المهندس الزراعي العربي

عدد ٧٤

اتحاد
المهندسين الزراعيين العرب

مجلة دورية تصدر عن
الأمانة العامة
لاتحاد المهندسين الزراعيين العرب

e-mail: aaunion1@hotmail.com
e-mail: ybakour@scs-net.org

(86)

عدد خاص عن التقانات النانونية والحيوية وتطبيقاتها الزراعية

في العدد

تطبيقات تقانة النانو في الزراعة..

بحوث التقانات الحيوية والحديثة في أكساد

رئيس التحرير
الأمين العام للاتحاد
الدكتور يحيى بكور

مدير التحرير
المهندسة
دلال المصري

آراء الكتّاب
لا تعبر بالضرورة
عن آراء الاتحاد

محتويات العدد

- الغلاف
- الفهرس
- كلمة العدد
- تطبيقات التقانات النانوية في الزراعة

Application of Nanotechnology in Agriculture

- بحوث التقانات الحيوية والحديثة في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة "أكساد".

كلمة العدد

عندما تقدمت الامانة العامة للاتحاد بمذكرة الى المؤتمر العام للاتحاد منذ اكثر من ثلاثة عقود مضت ، تقترح فيها الموافقة على اصدار مجلة فصلية علمية ، تنشر كل ما هو جديد في عالم الزراعة ، من دراسات ومقالات يعدها خبراء الزراعة العربية على امتداد الوطن العربي ، أخذنا بالاعتبار اهمية ان تبتعد عن كل ما هو اخباري بغير الابتكارات الزراعية ونتائج تطبيقاتها، سواء اكانت هذه الاخبار ضمن نشاطات الامانة العامة للاتحاد ، او ضمن نشاطات المنظمات الاعضاء ، لأسباب عديدة اهمها ان المجلة فصلية ، والاخبار التي ستنشر بها ستكون قديمة ، اضافة الى ان الاهتمام هم لتبادل الافكار العلمية، ومناقشة نتائج التجارب والبحوث التي يجريها الزملاء ، و للوصول الى الأفضل

وليس سرا اننا جهدنا من اجل وضع اليات استقطاب دراسات لنشرها في المجلة ، من دول عربية تمتاز بخبرات نعتز بها ، و وقد يكون المقابل المادي البسيط ، في نظر البعض ، للمقالات المنشورة هو سبب تخلف البعض عن تقديم مقالات علمية ، كما ذكر لي أحدهم. ، كما قد يكون الرغبة في النشر على المستوى الوطني ، أكثر جذبا باعتباره مكان الاقامة ، ومجال الشهرة ، لكننا الآن وبعد ان بذلت عدة منظمات جهوداً اعلامية عن المجلة ، نجد ان المقالات تعددت من دول عدة بمجهودات المنظمات فيها ولموضوعات حديثة في غاية الاهمية ، واصبحت المقالات متاحة ومتنوعة ، قررت الامانة العامة **اصدار عدد خاص بالتقانات النانوية والحيوية وتطبيقاته الزراعية من المجلة يقع في 76 صفحة ويخصص لهذا الحقل العام الذي يعطي دفعة قوية للتنمية الزراعية ,** اضافة الى متابعة اصدار الاعداد الفصلية التي تصدرها المجلة ، والتي صدر منها اثنان ، وسيصدر الثالث خلال ايام لاحقة

ان الامانة العامة للاتحاد التي يسعدها استلام مقالات من جميع الدول العربية ، فإنها تتطلع الى مزيد من المقالات التي تكون وسيلة لنشر العلم والمعرفة في قطاعنا الزراعي العربي ، لتعم الفائدة وتنتشر التقانات المطورة لإنتاج الغذاء في الوطن العربي الكبير

الأمين العام

الدكتور يحيى بكور

تطبيقات التقانات النانوية في الزراعة
Application of Nanotechnology in Agriculture

إعداد وتقديم الباحث الدكتور
ينال أحمد القدسي
قسم التقانات الحيوية
الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

1- مقدمة

1-1 تعريف كلمة نانوتكنولوجي

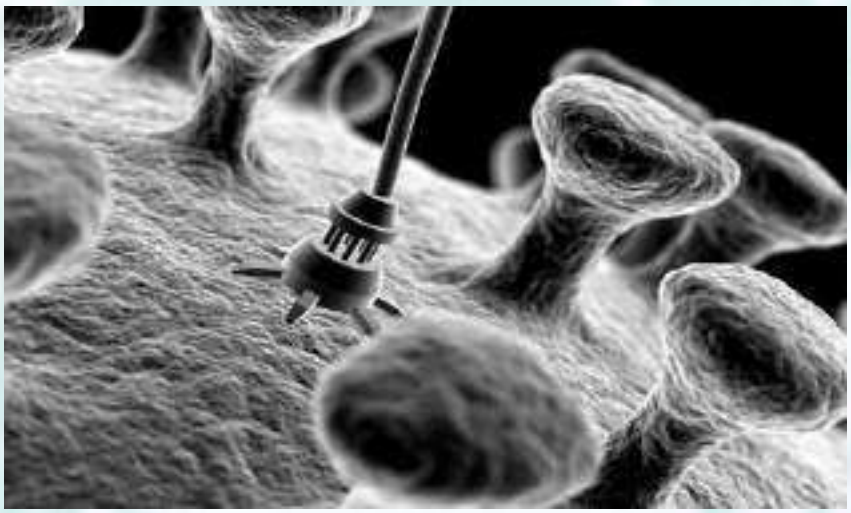
تكنولوجيا: التقنية أو فن تطبيق العلوم النظرية.

تعريف النانو تكنولوجي (التقنية الدقيقة):

لغوياً: تطبيق المفاهيم النظرية للعلوم الطبيعية على المستويات متناهية الصغر.

علمياً: إنشاء تراكيب وأنظمة وأجهزة تتسم بخصائص ووظائف فريدة.

علم النانو: هو العلم الذي يعنى بدراسة العالم متناهي الصغر وهو عالم الذرات والجزيئات فإذا قلنا عن أحد أبعاد الجسيمات هو 100 نانو متر فهو يندرج تحت مسميات النانو.



2-1 أشكال المواد النانوية:

عند تصنيع المواد بحجم النانو فإن التركيب الفيزيائي والتركيز الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع تلعب دوراً مهماً في خصائص المادة النانوية الناتجة، وهذا خلافاً لما يحدث عند تصنيع المواد العادية، وتتركب المواد عادةً من مجموعة من الحبيبات والتي تحتوي على عدد من الذرات وقد تكون هذه الحبيبات مرئية أو غير مرئية للعين المجردة بناءً على حجمها، ويمكن ملاحظتها

بواسطة الميكروسكوب، ففي هذه المواد يتفاوت حجم الحبيبات من مئات الميكرومترات إلى سنتيمترات، أما في المواد النانوية فإن حجم الحبيبات يكون في حدود 1 - 100 نانومتر.هناك طريقتان لتصنيع حجم نانوي من المادة، إحداهما من الأعلى للأسف (top-down)، حيث تبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة محل الدراسة وتُصغّر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانوي. ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضوئي، القطع، الكحت والطحن. وقد استخدمت هذه التقنيات للوصول إلى مركبات الكترونية مجهرية كشرائح الكمبيوتر وغيرها، وأصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود 100 نانومتر ولازال البحث مستمراً في الحصول على أحجام أصغر من ذلك. أما الطريقة الأخرى فهي من الأسفل للأعلى(bottom-up) ، حيث تبدأ هذه الطريقة بجزيئات منفردة كأصغر وحدة وتُجمَع في تركيب أكبر، وغالباً ما تكون هذه الطرق كيميائية، وتتميَز بصغر حجم النواتج (نانومتر واحد)، قلة هدر للمادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة.

يمكن فحص ودراسة خصائص المواد النانوية والتأكد من تركيبها باستخدام عدد من الأجهزة والتقنيات العلمية من أهمها: المجهر الالكتروني النافذ (TEM) ، المجهر الالكتروني الماس (SEM) ، مجهر القوى الذرية (AFM) مع العوازل، وحيود الأشعة السينية .... (XRD) الخ.

يمكن تصنيع المواد النانوية على عدة أشكال وذلك بناءً على الاستخدام المقرر لهذه المواد، ومن أهم الأشكال ما يلي:

1-النقاط الكمية Quantum dots

عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح أبعاده بين 2 إلى 10 نانومتر، وهذا يقابل 10 إلى 50 ذرة في القطر الواحد أو تقريباً 100 إلى 100000 ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة، وتقوم النقطة الكمية بتقييد الكترونات شريط التوصيل وثقوب شريط التكافؤ أو الأكسيتونات (وهي عبارة عن زوج مرتبط من الكترونات التوصيل وثقوب التكافؤ). كما تُبدي النقاط الكمية طيفاً طاقياً مكمَّماً متقطعاً وتكون الدوال الموجية المقابلة متمركزة داخل النقطة الكمية، وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر فإنه يمكن رصف 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض بطول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان.

2- الفولورين Fullerene

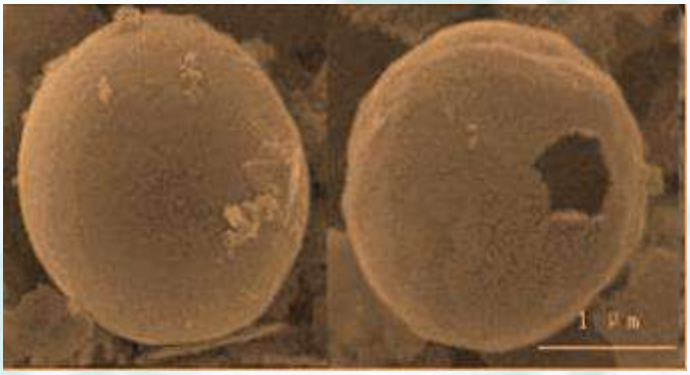
تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من 60 ذرة من ذرات الكربون ويرمز له بالرمز C_{60} ، وقد اكتشف عام 1985م. إن جزيء الفولورين كروي المظهر ويشبه تماماً كرة القدم التي تحتوي على 12 شكلاً خماسياً و20 شكلاً سداسياً. ومنذ اكتشاف كيفية تصنيع الفولورين عام 1990م وهو يُحضر بكميات تجارية. كما أمكن الحصول على جزيئات بعدد مختلف من ذرات الكربون مثل C_{36} و C_{48}و C_{70}إلا أن العلماء أبدوا اهتماماً خاصاً بالجزيءC_{60} لقد سمّي هذا التركيب بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري ر. بكمنستر فولر .(R. Buckminster Fuller) وهكذا فقد نشأ فرع

جديد يُسمَى كيمياء الفولورين حيث عُرف أكثر من 9000 مركب فولورين منذ عام 1997م، وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات، ومنها المركبات $RbCs_2C_{60}$ K_3C_{60} و C_{60}-$CHBr_3$ التي أبدت توصيلية فائقة (superconductivity) كما اكتشفت أشكال أخرى منها كالفولورين المخروطي والأنبوبي إضافةً إلى الكروي.

جزيء الفلورين شبيه بالكرة

3-الكرات النانوية Nanobolls

من أهمها كرات الكربون النانوية والتي تنتمي إلى فئة الفولورينات، من مادةC_{60} ، لكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة. كما أنها خاوية المركز، على خلاف الجسيمات النانوية، بينما لا يوجد على السطح فجوات كما هي الحال في الأنابيب النانوية متعددة الغلاف. وبسبب أن تركيبها يشبه البصل فقد سمّاها العلماء البصل (Bucky) ، وقد يصل قطر الكرات النانوية إلى 500 نانومتر أو أكثر.



صورة توضيحية لكرة نانوية

4- الجسيمات النانوية Nanoparticles

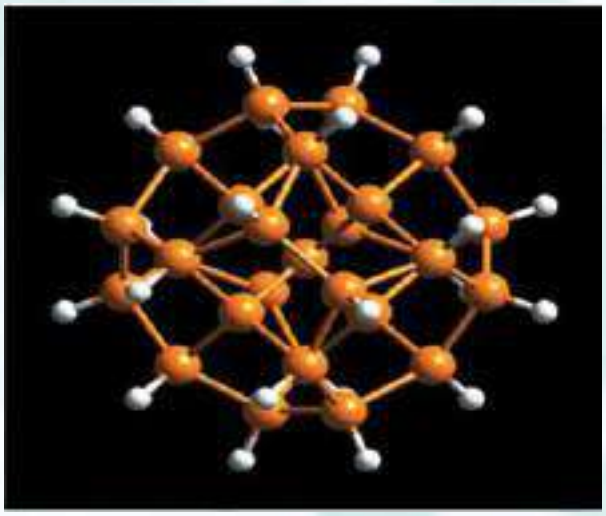
على الرغم من أن كلمة الجسيمات النانوية حديثة الاستخدام، إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ زمن قديم. فعلى سبيل المثال، تبدو أحياناً بعض الألوان الجميلة من نوافذ الزجاج الصدئة وذلك بسبب وجود مجموعات عنقودية صغيرة جداً من الأكاسيد الفلزية في الزجاج حيث يصل حجمها قريباً من الطول الموجي للضوء. وبالتالي فإن الجسيمات ذات الأحجام

المختلفة تقوم بتشتيت أطوال موجية مختلفة من الضوء مما ينتج عنه ظهور ألوان مختلفة من الزجاج.
يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات (جزيء) إلى مليون ذرة، مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريباً بنصف قطر أقل من 100 نانومتر. فجسيم نصف قطرة نانومتر واحد سوف يحتوي على 25 ذرة أغلبها على سطح الجسيم، وهذا يختلف عن الجزيء الذي قد يتضمن عدداً من الذرات لأن أبعاد الجسيم النانوي تقل عن أبعاد حرجة لازمة لحدوث ظواهر فيزيائية معينة مثل: متوسط المسار الحر الذي تقطعه الالكترونات بين تصادمين متتالين مع الذرات المهتزة، وهذا يحدد التوصيلية الكهربي للتجمع الذري أعداد سحرية من الذرات لتكوين الجسيمات النانوية، فجسيمات السيلكون النانوية، مثلاً، تتكون من أعداد محددة 1 ، 1.67 ، 2.15 و 2.9 نانومتر فقط. عند تعرُض هذه الجسيمات لأشعة فوق بنفسجية فإنها تبعث ضوءً بلون مرئي طوله الموجي يتناسب عكسياً مع مربَع قطر الجسيم، وبالتالي يمكن رؤية ألوان مرئية معينة .عندما يصل حجم الجسيمات النانوية إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي (quantum well) ، أما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي (quantum wire)، وعندما تكون هذه الجسيمات بحجم النانو في ثلاثة أبعاد فإنها تُعرف بالنقاط الكمية (quantum dots) ولا بدّ من الإشارة هنا إلى أن التغيير في الأبعاد النانوية في التركيبات الثلاثة السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الالكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية.

تكتسب الجسيمات النانوية أهمية علمية حيث أنها تقع بين التركيب الحجمي الكبير للمادة وبين التركيب الذري والجزيئي، حيث تحتوي هذه الجسيمات في العادة على 106 ذرة أو أقل، أما الجزيء فإنه يمكن أن يحتوي 100 ذرة أو أقل وقد يصل نصف قطرة إلى أكثر من نانومتر واحد. ومن الخصائص المهمة وغير المتوقعة للجسيمات النانوية هو أن الخصائص السطحية للجسيمات تتغلب على الخصائص الحجمية للمادة، وبينما تكون الخصائص الفيزيائية للمادة الحجمية ثابتة بغض النظر عن حجمها، فإن تلك الخصائص للمادة عندما تصل إلى مقياس النانو سوف تتغير وبالتالي تعتمد على حجمها، مثل التقييد الكمي في الجسيمات النانوية شبه الموصلة، رنين البلازمون السطحي في بعض الجسيمات النانوية الفلزية. ويلاحظ كذلك أن النسبة المئوية للذرات السطحية للمادة تصبح ذات أهمية بالغة عندما يقترب حجم المادة من مقياس النانو، بينما عندما تكون المادة الحجمية أكبر من 1 ميكرومتر فإن النسبة المئوية

للذرات عند سطحها ستكون صغيرة جداً بالنسبة للعدد الكلي للذرات في المادة. ومن الخصائص الأخرى للجسيمات النانوية هو إمكانية تعلُّقها داخل سائل أو محلول بدون أن تطفو أو تنغمر وذلك لأن التفاعل بين سطح الجسيمات والسائل يكون قوياً بحيث يتغلب على فرق الكثافة بينهما والذي يكون في العادة مسؤولاً عن طفو أو غمر المادة الحجمية في السائل.

لقد أمكن حديثاً تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجَنة (مثل الجسيمات النانوية المغلَّفة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه - صلبة وهي الليبوزومات. ومن الصور الأخرى للجسيمات النانوية هي النقاط الكمية شبه الموصلة والبلورات النانوية. وتعتبر جسيمات النحاس النانوية التي يصل حجمها إلى أقل من 50 نانومتر ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق أو السحب وذلك عكس ما يحدث لمادة النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها بسهولة.



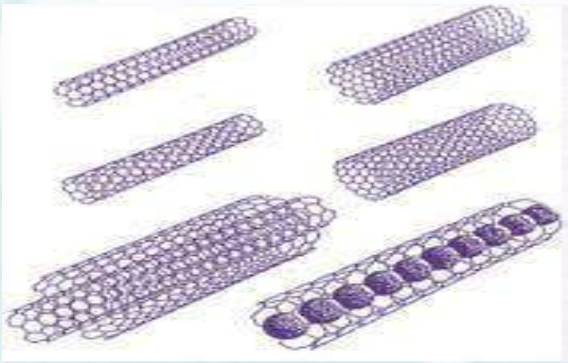
جسيم نانوي

5-الأنابيب النانوية Nanotubes

تصنَع الأنابيب النانوية، أحياناً، من مواد غير عضوية مثل أكاسيد الفلزات (أكسيد الفاناديوم، أكسيد المنغنيز)، نيتريد البورون والموليبدينوم، وهي شبيهة من ناحية تركيبها بأنابيب الكربون النانوية، ولكنها أثقل منها وليست بنفس القوة مثل أنابيب الكربون. وتعد أنابيب الكربون النانوية التي اكتشفت عام 1991م أكثر أهمية نظراً لتركيبها المتماثل وخصائصها المثيرة واستخداماتها الواسعة في التطبيقات الصناعية، والعلمية، وفي الأجهزة الالكترونية الدقيقة، والأجهزة الطبية الحيوية. يمكن وصف أنابيب الكربون على أنها عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم طيّها حول محور ما لتأخذ الشكل الاسطواني حيث ترتبط ذرات نهايتي الشريحة مع بعضها لتغلق الأنبوب. تكون إحدى نهايتي الأنبوب في الغالب مفتوحة والأخرى مغلقة على شكل نصف كرة، كما قد يكون جدار الأنبوب فردي الذرات وتسمى في هذه الحالة بالأنابيب النانوية وحيدة الجدار SWNT (single wall nanotube) ، أو ثنائي أو أكثر وتسمى الأنابيب متعددة الجدار MWNT (multi wall nanotube) ، ويتراوح قطر الأنبوب

بين أقل من نانومتر واحد إلى 100 نانومتر (أصغر من عرض شعرة الرأس بمقدار 50000 مرة)، أما طوله فقد يصل إلى 100 ميكرومتر ليشكل سلكاً نانوياً. للأنابيب النانوية عدة أشكال، فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيزرانية، أو مخروطية وغير ذلك. كما أن لهذه الأنابيب خصائص غير اعتيادية من حيث القوة والصلابة والتوصيلية الكهربية وغيرها. كما أن للكربون النانوي أشكالاً أخرى مثل الكرات النانوية والألياف النانوية.

يتم انتاج أنابيب الكربون النانوية بعدة تقنيات منها، التفريغ القوسي، الكحت الليزري الترسيب بواسطة أول أكسيد الكربون ذي الضغط العالي، والترسيب بواسطة البخار الكيميائي.

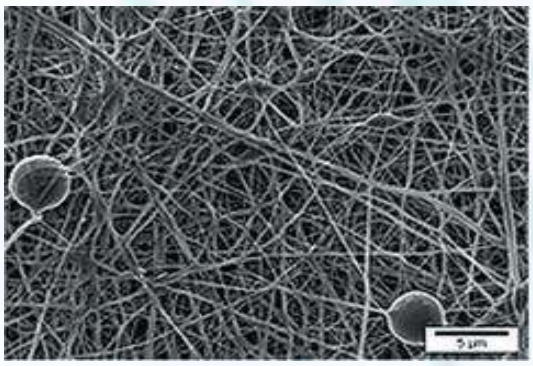


نماذج لأنابيب الكربون النانوية

6-الألياف النانوية Nanofibres

لاقت الألياف النانوية اهتماماً كبيراً مؤخراً لتطبيقاتها الصناعية. وقد اكتشف العديد من أشكالها كالألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح (corn-shaped).إن الجزء الجانبي لليف النانوي اللويحي أو الأنبوبي له شكل سداسي، مثلاً، وليس أسطوانياً. من أشهر الألياف النانوية تلك المصنوعة من ذرات البوليمرات. إن نسبة مساحة السطح إلى الحجم كبيرة في حالة الألياف النانوية، كما للأنابيب النانوية، حيث أن عدد ذرات السطح كبير مقارنةً بالعدد الكلي، وهذا يكسب تلك الألياف خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها مما يؤهلها بلا منافس لاستخدامها كمرشحات في تنقية السوائل أو الغازات، وفي الطب الحيوي وزراعة الأعضاء كالمفاصل ونقل الأدوية في الجسم وفي التطبيقات العسكرية كتقليل مقاومة الهواء إلى آخره من التطبيقات لاسيما بعد تطوير طرق التحضير.

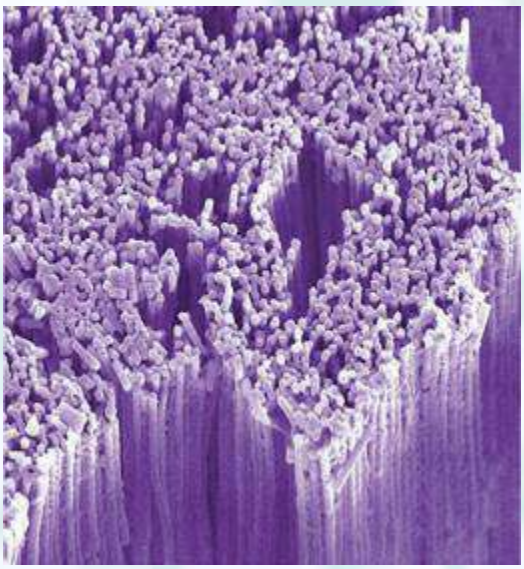
هناك أكثر من طريقة لتحضير الألياف البوليمرية، من أشهرها التدوير الكهربي(electrospinning)، ولازالت تواجه العديد من الصعوبات للتحكم بخصائص الألياف الناتجة كاستمراريتها واستقامتها وتراصفها كما في الشكل.



صورة توضح الألياف النانوية

7- الأسلاك النانوية Nanowires

هي أسلاك بقطر قد يقل عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة، أي بنسبة طول إلى عرض تزيد عن 1000 مرة، لذا فهي تُلحق بالمواد ذات البعد الواحد، وكما هو متوقع، فهي تتفوق على الأسلاك التقليدية (ثلاثية الأبعاد)، وذلك بسبب أن الالكترونات تكون محصورة كمياً باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة الحجمية، وهنا تتضح أهمية الذرات السطحية مقارنةً بالداخلية لظهور ما يُعرف بالتأثير الحافي، وبسبب خضوعها للحصر الكمي المبني على ميكانيك الكم، فسيكون لها توصيلية كهربائية تأخذ قيماً محدَدة تساوي تقريباً مضاعفات المقدار 12.9 كيلو أوم 1، وهي لا توجد في الطبيعة ولكنها تُحضَر في المختبر، حيث منها الفلزي (كالنيكل والفضة والبلاتينيوم)، وشبه الموصل (كالسيلكون ونترات الجاليوم وفوسفات الأنديوم) والعازل (كالسيليكات وأكسيد التيتانيوم)، ومنها الأسلاك الجزيئية العضوية(DNA) ، وغير العضوية (مثلLi2Mo6Se6 ، Mo6S9 .. xIx التي ينظر لها كتجمعات بوليمرية) ذات القطر 0.9 من النانومتر وبطول يصل لمئات من الميكروميتر.يمكن استخدامها، في المستقبل القريب، لربط مكونات الكترونية دقيقة داخل دائرة صغيرة أو عمل وصلات ثنائية p-n وكذلك بناء الدوائر الالكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلاً لتصنيع الكمبيوتر الرقمي. لذا فتطبيقاتها الالكترونية المتوقعة كثيرة جداً مما سيقود إلى الحساسات الحيوية الجزيئية النانوية. للأسلاك النانوية عدة أشكال فقد تكون حلزونية (spiral)أو تكون متماثلة خماسية الشكل. وقد تكون الأسلاك النانوية عند تحضيرها في المختبر على شكل أسلاك متعلّقة من طرفها العلوي أو تكون مترسبة على سطح آخر، ومن الطرق المستخدمة لإنتاج الأسلاك المتعلّقة عمل كحت كيميائي لسلك كبير أو قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية.



