مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد الحادي والعشرون - المجلد الرابع - علوم الحياة - آيار 2023 م
doi.org/10.52866/esj.2021.04.21.01

استثمار تقانة المزارع النسيجية في انتاج المركبات الفعالة من النباتات الطبية

أ. د. سهام عبدالرزاق سالم ، أحمد عباس كاظم ، سيد طه محمد طه
عبدالوهاب صلاح عبدالحميد ، مصطفى عبيد محمد
الجامعة العراقية / كلية التربية - قسم علوم الحياة

مستخلص:

كانت النباتات الطبية ومازالت الأساس الذي تطورت عن طريقه صناعة الأدوية والعقاقير، وظهرت حضارات عريقة بنيت أساسا على الطب النباتي. ومازالت النباتات الطبية وستبقى تساهم بشكل فعال في صحة الإنسان وتقدمه ، ولاسيما إن كثير من الأصوات في مختلف أنحاء العالم تدعو إلى العودة بقوة إلى الطبيعة في مجالات عديدة تتعلق بصحة الإنسان، ولقد كانت ولازالت النباتات هي مصدر الغذاء والدواء للإنسان . ومنذ القدم تعرف الإنسان على الكثير من النباتات والأعشاب الطبية التي تنمو برياً في بيئته حيث وجد أن الكثير منها يفيد في الغذاء والقليل يصلح كدواء ، كما توصل إلى معرفة خصائصها ، وتحديد فوائدها باستخدامها في عملية التطبيب الشعبي لعلاج الأمراض وإزالة العلل. وبالتوجه الى تقانة المزارع النسيجية النباتية يمكن انتاج النباتات الطبية او مركباتها الفعالة طبيا دون التقيد بموسم نمو النبات وبنقاوة عالية تفوق تلك المستخلصة من النبات الكامل وبمساحات صغيرة وعلى مدار السنة.

الكلمات المفتاحية: زراعة الانسجة النباتية، النباتات الطبية، المركبات الثانوية الفعالة، مزارع الكالس، المعلقات الخلوية.

Investing of plant tissue culture technique in producing of active compounds from medicinal plants

Prof. Dr. Siham A. Salim , Ahmed A. Kadhim , Said T. Said
Abdulwahhab S. Abdulhameed , Mustafa O. Mohammed
Al-Iraqia University / College of Education , Department of Biology,

Abstract :

Medicinal plants were and continue to be the foundation through which the pharmaceutical and drug industry evolved, and ancient civilizations emerged based mainly on plant medicine. Medicinal plants continue to contribute effectively to human health and progress, especially since many voices around the world call for a strong return to nature in many areas related to human health because of plants have been and continue to be a source of food and medicine together for humanity. Since ancient times, man has identified many medicinal plants and herbs that grow wildly in his environment, where he found that many of them benefit in food and little works as a drug, as well as to know their characteristics, and determine their benefits by using them in the process of folk medicine to treat diseases and remove illnesses. According to plant tissue culture, medicinal plants or their medically effective compounds can be produced without adhering to the plant growth season and with a higher purity than those derived from the whole plant in small areas throughout the year.

Keywords: Plant tissue culture, medicinal plants, secondary metabolites, callus cultures, cell suspensions.

المقدمة

منذ أن وجد الانسان على سطح الكرة الارضية اتجه الى النباتات التي تحيط به ليحصل منها على الغذاء الذي تستمر به حياته وعندما احتاج إلى المأوى الذي يحميه من الظروف المناخية والحيوانات المفترسة لجأ إلى النباتات الشجيرية او الأشجار واتخذ منها ما يحتاجه ليحميه ، ولما أصيب بالأمراض حاول استعمال بعض النباتات للعلاج ، فضلاً عن استعماله لبعض النباتات كمواد للتجميل والتزيين لما لها من أشكال جميلة وروائح زكية [1]. وتتميز النباتات ومنذ زمن بعيد بأن لها أهمية بالغة ليس في كونها مصدراً للغذاء فحسب وإنما تعد مصدراً مهماً للحصول على مدى واسع من المواد الكيميائية الفعالة كالمركبات الطبية ومبيدات الاعشاب والمنكهات والعطور والألوان والتي تعرف بمجموعة مركبات الايض الثانوية Secondary me-tabolites ، إذ تشير تقارير منظمة الصحة العالمية الى ان 80 ٪ من سكان العالم مازالوا يعتمدون على العلاج بالنباتات الطبيعية ومنها الاعشاب [3,2]. وأثبتت الدراسات ان المادة الفعالة المصنعة مختبرياً لا تؤدي التأثير الفسيولوجي الذي تؤديه نفس المادة الفعالة المستخلصة من النباتات الطبية [5,4].

