،

وذلك لإنشاء مراكز تميز تمثل بحوث وتطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية أهم مجالات عملها. هذا بالإضافة إلى الاهتمام بالتعليم والتدريب فى المرحلتين الجامعية الأولى والدراسات العليا.

وفيما يلى بيان ببعض الشعب والوحدات والمراكز الموجودة بالجامعات المصرية.

### أولاً : المرحلة الجامعية الأولى

- ١ - شعبة الوراثة والهندسة الوراثية- بكلية الزراعة جامعة الزقازيق. وتقدمت كليات أخرى بطلبات مماثلة لإنشاء تخصص التكنولوجيا الحيوية لها.
- ٢ - إضافة مسمى الهندسة الوراثية إلى مقرر أساسيات الوراثة فى كليات الطب البيطرى.
- ٣ - تدريس مقررات الهندسة الوراثية والتكنولوجيات الحيوية فى بعض الشعب بكليات الزراعة والكليات العملية الأخرى.

### ثانياً : مرحلة الدراسات العليا والبحوث

- ١- تدريس مقررات متقدمة فى الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية لطلاب الدراسات العليا فى أغلب الكليات العملية.
- ٢- الاهتمام المتزايد باستخدام هذه التخصصات فى بروتوكولات الخطط الخاصة بموضوعات البحث لطلبة الماجستير والدكتوراه فى كليات الزراعة والطب والصيدلة والطب البيطرى سواء بالنسبة للدارسين داخل الوطن أم من خلال نظم الإيفاد إلى الخارج عبر القنوات العلمية والبعثات والمنح.
- ٣- وجود قسم خاص بالتكنولوجيا الحيوية فى معهد الدراسات العليا والبحوث بجامعة الإسكندرية.

٤- الإنخراط فى مشروعات بحثية مصرية أو مشتركة مع الجامعات الأجنبية المتقدمة، فى إطار إتفاقيات ثنائية أو عامة (مثل مشروع الترابط بين الجامعات المصرية والأمريكية).

### ثالثاً : المراكز والوحدات ذات الطابع الخاص

#### ١- جامعة القاهرة:

- ١- وحدة الوراثة الطبية بمستشفى الأطفال بكلية الطب (١٩٨٢).
- ٢- مركز التكنولوجيا الحيوية، وهو أحد وحدات مركز البحوث التطبيقية والدراسات المتقدمة بكلية الصيدلة (١٩٨٩).
- ٣- وحدة أبحاث زراعة الأنسجة والكروموزومات بكلية الطب (١٩٨٩).
- ٤- وحدة دلالات الأورام بكلية الطب (١٩٩٠).
- ٥- وحدة بيوتكنولوجيا المحاصيل السكرية بكلية الزراعة (١٩٩٠).
- ٦- مركز بحوث ودراسات الهندسة الوراثية بكلية الزراعة (١٩٩٣).
- ٧- مركز بحوث التكنولوجيا الحيوية النباتية (١٩٩٦).
- ٨- مركز بحوث التكنولوجيا الحيوية الحيوانية (تحت الإنشاء)

#### ٢- جامعة عين شمس

- ١- وحدة التشخيص الهستوبيوكيميائى للأورام (١٩٨٩).
- ٢- وحدة البلهارسيا.
- ٣- مركز بحوث الهندسة الوراثية (١٩٩٩).

### ٣- جامعة المنوفية

مركز زراعة الأنسجة والهندسة الوراثية (١٩٩٠).

وهو المركز الذي أنفق عام ١٩٩٥ على تحويله إلى أول معهد للهندسة الوراثية بالجامعات المصرية. وقد صدر القرار الجمهوري الخاص به وأقرت لائحته بعد ذلك.

- هذا بالإضافة إلى الأنشطة البحثية بكثير من الأقسام ذات الصلة بالكليات العملية، وهي جهود تستحق الحصر عن طريق عمل دليل للعاملين في المجال وأولويات اهتماماتهم.

- وفي إطار مشروع الترابط بين الجامعات المصرية والأمريكية، الذي تديره وحدة تنسيق العلاقات الخارجية بأمانة المجلس الأعلى للجامعات، تم تمويل عدد من المشروعات البحثية سنورد بيانها فيما بعد.

- وبالإضافة إلى ذلك، صدر القرار الجمهوري بإنشاء مدينة مبارك للأبحاث العلمية عام ١٩٩٣، وكان من بين معاهدها معهد خاص بالهندسة الوراثية. كما أنشئت شعبة خاصة للمجال بالمركز القومي للبحوث، واهتمت به بعض المعاهد المتخصصة مثل معهد تيودور بلهارس وغيره.

- ورغم أن التجربة التاريخية لهذا المجال الحديث، في الدول التي شغلت فيه موقعا متميزا، ترتبط بالدور الكبير للقطاع الخاص واستثماراته في البحث والتطوير القائم على التعاقد مع الجامعات والمراكز البحثية، وإنشاء وحداته البحثية الخاصة به، إلا أن هذا الدور يعد هامشيا في الواقع المصري. ولعل هذه الهامشية تتناسب مع ضالة الدور الذي يلعبه هذا القطاع الخاص عموماً في دعم البحث العلمي وتشجيع الطلب على توظيف جهود الجماعة العلمية في التنمية. وسنورد فيما بعد نماذج للأنشطة الجارية في بعض الشركات

الزراعية والصناعية، وإن كان من المفيد أن نذكر أن العديد من المستشفيات والمعامل الخاصة تستخدم التقنيات المتقدمة للبيولوجيا الجزيئية فى الاختبارات التشخيصية بشكل متزايد (فيروسات الالتهاب الكبدى- دلالات الأورام - بعض الأمراض الوراثية ... الخ). وهذه الأنشطة- رغم أهميتها - تعد ضمن الخدمات مدفوعة الأجر، وإن كان من الممكن توظيفها فى برامج بحثية يزيد العائد منها على كفاءة العلاج بالنسبة للأمراض الشائعة فى مصر، حيث يعتبر موضوع "الكلفة / العائد" من الأمور التى تناقش بين المشتغلين بالمجال بشكل يثير الانتباه.