صورة بواسطة الميكروسكوب الماسح الالكتروني لأسلاك نانوية

8-المركبات النانوية Nanocomposites

هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد، ونتيجة لذلك فإن المادة النانوية تُبدي تحسناً كبيراً في خصائصها. فعلى سبيل المثال، يؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيلية الكهربائية والحرارية للمادة. وقد يؤدي إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربائي وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة. يجب أن تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة جداً (في حدود 0.5% إلى 5%) وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلي الحجم للجسيمات النانوية تكون عالي. تُجرى البحوث حالياً للحصول على مركبات نانوية جديدة ذات خصائص ومميزات تختلف عن المركبات الأصلية. ومن المركبات النانوية المعروفة الآن هي المركبات البوليمرية النانوية.

3-1 نبذة تاريخية

كانت وزارة الزراعة الأمريكية السباقة في عام 2003 م إلى الإشارة إلى إمكانية الاستفادة من تكنولوجيا النانو في مجال الزراعة وصناعة الأغذية مما أدى إلى تغيير نظم الإنتاج الزراعي،وقد أحدثت تكنولوجيا النانو تغييرات جذرية في الزراعة.حيث تم استخدام أدوات جديدة لمعالجة الآفات النباتية، والكشف السريع عنها، وتحسين قابلية النبات على امتصاص المغذيات والأسمدة.

4-1 مبررات استخدام النانوتكنولوجي في المجال الزراعي

المجال الزراعي يواجه العديد من التحديات منها التغير المناخي وزيادة استهلاك المنتجات الزراعية وتقلص المساحة المزروعة مما يستوجب ضرورة النهوض بالتنمية الزراعية لتحقيق الاستقرار الاقتصادي والزراعي ، ومن هنا تأتي أهمية استخدام تكنولوجيا وتقنية النانو والتي تمكن من استحداث سبل حديثة في إمكانية إيجاد ومعالجة للعديد من المشكلات الزراعية.هذا بالإضافة إلى أن بعضاً من التحديات الرئيسية والمرتبطة بمجال الزراعة ومنها انخفاض الكفاءة الإنتاجية في المساحة المزروعة، كبر حجم المساحة غير المزروعة، فقدان الموارد ومنها المياه والمخصبات ومبيدات الحشرات وضياع المنتجات. هذا بالإضافة إلى الأمن الغذائي للأعداد النامية، يمكن مواجهتها من خلال التطبيقات المختلفة لتقانة الصغائر.

تقنية النانو تحقق معدلات إنجاز ملحوظة في معالجة المشكلات الزراعية والنهوض بالمجال الزراعي، الأمر الذي يحقق أبلغ الأثر في خدمة المجتمع وتنمية البيئة.

5-1 لماذا يجب أن يفكر علماء الزراعة في تكنولوجيا النانو:

1. الركود والانخفاض في غلة المحاصيل.
2. انخفاض المواد العضوية.
3. نقص المواد الغذائية المتعددة.
4. تغير المناخ.
5. تقلص الأراضي الصالحة للزراعة وتوافر المياه.
6. مقاومة المحاصيل المعدلة وراثياً.
7. نقص اليد العاملة.

2- تطبيقات النانوتكنولوجي في المجال الزراعي

- تكنولوجيا الأغذية
- تحسين المحاصيل الحقلية
- تكنولوجيا البذور
- الزراعة الدقيقة
- الأسمدة النانوية لتغذية متوازنة للمحاصيل
- تشخيص الأمراض النباتية
- إدارة الأعشاب الضارة
- إدارة المياه
- أجهزة الاستشعار الحيوية
- مواضيع الهندسة الريفية
- علم الحيوان
- مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية
- إدارة الآفات

2-1 تحسين المحاصيل الحقلية

من خلال العلاج الوراثي حيث تم استخدام جسيمات السيليكا النانوية متوسطة المسامية 3 نانومتر (MSN) وذلك لإدخال الحمض النووي الغريب في الخلايا النباتية (*Peterson et al.,2014*). باستخدام تقنية النانو أظهرت جدوى فعالة لتحديد تسلسل الحمض النووي DNA باستخدام أنابيب نانوية معتمدة على الضغط معرفة وظيفياً باستخدام شريط نانوي من مادة الجرافين (*kyu min et al., 2013*).

تعتبر البذور من العوامل الأكثر أهمية لتحديد الإنتاجية لأي محصول. في الزراعة التقليدية، يتم اختبار البذور من أجل الإنبات ويتم توزيعها على المزارعين. وعلى الرغم من حقيقة أن اختبار البذور يتم في مختبرات مجهزة تجهيزاً جيداً، فإنه من الصعب جداً إعادة إنتاج البذور في الحقل بسبب عدم وجود كمية كافية من الرطوبة تحت الظروف البعلية.

في الهند، أكثر من 60 % من صافي المساحة المزروعة هي زراعة بعلية، لذلك فمن المناسب جداً والضروري تطوير تقنيات خاصة من أجل الزراعات البعلية.قام مجموعة من الباحثين من خلال تقنية النانو باستخدام حبيبات أكسيد الحديد النانوية وأنابيب الكربون النانوية وذلك لتحسين إنبات المحاصيل البعلية.

قام العالم Khodakovskaya وزملاؤه 2009 باستخدام أنابيب الكربون النانوية لتحسين إنبات بذور البندورة من خلال نفاذية أفضل للرطوبة. أظهرت البيانات أن الأنابيب الكربونية النانوية بمثابة مسام جديدة تساعد على تخلل المياه من خلال تغلغله لغلاف البذرة.

2-2 الزراعة الدقيقة Precision Farming

نظام الحقل الذكي Smart Field System

من خلال تقنية النانو الحيوية Bio-nanotechnology تم تصميم أجهزة استشعار بحيث تعطي حساسية متزايدة GPS.أجهزة الاستشعار تعمل على مراقبة ظروف التربة ونمو المحاصيل على مساحات شاسعة.

يتوقع في المستقبل القريب لاستخدامات الأجهزة النانوية ذات المواصفات الجديدة الدور الكبير في تغيير الأنظمة الزراعية باتجاه جعلها أنظمة ذكية Smart Systems (*Culler and Mulder, 2004*) مثل هذه الأجهزة يمكن أن تستعمل في تشخيص صحة النباتات قبل أن تتدهور وتصبح واضحة للعيان، هذا فضلاً عن إمكانية استجابتها و اتخاذ الفعل العلاجي المناسب وتبعاً لكل حالة، وفي حالة عجزها عن القيام بذلك فإنها على الأقل تقوم بتحذير المزارعين ولفت انتباههم نحو المشكلة .
استخدمت هذه المستشعرات لمعالجة بعض أمراض النباتات في الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا، حيث تم تثبيط 100% من الفطريات النباتية كما تم معالجة مرض سقوط بادرات البندورة المسبب من قبل الفطر *Pythium ultimum*، كما تم معالجة مرض شرى أوراق الرز المسبب من قبل الفطر *Magnaporthe grisea*، معالجة مرض العفن الرمادي على البندورة المسبب من قبل الفطر *Botrytis cinerea* وذلك باستخدام حبيبات السيليكا والفضة النانوية (Park *et al.*, 2006) .

من جهة أخرى فإنه من المحتمل أن تقوم الأجهزة الذكية النانوية بإيصال المواد الكيميائية إلى النباتات وبصورة مسيطر عليها وموجهة كما في حالة طب النانو حيث يتم إيصال الدواء إلى الموقع المطلوب علاجه كما هو الحال في علاج السرطان. إن اكتشاف واستعمال تقنيات مثل التغليف والإطلاق المسيطر

عليه controlled release أو الكبسلة encapsulation قد ساعد في إحداث تغييراً جذرياً في استعمالات المبيدات.

قامت العديد من شركات المبيدات بإنتاج مستحضرات تحتوي على جزيئات نانوية ذات حجوم تتراوح ما بين 100- 250 نانومتر بإمكانها الذوبان في الماء بصورة أكبر مما عليه في المبيدات الحالية و بذلك ازدادت فاعليتها و قامت شركات أخرى بإنتاج عوالق suspensions من الجزيئات النانوية ومستحلبات نانوية مائية أو زيتية nano emulsions تحتوي على عوالق موحدة من الجزيئات النانوية للمبيد وبحجم يتراوح ما بين 200- 400 نانومتر، وبالإمكان توليفها على شكل سوائل أو هلام أو كريم...إلخ وبذلك يمكن استعمالها في أعمال الوقاية أو العلاج أو المحافظة على الإنتاج بعد الحصاد.

3-2 معالجة التربة Soil Remediation

- **أهم مشاكل التربة الزراعية:**

1- تملح الأراضي وتدهور في خصوبة التربة: نتيجة الري الزائد و ارتفاع درجات الحرارة وعدم وجود شبكات صرف، إضافة إلى الري بمياه آبار مالحة.

2- تلوث الترب بالمركبات الكيميائية (أسمدة و مبيدات) وبقع النفط.

3- تلوث المياه الجوفية بالنترات: نتيجة الإفراط باستخدام الأسمدة وعند تحول النتروجين لصورة النترات سهل الانغسال يرشح مع مياه الري ويتركز في المياه مما يؤدي لتلوثها وسميتها.

4- حموضة التربة: يتحكم تفاعل التربة في جاهزية العناصر الغذائية وتثبيتها Fixation في التربة. لكل عنصر مغذي رقم pH ملائم يكون عندها العنصر متاحاً للنبات. وبصورة عامة تتعلق جودة زراعة النباتات ب pH التربة، فالترب ذات pH الحامضي (5.5- 6.5) تجود فيها البطاطا، بينما في pH متعادل (6.5- 7) الذرة والقمح والشعير والفول الصويا والبندورة. أما الترب تميل إلى pH القلوية فيناسب الفصة.

مخاطر الإفراط بالتسميد الكيميائي للترب:

التسميد الأرضي بالعناصر الكبرى يحقق نتائج إيجابية إذا كان في الحدود المسموح بها، أما في حال الإسراف بالتسميد سيؤدي إلى:

1- تملح الأراضي وتلوث المياه الجوفية بالنترات.

2-تسمم السلسة الغذائية: نتيجة تراكم العناصر الغذائية يؤدي إلى سمية للإنسان والحيوان عند التغذية على النباتات.

3- زيادة في التكاليف على الفلاح.

أما في حال التغذية بالعناصر الصغرى فإن كفاءة استخدام الأسمدة الكيميائية التقليدية 5-10% المضافة للتربة بسبب كونها كاتيونات أو تحولها لهيدروكسيل. بينما كفاءة التسميد الورقي بحدود 3-5% فقط بسبب وجود طبقة الكيوتيكل الشمعية والتي تثبت نسبة كبيرة من العنصر.

يهدف تطبيق تقنية النانو في الزراعة الى توفير الغذاء لسكان العالم، حيث يعاني أغلبهم في الدول النامية والفقيرة نقصاً من الغذاء بشكل أو بآخر نتيجة التخلف التقني، وتأثيرات الطبيعة كتدهور الأراضي (ملوحة وتصحر و--)، نقص المياه، الأمراض وتقلبات المناخ وغيرها التي تهدد الإنتاج الزراعي. وهناك طلب متزايد على الغذاء، وتقنية النانو لديها القدرة على دعم ورفد القدرات الزراعية بأدوات جديدة للكشف السريع عن الأمراض والمعالجة الجزئية لها.كذلك لديها القدرة على معالجة قدرات النبات على امتصاص العناصر المغذية وتطوير وتحسين المحاصيل والقضاء على الأعشاب الضارة وإعادة خصوبة الأراضي وزيادة غلة المحاصيل.

بواسطة تقنية النانو تم توثيق مباشر للتربة من خلال ضبط التربة لتجنب تعريتها وتتم هذه الأبحاث في مركز بحوث المحيط الهادي (الولايات المتحدة الأمريكية).

إن الجسيمات النانوية الموجودة في التربة تتمثل في معظمها بالمواد النانوية المعدنية (مثل الحديد والمنغنيز وأكاسيدهما وهيدروكسيداتهما)، بالإضافة للمواد العضوية الطبيعية والتجمعات الجرثومية. إن المثال النموذجي للمواد النانوية الموجودة في التربة هو الحديد المائي (Ferrihydrite)، الذي يوجد في كل مكان في التربة من خلال استخدام حبيبات نانوية مغلفة يمكن استغلالها وبشكل فعال لإزالة مواد معدنية من التربة من خلال زيادة فعالية عملية الامتصاص.

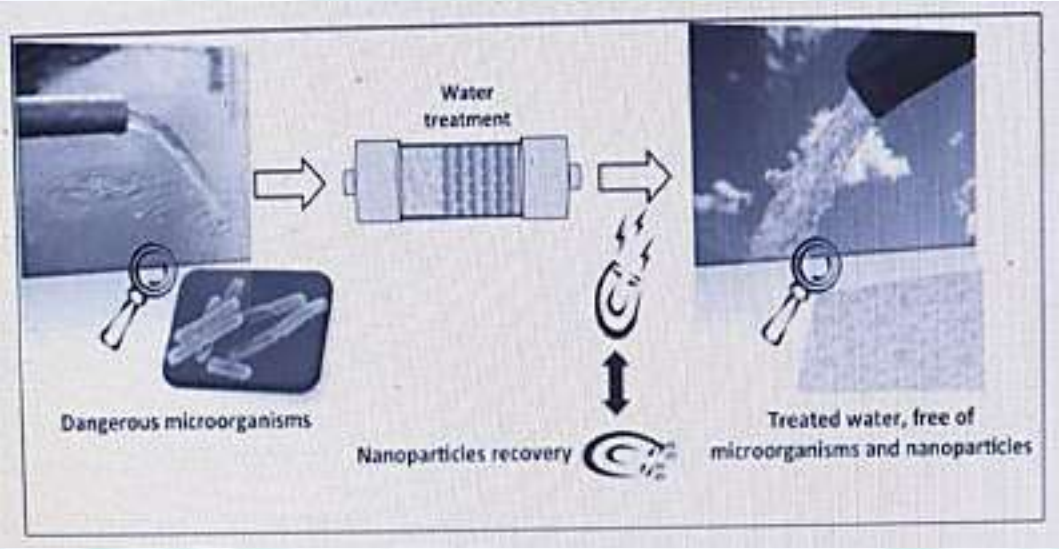
4-2 إدارة المياه Water Management

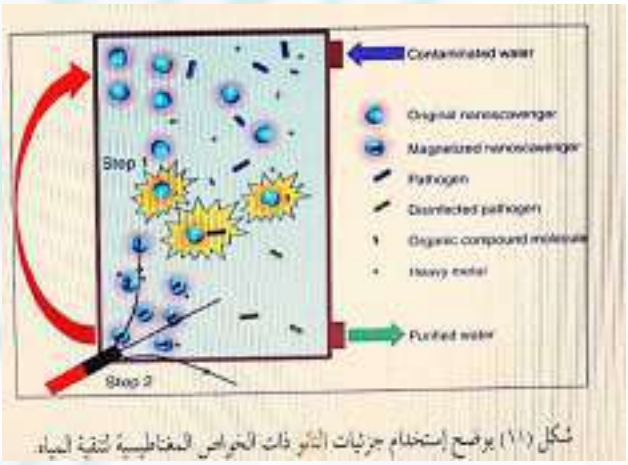
توفر التقانة النانوية، وهي هندسة وفن معالجة المادة على المستوى النانوي (1- 100 نانومتر)، القدرة على تصنيع مواد نانوية جديدة تستخدم في معالجة المياه السطحية والمياه الجوفية ومياه الصرف الصحي الملوثة بأيونات المعادن السامة والمحاليل العضوية والغير عضوية بالإضافة إلى الكائنات الدقيقة. ونتيجة نشاطها الفائق الفريد تجاه التخلص من الملوثات المدمرة، تقع العديد من المواد النانوية تحت نطاق البحث النشط والتطوير بهدف استخدامها في معالجة المياه.

للحفاظ على الصحة العامة والتخلص من العوامل الممرضة في الماء لابد من عملية تحديد سريعة وموثوقة. تم تطوير العديد من الطرق الإنزيمية والمناعية والجينية لتحل محل و/ أو تدعم الطرق

والأساليب التقليدية للكشف عن الميكروبات. علاوةً على ذلك، فإن للاختراعات في مجال تقانة النانو والعلوم النانوية تأثيراً حيوياً هاماً في علم التشخيص الحيوي، حيث تم إجراء العديد من التجارب القائمة على الجسيمات النانوية والأجهزة النانوية المختلفة بهدف المساعدة في عملية الكشف عن الجسيمات الحيوية.

نجح المركز البيولوجي والبيئي لتكنولوجيا النانو في إنتاج غشاء متفاعل من أكسيد الحديد الخزفي المعروف باسم ferroxane الذي يستخدم لإزالة الملوثات والمخلفات العضوية من الماء وتنقيته أيضاً باستخدام أكسيد الألمنيوم الخزفي المتناهي في الصغر alumoxane حيث يمكن تغيير سمك الغشاء وحجم المسام والقابلية للنفاذ. كما أن الاستعانة بالمواد المحفزة النانوية التي تتميز بمساحة سطحية كبيرة لتحتك بالمواد المتفاعلة بصورة أكثر كفاءة من المواد الضخمة عند معالجة المياه، حيث تستخدم هذه المواد في حالات معينة حيث تتم معالجة المياه الجوفية الملوثة بالفعل. يمكن إنتاج مرشحات وأدوات بتلك التقنية أكثر كفاءة في تنقية أو تحلية المياه من المرشحات التقليدية وهي بالطبع أصغر حجماً.





شكل (١٧) يوضح إستخدام جزيئات النانو ذات الخواص المغناطيسية لتنقية المياه.

- **الألياف النانوية والمبيدات الحيوية النانوية**

تُظهر الألياف النانوية الكهربائية المنسوجة والمبيدات الحيوية النانوية القدرة على إنجاز تحسينات في مجال أغشية فلترة المياه. ونلاحظ أن القاذورات الحيوية التي تتكون على الأغشية وتسببها الشحنات البكتيرية بالمياه تقلل من جودة مياه الشرب، مما جعل منها مشكلةً رئيسية تؤرق الجميع. هذا وقد أسفرت العديد من الدراسات عن التوصل لتلك النتيجة الخاصة بتثبيط واختفاء تلك البكتريا بعد التعرض للألياف النانوية ذات الأسطح الوظيفية. وفي الوقت ذاته فقد أثبتت المبيدات الحيوية النانوية ومنها الجسيمات النانوية المعدنية والمواد النانوية المهندسَة نجاحها في الاندماج مع الألياف النانوية مستهدفةً تحقيق نشاطٍ عالٍ مضادٍ للميكروبات واستقرارٍ في الماء كذلك.

5-2 تكنولوجيا النانو في الريIrrigation

إطلاق كمية صغيرة من الماء وبسرعة مساوية لتلك التي تمتص بها جذور النباتات الماء من التربة. وهي التقنية التي تقوم بتوفير الماء للنبات في التربة و بشكل مستمر، مما يتيح ري المحاصيل على مدار 24 ساعة.
تتكون الطبقة الداخلية من الأنبوب من غشاء ذو مسامات دقيقة جداً. ويوجد العديد من المسام غير مرئية الدقيقة في هذه الغشاء تصل إلى حوالي 100000 مسام / لكل سم مربع وقطر من 10 ~ 900 نانوميتر. نظراً لتأثير عوامل الضغط، فإن جزيئات الماء تمر عبر الغشاء مباشرة إلى المنطقة ذات الضغط العالي إلى المنطقة ذات الضغط المنخفض تماماً كما هي طريقة جذور النبات ولكن بشكل عكسي. كما يمكن أن تحمل جزيئات الماء معها و خلال الانتقال، جزيئات أخرى من المواد المذابة في الماء مثل الأملاح و السماد المذاب.

طريقة استخدام أنبوب النانو:

يتم ذلك عن طريق دفن أنبوب النانو تحت التربة مما يمكن الغشاء من الالتصاق مع جزيئات التربة حيث يتم انتقال جزيئات الماء من داخل الغشاء إلى خارجه بعد توفر عامل الضغط المتناسب مع ذلك.

- **أهم الملاحظات المشاهدة:**
  - إن عملية انتقال المياه هي عملية تلقائية وبطيئة.
  - إن فارق الضغط ما بين الماء داخل الغشاء والمياه في التربة يتسبب في عملية الانتقال من الداخل إلى الخارج أي اتجاه انتقال جزيئات الماء من الأنبوب الداخلي إلى الأنبوب الخارجي.
  - إن عملية الانتقال لا تتوقف حتى يتساوى الضغط الخارجي للمياه مع الضغط الداخلي للأنبوب.
  - **أهم ميزات الأنبوب النانوي المستخدم في الري:**
  - تختلف طريق الأنبوب النانوي عن طريقة الري بالطرق التقليدية مثل عملية السقي بالتنقيط أو الرش المحوري أو العمودي أو الري بالغمر، حيث أن نظام الري بطريقة الأنبوب النانوي يقوم بعملية الترطيب وبشكل مستمر و دائم و لا يحتاج إلى طاقة للدفع حيث أن الطاقة التي يحتاجها الماء للانتقال إلى التربة تأتي من جذور النباتات التي تحتاج للمياه وهي بذلك تقوم بدور توليد طاقة السحب اللازمة لنقل جزيئات الماء إلى منطقة الجذور ومن ثم امتصاصها من الجذور.

- توفير كمية المياه المستخدمة للري بنسبة تتجاوز 60 إلى 80 % من كمية المياه المستخدمة في طرق الري العادية حيث لا يوجد هناك إمكانية لضياع المياه نتيجة للتبخر أو التسرب إلى باطن الأرض، ويضاف إلى ذلك عدم الإهدار في كمية السماد المذابة في هذه المياه.
- هذا النظام خالٍ من أي معدات كهروميكانيكية مثل مضخات المياه، والمحركات وخزانات التحكم ولا يتطلب أي غرفة للمضخة، كما أنه سهل التركيب والصيانة.
- لا يحتاج النظام إلى طاقة ميكانيكية، مما يقلل من استهلاك الطاقة بنسبة 95% مقارنة مع الري بالتنقيط، حيث إن التقليل من استهلاك المياه واستخدام ميكانيكية الدفع اللازمة يؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة بهذه النسبة.
- يعمل النظام تلقائياً ودون الحاجة لتوظيف من يقوم بإدارته مما يخفف كثير من تكلفة اليد العاملة.

■ تقنية النانو ومقاومتها للأملاح وانسداد الأغشية

قام كوهان بدراسة أثبتت أن سطح الغشاء إذا كان مصنع من مواد نانوية سوف يكون فعال في القضاء على بكتيريا و مقاومة للأملاح الأحادية التكافؤ بنسبة 70%(كلوريد الصوديوم) و مقاومة للأملاح الثنائية التكافؤ بنسبة 40 % مما يقلل جداً من حدوث انسداد للغشاء بأملاح كربونات الكالسيوم كما نجحت الأغشية النانوية التي تم معاملتها بأوكسيد اليوتريوم Y_2O_3في التخلص من 99.99% من البكتيريا في حالة ما اذا كان الرقم الهيدروجيني لمياه التغذية بين 5-9.