ونظراً لأهمية النباتات الطبية في إنتاج المركبات المهمة صيدلانياً وقلة توفر هذه النباتات او تحديدها بموسم نموها فقد أدى ذلك إلى ضرورة إكثارها بتقانة المزارع النسيجية Plant tissue culture Technique من خلال الإكثار الدقيق Micropropagation ومزارع الكالس callus cultures والمعلقات الخلوية cell suspen-sions لضمان أمكانية الحصول على المركبات المهمة طبياً واقتصادياً وبنسب قد تكون اعلى من نسبها في النبات الأصلي في اغلب الأحيان والتي يصعب تحضيرها في المختبر فضلاً عن كلفتها العالية عند تصنيعها [6]. كما يمكن الحصول على المركبات الفعالة بنقاوة عالية من المزارع النسيجية للنباتات الطبية تفوق تلك التي يتم استخلاصها من النباتات الكاملة ، فضلاً عن ان إنتاجها يكون سريعاً ولا يعتمد على موسم الزراعة ولا يحتاج الى مساحات شاسعة كما يمكن توظيف زراعة الأنسجة في استحثاث تغايرات وراثية من خلايا الكالس يمكن ان ينتج عنها سلالات جديدة تمتاز باحتوائها على كميات اكبر من مركبات الايض الثانوي ومقاومة الأمراض وذات تحمل اكبر للظروف البيئية [8,7].

لقد استمر استخدام النباتات الطبية للعلاج او في مستحضرات التجميل حتى تقدمت علوم الكيمياء والفيزياء وامكن فصل المركبات الفعالة منها والتعرف على طبيعتها الكيميائية والفيزيائية حتى امكن تصنيعها مختبريا في المعامل ، ومن ثم انتاجها على المستوى التجاري حيث استعملت في تحضير العديد من الادوية والعطور ومستحضرات التجميل ومكسبات اللون والطعم والرائحة فقل الطلب على النباتات الطبية واصبحت تستخدم في الطب الشعبي فقط او كتوابل أو في العطور الفاخرة غالية الثمن. واستمر ذلك الوضع حتى ظهرت الاثار الجانبية شديدة الضرر للمركبات المصنعة مختبريا وبدأت الامراض الخطيرة بالظهور كالفشل الكلوي وتليف الكبد والسرطان بأنواعه وضعف جهاز المناعة والجلطات وغيرها، لذلك كانت هناك عودة الى استخدام النباتات الطبية وخلاصاتها في الاغراض العلاجية او الغذائية او مستحضرات التجميل مما ادى الى زيادة الطلب على هذه النباتات [1].

ومما لاشك فيه، فان المصدر الوحيد للنباتات الطبية هو جمعها من الاماكن التي تنمو فيها برياً كالغابات والصحارى وضفاف الانهار او البحار أو