- ونظراً لحاجة المجال إلى التنسيق ورسم السياسات والاهتمام بالأبعاد الأخلاقية والبيئية، أنشئت اللجان التالية:

١- لجنة قطاعية خاصة بالمجلس الأعلى للجامعات لرسم السياسة الخاصة به وتطويرها فى الجامعات المصرية.

٢- لجنة قومية للأمان الحيوى برئاسة نائب رئيس الوزراء ووزير الزراعة واستصلاح الأراضى، لوضع المعايير الخاصة لإجازة التجارب والمنتجات المحلية والدولية، بما سيخدم التشريعات المطلوبة.

٣- لجنة لأخلاقيات العلوم الأحيائية باللجنة الوطنية للتربية والثقافة والعلوم، التى تنسق نشاط مصر مع اليونسكو، التى أنشأت لجنة بمقرها بباريس ودعت الدول الأعضاء إلى إنشاء لجانها الوطنية. وقد شاركت مصر من خلال هذه اللجنة الوطنية فى مختلف أنشطة اللجنة الرئيسية، ومن بينها الإعلان العالى للجينوم البشرى (١٩٩٧) وإعلان وزراء البحث العلمى لأخلاقيات العلوم البيولوجية (٢٠٠١).

- ونظراً لأهمية المصادر البيولوجية والتنوع الحيوى فى تطوير واقتصاديات المجال قام معهد البحوث الزراعية بالتعاون مع الجانب الألماني بالتخطيط لمشروع لإنشاء بنك للجينات، مع تحديد وحدات إقليمية مسنولة.

- وأخيراً، يتطرق مشروع قانون الملكية الفكرية إلى أنشطة ذات صلة بالتكنولوجيا الحيوية فى مجالى الأدوية والأصناف النباتية بالذات.

إن الهدف من استعراض الخريطة العامة السابقة يتمثل فى التأكيد على أننا قطعنا شوطاً لا بأس به فى التأسيس للعمل فى المجال. وهنا يأتى الدور للحديث عن الإستراتيجية القومية والبرنامج الذى تم إقتراحه لهذا العمل.

#### ٣-٤ الإستراتيجية القومية والبرنامج القومى لتطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية

بمشاركة عدد كبير من المهتمين أصدرت وزارة الدولة للبحث العلمى عام ١٩٩٦ وثيقتين هامتين هما:

١- الإستراتيجية القومية للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية (ملحق رقم ١).

٢- البرنامج القومى لتطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية (ملحق رقم ٢).

ونظراً لأهمية هاتين الوثيقتين فضلت أن أورد أهم ما فىهما بالملحقين المذكورين، للأسباب التالية:

• القراءة النقدية لوثيقة إستراتيجية فى مجال هام فى ضوء الشكوى المتكررة من غياب إستراتيجية للبحث العلمى وعلاقته بالتنوير

التكنولوجى والقدرة التنافسية لما نقدمه من خدمات ومنتجات، تشير تحديات حقيقية مع التطبيق الكامل لقواعد منظمة التجارة العالمية.

- الحكم على سير العمل فى البرنامج التنفيذى للإستراتيجية (ملحق رقم ٣)، الذى واكب الخطة الخمسية ٩٧/٩٨ - ٢٠٠١/٢٠٠٢، فى ضوء ما أتىح من تمويل وكيفية إدارة المشروعات البحثية.
- إمكانيات تطوير الإستراتيجية والبرنامج فى ضوء الممارسة، للتكيف مع المتغيرات واقتراح سبل التغلب على العقبات.

ومع صعوبة التقييم الفردى عموماً، ولأن العمل لم ينته أو تقدم تقاريره النهائية حتى الآن، إلا أننا فى حدود وظيفة هذا العرض لواقع المجال فى مصر، يمكن أن تذكر الملاحظات الأولية التالية:

- بصرف النظر عما قد يقدم من نقد لنص الوثيقة الخاصة بالإستراتيجية بالنسبة لاستخدام مصطلحات الأهداف والمعايير وما إلى ذلك، يمكن التساؤل عن مدى نجاح إستراتيجية فرعية لإحدى التكنولوجيات المتقدمة مع غياب إستراتيجية عامة للبحث العلمى والتكنولوجيا عموماً، أو بالنسبة للمجالات الجديدة والبارزة بشكل خاص. ويتضح النقص الناجم عن ذلك فى غياب أشكال التداخل والتعاقد بين هذه المجالات، حيث لا نجد على سبيل المثال أثراً للعلاقة الواضحة بين التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية من ناحية والمعلوماتية (bioinformatics) أو المواد الجديدة (bioterials) من ناحية أخرى.

- بالنظر إلى الجدول الخاص بالمشروعات الممولة تحقيقاً للبرنامج التنفيذى نجد أن هذه المشروعات تتفق بشكل عام مع ما جاء بالإستراتيجية. ورغم ذلك يلاحظ أن التمويل متاح (حوالى ٢٥ مليون جنيهه) يبتعد

كثيراً عن الاحتياجات المطلوبة (١٦٠ مليون جنيه) رغم إشراف المرحلة على الانتهاء.

- ورغم إتفاق المشروعات مع الأهداف البحثية، إلا أن ما جاء بالاتفاقية من تشجيع للقطاع الخاص والجهات المستفيدة لم يتجسد في الواقع، حيث أن البحوث أساساً في مؤسسات بحثية حكومية، دون مساهمة فاعلة من الجهات المستفيدة.
- يلاحظ أيضاً في الإستراتيجية وبرنامجها التنفيذي الطموح إلى تغطية أغلب مجالات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية، بشكل قد يتجاوز القدرات التمويلية أو الفنية الفعلية في المدى المذكور. وهذه النقطة يمكن أن تناقش بتوسع عند الرغبة في تطوير المرحلة الثانية من الإستراتيجية (٥-١٠ سنوات) التي توشك على الابتداء، بحيث نحدد الأولويات ذات الميزة التنافسية بشكل أكثر وضوحاً وعمقاً ونركز عليها.