عادة تصنع الأغشية التقليدية من مواد بوليميرية ذات مسام تسمح بمرور المياه من خلالها. وكلما صغر حجم المسام، كلما احتبس المزيد من الأملاح، إلا أن كميات المياه التي تمر تكون قليلة. ولكن مع استخدام تكنولوجيا النانو، في صورة أنابيب الكربون النانوية مع خواص تدفق الماه فائق السرعة داخلها، يتم زيادة كميات المياه المارة بنحو 50% للأغشية التي تم إعدادها حت الآن، بدون انخفاض في كمية الأملاح التي يتم احتباسها. وينتج عن ذلك أغشية تناضح عكسي تتطلب طاقة أقل لتشغيلها، حيث تكون هناك حاجة إلى ضغط أقل لمرور المياه عبر الغشاء.

6-2 تقنية الأسمدة النانوية Nano fertilizer Technology

- **ما هو دور الأسمدة النانوية في النبات؟**

تلعب الأسمدة النانوية أدواراً مهمة في تغذية النبات سواءً تم رشها على المجموع الخضري أو تم إضافتها من خلال المعاملات الأرضية مثل:

1. زيادة نشاط عمليات التمثيل الضوئي (من خلال زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل).
2. زيادة قدرة المحاصيل على تحمل ظروف الإجهاد المختلفة.
3. زيادة مقاومة المحاصيل للأمراض.
4. المحافظة على الصفات الجينية المطلوبة للمحاصيل الزراعية المختلفة.
5. زيادة المواد الفعالة في النبات.
6. حيث يوجد حالياً على مستوى العالم ما يزيد عن 800 منتج سمادي مادتها الفعالة الصورة النانوية لأكاسيد العناصر الصغرى ومن المتوقع زيادة المنتجات خلال السنوات القليلة القادمة
7. كما يوجد حوالى 15% من المنتجات السمادية عبارة عن الصورة النانوية للعناصر المختلفة خاصة الصغرى منها لتغطية احتياجات النباتات.
8. كما تستخدم المواد النانوية لتغطية الأسمدة التقليدية لتسهيل امتصاصها وزيادة كفائتها.

أي أن استخدام المواد النانوية كبديل للأسمدة التقليدية أو كحوامل لمكوناتها له مميزات عديدة مثل زيادة القدرة على التحكم في عملية التوجيه، وزيادة الاستجابة النباتية للأسمدة النانوية نظراً لسهولة دخولها للخلايا. كما تعد آلية مناسبة لنقل المركبات للأماكن المستهدفة في النبات سواءً الأوراق أو الجذور أو الثمار أو باقي الأجزاء النباتية.أي أن استخدام المواد النانوية كبديل للأسمدة التقليدية أو كحوامل لمكوناتها له مميزات عديدة مثل زيادة القدرة على التحكم في عملية التوجيه، وزيادة الاستجابة النباتية للأسمدة النانوية نظراً لسهولة دخولها للخلايا ، كما تعد آلية مناسبة لنقل المركبات للأماكن المستهدفة في النبات سواءً الأوراق أو الجذور أو الثمار أو باقي الأجزاء النباتية.

- **أهم مميزات الأسمدة النانوية:**

إن استخدام المواد النانوية في برامج التسميد يعتبر بديل فعال للأسمدة التقليدية حيث يحقق العديد من المزايا نظراً لاستعمالها بكميات أقل، و ثباتها العالي تحت الظروف المختلفة مما يزيد القدرة على تخزينها لفترات أطول ، و بالتالي تحقيق العديد من الفوائد للنبات والبيئة وذلك كما يلي :

1. الأسمدة النانوية ذات حجم صغير جداً فلا تحتاج مساحات كبيرة.
2. يتم استخدامها رشاً على المجموع الخضري فيستفيد منها النبات بصورة أسرع.

3. سريعة الامتصاص، مما يتيح استعمالها في الأوقات المطلوبة تبعاً لاحتياجات النبات الفعلية.

4. لا يحتاج الفدان إلا كميات قليلة منها فمثلاً نجد أن استخدام 1 كغ فقط من سماد النانو فوسفات يكون بديلاً عن 150 الى 200 كغ سماد سوبر فوسفات في مزارع الموالح.

5-تساعد الأسمدة النانوية في حماية البيئة، وصحة الإنسان.

6. تزيد من ربحية المزارع نظراً لتقليل مصاريف التسميد والرش.

7. إن استخدام الأسمدة النانوية يساعد على تقليل استهلاكنا للموارد والطاقة بقدر كبير، مما يؤدى لتحقيق التوسع الاقتصادي الصديق للبيئة.

8. استخدام الأسمدة النانوية يساعد في التغلب على مشاكل تلوث التربة والمياه وتقليل الانبعاثات الكربونية لمصانع الأسمدة التقليدية والتي تسبب التغيرات المناخية الحادة.

9. كما أن استخدام الأسمدة النانوية في الظروف البيئية الغير ملائمة يؤدى لتقليل الإجهاد الذي تتعرض له النباتات.

10. يؤدى نقع البذور في الأسمدة النانوية لتحسين إنباتها وزيادة قوة البادرات على تحمل الظروف المختلفة . فالأسمدة النانو مترية تتميز بمجموعة من الخصائص ، فحجمها صغير جداً، وترش على الورق والمناطق المصابة، ولا نحتاج إلى رشها على التربة، هي سريعة الامتصاص، وهذا يعنى أنها تُرش في الوقت الذي يحتاج إليه النبات، وفى الجزء المصاب فقط من الأرض.

طرق إضافة الأسمدة النانوية:

1- طريقة التسميد بالرش: وتعد من أفضل الطرق بسبب سرعة امتصاص النبات للعنصر المغذي، وعدم ملامستها للتربة، وسهولة إضافتها.

2- نقع البذور: في محلول من العناصر المغذية النانوية.

3- طريقة الكبسولات: توضع العناصر المغذية النانوية في كبسولات خاصة ذات مسام دقيقة.

4- طريقة التسميد بالري: قد يحدث هدر وضياع للسماد إذا تم الري بالطرق التقليدية، خاصة مع قلة كمية السماد المضاف ، لذلك يفضل التسميد مع طريقة الري التنقيط بسبب توفر المياه.

- **بعض تطبيقات استخدام المركبات النانوية في الإنتاج النباتي:**

يوجد حالياً أنواع مختلفة من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات سواءً الكبرى أو الصغرى في الصورة النانوية، مما يتيح استخدامها في العديد من المحاصيل سواءً الحقلية أو البستانية مثل

النيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم والحديد والزنك والكالسيوم وغيرها. كما تستخدم في إنتاج مواد تعبئة وتغليف لثمار الفاكهة والخضر لتقليل الفاقد منهل وزيادة عمر الثمار والاحتفاظ بمواصفاتها لأطول فترة ممكنة.

1. استخدام الكالسيوم النانوي رشاً على العنب المزروع تحت إجهاد الملوحة أدى لزيادة النمو الخضري وزيادة تركيز الكلوروفيل في الأوراق (*Sabir et al 2014*).

2. استخدام جزيئات السيليكا النانوية في حفظ الخضروات والفاكهة تقلل من إصابتها بعفن البوتريتس أثناء الحفظ والشحن مما يزيد من فترة عمر الثمار ويقلل الفقد في الوزن ومعدل تنفس الثمار *2014*) *Singh and Rattanpal 2014*)

3. استخدام الأسمدة الفوسفاتية في الصورة النانوية (بمعدل 1 كغ) يكون بديلاً عن 150 الى 200 كغ سوبرفوسفات في مزارع الموالح و بالتالي خفض كمية الأسمدة المضافة للتربة (نتائج غير منشورة Abobatta).

4. استخدام أكسيد الزنك النانوي (Zn NPs) رشاً على الفول السوداني بتركيز أقل 15 مرة عن التركيزالموصى به للرش بكبريتات الزنك أدى لزيادة المحصول الكلي 30%.

5. استعمال جزيئات الفضة في الصورة النانوية (S NPs)على الريحان أدت لتحسين نمو النباتات وزيادة محصول البذور ورفع تركيز المواد الفعالة في الاوراق.

6. استعمال الصورة النانوية للفضة (S NPs) على زهور القطف " الجلاديولس والتبروز" أدى لإطالة عمر الازهار.

7. زيادة محتوى ثمار البندورة من فيتامين ج والمواد الصلبة الذائبة بالإضافة لزيادة صلابة الثمار عند التسميد بالزنك والحديد والكالسيوم في الصورة النانوية(*Ezzat and Mohammad Aziz 2016*)

8. كما تم استخدام أسمدة تقليدية مغلفة بمواد نانوية على نبات القمح مما أدى لزيادة إنبات البذور حيث وصل إلى (99%) كما انعكس أثرها على زيادة النمو الخضري وكمية المحصول.

9. حيث يرجع ذلك لقدرة المركبات النانو مترية على الوصول واختراق البذور وزيادة حيويتها من خلال تحسين امتصاصها للمواد العضوية الهامة وأيضاً تحسين وظائفها الحيوية.

10-استخدام المتراكب المزدوج من هيدروكسيد الزنك والألمنيوم من أجل إطلاق متحكم فيه لبعض المركبات الكيميائية التي تنظم نمو النبات.

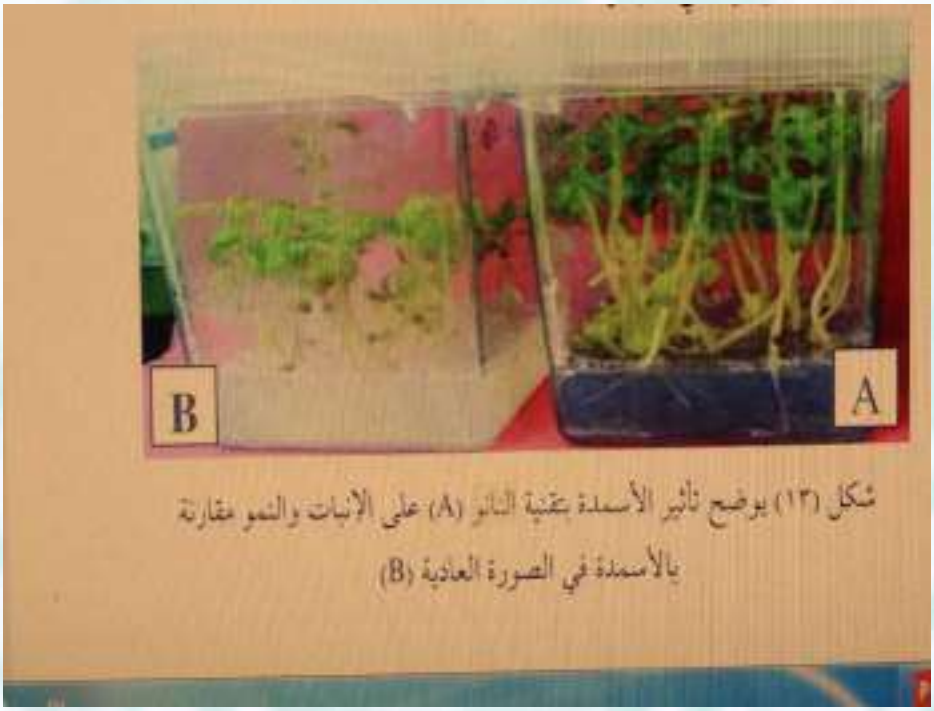
11-تم التحكم في إطلاق النيتروجين بواسطة تحلل اليوريا من خلال إدخال أنزيم البوريز إلى النانو السيليكا المسامية.

12- ثاني أكسيد التيتانيوم بسبب قدرته إنتاج أصول حرة عالية الطاقة يضاف إلى الأسمدة كمادة قاتلة للبكتيريا. وعلاوة على ذلك، ثاني أكسيد التيتانيوم قد يؤدي أيضاً إلى تحسين غلة المحاصيل من خلال الاختزال الضوئي لغاز النيتروجين.

13-جزيئات النانو سيليكا تمتص بواسطة جذور النبات وتشكل فلم حول جدران الخلايا، و التي يمكن أن تعزز مقاومة النبات للإجهاد، و تؤدي إلى عوائد محسنة.

14- كبسولات النانو Nanocapsules:

كبسولات النانو هي صورة من صور تجهيز الأسمدة والعناصر الغذائية: حيث يتم تغليف العناصر الصغرى، مثل الكالسيوم، والمغنسيوم، الحديد، الزنك في صورة نانو كبسول وهذه الكبسولات المصنوعة من البوليمر مع مرور الوقت، تضاف و تذوب في التربة. عندما تكون قريبة من جذور النبات، يتم كسر الروابط الكيميائية للكبسولات في جدار البوليمير بسبب الأحماض العضوية أو المواد الفينولية الناتجة من الإفرازات الجذرية و يتم إطلاق هذه الإفرازات الجذرية عادة لتعزيز تغذية النبات أثناء عملية نمو النبات ويتم عن طريقها تفعيل إطلاق العناصر و المغذيات الموجودة في الكبسولات.



شكل (١٣) يوضح تأثير الأسمدة بتقنية النانو (A) على الإنبات والنمو مقارنة بالأسمدة في الصورة العادية (B)

7-2 إدارة الأعشاب Weed Management

- **الاستخدامات المحتملة للنانو كبسول في مكافحة الحشائش**

تستخدم Nanoencapsulation لحل المشاكل المتعلقة بالسمية النباتية على المحصول من مبيدات الأعشاب المستخدمة ضد الحشائش (*Goldwasser et al., 2003*). على سبيل المثال معروف أن درنات الهالوك تعمل كمصارف قوية للمواد الغذائية والمياه، و أيضاً لمبيدات الحشائش الجهازية

(Joel , 2000). إذا تم تطبيق مبيدات الحشائش المكبسلة ، فإنها ستمتد بشكل منتظم في المحصول و تجنبنا مشاكل السمية النباتية أو إزالة السموم ، عندما تصل ال Nanocapsules إلى الأعشاب الطفيلية، سيتم انطلاق مبيدات الحشائش من الكبسولة وهذا يعني أن الجرعات من مبيدات الحشائش مثل جلا يوفوسات أو imidazolinones ستكون هناك حاجة ، لأن تتحطم بسبب المحصول و ثانياً فإنها تتراكم في الأعشاب الطفيلية.

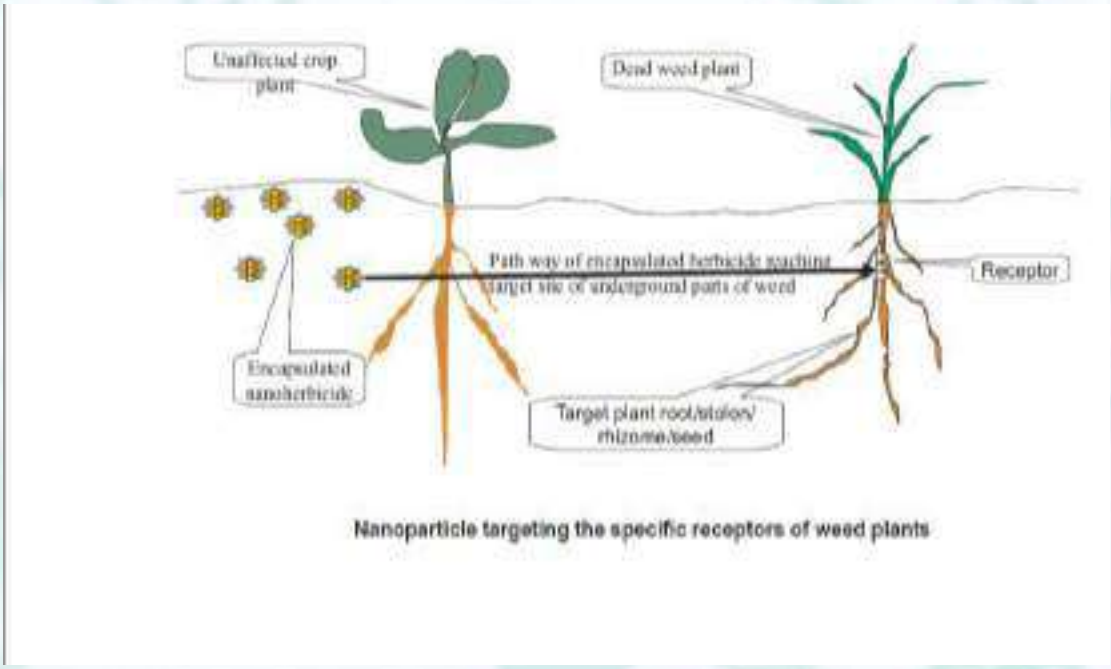
يمكن تطبيق مبيدات الحشائش من مجموعة السلفونيل يوريا من خلال التربة للسيطرة على الهالوك ولكن هناك حاجة إلى العديد من التطبيقات لتحقيق مكافحة فعالة (*Joel et al.,2007*). مثلاً إذا كانت المبيدات مغلفة و مبيدات الحشائش و تطلق ببط ء منها في التربة خلال موسم الحصاد، يمكن تحقيق مكافحة أفضل مع تطبيق واحد فقط ومع جرعات منخفضة من مبيدات الحشائش.

قد يكون من الممكن أيضاً، تطبيق مبيدات الحشائش مغلفة للبذور، لتفادي تعدد التطبيقات اللازمة مع مبيدات الحشائش الغير مغلفة (*Jurado –Exposito et al ., 1996; Jurado- Exposito et al., 1997*). يمكن تصميم Nanocapsules لتحسين الاختراق للمبيد من خلال الأوراق أو الكيوتيكل. يمكن لليبوسومات و الأوعية الدهنية العبور من خلال كيوتيكل النبات بسبب سهولة تكوينها المحب للدهون (Wiesman *et al* ., 2007). الكبسولات المصنوعة من البوليمير يتم تجهيزها مع مواد مختلفة للوصول إلى خصائص السطح المطلوبة. على سبيل المثال الزيوت المركزة والمواد ذات النشاط السطحي يمكن أن ترتبط مباشرة بغلاف الكبسولة مما يسهل اختراقها للكيوتيكل. و من الممكن أيضاً ربط جزيئات مختلفة، يكون بعضها مفيد للحركة من خلال المواد غير القطبية (شمع الكيوتيكل، أغشية الخلايا)، و لتعيق الحركة من خلال المواد القطبية (المياه). جلاي فوسفات imidazolinones و السلفونيل يوريا قد تكون مغلفة على سبيل المثال بشكل منفصل داخل كبسولة من البوليمر. سيتم إعدادها باستخدام مواد ذات نشاط سطحي لتحسن اختراقها و تطبيقها جهازياً على الأوراق و بالتالي، ممكن لثلاثة من مبيدات الأعشاب لها ميكانيكية فعل سام مختلفة يمكن أن تستخدم مع نفس المعاملة بالإضافة إلى ذلك، سيتم تفادي الأثر المتبقي في التربة بواسطة النانو كبسول قد يجعل أيضاً من الممكن مكافحة الأعشاب الطفيلية باستخدام مبيدات غير جهازية (على سبيل المثال، مبيدات الأعشاب بالملامسة) حيث تتحسن فعالية كل معاملة.

يمكن استخدام النانو كبسول لمواد أخرى طورت لمكافحة الأعشاب الطفيلية مثل منشطات الإنبات التي

قد يتم توصيلها في التربة داخل كبسولة لحمايتها من التحطم (*Lpez-Raezet al.,2007*) ، نواتج الأيض الطبيعية، مثل السموم الفطرية. (*Vurro et al ., 2009*) يمكن أيضاً أن تطبق جهازياً بواسطة النانو كبسول.

يمكن استخدام النانو كبسول في منطقة الجذور لامتصاص إشارات كيميائية تصدر من قبل العائل، مثل منشطات الإنبات (Palmer *et al*., 2009) في هذه الحالة، تقوم الكبسولة بامتصاص المواد المتحررة من العائل والمسؤولة عن عمليات محددة في دورة حياة الأعشاب الطفيلية و بالتالي لا تستفيد الأعشاب الطفيلية من هذه المواد المتحررة.



Nanoparticle targeting the specific receptors of weed plants

8-2 تطبيقات تقانة النانو في مكافحة الآفات Nano Pesticide

- **المبيدات النانوية Nano pesticides**

تعرف المبيدات النانوية بأنها أي مستحضر يتكون من مكونات بحجم النانومتر حيث أن خواص هذا المستحضر مرتبطة بهذا المدى من الحجوم، وتتكون المبيدات النانوية من مواد فعالة عضوية مثل البوليمرات ومواد غير عضوية مثل أكاسيد المعادن في أشكال مختلفة من الجسيمات أو الجزيئات.

. **أنواع المبيدات النانوية Nano pesticides**

. **المستحلبات النانوية Nano emulsions**

هي مستحلبات دقيقة جداً ذات لون شفاف يتراوح حجم قطراتها من 20 الى 200 تتكون من طور

دهني وطور مائي وعامل استحلاب (emulsifiers). الفائدة المتوخاة من مستحلبات المبيدات النانوية هي زيادة ذوبان المواد الفعالة قليلة الذوبان وتقليل نسبة عوامل الاستحلاب فضلاً عن تقليل الجرع المستخدمة و انخفاض التأثيرات السلبية على الكائنات غير المستهدفة non-target organisms كما أن المستحلبات النانوية تكون مستقرة بشكل جيد عند ظروف الخزن بمدى حراري (-10 الى 55) سليزية. مثال ذلك تميز المستحلب النانوي لمستخلص نبات الجيرانيوم *Pelargonium graveolens* بفعاليته العالية ضد عثة درنات البطاطا *Phthorimaea operculella* محققاً أعلى نسب قتل وصلت الى أكثر من 80% مع ثباتية واستقرارية تحت الظروف الحقلية مقارنة بالمستخلص غير النانوي.

- **المعلقات النانوية Nano suspensions**

يمكن أن تعرف المعلقات النانوية بانها عبارة عن جسيمات نانوية Nanoparticles يتراوح حجمها بين 1- 100 نانومتر تستخدم كمحاليل مائية في مكافحة الآفات مثل جسيمات الفضة والسليكا والذهب النانوية . وفي دراسة لتقييم تأثير الجسيمات النانوية لكبريتات الكادميوم Cds والفضة AgNPS وأوكسيد التيتانيوم Tio2 ضد دودة ورق القطن وجد أن التركيز 2400 جزء بالمليون أحدث نسب قتل 93 و56 و73 % على التوالي بعد 9 أيام بلغت عندها قيمة التركيز النصفي القاتل 508 و1403 و791.1 جزء بالمليون على التوالي .

الكبسولات النانوية Nano encapsulation

يمكن أن تعرف الكبسولات النانوية بأنها مواد فعالة تكون داخل كبسولات نانوية وهذه الكبسولات مصنوعة من بوليمرات طبيعية مثل الكيتوسان والجيلاتين أو بوليمرات مصنعة مثل البولي إثلين كلايكول (PAG).

- **أشكال الكبسلة النانوية**

النانوسفير Nanospheres: هو تجمع المواد الفعالة بتوزيع متجانس داخل الحشوة البولميرية، مثل استعمال البوليمر (Glyceryl ester) للأحماض الدهنية في تغليف المادة الفعالة للمبيد كاربارايل Crbaryl على شكل تركيب نانوي يعرف بالنانوسفير .

النانوكبسول Nanocapsules: هو تجمع المواد الفعالة يتركز بالقرب من صميم المركز ومكسو بالحشوة البولميرية ،مثل استعمال البوليمر بولي اثلين كلايكول لتغليف المادة الفعالة (زيت الثوم) والمادة الفعالة للمبيد دلتامثرين على شكل كبسولات نانوية .

النانوجل Nanogels: عبارة عن بوليمرات محبة للماء يمكنها امتصاص حجم كبير من الماء استعمل في تحضير بوليمر من اللكنين (Lignin) لتغليف المادة الفعالة للمبيد (Aldicarb) على شكل تركيب نانوي يعرف بالنانوجل .

المايسيلس Micelles: عبارة عن تجمعات متشكلة في محاليل مائية بواسطة جزيئات تتكون من نصفين أحدهما محب للماء والآخر كارهة للماء استعمل في تحضير البوليمر بولي اثلين كلايكول داي مثيل استر Dimethylester Poly Ethylene Glycol في تغليف المادة الفعالة للكاربوفيوران (Carbofuran)على شكل تركيب يعرف بالمايسلس.