قمم الجبال، وكان هذا المصدر كافيا عندما كان عدد سكان العالم قليلاً، ولكن بازدياد عدد السكان وكثرة الطلب على النباتات الطبية، اصبح ما يجمع منها بريا لا يفي بالغرض كما صاحب ذلك نهضة علمية كبيرة في علوم النبات والزراعة والكيمياء والفيزياء مما ادى الى التعرف على النباتات واعضائها المختلفة والبيئة التي تعيش فيها للمساعدة في اكثارها بكميات كافية، فضلا عن فصل واستخلاص المركبات الفعالة منها والتعرف على طبيعتها مما جعل الطلب يتزايد على زراعتها في مساحات شاسعة من الاراضي. وقد امكن حاليا باستعمال الهندسة الوراثية Genetic engineering والتقانات الحيوية Biotechnology من خلال مزارع الخلايا والانسجة المفصولة من النباتات الطبية وتنميتها في اجهزة خاصة تدعى بالمفاعلات الحيوية Bioreactors وذلك باستعمال بيئات خاصة سائلة، ومن ثم استخلاص المركبات الفعالة التي تكونها هذه المزارع تبعا لنوع النبات سواء كانت قلويدات أو كلايكوسيدات او فينولات او تربينات او زيوت طيارة وغيرها. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على المركبات الفعالة في المختبرات دون انتظار لمواسم الزراعة ونمو النباتات وخدمتها ثم حصادها واستخلاص المركبات الفعالة منها. كذلك يمكن تلافي المخاطر التي تتعرض لها النباتات سواء كانت افات او ظروفا بيئية غير ملائمة وغير ذلك [8].

تقانة المزارع النسيجية النباتية

تعني تقانة المزارع النسيجية النباتية زراعة خلية او نسيج او عضو مستأصل من اي جزء من النبات (يعرف بالجزء النباتي Explant) خارج الجسم الحي في اوساط غذائية معقمة وتحت ظروف معقمة وليس في بيئتها الطبيعية لكون الخلايا النباتية تتمتع بظاهرة خاصة بها دون غيرها من خلايا الكائنات الحية الاخرى ، تعرف هذه الظاهرة بالقدرة الكامنة على الاخلاف Totipotency عند توفر الظروف الملائمة لها. وتتركز فوائد المزارع النسيجية في الاكثار السلالي السريع للنباتات ومنها النباتات الطبية في فترات زمنية قصيرة وضمن مساحات صغيرة وعلى مدار السنة دون التقيد بموسم نمو النباتات، وعزل الخلايا المفردة واستثمارها في هندسة الخلية وراثيا ودراستها مظهرياً ووراثياً وعلاقتها بالأمراض النباتية، وحفظ المصادر الوراثية ومنها النباتات الطبية المهمة والتي تكون مهددة بالانقراض، وانتاج المركبات الصيدلانية والصناعية المهمة طبياً وصناعياً عن طريق مزارع الكالس والمعلقات الخلوية، وتشجيع واستثمار التغايرات الوراثية وانتخاب المفيد منها من ناحية الاكثار وتحسينه او من ناحية الزيادة الكمية للمركبات الفعالة، وسهولة تحفيز التطفير وانتخاب الطوافر المفيدة، فضلاً عن سهولة تحفيز الانسجة المزروعة على زيادة انتاج المركبات الفعالة عن طريق استعمال المحفزات بأنواعها المختلفة الحيوية وغير الحيوية [9,8]. ويبين الجدول 1 اهم المركبات الثانوية التي تم انتاجها بتقنية زراعة الانسجة النباتية[10].

مركبات الايض الثانوي (المركبات الفعالة) واستعمالاتها

يطلق على المركبات الكيميائية التي يصنعها النبات بالمركبات الكيميائية نباتية الاصل Phytochemicals, وتقسم الى قسمين اساسيين هما مركبات الايض الاولي كالكاربوهيدرات والبروتينات واللبيدات وغيرها. اما النوع الثاني فهي مركبات الايض الثانوي والتي تسمى ايضاً بالمنتجات الطبيعية Natural products ومنها الزيوت الطيارة والقلويدات الكلايكوسيدات والفينولات والتربينات والتي تمتاز بخصائص ومزايا

متعددة، فهي يُنتجها النبات للدفاع عن نفسه عند التعرض للإجهادات الحيوية واللاحيوية، وتسبب تثبيط نمو أو سمية للقوارض والحشرات والعناكب، او مضادات حيوية ضد الجراثيم كالبكتيريا والفطريات والفايروسات مسببة تثبيط نموها او سميتها، وتدخل في التنافس مع النباتات الاخرى كمواد مثبطة للنمو، وحماية النبات من الاشعة فوق البنفسجية ومراكز تصنيع النتروجين، وعوامل مساعدة في جذب الحشرات لزيادة تلقيح الازهار، فضلاً عن تشجيع نمو بكتيريا العقد الجذرية المهمة في تثبيت النتروجين الجوي في التربة [1] .