### تجارب موازية

في محاولة لتتبع الجهود الجارية في المجال من المفيد أن نرصد التجريبتين التاليتين، لما لكل منهما من خصوصية تستحق الرصد والتقييم:

- في إطار مشروع الترابط بين الجامعات المصرية والأمريكية الذي تديره وحدة تنسيق العلاقات الخارجية بأمانة المجلس الأعلى للجامعات وتشارك في تمويله هيئة المعونة الأمريكية والحكومة المصرية، تم تمويل عدد من المشروعات التي تستخدم تقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الحديثة. وتميزت هذه المشروعات باشتراك مشاركة مستفيد نهائي، يفضل أن يكون من القطاع الخاص، بشكل عضوي في تمويل وتنفيذ المشروع (تقديم ٤٠% من احتياجات المشروع، نقداً و/أو عن طريق تقديم تسهيلات تحسب قيمتها). كما أن اختيار هذه المشروعات يتم عن

طريق لجنة أولويات تحدد أهمية بالنسبة لخطة التنمية، وفى ضوء دراسة جدوى عن عائده. ويحدد لكل مشروع متابع علمى يقدم مع الفريق البحثى تقارير دورية كل ثلاثة شهور عن سير المشروع. كما يتم تحديد النتائج القابلة للتطبيق والتسويق لمقاربة طيف أوسع من الجهات المستفيدة لنشر نتائج المشروع.

• وتقديراً لدور "الأستاذ" المتخصص المنتمى إلى الجماعة العلمية فى وطنه والراغب فى تطوير أداؤها، لا بد وأن نذكر تجربة الدكتور أحمد مستجير مصطفى، العميد الأسبق لكلية الزراعة جامعة القاهرة. ولا غرابة فى ذلك، فقد بدأت التجربة للكوبية بتكليف أستاذ متميز بالعمل على وضع كوبا على خريطة المنافسة فى بعض المجالات المحدودة للتكنولوجيا الحيوية. وقد انطلق الدكتور مستجير من الاقتناع بأهمية حل مشكلة الغذاء فى مصر، وعمل على تنفيذ فكرتين متميزتين:

١- استخدام تقنية الاندماج الخلوى بين الغاب والأرز لإنتاج أصناف من الأرز تتحمل الرى بماء عالى الملوحة. وقد توصل مع فريقه البحثى إلى أصناف طلبت وزارة الزراعة تسجيلها عام ٢٠٠١، لكنه أرجأ الأمر إلى عام ٢٠٠٢ لمزيد من التجارب .

٢- اقتراح استخدام تقنية الاستنساخ فى مجال له أولوية خاصة بالنسبة لنا، حيث تمت الموافقة على إنشاء مركز للتكاثر الحيوانى، يتخصص فى استنساخ الجاموس والخيول العربية. والجاموس شديد التكيف لظروفنا وله ميزة تنافسية لا تجارى من حيث نسبة الدهن فى ألبانه، ولذلك فإن استنساخ قطعان متميزة منه يمكن أن تحدث طفرة فى الإنتاج الحيوانى، تعوض الإهمال الطويل لهذا الحيوان المحلى المتمي. أما استنساخ الخيول العربية المشهورة فله احتمالات ربحية عالية، خصوصاً إذا ما رفع الحظر عن مشاركتها فى السباق.

- لم يشتمل العرض على بعض الأنشطة الجارى حصرها للبرامج البحثية التى تضمنت مشروعات خاصة بالتكنولوجيا الحيوية. تشمل هذه الأنشطة مايجرى فى برنامج التعاون العلمى والتكنولوجى بأكاديمية البحث العلمى، وماتم فى مشروعات التعاون الدولى فى وزارة الزراعة (مثل مشروع النارب: البرنامج القومى للبحوث الزراعية) وغيرهما. وقد كلف بهذه الدراسة الدكتور حمدى عبدالعزيز، رئيس الأكاديمية السابق، ورئيس مجلس محافظى مركز الهندسة الوراثية بترستا، كدراسة فرعية فى إطار أحد المشروعات الممولة فى خطة الأكاديمية.

### أنشطة إنتاجية خارج المؤسسات البحثية

نظراً لأن الدخول الحقيقى إلى ميدان التكنولوجيا الحيوية يعنى القيام بأنشطة إنتاجية فى شركات تستفيد من نتائج البحوث المحلية والعالمية، وتقوم ببرامج للبحوث والتطوير خاصة بها، أو فى تعاون مع غيرها ومع الجامعات والمراكز البحثية، من المفيد أن تستعرض بعض هذه الأنشطة فى مصر.

ورغم أن الحصر الكامل والتقييم الفنى والإقتصادى لكل الأنشطة يستلزم جهداً خاصاً منظماً وموجها لهذا الهدف، إلا أن إعطاء فكرة عامة عن أهم الأنشطة والقائمين على أمرها يساعد على إستكمال الصورة فى هذا التقرير. وتقع الأنشطة المذكورة فى مجموعتين رئيسيتين:

يشكر الكاتب الدكتور/ حمدى عبد العزيز رئيس أكاديمية البحث العلمى السابق، لتوفير قائمة البحوث الجارية فى إطار الخطة القومية للهندسة الوراثية. كما يشكر الدكتور/ إبراهيم عبد المقصود، وكيل معهد الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية بجامعة المنوفية، لمدته بالمعلومات الخاصة بالشركات الزراعية. ويمتد الشكر إلى الدكتور/ أسامة الطيب، أستاذ الميكروبيولوجيا بكلية الصيدلة جامعة القاهرة، لما قدمه من صورة وافية لأهم الأنشطة فى مجال العقاقير الدوائية والكيمويات.

أولاً : شركات ومعامل تشتغل بزراعة الأنسجة النباتية وإنتاج الشتلات للإستهلاك المحلى والتصدير .

ثانياً : شركات للمنتجات الدوائية والكيماويات .