- **الكشف عن متبقيات المبيدات بتقنية النانو**

لقد توصلت الدراسات والأبحاث إلى تطوير طرائق جديدة تعتمد على النانوتكنولوجي في الكشف عن متبقيات المبيدات إذ استعملت المتحسسات النانوية Nanobiosenceres والتي تتميز بالسرعة والدقة العالية في الكشف عن متبقيات المبيدات ، من الأمثلة على ذلك :

تطوير متحسس نانوي يتحسس المبيدات الفسفورية العضوية عندما تكون بتركيز 5 نانو غرام وتعتمد الطريقة على ارتباط أنزيم الكولين أستريز مع فلم محور من أنابيب الكربون النانوية.
إمكانية استعمال جسيمات الكادميوم النانوية في الكشف عن متبقيات مبيد الأعشاب 2,4، D وبتحسس يصل الى أكثر من 250 نانو غرام .
لقد وجد أن جسيمات الذهب النانوية ذات حجم 30 نانومتر من بين المتحسسات النانوية التي طورت للكشف عن متبقيات المبيدات الكلورينية العضوية بحساسية تصل إلى 27 نانو غرام ، كما أن هذا المتحسس النانوي يعد تكنيك مناسب للكشف عن العديد من السموم في العينات الغذائية والبيئية وذلك لكفاءته وسرعته في الكشف عن متبقيات المبيدات.

- تحطيم المبيدات

يعد استعمال الجسيمات النانوية في تحطيم المبيدات الكيمياوية ومتبقياتها من التطبيقات الواعدة. أظهرت الدراسات أن المبيدات مثل (Atrazine و Molenate و Chlorpyrofos) من المبيدات الاكثر حساسية للتحلل بواسطة جسيمات الحديد النانوية (100 نانومتر) . كما أظهرت تلك الجسيمات كفاءة في تحطيم مبيدات مجموعة السايكلودين التي تتميز بمقاومتها لعوامل التحلل المختلفة كما لوحظ أن استعمال الجسيمات النانوية للبوليمرات المثبتة لكبريتات الحديد ذات حجم 200 نانومتر تساعد في تحطيم مبيد اللندين احد المركبات الكلورينية العضوية الملوثة لمياه الشرب والغذاء

- مكافحة المسببات الممرضة للنبات

تعد التقانة النانوية من الطرائق الواعدة في مكافحة أمراض النبات المختلفة وقد استعملت المواد النانوية كمؤشرات بيولوجية biomarkers للكشف عن المسببات الممرضة من فطريات وبكتريا فضلاً عن دورها في مكافحة مسببات الأمراض النباتية المختلفة ويمكن ذكر بعض الأمثلة في هذا الجانب:

استعمال جسيمات السليكا النانوية في الكشف عن البكتريا *Xanthomonus axonopodis* المسببة لمرض التبقع البكتيري.
استعمال جسيمات الذهب النانوية AuNPs في الكشف عن أمراض الحنطة المتسببة من الفطر ***Tilletia indica***. أدى استعمال جسيمات الزنك النانوية إلى منع نمو وتكوين الحوامل الكونيدية والكونيديا للفطريات المعاملة *Botrytus cinerea* و*Pencillium expansum* عندما استعملت بتركيز 3mmol/L.
وجد أن استعمال جسيمات الفضة النانوية بتركيز 10 ppm كان فعالاً في مكافحة مرض البياض الدقيقي المتسبب من الفطر *Sphaerotheca panrosa* الذي يصيب نباتات الزينة ومنها الروز في البيوت المحمية إذ تم القضاء على 95 % من الإصابة بعد يومين من المعاملة فضلاً عن تثبيط نمو الفطريات وإنبات السبورات للفطريات *Rhizoctonia solani* و ***Sclerotinia sclerotiorum***.

- تحسين خواص عوامل المكافحة الاحيائية

أشارت العديد من البحوث إلى إمكانية الاستفادة من التقانة النانوية في تحسين صفات وخواص العديد من عوامل المكافحة الاحيائية مثل المستحضرات الفطرية والبكتيرية ومنتجاتهما الثانوية الممرضة للحشرات فضلاً عن المستحضرات المستعملة في مكافحة مسببات الأمراض النباتية المختلفة. إذ يمكن:

- حماية عوامل المكافحة الاحيائية كالمستحضرات البكتيرية والفطرية من تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية فضلا عن حمايتها من الجفاف وقلة الرطوبة.
- زيادة قدرة المستحضرات على تحمل ظروف الخزن الغير ملائمة.
- المحافظة على ثباتية واستقرار المنتجات الجرثومية من الأنزيمات والمثبطات والمضادات الحيوية والتي تعد من عوامل المكافحة الإحيائية الواعدة في مكافحة الآفات.
- توصيل المواد الوراثية إلى النبات مثل DNA أو الشريط المزدوج من RNA من خلال تقنية تداخل RNA RNA interferance أحد التقانات الواعدة في مكافحة الآفات وتحسين النبات .

- **بواسطة تقنية النانو تستخدم الفيروسات كمبيدات للآفات**

تنتشر الفيروسات بسرعة كبيرة من خلال النظم الوعائية في النبات، و يمكن أن تنتقل لمسافات طويلة عن طريق النواقل مثل الحشرات والفطريات والنباتات الطفيلية وغيرها، و من ثم نقلها بشكل منتظم إلى النبات المصاب يمكن أن تحمل هذه الفيروسات داخل قشرة أو غلاف ثم تستخدم في القضاء على الأعشاب الضارة.

بواسطة تقنية النانو استخدمت الكبسولة أو الغلاف للفيروس وهي عبارة عن بروتين لحماية الحمض النووي لذلك فهي قوية وتظهر ملامح مثيرة للاهتمام كمادة حاملة أو ناقلة. حجم الكبسولة أو الغلاف يتراوح من 30 نانو متر إلى 140 نانو متر يمكن للغلاف أيضاً تغيير شكله وحجمه وفقاً للعوامل الخارجية، مثل درجة الحموضة، مما أدى إلى فتح أو إغلاق nanopores للسماح للدخول أو تسرب الفيروس (*Steinmetz et al., 2007*). تسمح الطفرات بتغيير خصائص سطح الجزيئات المتناهية في الصغر الفيروسية، وتغيير تلك الأحماض الأمينية و الببتيدات . في هذه الطريقة، تكوينات مختلفة يمكن أن تتحقق لتتناسب مع الغرض من الجسيمات متناهية الصغر الفيروسية.

من الممكن الجمع بين الأغلفة البروتينية الفيروسية مع النانو كبسول nanocapsules لتطوير أجهزة النانو كمواد حاملة أو ناقلة. **على سبيل المثال**، يتم إدراج الجسيمات النانوية المعدنية داخل غلاف بروتيني فيروسي كأدوات للاستشعار الحيوي biosensing أو لبنات بناء لمواد ذات بنية نانو مترية.

إن المعرفة الأكبر حول كيفية إحداث المرض البيولوجي الخاص بالنباتات الطفيلية تجعل من الممكن تصميم الأجهزة النانوية الفيروسية المحددة والتي تؤثر فقط على الأعشاب الطفيلية، وتترك المحصول دون أن يصاب بأذى.

يمكن استخدام فيروسات تهاجم المحاصيل\ أو الأعشاب الطفيلية لتحمل siRNA القاتلة تحديداً للطفيلي في داخل الطفيل.

9-2 تطبيق التقانة النانوية في قضايا الهندسة الزراعية Agricultural Engineering Issues

1- **استخدام الطلاء النانوي :** من ميزات الطلاء النانوي:

- **مقاومته العالية والفريدة للحرارة صيفاً**

يقوم بحماية الأسطح والجدران الخارجية من أشعة وحرارة الشمس التي تصل في فصل الصيف إلى أكثر من 60 درجة مئوية، خاصة في الأماكن الحارة.

- **حفاظه على الحرارة الداخلية شتاءً**

يعمل على الحفاظ على الحرارة الداخلية للبنايات شتاءً حيث يمنع تسربها إلى الخارج وعكسها للداخل، خاصة في الأماكن الأكثر برودة.

- **ثبات ألوانه على الأسطح المدهون بها لمدة تزيد عن 10 سنوات**

لقدرته العالية على مقاومة الحرارة وتشتيتها عن سطحه، فإن السطح المدهون به لا يمكن أن يتأثر بحرارة الشمس وأشعتها، وبالتالي لا يتأثر بالتدرج أو التحلل الحراري

- **مقاومته العالية للحرارة والرطوبة والأملاح**

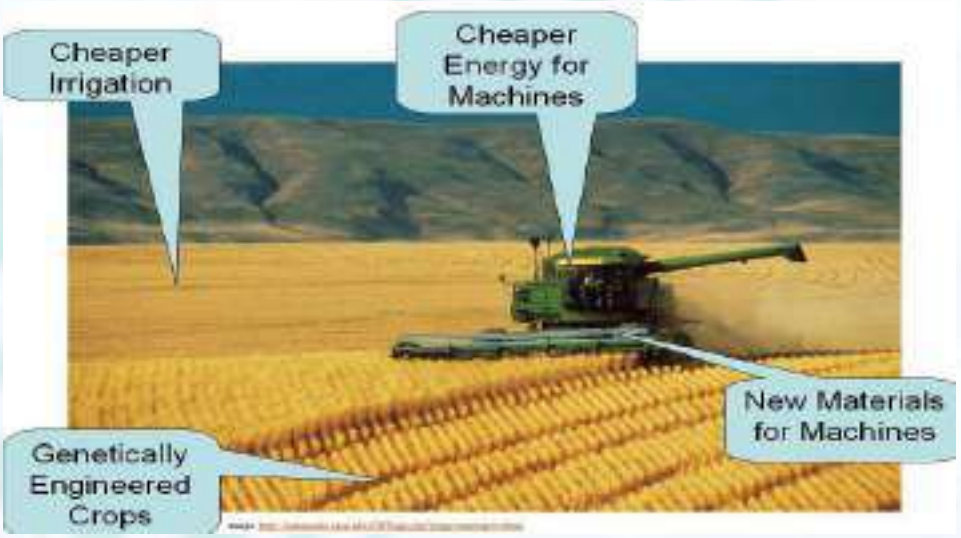
ويتميز بخاصية عازلة للأسطح والجدران المطلية به، تمنع تأثرها بالرطوبة والأملاح والصدأ، فطبقة واحدة علي على السطح تمنع التشقق والانتفاخ الناتج عن الصدأ نتيجة لزيادة نسبة الرطوبة والأملاح وخاصة عند الشواطئ، أو الناتجة العواصف والتيارات الهوائية العالية كما ينصح باستخدامه للمصانع والمكاتب والبنايات القريبة من الشواطئ في المدن الساحلية .

- **دهان شفاف عديم اللون للسيارات**

وباستخدام النانو تكنولوجي تم إنتاج نوع خاص من الدهانات الشفافة عديمة اللون للسيارات والزجاج لمنع تسرب الحرارة من وإلى السيارة ليعمل كعازل خارجي أو داخلي لجسم السيارة والذي يساعد في تخفيض تكلفة التبريد و الوقود. بأقل طبقات من الدهان كافية لصقل السطح وإكسابه صلابة شديدة، وهشاشة أقل بكثير من استخدام طبقات كثيرة من دهانات أخرى. دهان للزجاج وهيكل السيارة مادة شفافة عديمة اللون لا تتأثر بتكرار غسيل السيارة وفترة ضمانها أكثر من عشر سنوات، ويمكن قياس فروق درجات الحرارة داخل السيارة، وأيضاً جسم السيارة من الداخل والخارج بجهاز ثيرموميتر. كما أن استخدامه في طلاء السيارة يوفر من استهلاك الوقود اللازم لتشغيل التكييف لفترات طويلة ليصل لدرجة التبريد الكافية واللازمة لتكييف المساحة الداخلية لصالون السيارة، ويقلل أيضاً من استهلاك التكييف ويزيد من عمره الافتراضي، حتى لو كانت السيارة متواجدة في الشمس لفترات طويلة.

2- **إنتاج الوقود البديل والحد من التلوث البيئي هي أيضاً من استعمالات تقانة النانو.**

3- **تطبيقات النانو أيضاً في صنع هياكل الأجهزة والأدوات الزراعية لزيادة مقاومتها ضد التآكل والأشعة فوق البنفسجية.**



10-2 تطبيق النانو تكنولوجي في علوم الحيوان

Application of Nanotechnology in Animal Sciences

تكنولوجيا النانو لديها القدرة على توفير الحلول المناسبة لمعالجة بعض القضايا مثل المواد الغذائية، والرعاية البيطرية والأدوية والوصفات الطبية وكذلك اللقاحات المقدمة للحيوانات المستأنسة. عند استخدام بعض الأدوية مثل المضادات الحيوية واللقاحات سيكون فعالاً في علاج العدوى و التغذية و اضطرابات التمثيل الغذائي وذلك عند استخدامها على المستوى النانوي الأدوية المستخدمة على المستوى النانوي لها خصائص متعددة لإزالة الحواجز البيولوجية ولزيادة كفاءة الطب التطبيقي. التوقيت المناسب لتحرير العقاقير وقدرات التنظيم الذاتي هي المزايا الرئيسية لاستخدامات النانو تكنولوجي في مجال العقاقير.

جسيم الكربون (C-60) (كرة بوكي) هو جزيء كروي وقطره ما يقرب من 1 نانو متر .فهي مادة غير سامة للخلايا الحية وحيوية في الطبيعة. ويمكن استخدامها كناقل للبيتيدات القابلة للذوبان في الماء والعقاقير. فتقنية النانو يمكن أن تساعد في فهم سلوك العقاقير في جسم الحيوان.يمكن أن تخترق جسيمات النانو جلد الحيوان من خلال التآكلات الطفيفة في جلدها بحيث يتم استخدام هذه الجسيمات كمستشعرات للكشف عن سلوك الخلايا المتغايرة.

جزيئات dendrimers هي جزيئات نانوية متماثلة شعاعياً مع بنية محددة ثلاثية الأبعاد بحيث أن البنية عبارة عن جسم أساسي ومحاطة بفروع مثل الشجرة بحيث تترافق مع جزئ الهدف مثل العقار المراد نقله لأنها متوافقة حيوياً ويتم بالسهولة تنقيتها من الدم عن طريق الكلى .ولوحظ أن نقل جزيئات ال dendrimers مع ال methotrexate إلى الجسم الحي يقلل حجم الورم السرطاني في جسم الحيوان عشر مرات أكثر من ال methotrexate بشكل حر (Hong *et al*., 2007).

يمكن أن يستخدم المغناطيس النانوي كنظام لإيصال العقار و لعلاج نمو الخلايا السرطانية دون أن يسبب أي ضرر على الأنسجة المحيطة بها.هناك أنواع مختلفة من البروتينات مثل الألبومين، الجيلاتين، الجلياديين و الليجومين يمكن استخدامها كأنظمة توصيل للعقاقير على المستوى النانوي.

استعمال المضادات الحيوية على المستوى النانوي في علاج بعض الأمراض الحيوانية بحيث يتطلب ذلك كمية أقل من المضادات الحيوية مما يترك كمية أقل من المضادات الحيوية.

الجسيمات النانوية القائمة على مكملات الكروم لها تأثيرات مفيدة على أداء النمو وتكوين الجسم عند الحيوانات وهذا يزيد من تركيز الكروم في الأنسجة وخاصة في العضلات.

يعتبر نقص الحديد مشكلة شائعة في الحيوانات، وخصوصاً خلال المراحل المبكرة من الحياة، و الحمل و الإصابة الطفيلية بسب قلة التوافر البيولوجي. فيمكن زيادة التوافر البيولوجي من خلال الجسيمات النانوية الفوسفاتية الحديدية.

تستخدم تقنية النانو لإنتاج لحوم الدجاج / الماعز في المختبر بكميات كبيرة والحفاظ على نفس القيمة الغذائية، والتذوق، والملمس دون أي خطر (اللحوم النباتية). يمكن أن تؤكل من قبل النباتيين أيضاً.

يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في إنتاج البيض المصمم و المعروف جيداً. بحيث يمكن أن ننتج البيض

مع انخفاض الكولسترول ، محتوى صفار أقل، المزيد من العناصر الغذائية، والأجسام المضادة المطلوبة. يمكن أن تساعد أجهزة الاستشعار القائمة على النانو في الكشف المبكر عن مسببات الأمراض المنقولة بالبيض (فيرما وآخرون، 2012).

باستخدام الميسيلس النانوي، الجسيمات الشحمية و معقد المستحلبات النانوية يحسن كفاءة استخدام المغذيات في العلف.

بواسطة تقنية النانو تم حماية الحظائر من الأشعة الفوق كونية حيث يتم تحسين درجة حرارة الحظائر بحيث لا يشعر الحيوان بأي تأثير لارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة بحيث تبقى درجة الحرارة ثابتة ضمن الحظيرة.

بواسطة تقنية النانو تم استخدام أوعية للمياه بحيث تحتوي هذه الأوعية على مواد نانوية تستطيع ترسيب جميع الشوائب وقتل جميع العوامل الممرضة والطفيليات والحصول على مياه نقية صالحة لشرب الحيوان والإنسان باستخدام مادة النانو سيليكا يمكن رشها على أرض الحظيرة ليتم طرد كافة الحشرات الممرضة للحيوانات بواسطة تقنية النانو يمكن زيادة الكفاءة الغذائية من المدخلات كالبروتين والطاقة والذرة والنخالة لحد 90%.

الروث الناتج عن الحيوانات يؤثر بشكل كبير على صحة الحيوانات في حال بقائها بالحظيرة، بواسطة تقنية النانو يمكن إنتاج روث بدون رائحة بحيث يكون الروث خال من المواد الغذائية بحيث تعتبر مصدر للحشرات والطفيليات القاتلة للحيوانات.

الجرس النانوي المعلق برقبة الحيوان يحوي كافة المعلومات المتعلقة بالحيوان (من حيث أصله (الأب والأم) الفطام-العمر-إنتاجه للبن أو اللحم- حالة الشبق أو التكاثر، درجة حرارة الحيوان كما يمكن مراقبة الحيوان عن بعد في حالة تخليه عن الحظيرة أو أي خطر يتعرض له الحيوان.

11-2 تطبيق تكنولوجيا النانو في مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية

Nano technology application in fisheries and aquaculture

أحدثت تكنولوجيا النانو ثورة في صناعة المصايد والاستزراع المائي باستخدام أدوات جديدة مثل: الكشف السريع عن الأمراض، وتعزيز قدرة الأسماك على امتصاص الأدوية مثل الهرمونات واللقاحات والمواد الغذائية بسرعة.

- لقاحات DNA باستخدام تقنية النانو

هناك العديد من المحاولات لحل مشكلة المرض في تربية الأحياء المائية، واحدة من بين تلك المحاولات هي التطعيم. إن استخدام ناقلات جسيمات متناهية الصغر مثل الكيتوسان و في نقل الأجسام المضادة أو اللقاح مع محرضات التهابات خفيفة قد يعطى مستوى عالي من الحماية للأسماك والصدفيات ليس فقط ضد الأمراض البكتيرية ، ولكن أيضاً من بعض الأمراض الفيروسية دون ظهور أي آثار جانبية للقاح .التطعيم الشامل للأسماك يمكن أن يتم باستخدام كبسولات النانو التي تحتوي على جزيئات النانو. وستكون هذه الكبسولات مقاومة لعملية الهضم ، وبداخلها يوجد حبل قصير من الحمض النووي بحيث

يمكن إدخال هذا خلال خلايا الأسماك. وبواسطة آلية الموجات فوق الصوتية يتم كسر الكبسولات التي

بدورها تخرج DNA وتحدث استجابة مناعية للسمك بسبب التطعيم . وهناك ميزة أخرى لتناول اللقاح عن طريق الفم وهي خفض تكلفة وجهد إدارة المرض، وليس هناك أدنى حاجة إلى إجراء عمليات التخدير لإعطاء اللقاحات وما إلى ذلك، وهى نفس تكلفة التغذية مما يؤدى إلى تربية الأحياء المائية بصورة مستدامة وأقل تكلفة.

- **وتستخدم الجسيمات النانوية كحاملات للقاح عن طريق الفم لعدة أسباب:**
  - تحسين التوافر البيولوجي للقاح دون التأثير على خصائص امتصاصه.
  - إطالة فترة بقاء واستقرار الأدوية في الأمعاء والجهاز الهضمي.
  - كفاءة عملية الامتصاص على المستوى الجزيئي.
  - تسليم اللقاح إلى الأنسجة اللمفاوية المرتبطة بالأمعاء مباشرة.
  - السيطرة والتحكم في معدل إفراز اللقاح بالوقت والجرعة.

ـ دور جسيمات النانو في تعزيز نمو الأسماك

وجد علماء من الأكاديمية الروسية للعلوم أن الأسماك المبروك والثعبان أظهرت أسرع معدل للنمو (30%24% على التوالي) عند التغذية على علائق تحتوي على جسيمات نانو من عنصر الحديد.

وأشارت البحوث أن مصادر السيلينيوم المختلفة (نانو سيلينيوم وسيلينوميثيونين) يمكن أن يحسن الوزن النهائي، ومعدل النمو النسبي، ويحسن القدرة على العمل كمضادات للأكسدة لتنشيط الجلوتاثيون في الخلايا والعضلات بأسماك المبروك. وعلاوة على ذلك فإن النانو سيلينيوم يعتبر أكثر فعالية من سيلينوميثيونين العضوي في زيادة محتوى السيلينيوم الموجود بالعضلات.

ـ دور تقنية النانو في نقل المغذيات

يتم إضافة المغذيات أو الإضافات التي ترفع مناعة الأسماك وتخفف من الإجهاد الواقع على الأسماك إلى المواد العلفية في صورة نواقل جسيمية نانوية تعمل على الحفاظ عليها دون إهدار أي كمية منها ويظهر تأثيرها على الأسماك مباشرة للاستفادة من الكمية المضافة كلها دون فقد وبالتالي توفير القيمة الاقتصادية للحصول على منتج أسماك عالي مع تقليل التكلفة الاقتصادية.

ـ الحصاد وتكنولوجيا ما بعد الحصاد:

لصيد الأسماك عن طريق الإضاءة فإنه لابد من وجود كشافات لجذب انتباه الأسماك ولرفع كفاءة عملية الصيد يتم تغليف الكشافات بغطاء نانو بوليمير يعمل على عكس الإضاءة في العديد من الاتجاهات وليس اتجاه واحد فيرفع كفاءة عملية الصيد من 2- 3 مرات مقارنة بالطريق العادية.

ـ استخدام نظام النانو تكنولوجي في إدارة البيئة المائية

تستخدم جسيمات من lanthanum -based compound بحجم 40نانوميتر في أحواض المزارع السمكية حيث ترتبط مع الفسفور وتمنع نمو الطحالب داخل الأحواض. وهي مهمة في التخلص من المعادن الثقيلة بطريق آمنة للإنسان والأسماك والبيئة كما أنها غير مكلفة ويتم الاتجاه حالياً إلى استخدامها في مكافحة نمو الحشائش المائية في المسطحات المائية الكبيرة والتخفيف من الإجهاد الناتج عن تغير المناخ والتلوث المائي.

12-2 استخدام نواقل نانوية من DNA للتعديل على المورثات

تعتمد هذه الطريقة على إيصال مركب أنزيمي يسمى CRISPR-Cas9 الذي يقوم بقطع DNA إلى النواة. وتعتمد طريقة التوصيل على كرة نانوية من خيوط DNAتوصل المركب إلى داخل النواة....فكيف توصل العلماء إلى هذه الطريقة وما أهميتها؟

- **ما هو CRISPR-Cas 9؟**

يعد CRISPR-Cas 9 أحد أكثر تقنيات التعديل الوراثي انتشاراً و قد تم اكتشافه بالصدفة لدى البكتيرية حيث وجد أن البكتيرية تقوم بالتصدي للفيروسات التي تهاجمها من خلال أنزيمات تقطع المادة الوراثية للفيروسات (أنزيم Cas9)، ولكي يتعرف هذا الأنزيم على مواقع القطع ، فإنه يحتاج إلى موجه و هذا الموجه هو جزيئات من RNA يقوم الجرثوم بتصنيعها من مادته الوراثية وترتبط جزيئات RNA الموجهة مع أنزيم Cas9 ليشكل مركب CRISPR-Cas 9.