ان التنوع الكيميائي للمركبات الثانوية في النباتات يكون من خلال مسالك تصنيعية مسيطر عليها ومرتبطة بعمليات الايض داخل خلايا النبات ويجب فهمها جيداً قبل اتخاذ الخطط اللازمة لزيادة الانتاج، اذ يحصل التصنيع الحيوي للمركبات الثانوية في عضو أو نسيج نباتي من خلال مسلك كيميائي حيوي خلال مراحل محددة من عمر النبات ثم يتم تخزينها في اعضاء الخزن. ويواجه الطلب المتزايد على مركبات الايض الثانوي بندرة توفرها لأسباب منها ندرة النباتات المنتجة لها اما لظروف مناخية وبيئية قاسية او انتشار الآفات والامراض او عدم الاستقرار السياسي في مناطق زراعة النباتات المنتجة او سوء الاستعمال والاستثمار المفرط لها مما يقلل من اعدادها، لذلك يكون التوجه الى انتاج هذه المركبات بتقانة المزارع النسيجية في محاولة لتلافي الاسباب المؤدية الى ندرة النباتات المنتجة لها [8]. ويبين الجدول 2 اهم استعمالات المركبات الثانوية التي تم انتاجها بتقنية المزارع النسيجية.

العوامل المؤثرة في انتاج المركبات الثانوية من مزارع الانسجة النباتية

يتأثر انتاج المركبات الثانوية المهمة للإنسان بالتراكيب الوراثية للخلايا النباتية المزروعة، فضلاً عن عوامل النمو الطبيعية كدرجة الحرارة ونوع الضوء وشدته والرطوبة التي تتوفر في غرف تحضين المزارع النسيجية، اضافة الى درجة حموضة الوسط المغذي النامية علية الانسجة النباتية، اذ يؤثر ذلك في امتصاصية العناصر المغذية من قبل خلايا الانسجة المزروعة. ومن العوامل المؤثرة في انتاج المركبات الثانوية تركيبة الوسط المغذي بما يحتويه من مغذيات كبرى كالبوتاسيوم K والمغنيسيوم Mg والكبريت S والنتروجين N والفسفور P والكالسيوم Ca فضلاً عن المغذيات الصغرى المتمثلة بالزنك Zn والنحاس Cu والمنغنيز Mn والحديد Fe والكوبلت Co والكلور Cl والموليبدينيوم Mo واليود I. وتلعب المركبات العضوية كالفيتامينات والسكروز والاحماض الامينية ومنظمات النمو النباتية (مثل الاوكسينات والسايتوكاينينات) دوراً مهماً في تعزيز انتاجية المركبات الثانوية المختلفة من الانسجة النباتية المزروعة. كما يمكن انتخاب خلايا في المزارع السائلة والمعلقات الخلوية لها القدرة على التحول الحيوي باستعمال بعض الانزيمات او المواد لإنتاج مركبات ذات فائدة وفعالية عالية [11].

العوامل المؤدية الى زيادة انتاج المركبات الثانوية الفعالة بتقانة المزارع النسيجية

تأثير البادئات Precursors

تسمى الجزيئات او المركبات الاساسية التي تضاف الى وسط زراعة الانسجة النباتية لزيادة انتاج المركبات الثانوية المرغوبة بالبادئات. ويكون مبدأ اضافتها

الى وسط انتاج المركبات الفعالة اما في البداية او اثناء المرحلة التراكمية للمركبات الفعالة في مزارع الانسجة النباتية على اساس انها مركبات بادئة او وسطية لإنتاج المركبات المرغوبة. ومن اهم هذه البادئات الاحماض الامينية كالتربتوفان او الفنيل الانين لإنتاج مركبات الفنكرستين والفينوبلاستين من مزارع نبات عين البزون *Catharanthus roseus* [12,10]، كما ازداد تصنيع القلويدات في المزارع النسيجية لنبات الداتورة *Datura spp*. عند اضافة الفينيل الانين والتايروسين والاورنثين [8]. وادت اضافة الحامض الاميني التايروسين الى زيادة انتاج المركب L-Dopa من مزارع المعلقات الخلوية لنبات .*Mucuna pruriens* L [13].