ومن السهل أن نلاحظ فى التفاصيل الخاصة بهذه الأنشطة أن الطرق المستخدمة، فى زراعة الأنسجة لإنتاج الشتلات، والطرق الإنزيمية والميكروبية المستخدمة أساساً فى إنتاج الأدوية والكيماويات، تقع فى الدرجات الأولية لسلم التقنيات المستخدمة فى التكنولوجيا الحيوية، وإن كانت تمثل بداية تستحق التشجيع والتطوير .

## ملحق رقم (١)

### الإستراتيجية القومية

### للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية

#### ١ - مقدمة

لقد أتاحت الهندسة الوراثية الفرصة لعزل وتصنيف وتعديل الجينات الوراثية بحيث أصبح من الممكن إنتاج كميات هائلة من المواد النافعة مثل البروتينات والهرمونات والطعوم خلال فترة زمنية وجيزة. وتعد التكنولوجيا الحيوية الحديثة من أكثر المجالات الواعدة لدعم التقدم الاقتصادي سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. ففي خلال السنوات الماضية، سمع الرأي العام كثيراً عن التطور المنتظر الذي سوف تقدمه التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية في مجالات صحة الإنسان والحيوان وتحسين الإنتاج الزراعي وتقليل تكاليف الإنتاج في مجالات عديدة من التطبيقات الصناعية. وقد أصبح هذا التقدم الواعد حقيقة ملموسة في السنوات الأخيرة من خلال منتجات طرحت في الأسواق وتستخدم على نطاق تجارى.

ولقد أصبحت التكنولوجيا الحيوية صناعة بالغة الأهمية الاقتصادية في الولايات المتحدة الأمريكية حيث بلغ إجمالي مبيعات الأدوية المنتجة بواسطة الشركات الأمريكية باستخدام التكنولوجيا الحيوية في عام ١٩٩٣ ما قيمته ٧٧ مليار دولار إضافة إلى توفير مائة ألف فرصة عمل. ولم يقتصر هذا النجاح على الشركات الأمريكية بل يوجد الآن أكثر من ٣٥٠ شركة للتكنولوجيا الحيوية في أوروبا وعدد مماثل في اليابان. وقد تم حديثاً اتساع دائرة الاهتمام الدولى بالتكنولوجيا الحيوية لتتضمن بلاداً من أمريكا اللاتينية، أوروبا الشرقية، الصين،

أعضاء من مجموعة الباسيفيك، والهند وغير ذلك من الدول. وتشترك هذه الشركات فى تكوين تحالفات فيما بينها لتوفير رأس المال اللازم لتصنيع وتسويق منتجات التكنولوجيا الحيوية.

وقد بادرت مصر بتبنى هذا الاتجاه الحديث لتطبيقات التكنولوجيا الحيوية وتمثل ذلك فى إنشاء المعهد القومى لبحوث الهندسة الوراثية الزراعية بمركز البحوث الزراعية ومعهد الهندسة الوراثية بمدينة مبارك للأبحاث العلمية والذى يتبع وزارة البحث العلمى وشعبة بحوث الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية بالمركز القومى للبحوث، إضافة إلى بعض المعامل المتخصصة التى تتبع الجامعات ومراكز البحوث العلمية.

ومع هذه الاجتهادات ونظراً لغياب آليات واستراتيجيات تدعم أنشطة التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية فى التعليم والبحث والتطبيق فى مصر، فقد نتجت فجوة علمية وتكنولوجية ليس فقط بين مصر ودول الصدارة، بل أيضاً بين مصر ودول عدة من الدول النامية.

ونظراً للأبعاد الاقتصادية الكبيرة لهذا المجال فإنه أصبح من الملح وضع إستراتيجية قومية للنهوض بأنشطة الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الحديثة تكفل لها الأولوية المناسبة وتؤمن الآليات التى تضمن الاستمرارية وإحراز التقدم على أن تأخذ هذه الإستراتيجية فى اعتبارها التوجهات الاقتصادية التى شهدتها مصر فى السنوات الأخيرة خاصة فيما يتعلق بتشجيع القطاع الخاص على المشاركة بصفته مستفيداً من التنمية ولتخفيف الأعباء عن الإنفاق الحكومى المباشر.

وفى ضوء النقاش الموسع الذى دار فى اجتماع مجلس الوزراء بجلسته فى شهر فبراير ١٩٩٥ صدرت توصية السيد الأستاذ الدكتور رئيس مجلس الوزراء

للسيدة الأستاذة الدكتورة وزيرة الدولة لشئون البحث العلمى لإعداد الإستراتيجية القومية للهندسة الوراثية فى مصر فى هذا المجال الهام.

وتبنت وزارة البحث العلمى عقد ندوة فى ١٨ مارس ١٩٩٥ ركزت على وضع الإطار العام لسياسة قومية للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الحديثة. وقد قام الأستاذ الدكتور نائب رئيس الوزراء ووزير الزراعة والثروة الحيوانية والسمكية واستصلاح الأراضى والأستاذة الدكتورة وزيرة الدولة للبحث العلمى والأستاذ الدكتور وزير السكان والأستاذ الدكتور وزير الصحة والأستاذ الدكتور وزير التموين والتجارة الداخلية بإلقاء كلمات فى افتتاح الندوة تعبر عن مدى أهمية تطبيقات التكنولوجيا الحيوية للاقتصاد القومى فى مصر. وشارك فى الندوة عدد من علماء مصر المغتربين وممثلى المنظمات الدولية. وقدمت فى الندوة عدة أوراق عمل من العلماء والاقتصاديين من مراكز ومعاهد البحوث والجامعات من مصر وخارجها. ثم تلى ذلك قيام وزارة البحث العلمى بعقد أربع ندوات متخصصة عن دور الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى مجالات الزراعة والصناعة والطب والبيئة دعى إليها ما يزيد عن ٥٠٠ من علماء مصر ورجال الصناعة والمال والمستثمرين وتم خلالها مناقشة أولويات الإستراتيجية القومية المنشودة فى كافة الفروع الأربعة المشار إليها بعالية.