- **كيف تم الاستفادة من هذه التقنية؟**

استعمل المبدأ التي تستخدمه البكتيرية كتقنية لتعديل الجينات حيث يستخدم فيها جزيئات RNA صنعية موجهة لموقع محدد من المورثة بحيث تكون مكملة لتسلسل المورثة وبالتالي تملك قدرة الارتباط معها. بعد ذلك يأتي دور الأنزيم Cas 9 المرتبط مع جزيئة RNA، حيث يقوم بقطع تسلسل المورثة ويقوم بإزالة قطعة من تسلسل المورثة المستهدفة ومن ثم تعمل الخلية على إصلاح القطع وتستخدم جزيئة RNA كأساس لبناء التسلسل من جديد ومن خلال التحكم بتسلسل RNA يمكن إدخال التعديلات المطلوبة للمورثة المستهدفة.

- **ماهي ميزات هذه التقنية؟**

هذه التقنية تمتاز بالدقة و القدرة النوعية على التعديل الوراثي، فقد استخدمت في أبحاث على الأمراض الوراثية لتعديل الطفرات المسببة للمرض و استخدمت في الأمراض الفيروسية المستعصية مثل الإيدز حيث استخدمت التقنية لإكساب الخلية مناعة تجاه الفيروس المسبب للإيدز. واستخدمت في تعديل الأجنة البشرية وصولاً إلى إدخال طفرات إلى الخلايا لتكوين نماذج خلوية لدراسة السرطان.

- **كيف تجري هذه التقنية؟**

لإيصال المركب الأنزيمي CRISPR-Cas9 إلى داخل الخلايا لتقوم بعملها في التعديل الوراثي، فإنه يتم إدخال DNA على داخل الخلايا و هناك يتم تصنيع جزيئات RNA و جزيئات الأنزيم، ويتشكل المركب داخل الخلايا ثم يتجه إلى النواة ليقوم بعمله، و بالتالي تستخدم الخلايا كمصانع للمركب CRISPR-Cas9، وتكمن مشكلة هذه الطريقة بضعف التحكم بتصنيع هذه الجزيئات.
لذلك ظهرت فكرة إيصال المركب الأنزيمي CRISPR-Cas9 الجاهز بدلاً من جزيئات DNA المصنعة له، و تم البحث عن حوامل تستطيع حماية المركب و إيصاله إلى داخل نوى الخلايا.
وهنا تكمن الفكرة الجديدة في هذا البحث، لتحقيق هذا الأمر استخدم فريق البحث كرات بحجم النانو مصنوعة من خيوط DNA ملتفة بشكل كرة من الخيوط وتمتاز هذه الكرة بأنها مكونة من DNA الموجود بشكل طبيعي ضمن الخلايا، و بما أن المركب الأنزيمي CRISPR-Cas9 يحوي جزيئات RNA، فقد تم تصميم خيوط DNA بحيث ترتبط بشكل جزئي مع جزيئات RNA، مما يكسب المركب

ثباتيه ضمن الحوامل النانوية و تغلف هذه الكرات بطبقة من البوليميرات المشحونة إيجاباً و لكونها نانوية فإنها تلتقط من قبل الخلايا و تدخل إلى داخل الخلايا و تتجه إلى النواة و تتحرر المعقدات الأنزيمية و تعدل المورثات المطلوبة.

و لاختبار نظام التوصيل قام العلماء بمعالجة خلايا سرطانية و فئران مصابة بالسرطان بالمركب الأنزيمي المحمل بهذه الحوامل، حيث تم استهداف خلايا سرطانية تقوم بالتعبير عن بروتين متألق، و عندما ينجح نظام التوصيل يتم تعديل المورثة المسؤولة عن إنتاج البروتين المتألق و يتوقف تألق الخلايا و بعد إجراء التجربة توقفت أكثر من ثلث الخلايا عن التعبير البروتين المتألق مما يؤكد نجاح توصيل معقدات التعديل الوراثية لهذه الخلايا.

3- المخاطر المحتملة للتكنولوجيا النانوية

Potential Risks of Nanotechnology

قد تدخل الجسيمات النانوية جسم الإنسان في أربعة طرق رئيسية:

-من خلال الاستنشاق.
-الابتلاع.
-الامتصاص من الجلد.
- والحقن المتعمد أثناء العمليات الطبية.

عند دخول الجسيمات النانوية إلى جسم الإنسان، فلهذه الجسيمات درجة عالية من التنقل حيث أنها صغيرة الحجم في بعض الحالات، يمكن للجسيمات النانوية عبور الحاجز الدموي الدماغي. وبالتالي فإن الخطر المحتمل على الإنسان والحيوانات لا ينبغي إهماله بقايا الجسيمات النانوية من الصعب جداً أن يتم مسحها بعيداً بواسطة طرق الشطف الشائعة حقن النانو أكسيد الزنك أظهرت آثار خفيفة على كبد وكلى ووظيفة القلب لذكور الفئران.

4- الخلاصة Conclusion

أصبحت ممارسات الزراعة التقليدية غير كافية على نحو متزايد، مقترنة بزيادة الطلب عليها وخاصة على النظام البيئي الأرضي يعد اعتماد التكنولوجيات الجديدة أمراً حاسماً إذا كان الهدف زيادة الإنتاج ليتناسب مع متطلبات الغذاء، العلف والألياف. تضمن تقنية النانو حل في:

- تحسين كفاءة استخدام المغذيات من خلال التصنيع النانوي للأسمدة.
- كسر الغلة والحواجز التغذوية النوعية من خلال التكنولوجيا الحيوية.
- مراقبة ومكافحة الآفات والأمراض.
- فهم آلية التفاعلات الطفيلية المضيفة على المستوى الجزيئي ، ... الخ.

5- التوصيات Recommendations

1- هناك حاجة ملحة للتدريب على الموارد البشرية على تكنولوجيا النانو، سواء أثناء الخدمة أو خلال الدراسة .

2- توفير التمويل اللازم لدعم استخدام التقانات النانونية.

3- توفير التمويل اللازم لدعم بحوث النانو، وأساليب تطوير استخدامها.

4- دعم المزيد من الدراسات لتجنب الآثار السلبية على الإنسان والنبات والحيوان.

بحوث التقانات الحيوية والحديثة

في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي

مقدمة

أُسس المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في عام 1968 في دمشق بالجمهورية العربية السورية، وهو منظمة عربية متخصصة تعمل ضمن إطار جامعة الدول العربية، بهدف توحيد الجهود القومية لتطوير البحوث الزراعية في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وتدريب الفنيين الزراعيين العرب على نحو يمكّن من الاستفادة من ثمار التقدم العلمي ، إضافة الى نقل وتطوير وتوطين التقانات الزراعية الحديثة بغية زيادة الإنتاج الزراعي في الدول العربية.

ومنذ نشأته اهتم المركز العربي بالأبحاث التطبيقية واستخدام أحدث التقانات العلمية في بحوثه ومشاريعه التنموية، ولهذا أنشأ المركز العربي "أكساد" محطات بحوث حقلية متطورة وسلسلة من المخابر الحديثة حسب المعايير الدولية تعمل في مواضيع التقانات الحيوية لتحديد مواقع الجينات المسؤولة عن توريث الصفات ذات الأهمية الاقتصادية، ورسم خرائط القرابة الوراثية بين مختلف التراكيب الوراثية إضافة الى زراعة الأنسجة في الزيتون والنخيل واستخدام الفطور والبكتريا في إجراء العدوى الاصطناعية لمكافحة الآفات الحشرية والأمراض النباتية، بالإضافة الى أعمال تهدف الى تغيير التركيبة الوراثية للكروموزومات والجينات في خلايا القمح من أجل الحصول على صفات إنتاجية ونوعية تسهم في زيادة الغلة، ويتم باستمرار تحديث هذه المخابر بأحدث الأجهزة والمعدات لمواكبة التقدم العلمي.

بحوث البيولوجيا الجزيئية في أكساد

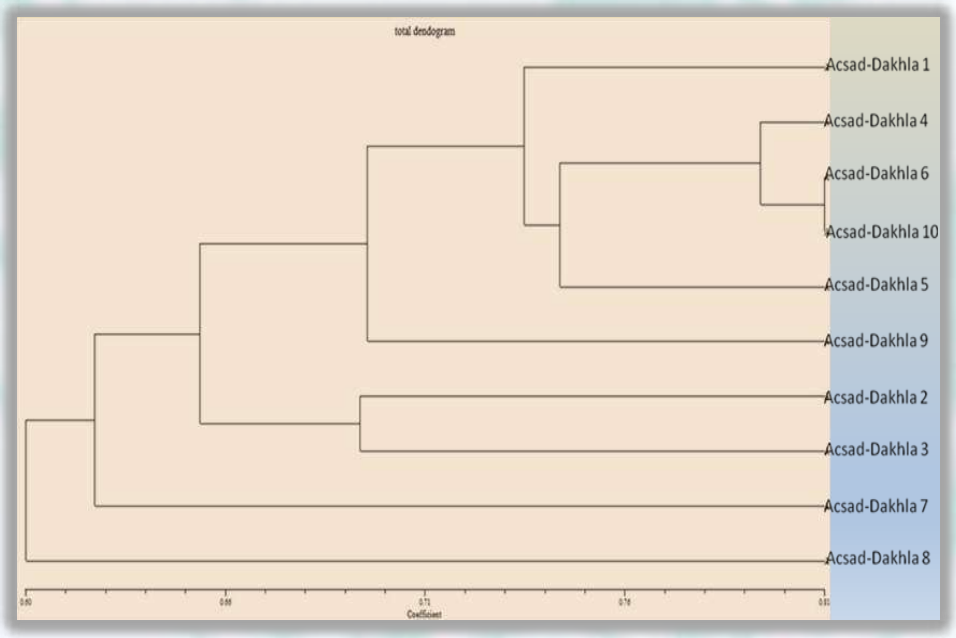
أنشأ أكساد وحدة التقانات الحيوية، التي تهتم بأبحاث البيولوجيا الجزيئية فيما يتعلق بالأحماض النووية (DNA وRNA) بشكل رئيسي وتنفذ فيها بحوث في غاية الأهمية وهي:

1- التوصيف الجزيئي لسلالات نخيل التمر المنتخبة في جمهورية مصر العربية:

يعد النخيل (Phoenix dactylifera) من المحاصيل الاستراتيجية في المنطقة العربية نظراً لتحمله لظروف الإجهاد البيئي في المناطق الجافة وشبه الجافة، السائدة في معظم المنطقة العربية، ولقيمته الغذائية الاقتصادية العالية لتموره.

ولذلك تبنى "أكساد" تنفيذ عدة مبادرات علمية ونفذ مشاريع تنموية تعنى بالنخيل على مستوى المنطقة العربية ، وأحدث برنامجاً خاصاً بالنخيل، ومن خلال هذا البرنامج تم انتخاب عشر سلالات بذرية متميزة في جمهورية مصر العربية، ولضمان حقوق ملكية المصادر الوراثية لهذه السلالات فقد تم تنفيذ هذا المشروع.

تم استخدام أربع تقنيات متنوعة لتوصيف وتسجيل هذه السلالات وهي: (RAPD, ISSR, SSR, f-AFLP). وتم الحصول على شجرة قرابة وراثية بين السلالات المدروسة وكذلكتحديد الحزم الفريدة التي تميز كل سلالة عن الأخرى (شكل 1):



الشكل (1) شجرة القرابة الوراثية لعشر سلالات من النخيل بحسب RAPD، ISSR، SSRf-AFLP مجتمعة

وكذلك تم تطبيق تقنية DNA Barcoding ودراسة التتابعات النيوكلوتيدية Sequencing وتسجيل هذه التتابعات للسلالات في قاعدة البيانات الوراثية العالمية NCBI كسلالات مصرية بإسم أكساد بتسلسل من 0 إلى 10 (جدول1):

(1) أرقام تسجيل السلالات المصرية المنتخبة Accession numbers المعتمدة لدى قاعدة البيانات الوراثية العالمية NCBIGeneBank

Type	Accession Number			
	matK.sqn	*rbcL*.sqn	*rpoC*.sqn	*ycf5*.sqn
Acsad_Dakhla1	MH057616	MH057626	MH057636	MH057646
Acsad_Dakhla2	MH057617	MH057627	MH057637	MH057647
Acsad_Dakhla3	MH057618	MH057628	MH057638	MH057648
Acsad_Dakhla4	MH057619	MH057629	MH057639	MH057649
Acsad_Dakhla5	MH057620	MH057630	MH057640	MH057650
Acsad_Dakhla6	MH057621	MH057631	MH057641	MH057651
Acsad_Dakhla7	MH057622	MH057632	MH057642	MH057652
Acsad_Dakhla8	MH057623	MH057633	MH057643	MH057653
Acsad_Dakhla9	MH057624	MH057634	MH057644	MH057654
Acsad_Dakhla10	MH057625	MH057635	MH057645	MH057655

2- الفستق الحلبي (Pistacia vera):

شجرة فريدة تمتاز بتحملها العالي للجفاف ومحصولها ذو قيمة اقتصادية عالية،ولثمارها قيمة غذائية جيدة، إذ تحتوي على نسبة مرتفعة من الزيت والبروتين، فضلاً عن احتوائها على السكريات والأملاح.

قام المركز العربي "أكساد" بدراسة التوصيف الشكلي والجزيئي باستخدام تقنية ISSR لبعض أصناف الفستق الحلبي السورية والتونسية. حيث تم اختيار ثلاثة أصناف سورية (عاشوري وباتوري وباتوري ازرع)، وثلاثة أصناف من تونس (ماطر وقيثار ومكناسي)، استخدمت في هذه الدراسة 18 بادئة مختلفة، نتج عن هذه الدراسة شجرة قرابة وراثية ومظهرية كما يلي (شكل 2):

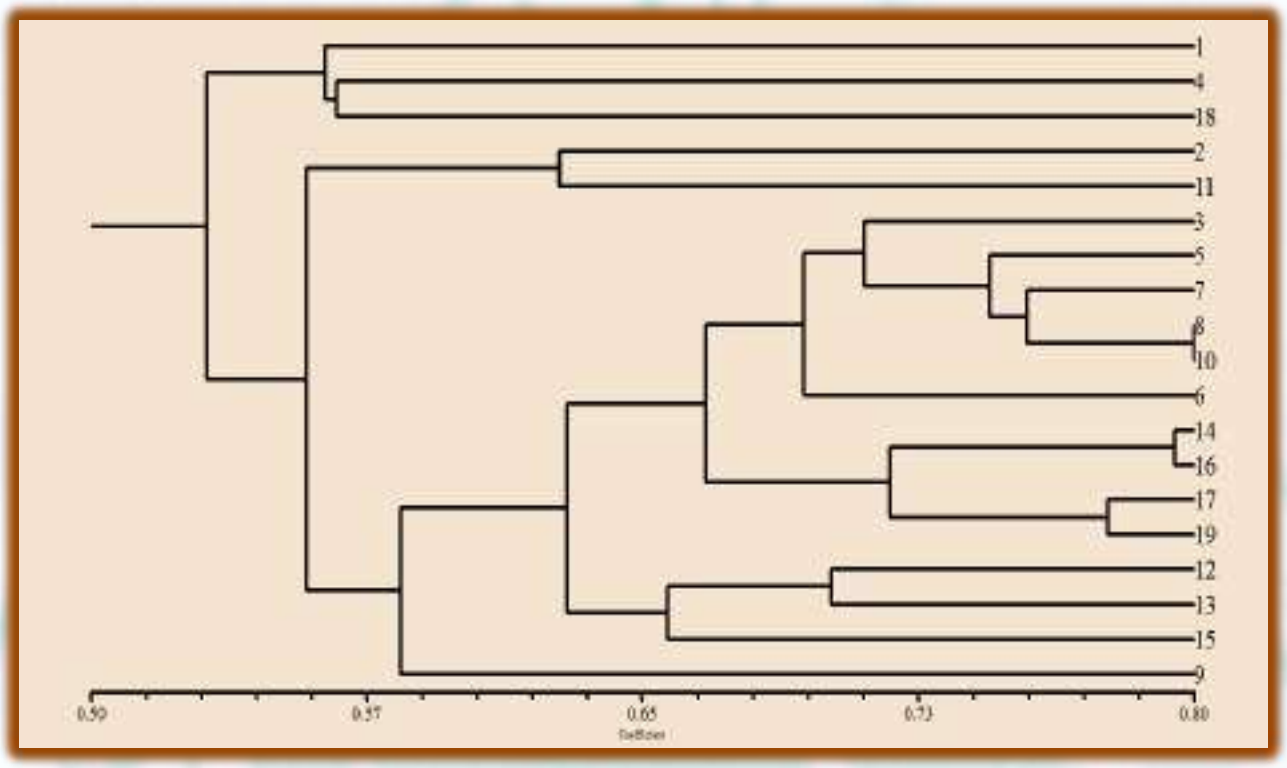
الشكل (2) درجة القرابة الوراثية والمورفولوجية لـ 6 أصناف من الفستق الحلبي باستخدام تقنية ISSR

3- دراسة درجة القرابة الوراثية في سلالات القمح:

يعد القمح أهم محاصيل الحبوب الاستراتيجية في العالم، وهو الغذاء الأساسي للإنسان، ويقسم القمح الى نوعين أساسيين هما: القمح الطري والقمح القاسي.

يهتم المركز العربي بشكل خاص بمحصول القمح حيث يقوم المركز ببحوث ومشاريع واسعة النطاق في مجال التربية واستنباط الأصناف، وينتج عنها سنوياً سلالات جديدة متفوقة بالإنتاج متحملة للإجهادات الجفاف والملوحة، ويتم تزويدمراكز البحوث الزراعية في الدول العربية بهذه السلالات الواعدة لتجريبها واعتمادها، حيث تم حتى الان اعتماد أكثر من 25 صنفاً من القمح في الدول العربية. وقد استفاد المركز العربي من التقانات الحيوية في رفع كفاءة برامج التربية وتقليص المدة الزمنية اللازمة لاستنباط الأصناف.

1-2- القمح الطري(Triticum aestivum): تمت دراسة 19 سلالة من القمح الطري ضمن برنامج التربية الخاص بالمركز العربي، حيث تم تطبيق تقنية ISSR باستخدام 20 بادئة متخصصة للقمح لدراسة القرابة الوراثية بين السلالات، وكانت النتائج كما في شجرة القرابة الوراثية التالية (شكل 3):



الشكل (3) شجرة القرابة الوراثية لـ 19 سلالة من القمح الطري باستخدام تقنية ISSR

ومن خلال هذه الدراسة استطاع مربوا القمح تحديد واختيار السلالات المتباعدة وراثياً لاستخدامها كآباء لضمان الحصول على قوة الهجين في الأجيال التالية، لتوفير الجهد واختصار أعداد التهجينات.

2-2- القمح القاسي (Triticum durum): تم دراسة 19 سلالة من القمح القاسي ضمن برنامج التربية الخاص بالمركز العربي، حيث تم تطبيق تقنية ISSR باستخدام 20 بادئة متخصصة للقمح لدراسة القرابة الوراثية بين السلالات.

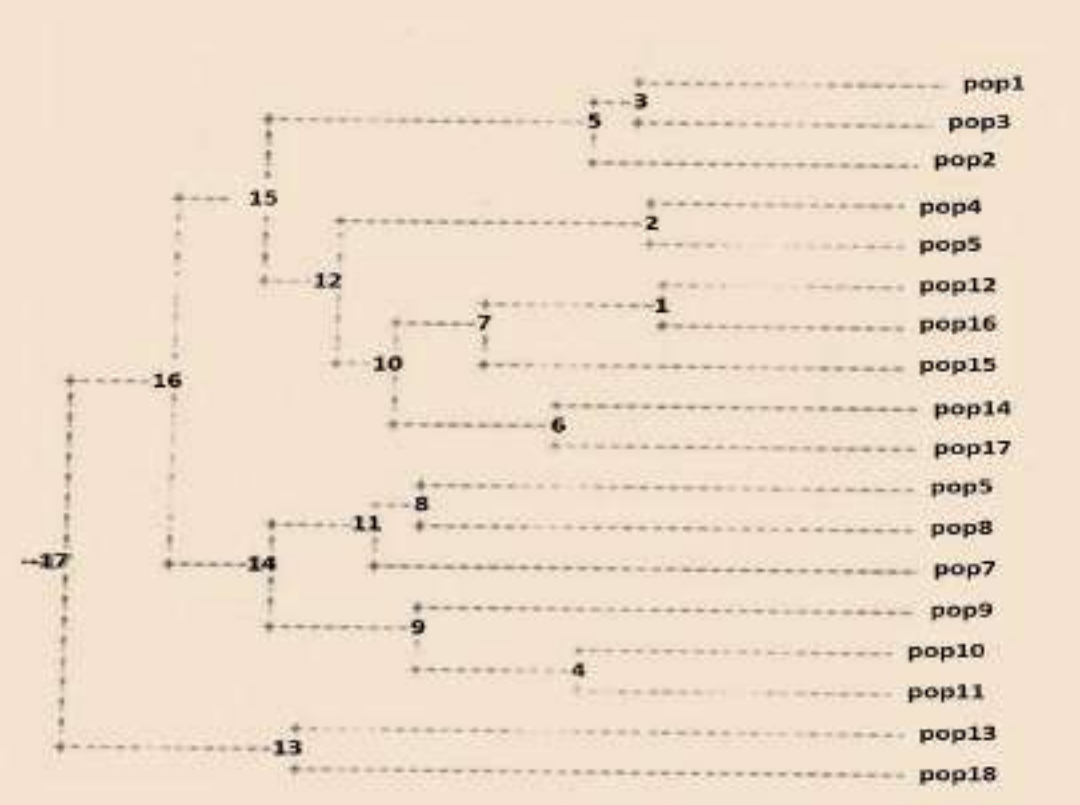
4- الشعير (Hordeum vlgare):

يعد محصول الشعير من المحاصيل الاستراتيجية المهمة في المنطقة العربية، ويستخدم بشكل عام كمحصول علفي لقيمته الغذائية العالية، وقد نجح التعاون العلمي بين أكساد ومراكز البحوث الزراعية العربية في اعتماد أكثر من 10 أصناف جديدة عالية الغلة من الشعير تزرع على نطاق واسع في المنطقة العربية.