تأثير المحفزات Elicitors

تعرف المحفزات بانها عبارة عن مركبات اما ذات اصل حيوي اذ تعرف بالمحفزات الحيوية Biotic elicitors او تكون غير حيوية فتعرف بالمحفزات اللاحيوية Abiotic elicitors, اذ تستطيع هذه المحفزات تحفيز وتعزيز انتاج مركبات الايض الثانوي عن طريق تنشيط المسارات الكيميائية الحيوية المؤدية الى انتاج هذه المركبات [15,14].

تشمل المحفزات الحيوية السكريات المتعددة (البكتين والسليلوز والكايتين والكلوكان) والبروتينات السكرية Glycoproteins والبروتينات الداخلية سواء كانت للخلايا المزروعة اذ تعرف بالمحفزات الحيوية الداخلية او التي تأتي الى الخلية من المصادر الخارجية كالبكتريا ومشتقات جدرانها او الفطريات وخيوطها الفطرية ومكوناتها او الخمائر او الفايروسات والتي تعرف بمجموعها المحفزات الحيوية الخارجية [16]. اذ بينت دراسة [17] ان اضافة البكتريا والخمائر الى مزارع المعلقات الخلوية النامية لنبات *Andrographis paniculata* ادت الى زيادة في انتاج مركب Andrographolide, اذ لوحظ ان الخمائر كانت افضل من البكتريا عند اضافتها الى وسط المعلق الخلوي ادت الى زيادة المركب اعلاه الى ثمانية اضعاف عن انتاجه من قبل المزارع غير المعاملة. كما لوحظت زيادة في انتاجية المركبات الفعالة في مزارع المعلقات الخلوية للنبات *A. paniculata* عند تضمين الوسط المغذي بنوعين من الفطريات [18]. وفي دراسة اخرى تبين ان مركب الشيتوسان كان افضل من خلاصة الخميرة عند تضمينهما في الوسط المغذي لمزارع المعلقات الخلوية لإنتاج المركبات الفينولية والفلافونيدية من نبات *De-calepis salicifolia* [19]. واعطت المزارع النسيجية لنبات *Thalictrum rugosum* زيادة في مركب بيريبيرين عند تضمين اوساطها المغذية بالكربوهيدرات من مصدر خمائر [8].

وتشمل المحفزات اللاحيوية المركبات مثل حامض الجاسمونيك وحامض السالسيليك والمعادن الثقيلة كأملاح الفضة والكادميوم والزئبق او تكون عواملاً بيئية مثل الضوء والحرارة والجفاف والملوحة والبرودة، اذ تلعب الاجهادات البيئية دورا فعالا في نمو النباتات ومقاومتها لهذه الظروف ومدى قدرتها على انتاج المركبات الفعالة في انسجتها. لذلك يتم اضافة هذه المركبات او محاكاة هذه الظروف في مزارع الانسجة النباتية لملاحظة تأثيرها في انتاج المركبات الفعالة. اذ تميل الانسجة النباتية الى تشفير معين عند تعرضها لأي نوع من انواع الاجهاد يؤدي الى زيادة في انتاج مركبات معينة تفيد في مقاومة او تحمل الاجهاد [21,20,16]. ويشير الجدول 3 الى اهم المركبات الثانوية الفعالة المنتجة تحت تأثير المحفزات اللاحيوية المختلفة بتقنية زراعة الانسجة النباتية.

المصادر

1- احمد، جمال الدين فهمي والسيد، عبد الغفور عوض وبدوي، السعدي محمد وبديع، عادل زكي محمد والليثي، احمد سلامة. 2003. النباتات الطبية والعطرية. مطابع جمهورية مصر العربية.

2-Tripathi, L. and Tripathi, J.N.2003. Role of Biotechnology in Medicinal Plants. Trop. J. Pharm. Rese., 2(2): 243-253.

3- Inoue, M.; Hayashi, S. and Craker, L.E. 2019. Role of Medicinal and Aromatic Plants: Pasts, Presents and Future. In Pharmacognosy-Medicinal Plants, In tech. Open. London, UK.