## ٢- الأهداف العامة للإستراتيجية:

١- دخول مصر إلى عصر تطبيقات الهندسة الوراثية فى كافة مناحى الأنشطة الاقتصادية بهدف الارتقاء التكنولوجى والصناعى وفتح فرص للعمل وأسواق تصديرية بعد تلبية احتياجات السوق المحلى.

٢- تنمية الصناعات القائمة على التكنولوجيا الحيوية الحديثة لزيادة الإنتاج القومى مع تشجيع المشروعات التى لها القدرة على المنافسة فى ظل قوانين الجات.

٣- مواكبة التقدم العلمى والتكنولوجى العالمى بهدف التحرر من الوقوع فى دائرة التبعية التكنولوجية خلال فترة وجيزة من الزمن ولسد احتياجات المواطنين من المنتجات المنتظر دخولها إلى الأسواق العالية قريباً باستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية.

٤- سوف يخدم تطبيق هذه الاستراتيجيات تطوير العديد من القطاعات الأخرى التى يتعثر فيها توصيل نتائج البحوث إلى قطاع الصناعة والمستفيدين حيث أن هذا النموذج سوف يفتح أفقاً جديدة أمام العديد من التكنولوجيات الأخرى.

٥- تشجيع مشاركة القطاع الخاص فى توجيه واستخدام أبحاث التكنولوجيا الحيوية الحديثة.

### ٣- الأهمية الاقتصادية للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى مصر:

١- سوف يكون لتطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيات الحيوية الحديثة أكبر الأثر فى زيادة الإنتاج الزراعى دون الاعتماد على المبيدات الكيميائية التى تكلف الدولة ما يزيد عن ٣٠٠ مليون جنية سنوياً إضافة إلى أثارها السلبية على صحة الإنسان والحيوان.

٢- سوف تعود منتجات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية بالفائدة على قطاع التصدير عن طريق إنتاج منتجات تلبى الاحتياجات المحلية والإقليمية خاصة تلك المنتجات اللازمة لصحة وغذاء الإنسان والحيوان. كما أن النجاح فى هذا المجال الجديد سوف يشجع على توفير المنتجات

المختلفة اللازمة للتصدير. إضافة إلى ذلك فسوف يصاحب زيادة الإنتاج تقليل الاستيراد لعدد كبير من السلع مثل السكر والمستحضرات الطبية.

٣- بإدخال تطبيقات التكنولوجيا الحيوية المتقدمة في مصر سيكون لمصر دور هام في المساهمة في تحسين صحة شعوب أفريقيا حيث أنه سيتاح من خلال تلك التكنولوجيات إنتاج عديد من الطعوم والأدوية التي سيتم تصميمها خصيصاً للتغلب على أمراض متخصصة لدول المنطقة ويصعب الحصول على هذه الطعوم من أى مصادر أخرى.

٤- إن من أهم وأعظم الفوائد التي سوف تصاحب التوسع في استخدام التكنولوجيا الحيوية الحديثة هو توليد عمالة عالية المهارة لخدمة الاقتصاد القومى وسوف يساعد هذا النشاط على خلق فرص عمالة في القطاعات الأخرى المستفيدة من منتجات التكنولوجيا الحيوية كصناعة المراكز والأدوية على سبيل المثال.

٥- سوف تكون نماذج عملية نقل التكنولوجيا الحيوية الحديثة من معالم مراكز البحوث والجامعات إلى قطاع الصناعة دافعاً قوياً على تشجيع مزيد من نقل التكنولوجيا في مجالات أخرى، وسوف يشجع ذلك إنشاء وتطوير الشركات الجديدة الصغيرة خاصة وأن هذه النوعية من الشركات هي التي قدمت القاعدة الأساسية للنمو الاقتصادى الذى حدث مؤخراً فى الولايات المتحدة الأمريكية.

٦- سوف تساهم أنشطة البحوث والتطوير فى مجال الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى نشر وتقديم المعرفة لشركات أخرى وبحيث تصبح الفائدة الاقتصادية لتبنى هذه الإستراتيجية متمثلة فى سلسلة متواصلة من الإنجازات العلمية التطبيقية التي تساهم فى إنشاء صناعات

جديدة وتطوير صناعات قائمة وما يصاحبها من زيادة الوعاء الاقتصادي للناتج القومى. وقد ساهم نفس هذا الأسلوب فى النمو الكبير الذى تتمتع به اقتصاديات الغرب فى القرن العشرين والنمو الهائل المتعاظم على أبواب القرن الحادى والعشرين.

٧- سوف يصاحب ازدهار الصناعات القائمة على التكنولوجيا الحيوية تخفيض استخدام العملات الحرة وميزان المدفوعات.

٨- سوف يشجع العائد الكبير الناتج عن تسويق المواد المصنعة باستخدام التكنولوجيا الحيوية الحديثة على الاستثمار فى إنتاج مواد جديدة أخرى وكذلك دعم برامج البحوث والتطوير مما يشجع على الابتكار.

٩- وبصفة عامة يكون للتكنولوجيا الحيوية الحديثة القدرة على زيادة إنتاجية الاقتصاد المصرى إلى حد كبير.

ولاشك أن التأثير الاقتصادي للتكنولوجيات الحيوية الحديثة يفوق التصور. ويرجع ذلك أساساً إلى الدقة المتناهية لتلك التكنولوجيات والكميات الهائلة من منتجاتها التى يمكن إنتاجها فى وقت ضئيل وباستخدام خامات أولية رخيصة. إضافة إلى ذلك فإن التكنولوجيا الحيوية تتمتع بمرونة بالغة ويمكن بسهولة نقلها وأقلمتها لتناسب الاحتياجات الصحية والبيئية.

#### ٤- الأهمية الإستراتيجية للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية

عادة ما يصاحب ظهور الابتكارات العلمية الحديثة توجيه نتائج هذه الابتكارات إلى خدمة المصالح القومية للدول التى تمتلك القدرة على تطوير تلك التكنولوجيات. وفى كثير من الأحيان يصعب اقتناء تلك التكنولوجيات عن طريق التبادل التجارى بين الدول ومن ثم فإن الدول التى تستطيع أن تحقق

لنفسها الريادة فى تلك المجالات تصبح فى مصاف الدول الآمنة حيث أنها يمكن أن تطور المنتج اللازم فى أى مرحلة من مراحل النمو الاقتصادى كى يلبى احتياجات الدولة ابتداء من الغذاء إلى الأمن القومى.