وبهذا الصدد تم إجراء البحوث التالية على هذا المحصول:

3-1- تحديد درجة القرابة الوراثية لثماني عشرة سلالة من الشعير:

حيث تم انتخاب 18 سلالة مبشرة من الشعير ناتجة عن برنامج تربية الشعير لدى أكساد، وذلك لدراسة درجة القرابة الوراثية بين هذه السلالات، بتقنية ISSR باستخدام 16 بادئة مختلفة، وتمثلت نتائج هذا البحث بشجرة القرابة الوراثية التالية (شكل 4):



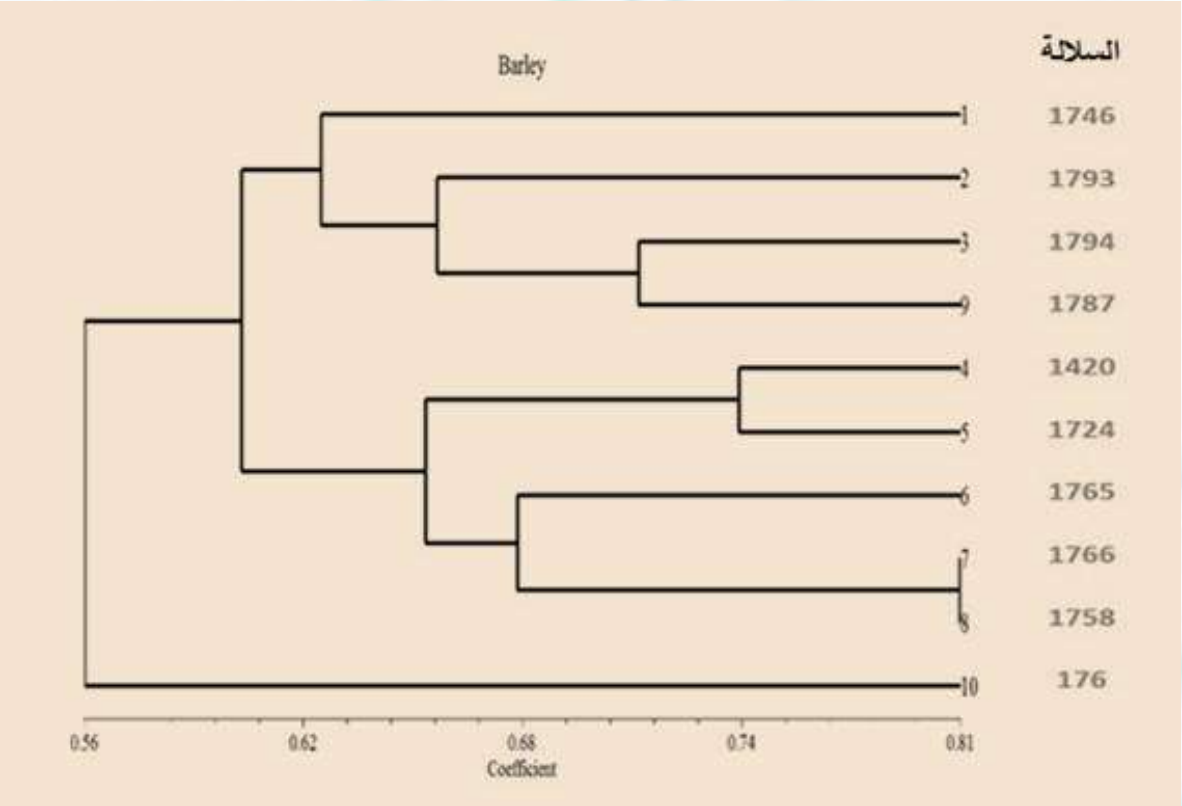
الشكل (4) درجة القرابة الوراثية لـ 18 سلالات من الشعير باستخدام تقنية ISSR

3-2- تقييم استجابة بعض السلالات المبشرة من الشعير تحت ظروف الزراعة المطرية:

تمت الدراسة على عشر سلالات من الشعير المستنبطة من برنامج تربية الشعير لدى أكساد، واشتملت على:

- **تحديد درجة القرابة الوراثية باستخدام تقنية ISSR:**

نتج عن هذه الدراسة شجرة قرابة وراثية تحدد درجة التباعد الوراثي بين السلالات العشر المدروسة، كما يلي (شكل 5):



الشكل (5) درجة القرابة الوراثية لـ 10 سلالات من الشعير باستخدام تقنية ISSR

ويستخدم مربو الشعير في أكساد هذه النتائج لاختيار السلالات المتباعدة وراثياً كآباء لإدخالها في برامج التربية والتحسين الوراثي للحصول على قوة الهجين والتسريع بعمليات استنباط أصناف جديدة من الشعير.

- **الكشف عن مورثات تحمل الجفاف بتقنية SSR:**

وذلك باستخدام بادئات متخصصة للكشف عن الجينات DREP وDehydrin المسؤولة عن تحمل الجفاف في الشعير، ويمكن تلخيص النتائج المتحصل عليها كما يلي (جدول 2):

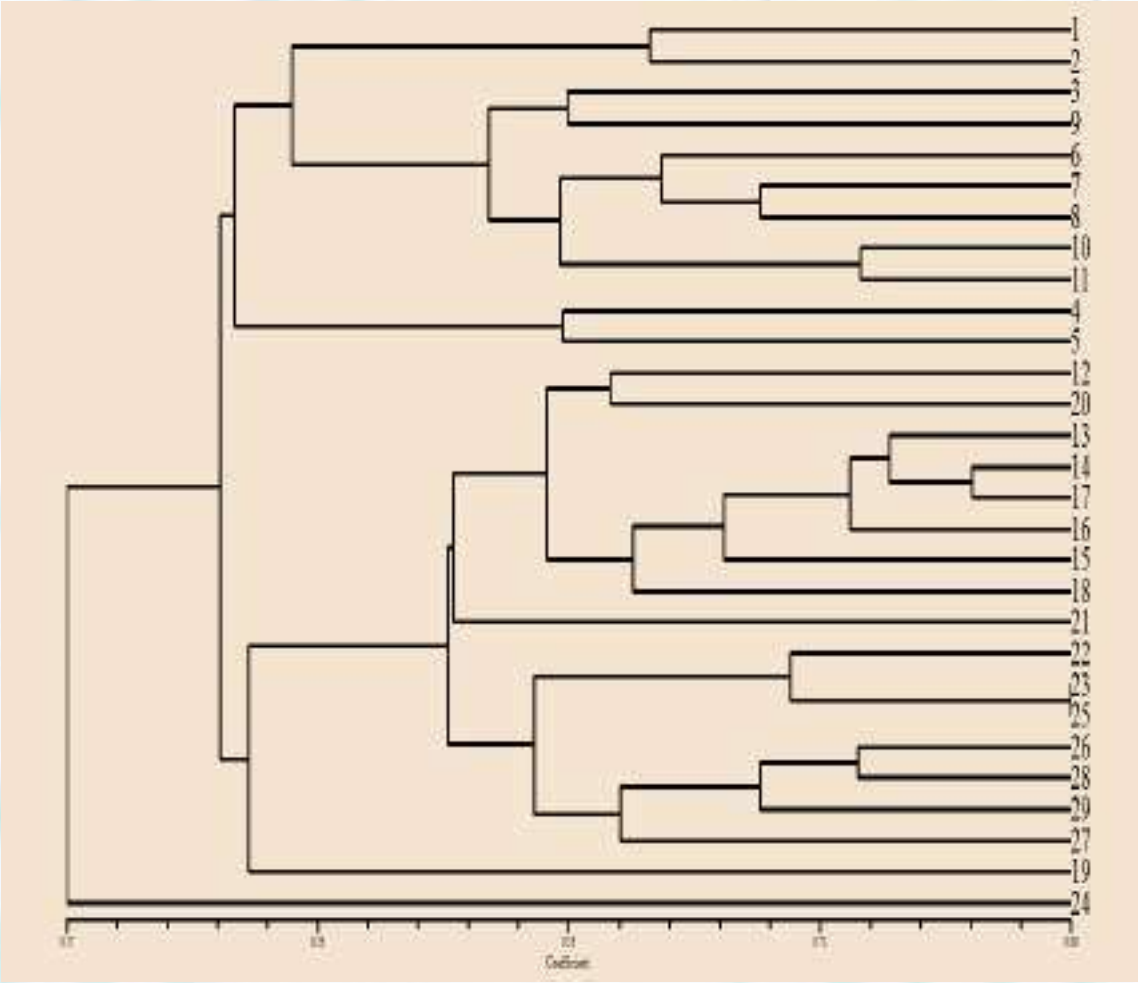
جدول (2) دراسة التباينات الأليلية لمورثات Dehydrinو DREPالمسؤولة عن تحمل الجفاف في أصناف الشعير

السلالة / المورثة	1746	1793	1794	1420	1724	1765	1766	1758	1787	176	المجموع
Deh 1	- -	AA BB	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	2
Deh 3	- - - - -	- - - DD -	AA BB - DD -	AA BB - DD -	AA BB - DD -	AA BB - DD -	AA BB - DD -	AA BB CC - EE	AA BB - DD -	- - - - -	23
DehD 6	- -	- -	AA BB	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	2
Deh D 7	- - CC	- BB -	- BB -	- BB -	- BB -	AA - -	AA - -	- BB -	- BB -	- BB -	10
Deh D 9	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	-	AA	9
Deh 10	- BB	- -	- -	AA -	- -	- -	AA -	AA -	AA -	- -	5
Deh 21	AA BB	AA BB	AA -	AA -	AA BB	- -	AA -	AA -	AA BB	- -	12
Deh 22	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	10
Deh 23	AA	-	-	AA	AA	AA	AA	AA	AA	-	7
Deh 26	AA BB	AA BB	- -	AA BB	AA BB	AA BB	AA BB	AA BB	AA BB	AA BB	18
Deh 25	AA BB CC DD	- BB CC DD	- CC -	- BB CC DD	- CC -	- BB CC DD	- - - -	- CC -	- BB CC DD	- BB CC DD	22
DREP 1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	10
DREP 2	-	AA	AA	AA	AA	-	-	-	AA	AA	6
DREP 4	AA BB -	AA BB CC	AA BB -	AA BBCC	AA BB CC	AA BBCC	- - -	AA BB -	AA BBCC	AA BBCC	24
DREP 6	-	-	-	AA	AA	-	-	-	AA	AA	4
DREP 8	AA -	AA BB	AA BB	AA -	AA BB	AA BB	AA BB	AA -	AA -	AA -	14
DREP 9	-	-	-	AA	AA	-	-	-	AA	-	3
المجموع	16	20	16	23	20	18	14	16	22	15	181

يتضح من الجدول أعلاه التباين في عدد الأليلات بين السلالات المدروسة وهذا يفيد مربي الشعير باختيار السلالات التي تحتوي على عدد أكبر من الأليلات كآباء تربية لقدرتها الوراثية العالية على تحمل الجفاف.

5- البيقية (*Vicia sativa*):

اهتم المركز العربي بدراسة وتربية المحاصيل العلفية المهمة كمحاصيل استراتيجية، وبهذا الصدد نفذ أكساد دراسة على 11 سلالة من آباء البيقية لتحديد درجة قرابتها الوراثية مع 18 هجيناً ناتجاً عن هذه الإباء، وكانت النتائج كما في الشجرة التالية (شكل 6):



الشكل (6) شجرة القرابة الوراثية لـ 11 سلالة من آباء البيقية وقرابتها الوراثية مع 18 هجيناً باستخدام تقنية ISSR

ومن خلال هذه الدراسة يستطيع المربي معرفة مصدر قوة الهجين سواء من الأب أو من الأم، وكذلك اختيار الآباء المناسبة للتهجينات القادمة، مما يوفر على المربي الكثير من الوقت والجهد واحتمالات التجريب.

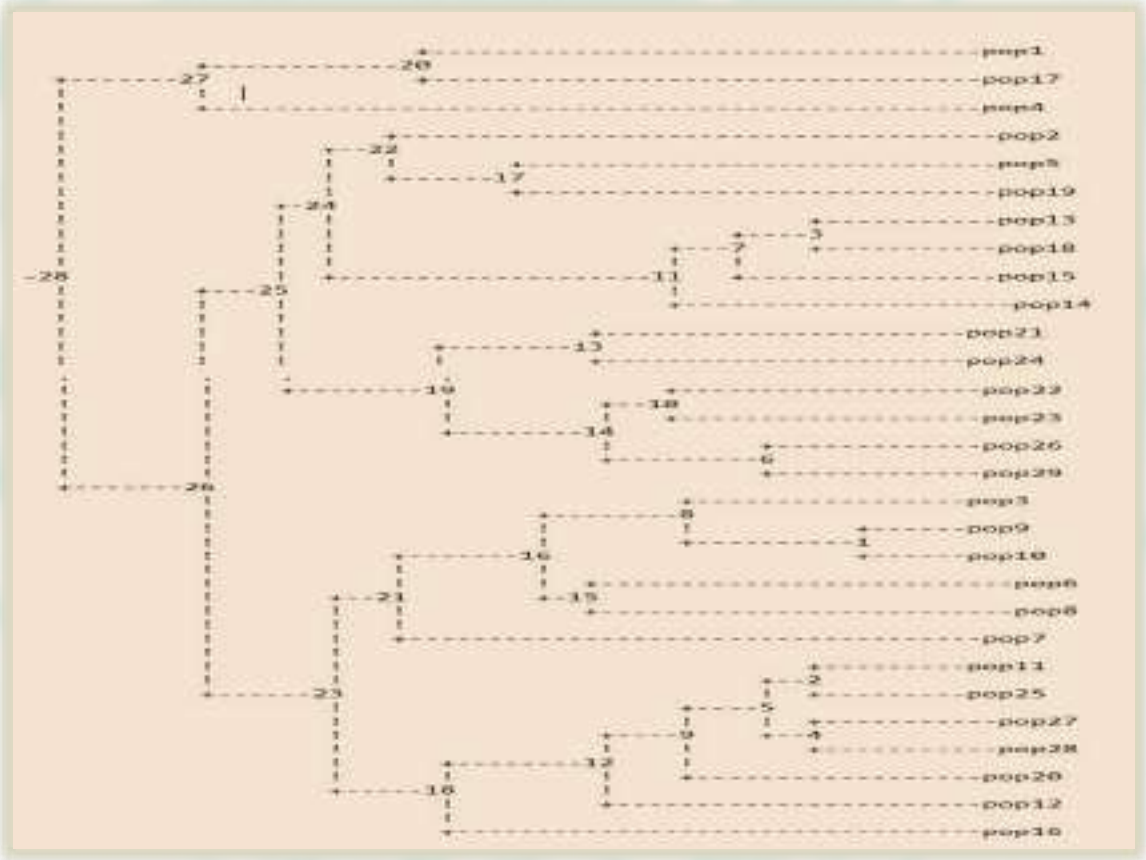
6- الذرة البيضاء (Sorghum bicolor):

تعد الذرة البيضاء من المحاصيل النجيلية المهمة في المنطقة العربية، وتنبع أهمية المحصول من كونه متحملاً للجفاف ومتعدد الاستعمالات، فهو محصول غذائي وعلفي وصناعي.

نفذ أكساد بحثين حول هذا المحصول هما:

- **دراسة درجة القرابة الوراثية لمجموعة من السلالات المبشرة المنتخبة من برنامج تربية الذرة البيضاء:**

تم في هذا البحث تطبيق تقنية ISSR على 29 سلالة منتخبة مبشرة باستخدام 16 بادئة مختلفة، ونتج من هذه الدراسة شجرة قرابة وراثية تحدد التباعد الوراثي بين السلالات المدروسة كما يلي (شكل 7)

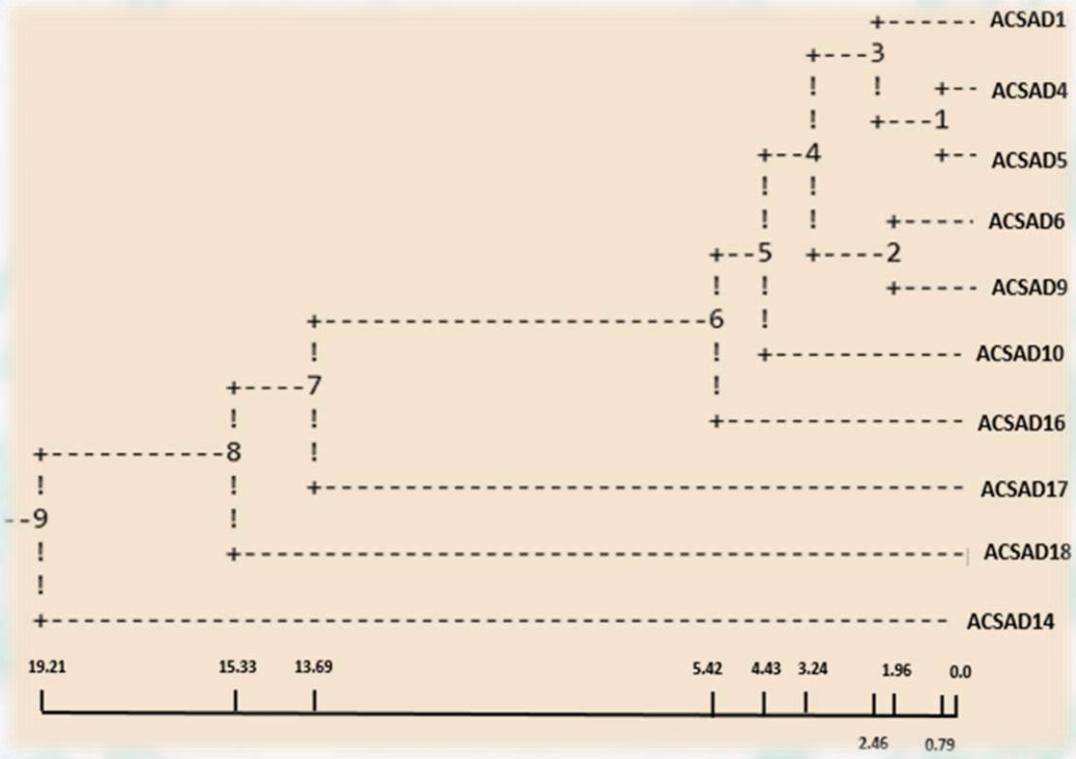


الشكل (7) شجرة القرابة الوراثية لـ 29 سلالة من الذرة البيضاء باستخدام تقنية ISSR

ومن خلال هذه الشجرة يستطيع مربو الذرة البيضاء اختيار السلالات التي ثبت انها الأبعد وراثياً لاستخدامها كآباء في برامج التربية للحصول على قوة الهجين.

- **دراسة المؤشرات الجزيئية لبعض الطرز الحديثة من الذرة البيضاء باستخدام تقنية ISSR:**

أجريت هذه الدراسة على 10 طرز وراثية مختلفة من الذرة البيضاء ناتجة عن برنامج التربية في أكساد، واستخدم لهذا الغرض 18 بادئة مختلفة نتج عنها شجرة القرابة الوراثية التالية (شكل 8):



الشكل (8) شجرة القرابة الوراثية لـ 10 طرز وراثية من الذرة البيضاء باستخدام تقنية ISSR

ومن خلال هذه الدراسة يمكن للمربي تجنب استخدام الطرز الوراثية المتقاربة وراثياً كآباء لعدم جدواها في برامج التربية.

7- التوصيف الجزيئي لأغنام العواس في الجمهورية العربية السورية:

تعد أغنام العواس ثروة وطنية في الجمهورية العربية السورية والدول المجاورة لها، وهذا المشروع مشترك بين المركز العربي اكساد والهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في الجمهورية العربية السورية.

وتتلخص اهداف هذا المشروع بما يلي:

- حصر الاصول الوراثية ودراسة التنوع البيولوجي الطبيعي لأغنام العواس.
- رسم شجرة القرابة الوراثية لاختيار العروق المناسبة للتحسين الوراثي.
- تقسيم أغنام العواس الى مجموعات وراثية.
- استخدام المعلوماتية الإحيائية Bioinformaticsلإعداد قاعدة بيانات وراثية لتلك المجموعات الوراثية.

قطع فريق العمل شوطاً كبيرا في هذا العمل ومن المتوقع الحصول على النتائج النهائية خلال عام.

8- تحديد درجة القرابة بين الماعز الشامي والماعز النوبي من خلال دراسة البصمة الوراثية والكشف عن مورثات الإنتاجية والمقاومة للأمراض باستعمال تقانات ISSR وSSR:

يُعد الماعز مكوناً مهماً في اقتصاديات الثروة الحيوانية في الدول العربية وتنتشر تربيته بشكل واسع في المنطقة العربية كونه صغير الحجم وقليل الاحتياجات الغذائية نسبياً وقدرته الكبيرة على التكيف في بيئات مختلفة وإنتاجه العالي من الحليب واللحم، ومن هذا المنطلق جاءت فكرة مشروع دراسة الصفات الوراثية للماعز الشامي في الجمهورية العربية السورية والماعز النوبي في جمهورية السودان، ويهدف هذا المشروع الى ما يلي:

- تحديد درجة القرابة بين الماعز الشامي والنوبي من خلال دراسة المواصفات الجزيئية ومدى الارتباط الوراثي بين كلا العرقين باستخدام تقنية ISSR.
- استخدام تقنية SSR في تحديد مورثات خاصة بالإنتاجية ومقاومة الامراض لدى كلا العرقين.
- استخدام المعلوماتية الإحيائية Bioinformaticsلإعداد قاعدة بيانات وراثية للماعز الشامي والنوبي.

وما زال هذا المشروع في مراحلها الأولى ومن المتوقع الحصول على النتائج النهائية خلال ثلاثة أعوام.

زراعة الأنسجة

انطلاقاً من أهمية زراعة الأنسجة النباتية ودورها في إكثار العديد من المحاصيل وتحسينها وراثياً، قام المركز العربي "أكساد" بإنشاء مخبر متطور لزراعة الأنسجة في دمشق مجهزاً بأحدث التجهيزات لتعزيز القدرة العلمية والبحثية في أكساد، ولتنمية القدرات للكوادر العلمية العربية في مجال استخدامات تقنيات زراعة الأنسجة، ويقوم هذا المخبر حاليا بتنفيذ عدة بحوث ذات أهمية تطبيقية كبيرة للدول العربية.

1- الإكثار النسيجي للنخيل:

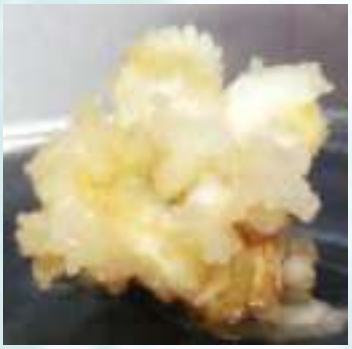
نتيجة للتوسع بزراعة النخيل في الدول العربية وما تعانيه هذه الزراعة من ضغوط حيوية ناتجة عن الآفات التي تهدد هذه الزراعة مثل مرض البيوض وحشرة سوسة النخيل الحمراء، فقد زاد الطلب على فسائل أصناف النخيل المميزة والموثوقة. ونظراً لبطء طريقة الاكثار التقليدية وقلة عدد الفسائل التي تعطيها النخلة، وصعوبة تداول الفسائل بالطريقة التقليدية خشية نقلها للأمراض والآفات الحشرية، ازداد الطلب على الفسائل النسيجية التي هي أكثر أماناً للحصول على فسائل قوية النمو من أصناف موثوقة مطابقة للنبات الأم، سليمة وخالية من الأمراض والحشرات.

يستخدم في إكثار النخيل بالأنسجة طريقتان: الأولى بالتعضي (Organogenesis) للحصول على نبيتات من البراعم دون المرور بمرحلة تشكل الكالوس، بإعطاء نبيتات مطابقة للنبات الأم تطورت مباشرة من النسيج الميرستيمي، ولكنها قليلة الإنتاج وتحتاج لزمن أطول بالمقارنة مع الطريقة الثانية وهي التشكل الجنيني (Embryogenesis) التي تمر بمرحلة تشكل الكالوس ومن ثم إنتاج أعداد كبيرة من النبيتات بفترة قصيرة. وتستخدم في مخبر أكساد حالياً طريقة التشكل الجنينيالمكونة من المراحل التالية:

- **تحضير الجمارة والتطهير السطحي**: تم بعناية نزع الكرب حتى الوصول إلى جزء صغير مغلف بقواعد الأوراق الحديثة ذات اللون الأبيض الناصع (القمة النامية)،وغُسل بالماء الجاري وعُقم بمبيد فطري ثم حُفظ في محلول أسيد ستريك أو أسكوربيك، لوقت التطهير السطحي بهيبوكلوريت الكالسيوم تلا ذلك غسيل بالماء المقطر والمعقم والحاوي على أسيد أسكوربيك.

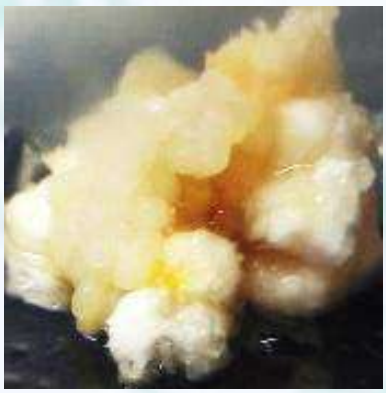
الشكل (1) مراحل تحضير الجمارة (البرعم الطرفي) للزراعة النسيجية

- **مرحلة الزراعة الأولية التحريضية (Initiation)**: تم زراعة المنفصلات بعد تطهيرها على وسط غذائي يحتوي على منظمات نمو تشجع إنتاج الكالوس، وأعيدت الزراعة كل 3 أسابيع حتى بداية تشكل الكالوس في الظلام.



الشكل (2) الزراعة الأولية ومراحل تشكل الكالس في المرحلة التحريضية (Initiation)

- **مرحلة تشكل الكالوس الجنينية (Embryogenesis):** تم زراعة الكالوس الناتجة عن المرحلة السابقة على وسط مغذٍ يحتوي على منظمات نمو تشجع تحول الكالوس إلى كالوس جنيني.



الشكل (3) تطور الكالوس الجنيني

- **مرحلة التمايز (Differentiation):** حيث نمت وتطورت الأنسجة الجديدة، مع تطور الكالوس وازدياد أعداد الأجنة، بعد نقل الزراعات لعدة مرات حتى تشكل الأجنة بشكل جيد.