4- Zayed, R. and Wink, M. 2004. Introduction of Tropane alkaloids formation in transformed root culture of *Brugmansia suaveolens* (Solanaceae). 59:863-867.

5-Chavan, J.J.; Ghorpade, V.M.; Bhamare, M.R. and Kakulte, V.R. 2022. Antibacterial potential of elicitor-treated callus cultures of Saptarangi (*Salacia chinensis* L.). J. Info. Comp. Sci., 12(8): 114-125.

6- Purohit, S.S. 2003. Plant Tissue Culture. Shyam Printing Press, Jodhpur. Pp. 153-175.

7- Mahesh,S. 2008. Plant Molecular Biotechnology. New Age International Ltd., Publishers, First Ed. Pp. 99-101.

8- الصميدعي، كاظم محمد ابراهيم. 2017. تطبيقات في التقانات الاحيائية النباتية. الطبعة الاولى، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة. جامعة النهرين، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جمهورية العراق.

9- George, E. F.; M. A. Hall and De Klerk, G. J. 2008. Plant Propagation by Tissue Culture. Volume 1. The Background, 3rd Edition, Published by Springer, Dordrecht, The Netherlands.

10- نصرالدين، تيمور وعبد المقصود، احمد ابراهيم ونجاتي، محمد احمد محمد. 2014. تقنيات وتطبيقات زراعة الانسجة النباتية. القاهرة، جمهورية مصر العربية.

11-Salim, S.A.; Abed, A.A.; Akram, M. and Laila, U. 2021. Plant tissue cultural technique to increase production of phytochemicals from medicinal plants. Plant Arch., 21(1): 1224-1229.

12- محمد، بشير عبد الحمزة و مهدي، ميسم حمزة. 2016. تأثير Phenylalanine في استحثاث الكالس في نبات عين البزون Catharanthus roseus. مجلة جامعة بابل/ العلوم الصرفة والتطبيقية، 24 (8):2017-2025.

13-Raghvendra, S.; Ramesh, C.K.; Kumar, V. and Khan, M.H.M. 2011. Elicitors and precursor induced effect on L-Dopa production in suspension cultures of *Mucuna pruriens* L. Front. Life Sci., 5(3-4): 127-133.

14-Ahmed, N. and Parveen, N. 2022. Effect of salicylic acid, jasmonic acid and a combination of both on andrographolide production in cell suspension cultures of *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees. Journal of App. Bio. Biotech., 10 (2): 1-6.

15-Namdeo, A.G. 2007. Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: a review. Pharm. Rev., 1: 69-79.

16-Fazili, M.A.; Bashir, I.; Ahmed, M.; Yaqoob, U. and Geelani, S.N. 2022. In vitro strategies for the enhancement of secondary metabolite production in plants: a review. Bullet. Nat.

Rese. Cent., 46(35): 1-12.

17-Gandi, S.; Rao, K.; Chodisetti, B. and Giri, A. 2012. Elicitation of andrographolide in the suspension cultures of *Andrographis paniculata*. App. Biochem. Biotech., 168: 1729-1738.

18-Vakil, M.M. and Mendhulkar, V.D. 2013. Enhanced synthesis of andrographolide by *Aspergillus niger* and *Penicillium expansum* elicitors in cell suspension culture of *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees. Bot. Stud., 54: 1-8.

19-Ahmed, Z.; Shahzad, A. and Sharma, S. 2019. Chitosan versus yeast extract driven elicitation for enhanced production of fragrant compound 2-hydroxyl-4- methoxybenzaldehyde (2H4MB) in root tuber derived callus of *Decalepis salicifolia* (Bedd.ex Hook.f.) Venter. Plant Cell Tis. Org. Cult., 136: 29-40.

20- ابراهيم، انتصار رزاق وامين، سامي كريم محمد. 2017. تأثير الاجهاد في انتاج المركبات الثانوية من كالس نبات المورينغا *Moringa oleifera* خارج الجسم الحي. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 48(4): 1107-1099.