إن مصر بما تملكه من ذخيرة لا تتضب من رجال العلوم والصناعة والمال قادرة على اقتحام مجال الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الحديثة الآن ودون إبطاء بحيث تكون مصر فى مصاف الدول ذات الإسهامات الملموسة فى تطويع هذا المجال لخدمة الأهداف الاقتصادية والإستراتيجية للوطن.

#### ٥- البرنامج الزمنى وأولويات تنفيذ الإستراتيجية القومية للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية

تعتمد الإستراتيجية بصفة رئيسية على استخدام تقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الحديثة لزيادة الإنتاج الزراعى والصناعى وتحسين صحة الإنسان وحماية البيئة.

وهناك موضوعات ذات أولوية أولى لخدمة جميع قطاعات تطبيق الإستراتيجية، وفيما يلى نورد هذه الموضوعات ذات الطابع العام بالنسبة لجميع بنود هذه الإستراتيجية:

١- استخدام الهندسة الوراثية لإنتاج إنزيمات تحويل الأحماض النووية والمواد اللازمة لبحوث الهندسة الوراثية محلياً.

٢- تبنى برامج تأكيد ومراقبة الجودة كعنصر رئيسى فى إقرار صلاحية كافة منتجات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية وذلك لخلق ميزة نسبية للمنتجات المصرية تؤهلها للمنافسة فى ظل قوانين الجات.

٣- تنمية الكوادر العلمية لتلبية متطلبات هذا المجال الحديث وخلق المناخ المناسب لتشجيع العلماء العاملين فى هذا الفرع مع الاهتمام بأن يكون لمراكز التميز العلمى لمجال الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية كيانات تنظيمية بالغة التطور والرقى للنهوض بمهامها.

٤- إدخال الهندسة الوراثية ضمن برامج تطوير التعليم فى مصر.

٥- إنشاء قاعدة بيانات للتكنولوجيا الحيوية وأنشطة الهندسة الوراثية فى مصر.

٦- تطبيق قوانين حماية الملكية الفكرية فى مجال التكنولوجيا الحيوية فى مصر وإصدار التشريعات الوطنية التى تترجم الاتفاقيات الخاصة بذلك إلى أحكام مصرية.

٧- رفع الوعى القومى تجاه استخدامات منتجات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية لتشجيع المستثمرين والمستهلكين.

٨- وضع ضوابط قومية للأمان الحيوى تضمن سلامة الأفراد والبيئة من المخاطر التى قد تنشأ عن العمل فى مجال الهندسة الوراثية سواء أثناء إجراء البحوث أو استخدام المنتجات وقد بدأت مصر بالفعل هذا النشاط بمبادرة من وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ويلزم توسيع نطاقها لتشمل كافة الأنشطة الأخرى بعد اتخاذ الإجراءات اللازمة لإصدار القوانين المنظمة لذلك من السلطة التشريعية.

٩- تشجيع الدولة للاستثمار فى الصناعات القائمة على التكنولوجيا الحيوية الحديثة عن طريق توفير حوافز للصناعة وللمستثمرين.

١٠- تشجيع التحالفات مع عمالقة العلم والصناعة والتجارة بما يتيح مزيد من المعرفة والخبرة والربحية المادية.

وتحكم العمل فى هذه الإستراتيجية عدة معايير هامة نوجزها فيما يلى:

- ١- العمل فى اتجاه زيادة المعرفة وليس تكرار ما هو معروف.
  - ٢- مشاركة كافة مصادر التمويل فى تحقيق النجاح لهذه الإستراتيجية بما فى ذلك التمويل الحكومى والقطاع الخاص والتمويل الدولى.
  - ٣- تحديد المستفيد النهائى لكل من المشروعات البحثية التى سيتم الموافقة عليها.
  - ٤- إعطاء علماء مصر الفرصة للاحتكاك بالمجتمع العلمى الدولى وتهيئة المناخ المناسب لحفزهم على الابتكار.
  - ٥- الاستفادة بخبرات العلماء المصريين المغتربين للوصول إلى نجاحات ملموسة فى زمن وجيز.
  - ٦- كسب الثقة فى المواد والمستحضرات المنتجة باستخدام التكنولوجيا الحيوية الحديثة فى مصر.
- وفىما يلى البرنامج الزمنى لتنفيذ بنود الإستراتيجية فى مختلف المجالات:

#### أولاً : مجال الزراعة

##### أولويات المرحلة الأولى (٣-٥ سنوات)

- ١- إنتاج نباتات مقاومة للإصابة بالأمراض الفيروسية.
- ٢- إنتاج نباتات مقاومة للإصابة بالأمراض الحشرية.
- ٣- التسميد الحيوى باللقاحات المحورة وراثياً.
- ٤- إنتاج المستحضرات المناعية والعلاجية للأمراض التى تصيب الحيوان والأسماك.
- ٥- تحسين عناصر المكافحة الحيوية للآفات.

### أولويات المرحلة الثانية (٥-١٠ سنوات)

- ١- إنتاج نباتات مقاومة للظروف البيئية الغير ملائمة مثل الملوحة والجفاف.
- ٢- دعم برامج رسم الخرائط الوراثية.
- ٣- نقل موروثات التثبيت البيولوجى للأزوت إلى النباتات الاقتصادية الهامة.

### ثانيا : مجال الصحة

وتتمركز الإستراتيجية فى هذا المجال حول ثلاثة بنود:

- ١- إنتاج المستحضرات التشخيصية التى تستخدم فى الكشف المبكر عن الأمراض الوبائية والوراثية والسرطانية وتأمين سلامة تداول الدم ومشتقاته.
- ٢- استخدام الهندسة الوراثية لتطوير وتحسين إنتاج الطعوم الفعالة والأمنة فى مصر.
- ٣- إنتاج المستحضرات الدوائية المتخصصة لعلام الأمراض واسعة الانتشار فى مصر باستخدام طرق الهندسة الوراثية.