الشكل (4) تطور الأجنة وإعطاء النموات في المرحلة الثالثة (Differentiation)

- **مرحلة التجذير (Rooting):** تم فيها نقل النموات جيدة التطور الناتجة عن الأجنة إلى وسط غذائي جديد يحتوي على منظمات نمو تشجع على التجذير للحصول على نبيتة نخيل كاملة التطور.

الشكل (5) تجذير النموات الناتجة عن الأجنه

- **التقسية (Acclimatization):** تم نقل الفسائل النسيجية إلى أصص خاصة تحتوي على خلطة زراعية ملائمة وتغطيتها بالنايلون لحفظ الرطوبة في المرحلة الأولى ثم وضعت في بيت محمي لتتم العناية بها وتصبح جاهزة للزراعة خارجيا في البستان.

النتائج:

- أفضل موعد للزراعة الأولية هي خلال الربيع والصيف.
- التوقف عن الزراعة الأولية خلال الخريف والشتاء بسبب ازدياد نسبة التلوث البكتيري ونسبة الاسمرار نتيجة خروج المواد الفينولية.
- تم الحصول على نباتات مجذرة كاملة (فسائل نسيجية) وبنسبة تجذير مبدئية 48%.

2- الإكثار النسيجي لصنف الزيتون كلاماتا:

صنف زيتون المائدة اليوناني (Kalamata) مطلوب عالمياً، نظراً لإنتاجه الغزير وجودة زيته، لكنه يعاني من صعوبة الإكثار التقليدي بالعقلة الغضة. لذلك تباع غراسه بأسعار عالية مقارنة بأسعار غراس الأصناف الأخرى. بالمقابل تعد تقانات زراعة الأنسجة طريقة بديلة للطرق التقليدية في الإكثار الخضري.

تكونت عملية الإكثار من المراحل التالية:

- **الزراعة الأولية:**

هدفت هذه المرحلة إلى تحديد بروتوكول التطهير، وكذلك الحد من خروج المادة الفينولية (الاسمرار)، وتأثير أنواع البيئات في النسبة المئوية للبرعمة. ويعد نجاح هذه المرحلة من أهم محددات نجاح مراحل الإكثار اللاحقة.

الشكل (6) مرحلة الزراعة الأولية والبرعمة

النتائج:

- التوصل لبروتوكول تطهير المادة النباتية والحد من خروج المادة الفينولية، حيث بلغت نسبة نجاح التطهير 85% من خلال استخدام مادة هيبوكلوريت الصوديوم تركيز2.4%.
- تبين أن حمض الأسكوربيك هو الأكثر فعالية كمانع أكسدة وأعطى نسبة عالية من العينات الخضراء بلغت 76%.
- أفضل موعد لأخذ العقل في الربيع والصيف وتقل نسبة النجاح وزيادة الفينول في الخريف.
- أفضل أوساط الزراعة كان وسط Mo وأعطى أعلى نسبة برعمه.

3- التحسين الوراثي للقمح بزراعة الأنسجة:

يهتم المركز العربي "أكساد" بتطوير تقانات حديثة تتيح استنباط طرز وراثية من القمح تتميز بتحملها العالي للجفاف وتسهم في خفض الزمن اللازم لاستنباطها، وضمن هذا الإطار تم استخدام تقانة زراعة الأنسجة لتحقيق هذا الغرض، وذلك بتنفيذ بحث حول:

انتخاب طرز من القمح متحملة للإجهادات اللا إحيائية باستخدام تقانة زراعة الانسجة النباتية

يهدف إلى:

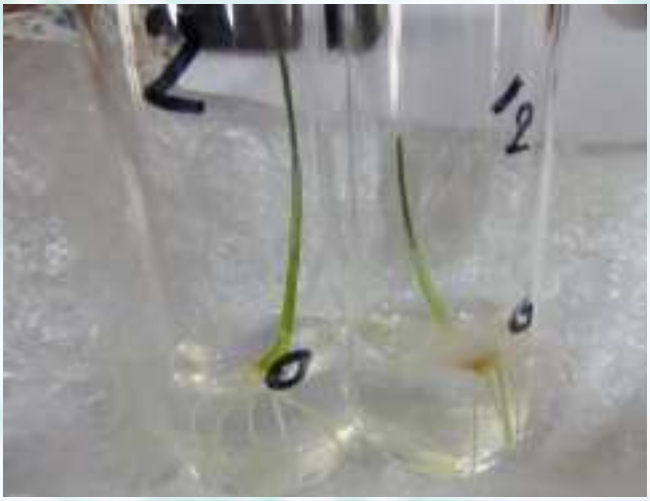
- تحديد الوسط الأمثل لاستحداث الكالوس من جنين البذرة (Embryo culture).
- تحديد التراكيز المثلى من مادة Sorbitol لانتخاب خلايا الكالوس المتحملة للجفاف.
- إجراء دورات الانتخاب على المستوى الخلوي.

تم تعقيم بذور أصناف من القمح بالمطهرات الكيميائية، وبالتطهير السطحي تحت جهاز العزل الجرثومي، ثم زرعت على البيئات المغذية المحتوية على العامل المجهد، وحضنت في غرف النمو على درجة حرارة 24 درجة مئوية وإضاءة 6000 لوكس ورطوبة 80%.

تركت الزراعات لمدة أسبوعين لتسجيل مؤشرات: نسبة الانبات - سرعة الانبات - طول النموات - عدد الجذور.

وبنهاية هذه المرحلة تم الاختيار المبدئي للأصناف الأكثر تحملا للعامل المجهد (شكل 1 و2).

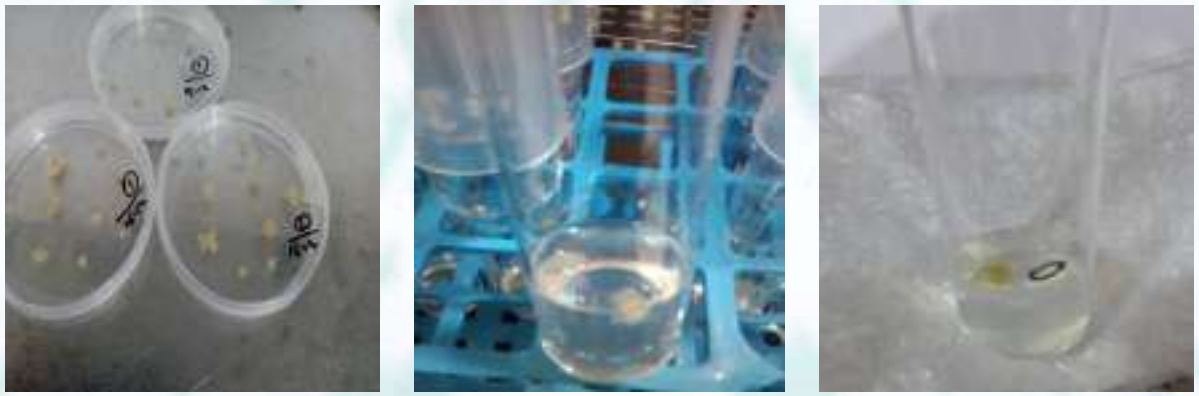
الشكل (1) التعقيم السطحي



الشكل (2) تقييم البادرات

تم بعد ذلك استئصال الأجنة والنموات الجنينية وزرعت على بيئة استحداث الكالوس التي تتكون من بيئة MS مضافاً إليها 7 غ آغار و30 غ سكروز ومضافاً إليه تراكيز من الأوكسين 2,4-D، وتراوحت درجة حموضة الوسط بين 5.5 – 5.8 وتمت عملية التحضين في الظلام تحت درجة حرارة 26 -24 م° ورطوبة نسبية 70%، وأخذت قراءات نسبة الكالوس المتشكل وحجم وصفات الكالوس.

تلا ذلك إكثار الكالوس المتشكل للبدء بتجارب الانتخاب المخبري باستخدام العوامل المجهدة بهدف الحصول على الطرز الوراثية ذات التحمل الأعلى للإجهاد المائي (شكل 3).



الشكل (3) تشكل الكالوس من الأجنة المزروعة (بعد 2 أسبوع)

ثم نقل الكالوس لتحديد مدى قدرته على التجدد، وتبين أن الوسط المحتوي على هرموني النفتالين أسيتيك أسيد والبنزيل أدنين كان جيدا لهذا الغرض (شكل 4).

الشكل (4) التشكل النباتي

وما يزال العمل مستمراً بغية التوصل إلى الأهداف الموضوعة.

إحداث الطفرات الاصطناعية في القمح (Triticum sp.)

تعد تقنية إحداث الطفرات اصطناعياً باستخدام الأشعة والمواد الكيميائية المتخصصة بإحداث الطفرات وسيلة فعالة لإحداث تغيرات وراثية في القمح، بما في ذلك التغيرات البنائية والكيميائية في الكروموزمات والجينات التي تؤدي إلى إحداث طفرات بأنواعها المختلفة (كروموزومية، كلوروفيلية، مورفولوجية، فسيولوجية، كيميائية وغيرها)، ونظرياً لا توجد صفة في القمح بمعزل عن حدوث طفرات فيها.

تعد الطفرات الطبيعية أهم محركات التطور الطبيعي للقمح الأمر الذي أدى الى وجود التنوع البيولوجي الكبير في القمح بأنواعه المختلفة، وتحدث بنسب ضئيلة جداً- تكاد لا تذكر- بفعل عوامل عديدة أهمها الإشعاع الكوني

والأرضي وطاقة الشمس و الاستقلابات الخلوية وتأثير عوامل كيميائية خارجية مختلفة، أما الطفرات الاصطناعية فيمكن إحداثها بنسب عالية جداً تحت تأثير الإشعاعات (النترونات- أشعة غاما- أشعة رونتجن وغيرها) والمواد الكيميائية المتخصصة وأهمها DES وNEU وNMU وSA.

ولتقانة إحداث الطفرات اصطناعياً في القمح تطبيقات غاية في الأهمية، ولا سيما في مجال استنباط تراكيب وراثية جديدة تحوي صفات ذات أهمية اقتصادية في الإنتاج الزراعي مثل كبر حجم السنابل وعدد الحبوب في السنبلة وقوة الساق وزيادة عدد الإشطاءات في النبات والتبكير في النضج ومقاومة الأمراض وغيرها.

حتى عام 2015 تم استنباط 3330 صنفاً من مختلف أنواع المحاصيل ونباتات الزينة في العالم، منها 286 صنفاً من القمح تزرع على نطاق واسع في العديد من الدول.

وبسبب الحاجة إلى تطوير أصناف جديدة من القمح باستمرار من أجل زيادة الإنتاج قام المركز العربي "أكساد" ببحوث تهدف الى تحديد قدرة أشعة غاما ومادة أزيد الصوديوم (NaN_3) على إحداث طفرات كروموزومية وكلورفيلية ومورفولوجية وفسيولوجية في صنفي القمح الطري (أكساد 901) والقمح القاسي (أكساد 1105)، للاستفادة منها في برامج تربية القمح واستنباط أصناف وطرز وراثية جديدة لها قيمة اقتصادية.

تمت دراسة نسب حدوث التغيرات البنائية الكروموزومية (Chromosome aberrations) مخبرياً، كذلك تمت دراسة نسبة حدوث الطفرات بالأشعة وبمادة أزيد الصوديوم في الحقل، ويلخص الجدول التالي النتائج المتحصل عليها:

نسب حدوث الطفرات الكروموزومية والكلوروفيلية والمورفولوجية الحقلية (%) في القمح

الصنف	المعاملة	% طفرات كروموزومية	% طفرات كلوروفيلية	% طفرات مورفولوجية
قمح قاسي (أكساد 1105)	شاهد	1.4±0.6	0	8±2.7
	NaN3* (مذاب في الماء المقطر)	0.8±0.5	7.9±1.5	27.7±2.5
	NaN3* (مذاب في محلول منظم حامضي)	2.8±0.7	7.7±2.8	27.5±4.7
	أشعة غاما (10 ألف راد)	59.3±3.2	11±4.2	22.2±5.6
	أشعة غاما (15 ألف راد)	61.8±2.5	16.7±14.1	—
قمح طري (أكساد 901)	شاهد	2.8±0.7	0	1.7±1.7
	NaN3* (مذاب في الماء المقطر)	2.7±0.8	2.7±1.2	28.1±3.3
	NaN3* (مذاب في محلول منظم حامضي)	5.4±1.3	3.8±1.1	24.4±2.4
	أشعة غاما (10 ألف راد)	77.4±2.4	0.9±0.6	31.6±3
	أشعة غاما (15 ألف راد)	89.5±1.8	—	—

* **0.003 مولر**

يبين الجدول نسب حدوث الطفرات الكروموزومية في خلايا صنفي القمح المعامل بالأشعة وبمادة أزيد الصوديوم إضافة للشاهد، حيث تبين أن مادة أزيد الصوديوم لها تأثير معتدل نسبياً في إحداث الطفرات الكروموزومية يتراوح من 0.8% الى 5.4% في حين أن نسبتها في الشاهد يتراوح من 1.4% الى 2.8%، وإن إذابة مادة أزيد الصوديوم في محلول منظم حامضي (PH=4) رفع قدرتها على إحداث الطفرات الكروموزومية حتى 5.4%، كما تبين أن أشعة غاما لها فعالية كبيرة في إحداث هذا النوع من الطفرات وبنسب تتراوح 59.3%-89.5%.

وتراوحت نسبة حدوث الطفرات الكلوروفيلية والتي تنتمي إلى أنواع (Albino- Chlorina- Xantha- Viridis- Tigrina- Steriata) في الجيل الثاني (M2) في الحقل من 2.7% الى 7.9% تحت تأثير مادة أزيد الصوديوم ومن 0.9% الى 16.7% بتأثير أشعة غاما، في حين أنه لم يسجل في الشاهد حدوث أي طفرات كلوروفيلية.

وبلغت نسب حدوث الطفرات المورفولوجية ومقاومة الأمراض بتأثير مادة أزيد الصوديوم في الحقل من 24.4% الى 27.7% ومن 22.2% الى 31.6% تحت تأثير أشعة غاما.

يمكن استنتاج أن القمح القاسي (2N=28) يعطي نسبة أعلى من الطفرات الكلوروفيلية مقارنةً بالقمح الطري (2N=42)، ولكن القمح الطري يعطي نسبة أعلى من الطفرات الكروموزومية والمورفولوجية.

النتيجة:

إن أشعة غاما بجرعة 10 كيلو راد، ومادة أزيد الصوديوم بتركيز 0.003 مولر تستطيعان إحداث طفرات ذات أهمية اقتصادية في القمح، لذلك من المفيد استخدام تقنية الطفرات الاصطناعية في برامج التربية لاستنباط السلالات الجيدة والتراكيب الوراثية الجديدة التي تسهم في زيادة إنتاجية القمح في المنطقة العربية.

المكافحة البيولوجية لحشرة سوسة النخيل الحمراء

تحتل أشجار النخيل مكانة مهمة في المنظومة الزراعية في المناطق الصحراوية والواحات، وبفضل مورفولوجيتها المتميزة تمكنت من التأقلم في هذه المناطق ذات المناخ القاسي، وتتعرض هذه الأشجار للإصابة بالعديد من الأمراض والحشرات الضارة التي تخفض الإنتاج حتى 35%، ومن أهم الحشرات سوسة النخيل الحمراء Rhynchophorus ferrugineus Olivier التي تسبب خسائر فادحة في أشجار النخيل حول العالم. وتخفض الإنتاج من 0.7 الى 10 طن/هكتار. تمتلك الحشرات الكاملة قدرة عالية على الطيران مما يمكنها من الانتشار السريع في مواقع جديدة.

ومن الممكن معالجة الإصابة في حال الكشف المبكر عنها باستخدام المبيدات الكيميائية، أما في حال الكشف المتأخر فلا جدوى من استخدام المبيدات الكيميائية وينتهي الأمر بموت الأشجار.

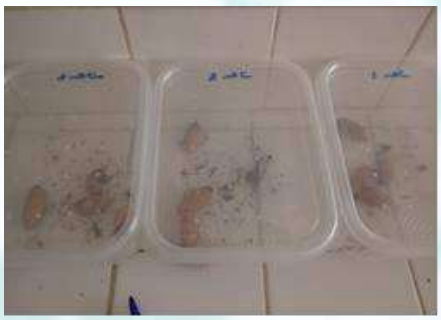
وبالرغم من الاستخدام المكثف للمبيدات الكيميائية لإيقاف الإصابة بالسوسة فإنه من الصعب إيصال المبيد إلى داخل جذوع الأشجار ليصل إلى اليرقات والبالغات ليقتلها، مما حث على البحث عن بدائل أخرى، تشمل هذه البدائل عدداً من عوامل المكافحة الحيوية مثل المفترسات والمتطفلات والكائنات الممرضة للحشرات (بكتريا، فطور، نيماتودا). وقد سجل العديد من الأعداء الحيوية لسوسة النخيل إضافة إلى الفطور الممرضة للحشرات. ويعد فطر بوفاريا *Beauveria bassiana* من الفطور الممرضة للحشرات، وهو حاليا قيد الدراسة المكثفة في أكساد كعامل مكافحة حيوية واعدة لحشرة السوسة الحمراء. ويمكن عزله من الحشرات والعناكب والتربة.تختلف الفطور الممرضة للحشرات عن غيرها من ممرضات الحشرات في قدرتها على غزو العائل عن طريق اختراق كيوتيكل الجسم لديها. وتعد سوسة النخيل إحدى عوائل هذا الفطر فقد أمكن عزله منها، وأظهرت هذه العزلات قدرة إمراضية عالية ضد هذه الآفة.

تم اختبار فاعلية تراكيز مختلفة من عزلة بالغات سوسة النخيل في سورية المصابة طبيعيا به مخبريا، حيث تم استخدام ثلاثة تراكيز من المعلق البوغي للفطر هي 10^8، 10^6، 10^4 على كل من يرقات العمر الثالث L3 والسابع L7 والحشرات البالغة عن طريق رشها بـ 5 مل من معلق الفطر باستخدام مرشة يدوية.

بينت النتائج أن الطور الثالث لليرقات هو الأكثر حساسية للإصابة بالفطر حيث بلغت نسبة الموت 100 و100 و85% لكل من التراكيز 10^8، 10^6، 10^4 على التوالي، في حين بلغت 90 و87 و58% للتراكيز نفسها على يرقات العمر السابع من السوسة وذلك خلال 7 أيام من بدء التجربة، أما البالغات فقد وصلت نسبة الموت خلال 14 يوماً من التجربة إلى 100 و83 و54% للتراكيز 10^8، 10^6، 10^4 على التوالي، في حين كانت نسبة الموت 0% في معاملة الشاهد لكل من اليرقات والبالغات.

عزلات من الفطر *B. bassiana*

المعلق البوغي من الفطر *B. bassiana*



يرقات سوسة النخيل (مكررات الشاهد)

يرقات سوسة النخيل (مكررات المعاملة بالفطر)

حشرات كاملة سوسة النخيل (مكررات الشاهد)

حشرات كاملة سوسة النخيل (مكررات المعاملة بالفطر)

العدوى الاصطناعية تجاه أهم أمراض الزيتون

تنتشر زراعة الزيتون في معظم الدول العربية، وهو محصول استراتيجي للأمن الغذائي فيها، كما يعتبر من المحاصيل التصديرية المهمة، لذلك أولى المركز العربي "أكساد" أهمية خاصة لهذا المحصول وأنشأ مجمعاً ورثياً يضم 103 أصناف، كما أقام محطة ومشتلاً خاصاً للزيتون لتزويد الدول العربية بالغراس التي تطلبها.

تواجه زراعة الزيتون مشاكل انتشار بعض الأمراض التي تؤثر على الإنتاج والنوعية.

لذلك اهتم أكساد بتنفيذ بحوث لمكافحة أهم الأمراض بالطرق البيولوجية (التوصل إلى تراكيب وراثية وأصناف أكثر تحملاً للضغوطات المرضية) بعيداً عن استخدام المبيدات.

1- دراسة رد فعل أصناف وطرز الزيتون المختلفة المنشأ إزاء مرض سل الزيتون المتسبب عن البكتريا *Pseudomonas savstanoi*.

تضمن العمل زراعة غراس 24 صنفاً من الزيتون في أكياس بلاستيكية وهي:

فرونتويو، سيكواز، اترانا، بيشولين، سالونيك، شتوي تونسي، إف دي بيجون، زورزالينا، صوراني، درملالي، كونسيرفوليا، خلخالي صغير، توريمبا، لوغستينو، مانزانيلا، محزم ابو سطل، بندلينو، تانش، كوراتينا، موريولو، شملالي جزائري، خلخالي، جلط، تشيرونيلا.

جمعت عينات من أشجار زيتون مصابة بمرض سل الزيتون من مناطق مختلفة من الجمهورية العربية السورية (طرطوس، اللاذقية، حماة، حمص)، حيث لوحظ اختلاف في شدة الأعراض (ظهور الدرنات المميزة لهذا المرض) على الأشجار تبعاً للصنف والمنطقة شكل (1،2،3).

الشكل (1) اللاذقية **الشكل (2) حمص**

الشكل (3) حماة

الدرنات المتشكلة في أفرع الزيتون نتيجة الإصابة بمرض سل الزيتون

بغاية عزل البكتريا غُسلت الدرنات بماء مقطر معقم ثم جففت على ورق نشاف معقم، قطعت الدرنات في طبق بتري يحوي ماءً مقطراًومعقماً، أخذت كمية 20 ميكروليتر من المنقوع، ونشرت على وسط مغذي (TSA) وحضنت لمدة 48 ساعة على درجة حرارة 25°م، اختيرت مستعمرات مفردة كريمية اللون شفافة وأعيد زراعتها في طبق بتري آخر للحصول على مزارع نقية من البكتيريا (شكل4)، وصفت العزلات البكتيرية بإجراء الاختبارات البيوكيميائية اللازمة.

الشكل (4) مراحل عزل بكتريا سل الزيتون

حضرت المعلقات البكتيرية للعزلات الممثلة لكل منطقة بتركيز 10^8 cfu وخلطت مع بعضها جميعاً ثم عدلت إلى التركيز $cfu10^8$، أجريت العدوى الاصطناعية خلال شهر أيار من عام 2018 على أفرع بعمر سنة، بإجراء ثلاثة جروح على كل فرع، وضع في كل جرح 20 ميكروليتر من المعلق البكتيري (الشكل 5) أما الشاهد فقد حقن بنفس الكمية من الماء المقطر المعقم.

الشكل (5) إجراء العدوى الاصطناعية بمرض سل الزيتون على أصناف الزيتون

سجلت المؤشرات المرضية (قطر الفرع بوجود الدرنة في مكان الحقن، قطر الفرع بدون الدرنة، وزن الدرنة) وذلك بعد 3 أشهر من إجراء العدوى.

تم تقييم المقاومة وفق السلم التالي:

مستوى المقاومة	متوسط وزن الدرنة/ متوسط قطر الفرع
مقاوم	1 >
متوسط الحساسية	2-1
حساس	3-2
عالي الحساسية	3 <

لوحظ إصابة جميع الأصناف بالمرض تحت ضغط العدوى الاصطناعية في الظروف الحقلية، لكنها تباينت في رد فعلها، فقد أبدت بعض الأصناف درجة جيدة من المقاومة مقارنة مع بعض الأصناف الأخرى كما هو مبين في الجدول التالي والشكل (6).