21-Mohaddab, M.; ElGoumi, Y.; Gallo, M.; Montesano, D.; Zengin, G.; Bouyahya, A. and Fakiri, M. 2022. Biotechnology and in vitro culture as an alternative system for secondary metabolite production. Molecules, 27: 1-20.

جدول (1): اهم المركبات الثانوية التي تم انتاجها بتقنيات مختلفة من مزارع الانسجة النباتية للنباتات الطبية

اسم المركب الثانوي الفعال	اسم النوع النباتي	نوع المزرعة النسيجية
Ajmalicine	*Catharanthus roseus*	مزارع المعلقات الخلوية
Anthraquinones	*Morinda citrifolia, Galium verum , Galium aparine*	مزارع المعلقات الخلوية
Artemisinin	*Artemisia herba alba*	مزارع الكالس
Benzylisoquinoline alkaloids	*Coptis japonica*	مزارع المعلقات الخلوية
Berberine	*Coptis japonica , Thalictrum minor*	مزارع المعلقات الخلوية
Bisoclaurine	*Stephania cepharantha*	مزارع المعلقات الخلوية
Carvone	*Anethum graveolens*	مزارع المعلقات الخلوية
Catechin	*Camellia sinensis*	مزارع الكالس
Diosgenin	*Dioscoria deltoides*	مزارع المعلقات الخلوية
Flavonoids	*Labisia pumila*	مزارع الكالس
Gensinoside	*Panax gensing*	مزارع الكالس
Gymnemic acid	*Gymnema sylvestre*	مزارع المعلقات الخلوية
Iridoid glucoside	*Gardenia jasmenoides*	مزارع الكالس
Kaempferol	*Moringa oleifera*	مزارع الكالس
Phyllanthusol	*Phyllanthus acidus*	مزارع الكالس
Quercetin	*Moringa oleifera*	مزارع الكالس
Rosmarinic acid	*Coleus blumeii*	مزارع المعلقات الخلوية
Rutin	*Ocimum basilicum*	مزارع المعلقات الخلوية
Santonin	*Artemisia herba alba*	مزارع الكالس
Shikonin	*Lithospermum erythrorizon*	مزارع المعلقات الخلوية
Tripdiolide	*Tripteryqium wilfordii*	مزارع المعلقات الخلوية
Ubiquinone-10	*Nicotiana tabacum*	مزارع المعلقات الخلوية
Vinblastine	*Catharaanthus roseus*	مزارع الكالس
Vincristine	*Catharanthus roseus*	مزارع الكالس

جدول (2): اهم استعمالات المركبات الثانوية التي تم انتاجها بتقنية زراعة الانسجة النباتية من النباتات الطبية المختلفة

النوع النباتي	نوع المركب الثانوي الفعال	الاستعمال
Atropa belladonna	Atropine	يفيد في استرخاء العضلات
Arnebia euchroma	Shikonin	مضاد للالتهابات ، مضاد للسرطان ، مضاد للأحياء المجهرية
Baccharis megapotanica	Baccharine	مضاد لمرض السرطان
Catharanthus roseus	, Catharanthine Vinblastine, Vincristine	مركبات مضادة لمرض السرطان وامراض القلب
Carthamus tinctorius	Flavonoids, Phenolics	مضادات اكسدة، معالجة امراض القلب
Crocus sativus	Saffron	لون ونكهة، مضاد اكسدة
Datura stramonium	Hyoscyamine, Atropine	معالجة الغثيان، التخفيف من الام الروماتيزم
Digitalis lanata	Digitoxine	معالجة تشوهات عضلات القلب
Dryopteris filix-mas	Filixic acid, Aspidine	معالجة الجروح، القرحة، مضادات للالتهابات
Ephedra species	Ephidrine alkaloids	معالجة احتقان الانف، الربو
Fagara zanthoxyloides	Fagaronine	مضاد لمرض السرطان
Gardenia jasminoides	Quanic acid	معالجة مرض سرطان البروستات، مضاد اكسدة، مضاد للالتهابات
Ginkgo biloba	Kaempferol, Quercetin	معالجة مرض السكري، امراض الاوعية القلبية، مضادات للالتهابات
Jasminum species	Jasmine	عطور
Lithospermum erythrorhizon	Shikonin	مضاد للالتهابات، مضاد للسرطان، مضاد للأحياء المجهرية
Morinda citrifolia	Anthroquinone	مُلَين
Ochrosia moorei	Elpestein	مضاد لمرض السرطان
Papaver somniferum	Morphine	مسكن للألم
Punica granatum	,Ellagic acid, Phenols Flavonoids	معالجة مرض السكري، امراض الاوعية القلبية، مشاكل الاسنان المناعية
Rauwolfia species	Ajmaline, Ajmalicine	معالجة ارتفاع ضغط الدم ، معالجة لدغة الثعبان
Rosmarinus officinalis	Essential oils	مضادة للأحياء المجهرية
Rubia tinctorum	Tropane alkaloids, Saponins, Phytosterols, Tannins	معالجة الامراض الجلدية ، اضطرابات الطحال، مضادات اكسدة
Scopolia parviflora	Scopalamine, Hyoscyamine	معالجة داء الهلوسة، اضطراب الحركة
Saussurea medusa	Sesquiterpenoids flavonoids, Gallic acid, Phenols	مضادات للأورام، حماية الكبد، مضادات اكسدة، مضادات للأحياء المجهرية
Taxus species	Taxol, Paclitaxel, Flavonoids	معالجة الروماتيزم، مضادات اكسدة، مضادات للسرطان، مضادات للأحياء المجهرية
Thymus species	Thymol, Carvacrol, Borneol, Geraniol	مضادات اكسدة، حماية الكبد، مضادات لفعالية فايروس HIV-1 ، مضادات للقرحة
Thalictrum dasycarpum	Thalicarbine	مضاد لمرض السرطان
Trigonella foenum-graecum	Trigonelline , Diosgenin	مضادات اكسدة، مضادات للالتهابات، معالجة مرض السرطان، معالجة مرض السكري
Vanilla species	Vanillin	انتاج الفانيلا

جدول (3) : اهم المركبات الثانوية الفعالة المنتجة تحت تأثير المحفزات اللاحيوية المختلفة بتقنية زراعة الانسجة النباتية

نوع النبات	نوع المزرعة النسيجية	اسم المحفز اللاحيوي	المركبات الثانوية الفعالة
Artemisia herba-alba	مزارع الكالس	Jasmonic acid	Artemisinin, Santonin
Beta vulgaris	مزارع المعلقات الخلوية	Metal ions (Mg^{+2}, Cu^{+2}, Ca^{+2}, Fe^{+2})	Betalaine
Chelidonium majus	مزارع المعلقات الخلوية	Methyl jasmonet, Salicylic acid	Chelidonine, Sanguinarine
Coelogyne ovalis	مزارع نسيجية	Salicylic acid	Anthocyanins, Flavonoids, Phenolic compounds
Crocus sativus	مزارع المعلقات الخلوية	Ultrasonic waves	Crocin, Safranal
Gymnema sylvestre	مزارع المعلقات الخلوية	Sodium nitroprusside	Deacyclogymnemic acid, Gymnemagenin, Gymnemic acid XVII
Momordica charantia	مزارع المعلقات الخلوية	Silver nanoparticles	Hydroxybenzoic, Hydroxycinnamic
Ocimum basilicum	مزارع الكالس	Copper oxide (CuO)	Rosmarinic acid, Chicoric acid, Eugenol
Ocimum basilicum	مزارع الكالس	Salicylic acid+ light regimes	Rosmarinic acid, Chicoric acid, Cyanidin, Peonidin
Papaver oriantale	مزارع الجذور الشعرية	Methyl jasmonet, salicylic acid	Thebaine, Codeine, Morphine
Rosmarinus officinalis	مزارع الكالس	Calcium chloride ($CaCl_2$)	Rosmarinic acid, Caffaeic acid, Rosmanol
Stevia rebaudiana	مزارع البادرات النسيجية	Methyl jasmonate	Steviol glycoside
Trigonella foenum-graecum	مزارع الكالس	Sodium chloride (NaCl)	Trigonelline, Diaosgenin