### أولويات المرحلة الأولى (٣-٥ سنوات)

- ١- إنتاج المستحضرات التشخيصية لفيروسات التهاب الكبدى والإيدز وأمراض الجهاز التنفسى والدرن وأنيميا البحر الأبيض وخلل الجهاز المناعى ودلالات الأورام وكذلك المستحضرات التشخيصية للبهارسيا والفاشيولا.

٢- تطوير وتحسين إنتاج الطعوم لأمراض الدفتيريا والتيتانوس والسعال الديكى والدرن.

٣- إنتاج بعض خامات الأساس للمضادات الحيوية مثل حامض ٦ أمينو- بنسلينيك والذى يدخل فى صناعة مضادات حيوية تقدر قيمتها بما يزيد عن مائتى مليون جنيه سنوياً.

### أولويات المرحلة الثانية (٥-١٠ سنوات)

- ١- إنتاج وتسجيل وتسويق طعم للبلهارسيا والالتهاب الكبدى الفيروسى.
- ٢- إنتاج الهرمونات مثل الإنسولين وهرمون النمو ومنظمات الجهاز المناعى مثل الإنترفيرون والإنترلوكين والتي تستخدم فى علاج الأمراض المستعصية.

### ثالثاً : مجال الصناعة

#### أولويات المرحلة الأولى (٣-٥ سنوات)

- ١- إنشاء وحدة تجريبية متكاملة ومتعددة الأغراض للتكنولوجيات الحيوية.
- ٢- تحسين الصناعات القائمة حالياً باستخدام الهندسة الوراثية مثل صناعات (الكحول الأيثلى، حمض الخليك، الأسيتون والبيوتانول وإنزيم ألفا أميليز وإنزيم البروتيز القلوى).
- ٣- إنتاج مركبات جديدة مثل الكواشف البيولوجية الإنزيمية.
- ٤- إنتاج البادئات الميكروبية لصناعات منتجات الألبان وإنزيم الرينين الميكروبي.

## أولويات المرحلة الثانية (٥-١٠ سنوات)

- ١- إنتاج إنزيم الجلوكو ايزوميرز.
- ٢- إنتاج حامض اللاكتيك.
- ٣- إنتاج بعض الإنزيمات الوسيطة المستخدمة فى تصنيع الدواء.

## رابعاً : محال البيئة

### أولويات المرحلة الأولى (٣-٥ سنوات):

- ١- إنتاج المبيدات الميكروبية المناسبة للاستخدام الحقلى من خلال استخدام تقنيات متقدمة للهندسة الوراثية.
- ٢- التخلص من ملوثات البيئة باستنباط تكنولوجيات متقدمة للمعالجة الاقتصادية للمخلفات السائلة المحتوية على مواد ضارة بالبيئة. وسوف يعتمد ذلك على استخدام تقنيات الهندسة الوراثية مع التركيز على مخلفات مصانع مواد الصباغة والكوك والمبيدات الكيميائية وتلك المحتوية على معادن ثقيلة.
- ٣- استخدام التكنولوجيا الحيوية الحديثة فى تدوير الطاقة والعناصر والمياه فى مخلفات النشاط الاقتصادي وتحويلها إلى مواد ذات أهمية اقتصادية مثل المخصبات والغاز الحيوى والكحول وغيرها.

### أولويات المرحلة الثانية (٥-١٠ سنوات):

- ١- إزالة الملوثات الضارة المنتشرة فى التربة والمجارى المائية باستخدام طرق الهندسة الوراثية المتقدمة.
- ٢- استخدام الكاشفات الحيوية للكشف عن ملوثات البيئة.
- ٣- اختبار سمية المبيدات بتقنيات الهندسة الوراثية.
- ٤- استخدام التكنولوجيا الحيوية فى استخلاص المعادن والبتترول من الخامات محدودة المحتوى.

## ملحق رقم (٢)

### البرنامج القومى

#### لتطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية

يتضمن البرنامج المشروعات التالية مرتبة حسب الأولوية بالنسبة لكل

مجالى:

#### أولاً : فى مجال الزراعة والغذاء

- ١- تحسين عناصر المكافحة الحيوية للآفات.
- ٢- إنتاج نباتات مقاومة للإصابة بالأمراض الفيروسية والحشرية (الطماطم- البطاطس - الفول).
- ٣- تمييز الأصول الوراثية للنخيل بطرق التكنولوجيا الحيوية الحديثة وإكثار الأصناف الممتازة.
- ٤- علاج مشكلة العقم فى الجاموس المصرى.
- ٥- إنتاج الفاكسينات لأمراض الحيوان والدواجن.
- ٦- التسميد الحيوى باللقاحات المحورة وراثياً.

#### ثانياً : فى مجال الصحة

- ١- إنتاج مستحضرات طبيعية أو مهندسة وراثياً ذات قيمة علاجية (مثل الإنسولين).
- ٢- إنتاج مستحضرات تشخيصية للكشف عن الالتهاب الكبدى الوبائى والسل.
- ٣- إنتاج مستحضرات وقائية طبيعية أو مهندسة وراثياً ضد الالتهاب الكبدى الوبائى والحصبة الألمانية.

### ثالثا: فى مجال الصناعة

- ١- استخدام الهندسة الوراثية فى تحسين إنتاج إنزيمات الأميليز.
- ٢- تطوير الطرق التكنولوجية لإنتاج إنزيمات البروتيز.
- ٣- إنتاج المركبات العضوية ذات الأهمية الصناعية (مثل إنتاج حمض الستريك) بطرق الهندسة الوراثية.

### رابعا: فى مجال البيئة

- ١- إنتاج المبيدات الحيوية الآمنة بيئيا للاستخدام الحقلى.
- ٢- التخلص من التلوث البترولى باستخدام الكائنات الدقيقة المهندسة وراثيا.
- ٣- التخلص البيولوجى الآمن من مخلفات الصناعة (مثل صناعة النسيج).
- ٤- استخدام التكنولوجيا الحيوية الحديثة فى تدوير حطب القطن.
- ٥- استخدام التكنولوجيا الحيوية الحديثة فى المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى.