(سيكواز) **(الصوراني)** **(الجلط)**

الشكل (6) تباين رد فعل الأصناف (سيكواز، الصوراني، الجلط) إزاء مرض سل الزيتون

المؤشرات المرضية لأصناف الزيتون المختبرة

الصنف	الموطن الأصلي	متوسط قطر الفرع مع الدرنة/مم/	متوسط قطر الفرع بدون الدرنة/مم/	متوسط وزن الدرنة /غ/	متوسط وزن الدرنة/ متوسط قطر الفرع غ/مم
سيكواز	الجزائر	680.	20.5	70.1	30.3
تانش	فرنسي	750.	0.39	60.2	0.65
شملالي جزائري	الجزائر	161.	700.	80.4	0.68
أترانا	ايطاليا	30.9	10.5	60.3	0.70
بيشولين	فرنسا	880.	0.46	0.32	10.7
كوراتينا	ايطاليا	1.04	50.5	0.39	20.7
موريولو	ايطاليا	0.96	50.5	50.5	11.0
سالونيك	فرنسا	20.7	0.37	30.4	41.1
شتوي تونسي	تونس	20.8	30.4	500.	71.1
إف دي بيجون	فرنسا	40.9	0.549	0.66	21.2
فرونتويو	ايطاليا	890.	10.5	700.	71.3
زورزالينا	اسبانيا	860.	0.41	0.58	1.41
صوراني	سورية	10.9	50.4	80.7	31.7
درملالي	سورية	10.9	0.41	900.	2.18
كونسيرفوليا	يوناني	0.97	40.4	60.9	92.1
خلخالي صغير	سورية	880.	0.42	1.04	2.47
توريمبا	اليونان	071.	0.40	41.0	2.56
سان أوغستينو	ايطاليا	0.97	0.48	1.27	52.6
مانزانيلا	اسبانيا	061.	0.52	1.40	72.6
محزم أبو سطل	سورية	0.91	0.40	1.08	2.69
بندولينو	ايطاليا	061.	50.4	41.2	62.7
خلخالي	سورية	1.03	0.49	1.47	3.00
جلط	سورية	1.04	0.49	31.5	93.0
تشيرونيلا	ايطاليا	41.1	90.4	1.58	53.2

2- انتخاب أصناف مقاومة من الزيتون البري إزاء مرض الذبول الفرتسليومي

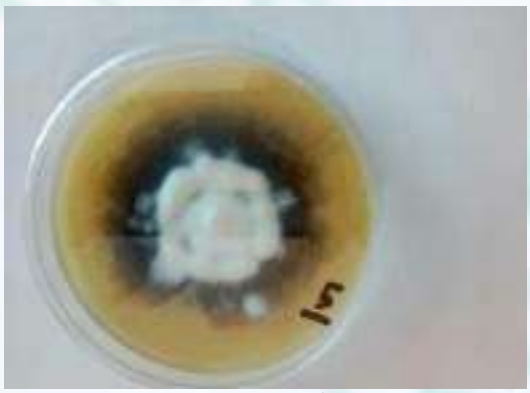
جمعت عينات من أشجار زيتون ظهرت عليها أعراض الذبول خلال فصل الربيع من مواقع مختلفة في محافظات اللاذقية، طرطوس، حمص، حماه في سورية. تمثلت الأعراض بشكل ذبول وجفاف بعض الأغصان في قمة الشجرة أو أحد جوانبها، وأحيانا جفاف وموت جزئي أو كلي للشجرة، وأحضرت إلى مختبر أمراض النبات في أكساد.

الشكل (7) جمع العينات المصابة بمرض الذبول

قطعت عينات الزيتون المصابة إلى قطع صغيرة (5ملم)، بعد إزالة اللحاء عنها، ثم عقمت سطحيا بهيبوكلوريت الصوديوم تركيز 3% لمدة ثلاث دقائق، وغسلت جيدا بالماء المقطر المعقم بعد ذلك، وجففت بين وريقتي ترشيح معقم، وزرعت في أطباق بتري تحتوي المستنبت الغذائي بطاطا دكستروز آغار(PDA)، المضاف إليه الصاد الحيوي Doxyceclin تركيز 200ملغ/لتر.

حضنت الأطباق في الظلام عند درجة حرارة 25°م، لمدة أسبوعين، ثم فحصت المستعمرات المتشكلة مجهريا وتم تحديد الفطر المعزول على أنه *Verticillium dahliae*، وذلك تبعاً لخصائصه المورفولوجية وشكل الجسيمات الحجرية. وتمت تنقية الفطر وتنميته وإكثاره في أطباق بتري تحتوي المستنبت الغذائي PDA(شكل 8 و9).

الشكل (8) تحضين الممرض في الحاضنة



الشكل (9) نمو فطر *Verticillium dahlia*

حضر اللقاح البوغي للفطر *V.dhliae* من مستعمرات فطرية حديثة النمو بعمر أسبوعين منماة على مستنبت بطاطا دكستروز آغار (PDA)، حيث أخذت المستعمرات الفطرية وضعت في خلاط كهربائي سبق تعقيمه بكحول الإيثانول 70%، وأضيف إليها ماء مقطر معقم وأجري الخلط على السرعة البطيئة لمدة 3 دقائق. رشح المعلق البوغي من خلال قطعة مضاعفة من شاش طبي معقم، وقدرت كثافة الأبواغ في المعلق البوغي باستخدام شريحة مالاسيه، حيث ضبط تركيز الأبواغ عند 10^6X2بوغة/مل.

وقدرت شدة الإصابة بالمرض وفق سلم خماسي (0-4) كما يلي:

0	أشجار سليمة
1	إصابة ضعيفة: أعراض الذبول تشمل 1-25% من أغصان الشجرة.
2	إصابة متوسطة: أعراض الذبول تشمل 26-50% من أغصان الشجرة.
3	إصابة شديدة: أعراض الذبول تشمل 51-75% من أغصان الشجرة.
4	إصابة شديدة جدا: أشجار مصابة بنسبة>75% أو موت كاملالشجرة.

وحسب معامل المرض وفق المعادلة التالية:

$$\text{معامل شدة المرض\%} = \frac{\text{مجموع (عدد الأشجار المصابة في كل درجة X الدرجة الموافقة)}}{\text{العدد الكلي للأشجار X أعلى درجة السلم}} \times 100$$

وما يزال البحث مستمراً لتحديد التراكيب الوراثية والأصناف المتحملة لهذا المرض.

استخدام الأسمدة الحيوية وتطبيقاتها الزراعية على القمح والشعير

تأتي أهمية هذا البحث من قدرة البكتريا المحفزة للنمو على تنشيط وتحفيز نمو النبات وزيادة إنتاجيته، والتخفيض من استخدام الأسمدة الكيميائية نظراً لقدرة هذه البكتريا على تحويل العناصر الغذائية في التربة من شكلها غير القابل للامتصاص من قبل النبات الى شكلها القابل للامتصاص، وقدرتها على تثبيط طيف واسع من المسببات المرضية النباتية، وبالتالي فإن العمل على عزل هذه البكتريا من التربة الزراعية ومن المستحضرات التجارية، يمكّن من استخدامها لاحقاُ كأسمدة حيوية.

لذلك عمد المركز العربي "أكساد" الى تنفيذ بحث خاص باختبار فعالية بعض المخصبات الحيوية والعزلات المأخوذة من الترب الزراعية السورية في رفع إنتاجية القمح والشعير. فاستخدمت أربعة أنواع بكتيرية مختلفة (معزولة من الترب السورية ومن مستحضرات تجارية) وهي:

- بكتيريا مثبتة للآزوت الجوي (*Azotobacter chroococcum*).

- بكتيريا ميسرة للفوسفور (*Bacillus megateriu*).
- بكتيريا ميسرة للبوتاس (*Frateuria aurantia*).
- بكتريا منشطة لنمو النبات (*Rhizobium leguminosarum*).

نشطت هذه الأنواع البكتيرية واستخدمت شريحة العد Bürker لتقدير كثافة البكتريا ميكروسكوبياً وضبطها في المعلق وفق التركيز 10^9 خلية/ مل.

أضيفت اللقاحات المحضرة من الأنواع البكتيرية المختلفة (معلقات بتركيز 10^9خلية/ مل)، بنقع بذور أصناف القمح القاسي (أكساد 1105) والقمح الطري (أكساد 901) والشعير (أكساد 176) بالمعلقات لمدة 3 ساعات، وتم نقع بذور الشاهد بالماء المقطر.

وزرعت البذور المعاملة بالمعلقات البكتيرية في أصص بمعدل 10 بذور في الأصيص بثلاثة مكررات لكل معاملة.

الشكل (1) تحضير اللقاح من العزلات البكتيرية

الشكل (2) مزج العزلات وفق المعاملات المحددة

الشكل (3): طور النمو الخضري للقمح

الشكل (4) حصاد محصول القمح والشعير

أظهرت النتائج زيادة في إنتاج القمح والشعير من الحب والقش بنسب مختلفة وفق العزلات والمزائج المستخدمة كمخصبات حيوية، وتراوحت الزيادة من 5 الى 16.8% مقارنة بالشاهد، وكانت أفضلها عند استخدام مزيج من *Azotobacter chroococcum, Bacillus megaterium, Frateuria aurantia,Rhizobium leguminosarum*.

استخدام التقانات الحديثة في تطوير إنتاجية المجترات الصغيرة

تعد الثروة الحيوانية ركناً مهماً واساسياً من اركان الانتاج الزراعي في الدول العربية، اذ تسهم بثلث قيمة الإنتاج الزراعي. وتعد المجترات الصغيرة محور الحياة الاقتصادية والاجتماعية في المناطق الجافة وشبه الجافة من الوطن العربي حيث يبلغ العدد الاجمالي للمجترات الصغيرة حوالي 284 مليون رأس وهذا يشكل 73% من العدد الاجمالي للثروة الحيوانية في الوطن العربي البالغ 389 مليون راس لعام 2016.

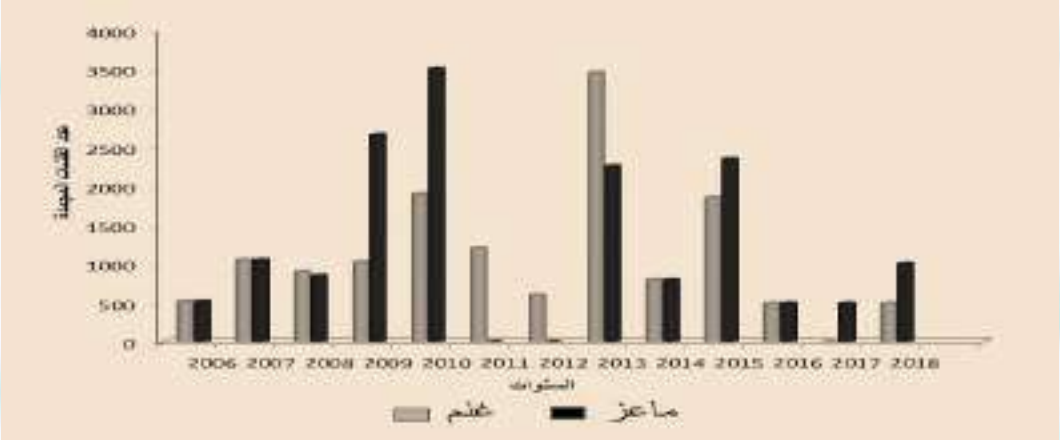
يسعى المركز العربي (أكساد) إلى نقل أكبر قدر ممكن من التقانات الحديثة المستخدمة في عملية تحسين الإنتاج ورفع الكفاءة التناسلية للحيوانات الزراعية. وقد بدأ المركز العربي بعملية نقل التقانات، حيث استطاع من خلال انشاء برنامج التلقيح الاصطناعي ونقل الأجنةأن يسرّع من عمليات التحسين الوراثي وذلك عن طريق جمع السائل المنوي والأجنة من حيوانات النخبة، ونشرها في مراكز البحوث الزراعية العربية وقطعان المربين في الدول العربية. يتكون هذا البرنامج من مشروعين رئيسين هما مشروع تطوير واستخدام تقانة التلقيح الاصطناعي للمجترات الصغيرة في الدول العربية، ومشروع تطوير واستخدام تقانة نقل الأجنة للمجترات الصغيرة في الدول العربية.

مشروع تطوير واستخدام تقانة التلقيح الاصطناعي

ينفذ البرنامج حالياً في الجمهورية العربية السورية، والمملكة الأردنية الهاشمية، والجمهورية اليمنية، وليبيا، ودولة الكويت، وجمهورية السودان، ودولة قطر، والجزائر والجمهورية اللبنانية، والمملكة المغربية، وجمهورية العراق، وفلسطين والجمهورية التونسية. وقد أصبح التوسع في استخدام تقانة التلقيح الاصطناعي في الأغنام والماعز حاجة ملحة، نتيجة لتزايد طلب معظم الدول العربية والمربين على سلالتي أغنام العواس والماعز الشامي المحسنتين في المركز العربي، حيث طلبت بعض المؤسسات العربية الحكومية والخاصة قشات سائل منوي مجمد من هاتين السلالتين للإسراع في تحسين السلالات المحلية المحسنة في الدول العربية عن طريق التهجين الموجه، بحيث يمكن من خلال هذه التقانة تحقيق الاستثمار الأمثل للسلالات المحسنة والواعدة سواء في إنتاج الحليب أو إنتاج اللحم (التوائم).

جمع ومداولة السائل المنوي

يتم جمع ومداولة السائل المنوي من الذكور المحسنة في مختبر التلقيح الاصطناعي في محطة بحوث ازرع في أكساد ويتم إيداع القشات المجمدة في بنك السائل المنوي في مديرية الإنتاج الحيواني في وزارة الزراعة في سورية بحيث تكون جاهزة للإرسال إلى الدول العربية، وقد وصل مجموع القشات المجمدة المرسلة إلى الدول العربية منذ انطلاق المشروع إلى نحو **33500 قشة**، ويوضح الشكل التالي تطور عملية توزيع قشات السائل المنوي المجمد إلى الدول العربية خلال الفترة 2006-2018.



تطور توزيع قشات السائل المنوي المجمد للأغنام العواس والماعز الشامي إلى الدول العربية.

جمع السائل المنوي من الكباش المحسنة باستخدام المهبل الاصطناعي

تجميد قشات السائل المنوي

اجراء التلقيح الاصطناعي باستخدام فاتحة المهبل ومسدس التلقيح

أدوات تقانة التلقيح الاصطناعي

تقانة التلقيح الاصطناعي

أظهرت نتائج تقانة التلقيح الاصطناعي بالسائل المنوي الطازج والمجمد في قطيع أحد المربين المتعاونين مع المركز العربي معدلاً للولادات من التلقيح بالسائل المنوي الطازج تجاوز 60%، كما تجاوز هذا المعدل 50% نتيجة استخدام التلقيح بالسائل المنوي المجمد، وهي نتائج متميزة.

وعند استخدام هذه التقانة في تنفيذ عمليات الخلط التربوي بين سلالات الأغنام والماعز اليمنية مع كل من أغنام العواس والماعز الشامي كانت النتائج متميزة أيضاً، حيث تراوحت معدلات الولادات من التلقيح بالسائل المنوي المجمد بين 40 و48% في الأغنام، واقتربت من 49% في الماعز كمتوسط عام لعدة سنوات من التلقيح بهذه الطريقة، مع الإشارة إلى أن المؤشرات الدولية لمعدل الولادة عن هذه الطريقة في الأغنام والماعز تبلغ نحو 40%. ويمثل مشروع التلقيح الاصطناعي في الجمهورية اليمنية مثالا تطبيقياً جيداً لدور هذه التقانة في تحسين سلالات الأغنام والماعز اليمنية المحلية بالتهجين مع سلالة أغنام العواس المحسنة وسلالة الماعز الشامي المحسنة باستخدام السائل المنوي المجمد. وبناءً عليه تم خلال عام 2013 تزويد الجانب اليمني بنحو 1000 قشة سائل منوي مجمد من أغنام العواس والماعز الشامي المحسنة ليتم استخدامها في المشروع.

ويمثل مشروع تحسين الأغنام والماعز المحلية باستخدام التلقيح الاصطناعي في دولة قطر أحد المشاريع الفتية حيث بدأت أنشطته منذ ثلاث سنوات وهو يعد خطوة بالغة الأهمية إذ تم البدء باستخدام هذه التقانة لدى المربين فور البدء بتنفيذ المشروع. وقد تم أيضا في إطار هذا المشروع تدريب الكادر الفني القطري على تقانات توجيه التناسل والتلقيح الاصطناعي، وأرسل اكساد في إطار هذا المشروع نحو 1800 قشة مجمدة من السائل المنوي خلال عامي 2012 و2013.

كما يعد التعاون مع جمهورية السودان من المشاريع الواعدة في مجال تطبيق طريقة التلقيح الاصطناعي بالسائل المنوي المجمد كطريقة رئيسة في تحسين إنتاجية الماعز المحلي من الحليب واللحم، وقد قام أكساد سابقاً بتزويد شركة جاروفيت السودانية بنحو 500 قشة من السائل المنوي المجمد لذكور الماعز الشامي في عام 2009 وتم خلال عام 2010 اختبار جودتها وكانت النتائج مشجعة جدا، وبناءً علية طلب الجانب السوداني جمع السائل المنوي من ذكور متميزة جدا يزيد إنتاج أمهاتها عن 600 كغ/موسم، وقد تم تزويد الجانب السوداني خلال عام 2013 بنحو 3000 قشة من السائل المنوي المجمد لذكور أغنام العواس والماعز الشامي المنتخبة.

وضمن إطار تجهيز مختبر التلقيح الاصطناعي في القيروان في الجمهورية التونسية أرسل أكساد 3000 قشة سائل منوي مجمد من أغنام العواس والماعز الشامي المحسنين عام 2015، ليصار إلى استخدامها في عمليات التحسين الوراثي للسلالات المحلية في تونس. كما أرسل أكساد 600 قشة سائل منوي مجمد من أغنام العواس المحسنة إلى المملكة الأردنية الهاشمية في عام 2015 ليصار إلى استخدامها في عمليات التحسين الوراثي للسلالات المحلية في محطة المشيرفة الزراعية في محافظة الكرك، وضمن إطار مشروع تنمية وتطوير الماعز المحلي في الجزائر زود أكساد هذا المشروع بنحو 600 قشة سائل منوي من ذكور الماعز الشامي المحسنة خلال عام 2017 لاستخدامها في خطة الخلط الوراثي مع الماعز المحلية بهدف تحسين إنتاجية الماعز المحلية في الجزائر. أظهرت نتائج التهجين بين الماعز الشامي والماعز المحلية باستخدام تقانة التلقيح الاصطناعي بالسائل المنوي المجمد في قطيع الماعز المحلية وقطيع الجيل الأول معدلاً للولادات من التلقيح بالسائل المنوي المجمد قدره 63%.

مشروع تطوير واستخدام تقانة نقل الأجنة للمجترات الصغيرة في الدول العربية

تعد تقانة نقل الأجنة من أهم التقانات الحيوية للتناسل والأكثر تطورا في مجال التحسين الوراثي وحفظ الموارد الوراثية الحيوانية. استمر الاعتماد على الذكر في إطار التلقيح الاصطناعي لتسريع عمليات التحسين الوراثي لفترة طويلة من الزمن نظراً لقدرته الكبيرة على إنتاج السائل المنوي وبالتالي نشر عوامله الوراثية إلى أعداد كبيرة من نسله. لكن تطور التقانات التناسلية المتعلقة بتوقيت الشبق، والاباضة الفائقة مكنت الفنيين من تطوير تقانة نقل الأجنة فأصبحت الأنثى لا تقل أهمية عن الذكر في عمليات التحسين الوراثي، وأصبحت الامكانية أكبر في تسريع برامج التحسين الوراثي لمعظم الحيوانات الزراعية. وقد تأسست جمعيات عالمية لحفظ الأجنة ونقلها عبر القارات للإسهام في عمليات التحسين الوراثي في كافة أرجاء العالم.

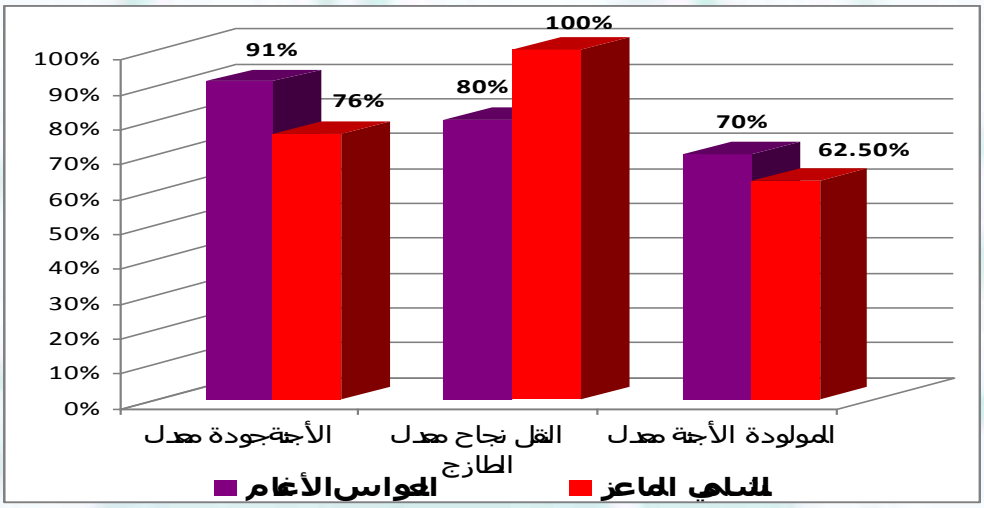
تهدف تقانة نقل الأجنة إلى رفع كثافة الانتخاب للاستفادة من التراكيب الوراثية للإناث والذكور المتميزة و تسريع عمليات نشر هذه التراكيب لتكوين أفراد ذات أداء إنتاجي متميز، وبالتالي تأسيس قطعان تتميز بالأداء العالي في إطار رفع انتاجية الوحدة الحيوانية، إضافة إلى امكانية تكوين بنك وراثي من الأجنة، وسيما للسلالات المهمة المهددة بالانقراض وتسهيل تبادل الموارد الوراثية بين الدول وتخفيض خطر انتقال الأمراض وتكاليف نقل الحيوانات الحية.يمتلك المركز العربي اكساد نواة وراثية متميزة من الماعز الشامي وأغنام العواس سجلت أرقام إنتاج قياسية وقد شجع نجاحه في استخدام تقانة التلقيح الاصطناعي على تبنيه تقانة نقل الأجنة، الأكثر تطورا في مجال التحسين الوراثي والأساسية في مجال حفظ الموارد الوراثية الحيوانية، مما يجعله رائدا في المنطقة العربية في تطوير واستخدام التقانات الحيوية التناسلية لتحسين إنتاج الأغنام والماعز.

يتم انتقاء المانحات من الماعز الشامي وأغنام العواس التي تتمتع بصفات وراثية متميزة من اجل إنتاج الأجنة. حيث تحقن المانحات عضليا مرتين يوميا في الثلاثة الأيام الأخيرة من المعالجة بالبروجستيرون وبجرعات متناقصة بهرمون PFSH بهدف التحريض على الاباضة الفائقة. وتلقح كل من الأغنام والماعز المانحة طبيعيا مرتين بعد 40 إلى 50 ساعة من سحب الاسفنجات وذلك من ذكور منتخبة. يتم جمع الأجنة جراحيا في اليوم السابع من بداية الشبق. ثم تقييم الأجنة وتغسل10 مرات في محلول PBS. تزرع الأجنة في المستقبلات في الجهة نفسها التي توجد فيها أجسام صفراء.

كانت نتائج استخدام تقانة نقل الأجنة بالشكل الطازج فريدة من نوعها في الدول العربية من حيث نسبة الولادات فكانت 100% في الماعز الشامي و80% في الأغنام العواس.

تابع المركز العربي أكساد اختباراته في مشروع استخدام تقانة نقل الاجنة بهدف اساسي وهو حفظ الاجنة الذي سيتم من خلاله تجميد الأجنة وتخزينها بالسائل الآزوتي، لفترة زمنية طويلة بحيث يمكن تسميتها بنك الأجنة الذي يعد أساساً وراثياً مهماً وموردا للتصدير والاستيراد على شكل أجنة في مرحلة الكيسة الأرومية(Blastocyst)، ومعبأة بواسطة قشات بلاستيكية سعة 0.25 مل المعروفة لتخزين السائل المنوي، مما يتيح تسهيلات كبيرة بدلاً من نقل الحيوانات البالغة من بلد إلى آخر، ذات التكاليف الباهظة. فقد نفذت تجربة حفظ الاجنة باستخدام تقانة التجميد البطيء (Slow Freezing) فكان معدل الولادات 40% من الأجنة المجمدة لأغنام العواس.

وأخيرا يمكن القول إن استخدام تقانة نقل الأجنة تعد من أهم الحلول المقترحة والملحة لزيادة الانتاج الحيواني بأفضل النسب الممكنة في أقل فترة زمنية.



معدل جودة الأجنة، ومؤشرات كفاءة عملية النقل المباشر لأجنة أغنام العواس والماعز الشامي.

غسيل قرني الرحم (جمع الأجنة)

البحث عن الأجنة في السائل المسترجع من الرحم باستخدام الستيريوسكوب

أجنة ماعز شامي بعمر 7 أيام

زرع الأجنة في المستقبلة