خامسا : إنشاء وحدة تجريبية متكاملة ومتعددة الأغراض للتكنولوجيا الحيوية

وقد رأت اللجنة أنه يمكن تنفيذ عدد من المشروعات الفرعية تحت كل مشروع مدرج فى البرنامج القومى بحيث تتكامل أهدافها.

ملحق رقم (٣)

وزارة الدولة لشئون البحث العلمى

أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا - مركز التعاون العلمى والتكنولوجى

برامج الإستراتيجية القومية للتكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية

أ - المشروعات فى مجال الزراعة وإنتاج الغذاء (الإنتاج النباتى والحيوانى)

١ - استنباط أقماح محولة وراثياً.

٢ - إنتاج مبيدات حيوية لمكافحة بعض مسببات الأمراض والآفات النباتية.

٣ - تطوير وتحسين المقاومة البيولوجية المشتركة لديدان وأوراق لوز القطن بواسطة الممرضات الحشرية المهندسة وراثياً.

٤ - إنتاج نباتات موز معدلة وراثياً ومقاومة لبعض فيروسات النمو.

٥ - استحداث وانتخاب سلاسلات قمح متحملة للصدأ الأصفر فى القمح بواسطة طرق التقنية الحيوية.

٦ - استخدام تقنيات التحول الوراثى فى إنتاج نباتات ذرة مقاومة للحشرات.

٧ - التمييز الجزئى والإكثار المعملى لنخيل البلح المصرى.

٨ - بناء فيروس مدمج من جنس الكابرى.

٩ - تحضير فاكسين من ميكروب كورينى السل الكاذب المسبب للعدوى فى الأغنام والجاموس باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية.

١٠ - تطوير لقاح من أنتيجين هجين ضد الإصابة بالدودة الكبدية فى الأغنام.

١١ - علاج مشكلة العقم فى الجاموس المصرى.

- ١٢- إنتاج وتقييم لقاح مركب وراثياً لوقاية الدجاج ضد مرض التهاب غدة فابر يشيوس.
- ١٣- استخدام التقنيات الحديثة فى تحسين الأداء التناسلى للجاموس المصرى.
- ١٤- إنتاج أرز مهندس وراثيا مقاوم أمراض اللفحة وثاقبات الساق.
- ١٥- تطبيق استخدام التكنولوجيا الحيوية فى علاج نقص الخصوبة فى الجاموس المصرى.
- ١٦- استخدام البيولوجيا الجزيئية للسيطرة على مرض الالتهاب التنفسى المزمن فى الدواجن.
- ١٧- إنتاج لقاح مدمج مهندس وراثيا لفيروسى الروتا والكرونا.
- ١٨- تطوير سلالات من الشعير محولة وراثيا ذات تحمل أفضل للأمراض البيئية.

#### ب- فى المشروعات مجال الصحة

- ١ - تصميم مجموعات لتشخيص مرض الفينيل كيتومينوريا ومرض الضمور العضلى الوراثى.
- ٢ - إنتاج مستحضرات تشخيصية للكشف عن ميكروب الدرن البقرى والألمى بواسطة استئثار الحمض النووى.
- ٣ - تطوير دلالات للاستجابة لمضادات الفيروسات فى الالتهاب الكبدى الفيروسى.
- ٤ - استخدام تكنولوجيا حيوية للكشف عن الأدوية مضادات للبلهارسيا والسرطان والوقاية من السرطن ومنشطات أو مثبطات المناعة ومضادات الفيروس من النباتات المصرية.

- ٥ - الكشف المبكر عن سرطان المثانة البولية باستخدام وسائل الهندسة الوراثية في تعيين الاختلال الجيني السابق لحدوث السرطان.
- ٦ - إنتاج مجموعة تشخيصية مصرية لإنتقاء الحيوانات المنوية وذلك بواسطة التدفق التهجيني لمجس الحامض النووي الديوكسى الخاص بالكروموسوم X أو Y.
- ٧ - الإنتاج الاقتصادى للقلونيات المضادة للسرطان فى نبات الونكا المصوى باستخدام طرق الهندسة الوراثية.
- ٨ - دراسات بيوكيميائية وجزيئية على مركب مانع للإلتصاقات من سم الحية المصرية المقرنة (سيراستس سيراستس).
- ٩ - المدخل التكنولوجى لهندسة مواد حيوية تصلح للتطبيق فى مجال الطب والأسنان.
- ١٠ - تطوير نظام تعاطى الأنسولين المتكامل بطريق الفم.

### ج - المشروعات فى مجال الصناعة

- ١ - إمكانية إنتاج حمض ٦ امينو بنسيلانك صناعياً بواسطة الهندسة الوراثية لأنزيم البنسلين اسيليز المثبت.
- ٢ - البحر الأحمر كمصدر طبيعى لمواد ذات فاعلية حيوية.
- ٣ - إنتاج أنزيم البيتا جلاكتوسيداز الثابت حرارياً ومستسخ من بكتريا مصرية محبة للحرارة.

### د - المشروعات فى مجال البيئة

- ١ - تعجيل التكسير البيولوجى للملوثات البترولية.

٢ - استنباط تكنولوجيا حيوية لمعالجة المخلفات الصناعية عالية المحتوى من المواد الأروماتية السامة.

٣ - استنساخ وتعبير الجينات المنشطة لمبيد البعوض باسيلاس ثيرونجتريس د-١٤ فى الطحالب الخضراء المزرقه.

#### هـ - مشروعات تأسيسية (إنشائية)

١ - تطوير وحدة تجريبية تطبيقية متكاملة ومتعددة الأغراض للتكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية بالمركز القومى للبحوث.

٢ - تجهيز وحدة تجريبية متكاملة متعددة الأغراض للتكنولوجيا الحيوية بمعهد الهندسة الوراثية بمدينة مبارك للأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية.