سلم توزيع العلامات وتصحيح

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق - كلية الزراعة

الامتحان النظري لمقرر البيولوجيا الجزيئية في وقاية النبات

لطلاب السنة الخامسة وقاية النبات

الفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي 2024 -2025

عدد الأسئلة: 7 + 2 عدد الصفحات 2 اسم الطالب:

أجب بدقة ووضوح عن الأسئلة التالية

السؤال الأول: (4 درجات)

اذكر استخدامات تقانات البيولوجيا الجزيئية في إدارة أمراض النبات.

اعلامة لكل نقطة وحصول الطالب على العلامة كاملة اذا ذكر ٤ نقاط

السؤال الثاني: (6 درجات)

عرّف ما يلي:

- Vegetative incompatibility
- Quorum sensing
- Pathogenicity islands
- Nuclear Localisation Signal (NLS)
- Pathogenicity genes [*pat*]
- Overdrive

السؤال الثالث: (8 درجات)

أعطِ تفسيراً علمياً لما يلي:

1- تشكل جذور شعرية عند إصابة النباتات المُضيفة بـ *Agrobacterium rhizogenes*.

2- عدم تشكل نظام الإفراز الثالث عند البكتيريا الممرضة السالبة غرام المنماة على أوساط غذائية صنعية.

3- فقد البكتيريا *Pseudomonas syringae* قدرتها على تطوير المرض وفرط الحساسية إذا حُذفت مورثات *hrp* من جينومها.

4- تُفقد الطفرات في مورثات الشراسة *VirA*, *VirB*, *VirD*, *VirG* قدرة البكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* على تطوير أورام التدرن التاجي.

السؤال الرابع: (4 درجات)

اذكر الإشارات النباتية التي تُحرض تعبير مورثات الشراسة عند البكتيريا ***Agrobacterium tumefaciens***.

اعلامة لكل إشارة

السؤال الخامس: (4 درجات)

اذكر عوامل الشراسة التي يتحكم بها الـ Quorum sensing عند البكتيريا الممرضة للنبات.

اعلامة لكل نقطة وحصول الطالب على العلامة كاملة اذا ذكر ٤ نقاط

السؤال السادس: (3 درجات)

ما هي آليات التباين الوراثي عند الفطريات؟

اعلامة لكل نقطة وحصول على العلامة كاملة اذا ذكر ٣ نقاط

السؤال السابع: (6 درجات)

تم تلقيح صنفين من الكتان إحداهما يحمل مورثة المقاومة R لصدأ الكتان والآخر يحمل مورثة القابلية للإصابة r بسلالتين من الفطر Melampsora lini تحمل إحداهما مورثة عدم الشراسة A والأخرى مورثة الشراسة a. وضح في جدول الحالات المختلفة لاجتماع المورثات، وأنماط التفاعل المحتملة، وفسر كل منها وفق نظرية الجينات المتناظرة Gene-for-gene

---------- انتهت الأسئلة مع التمنيات بالتوفيق والنجاح ----------

مدرس المقرر:

د. عايده جلول

دمشق في 17 – 08 – 2025

السؤال الأول (٤): يجب أن يذكر الطالب أهمية كل نقطة وأصل الطالب مع الإجابة كاملة إذا ذكر ٤ نقاط

- دور التقانات الحديثة في تشخيص أمراض النبات
- دراسة بنية الجماعات المرضية مع مستويات التصنيف مختلفة وكذلك النباتات العائلة
- دراسة البيئة وديناميكية الأمراض
- التحسين الوراثي للنباتات العائلة باستخدام مؤشرات الوراثية مساعدة في انتخاب صفات المقاومة
- التحسين الوراثي للنباتات بالتعديل الوراثي
- تعريض المقاومة الجهازية المكتسبة أو المقاومة الجهازية المرضية.

السؤال الثاني (٦)

- Vegetative incompatibility عدم التوافق الإعاشي أو الخضري عند الفطريات وهو عدم قدرة اتحاد سلالتين هيفيتين من سلالات مختلفة تتبع نفس النوع وعدم السماح بحدوث تبادل في المادة الوراثية وإذا حدث يتحول الميسليوم إلى اللون البني ويفرز مواد سامة مقاومة لـ DNA الغريب (الأنزيمات الغريبة الصانعة أو الميتوكوندريا أو البلازميد أو الفيروسات).

- Quorum sensing استشعار الكثافة العددية عند البكتيريا من خلال إشارات تدعى المحرضات الذاتية وتتحكم بتعبير المورثات عند البكتيريا من خلال إشارات تدعى المحرضات الذاتية وتتحكم بتعبير المورثات عند البكتيريا منذ عوامل القدرة الإمراضية.

- pathogenicity islands مناطق القدرة الإمراضية تحمل مورثات الشراسة عند البكتيريا وتشغل مساحة كبيرة من الجينوم بين 10-200 Kb والبكتيريا التي لا تمتلكها غير ممرضة وتتميز بمحتواها من الـ G+C المختلف عن باقي الجينوم وهذا يدل على الاكتساب الأفقي لها وكذلك تتميز بجرم النباتية.

- Nuclear localisation signal (NLS) إشارة التوضع النووي وهي تتألف من الأحماض الأمينية محفوظ متواجد في البروتينات التي تنقل لتتوضع وتقوم بوظيفتها داخل النواة كعوامل حقيقيات النوى حيث تسمى هذه الإشارة بروتينات importin α و importin β بالتعرف ونقل البروتينات عبر ثقوب الغشاء النووي إلى النواة وعلى سبيل المثال تتواجد هذه الإشارة في البروتين VirD2 و VirE2 عند Agrobacterium اللذان يلعبان دوراً في نقل المعقد T-DNA إلى النواة الخلية النباتية.

- Pathogenicity genes [Pat] هي مورثات القدرة الإمراضية عند الفطريات الممرضة للنبات منها مورثات تتحكم بمركبات الاستقلاب الثانوية عند النباتات مثل الـ phytoanticipins والفيتوالكسين والمورثات المرمزة للأنزيمات التي تساعد الفطريات على اختراق أكبر الخلوية النباتية والمورثات المرمزة للسموم الفطرية.

- overdrive تتألف من النكليوتيدات متواجدة على يمين الـ Right Border لـ T-DNA على البلازميد Ti أو Ri عند Agrobacterium حيث يتعرف عليه البروتين VirG ويرتبط به ليزيد من كفاءة تشكيل الـ T-DNA مفرد السلسلة ونقله إلى سيتوبلازما الخلية النباتية.

السؤال الثاني: (٨)

١- ترسل البكتيريا Agrobacterium rhizogenes إلى الخلايا النباتية المجروحة الـ T-DNA الذي يحمل مورثات Rol التي تقود إلى تمايز الخلايا العصبية والتي تنمو الـ T-DNA إلى جذور حرية الإشارة وصدورها

٢- إن تشغيل نظام الإفراز الثالث عند البكتيريا سالبة الغرام يحتاج إلى إشارة متواجدة في إفراز الخلية المضيفة بالنسبة للبكتيريا المرضة للنبات أو إشارة في الأوعية السيتولايكية بالنسبة للبكتيريا المرضة للحيوانية وهذه الإشارة غير متوفرة في وسط الزرع.

٣- لأن مورثات hrp مسؤولة عن تشكيل نظام الإفراز الثالث الذي يسمح للبكتيريا بنقل بروتينات الشراسة وعدم الشراسة إلى السيتوبلازم الخلية النباتية والتي بدورها تقود إلى تطور المرض أو تطور فرط الحساسية إذا امتلك النبات مورثات المقاومة المقابلة لمورثات عدم الشراسة وبالتالي نقدانه تفقد البكتيريا قدرتها الإمراضية وعدم تطور فرط الحساسية.

٤- إن هذه المورثات هي المسؤولة عن تشكيل الـ T-DNA حفرة السلة وتشكيل نظام الإفراز الرابع الضروري لنقله إلى السيتوبلازم الخلية النباتية.

VirA يرمز لبروتين كيناز يستقبل الإشارة السيتوبلازمي الذي تنتجه الأنسجة النباتية المجروحة وتفسفر البروتين VirG.

VirG يرمز لعامل نسخي يتحكم بتعبير مورثات الشراسة.

VirB يرمز للبروتينات الداخلة في تكوين نظام الإفراز الرابع.

VirD يرمز لأنزيمات المسؤولة عن تشكيل الـ T-DNA حفرة السلة.

السؤال الرابع: (٤) يجب أن يذكر الطالب الإشارات التالية

- المركبات الفينولية وأهمها الأسيتوسيرنغون
- السكريات الأحادية
- درجة حموضة الفراغات بين خلوية 5 - 5,5
- انخفاض تركيز الأوكسينات

السؤال الخامس: (٤) تتحكم الـ Quorum sensing بعوامل الشراسة التالية: (إعطاء كل نقطة يصل الطالب على العلامة كاملة إذا ذكر ٤ نقاط)

- إنتاج عديدات السكر الخارجية EPS
- إنتاج الأنزيمات المحللة للجدر الخلوية النباتية
- إنتاج السيدروفور
- تشكيل نظام الإفراز الثالث
- انتقال البلازميد Ti عند Agrobacterium من الخلايا التي تحويه إلى الخلايا التي لا تحويه.

السؤال السادس (٣): إذا كتب الطالب نقاط حصل على العشرة كاملة

يجب أن يذكر الطالب آليات التباين الوراثي المتخصصة عند الفطريات

- Heterokaryosis وجود نواتين غير متماثلتين أو أكثر في الخلية أو في الميسليوم
- Heteroploidy عدد الكروموزومات في النواة يختلف عن الطبيعي 1N أو 2N
- Parasexualism نوع من أنواع الـ Recombination (الجيني) التي تنشأ عند الفطريات التي تحتوي خلاياها أنوية متعددة مختلفة والتي يحدث خلال اندماج نواتين وتشكل نواة ثنائية الصيغة الصبغية وتعدد كروموزومات +1 أو +2 أو +3
- وكذلك تؤدي الطفرات والانعزالات الوراثية إلى التباين الوراثي عند الفطريات كباقي الكائنات الحية الأخرى.

السؤال الرابع (٦)

أصناف الكتان / سلالات الفطر Melampsora lini	الصنف A RR	الصنف B rr
1 السلالة AA	RR / AA مقاوم	rr - / AA حساس
2 السلالة aa	RR / -aa حساس	rr - / aa حساس

- مقاومة صنف الكتان A للسلالة 1 تترجم بظهور أعراض مرض الصدأ وهي نتيجة وجود وراثة مقاومة سائدة R عند الكتان تقابلها وراثة عدم شراسة A الصدأ سائدة عند فطر الصدأ، فتعرف منتج وراثة المقاومة على منتج وراثة عدم الشراسة بمرض فرط الحساسية.
- أما باقي الحالات عندما تكون وراثة المقاومة متنحية أو مقهورة وكذلك وراثة عدم الشراسة متنحية أو مقهورة فيكون النبات حساس للإصابة وتترجم ظاهريا بتطور أعراض المرض على النبات

جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية

سلم أسئلة جزء مقرر البيولوجية الجزيئية في وقاية النبات - السنة الخامسة – قسم وقاية النبات- الفصل الثاني-العام الدراسي 2024 -2025

السؤال الأول (25 درجة) : عرّف ما يلي: Microarray - Aptamers حمض جاسمونيك - الصمت الجيني – فيروس --الأفلاتوكسين -الأرجونوت Argonaute (AGO)- Dicer (DCL) - حمض الصفصاف (SA) - حمض الأبسيسيك 2.5علامة لكل تعريف نقص أو تناقض البيانات تحذف كامل العلامة

Microarray أداة مخبرية تستخدم للكشف والتعبير عن الآلاف من الجينات في نفس الوقت(نصف درجة)، وتطبع في الشرائح genechips أو رقائق الحمض النووي (DNA biochip او mRNA) (نصف درجة)المجهرية الآلاف من بقع صغيرة في مواقع محددة،(نصف درجة) مع كل بقعة تحتوي على تسلسل الحمض النووي DNA المعروف أو الجينات gene. (نصف درجة) ترتبط جزيئات الحمض النووي DNA على كل شريحة وتعمل كمسبر للكشف عن التعبير الجيني(نصف درجة).

الأبتاميرات Aptamers فئة جديدة من عديدات النوكليوتيد Oligonuceotides للمعالجة والتشخيص (نصف درجة) وتعرف بأنها DNAأو Oligonuceotides RNA (نصف درجة) لها انجذاب مرتفع ونوعية في التعرف على الجزيئات المستهدفة. (نصف درجة) ثابت التوازن (Kd) لارتباط aptamers- البروتين: 1 بيكو مولار إلى 1 نانو مولار (نصف درجة) يمكن الأبتامرات ربط الحمض النووي، البروتين، والمركبات العضوية الصغيرة(نصف درجة).

حمض جاسمونيك Jasmonic acid من الأحماض الدهنية المؤكسجة تشارك في مقاومة مسببات الأمراض وغزو الحشرات جنبا إلى جنب مع Et (نصف درجة)، ينظم JA الناجم عن المقاومة الجهازية المستحثة (ISR)، الذي تحرض من قبل الميكروبات غير المسببة للأمراض مثل rhizobacteria. (نصف درجة)وقد أظهرت الدراسة أن تحريض وسيط -rhizobacterium من قبل JA يسارع تطور الأعراض وتراكم عيارات الفيروسية في المراحل المبكرة من الإصابة(نصف درجة). المعالجة بـ JA في المراحل المبكرة من الإصابة المزدوجة بـ PVY-PVX عززت المقاومة(نصف درجة)، ولكن المعالجة المتأخرة زادت القابلية، و ذلك نتيجة لتأثير تضاد من JA على SA (نصف درجة).

الصمت الجيني Gene silencing: يعبر عن المورثات الموقفة تحت الظروف الطبيعية للخلية والتي من المفترض عملها تحت شروط محددة وفق آلية معينة ضمن هذه الخلية(نصف درجة)، تحمي آلية عمل الصمت الجيني جينـــوم الكائن الحي من الفيروسات (المخزون الوراثي) وTransposons، يعتبر الصمت الجيني كجزء من الجهاز المناعي الذي يحمي جينوم الكائن من أي تغيير (نصف درجة). وتهدف طرق عديدة تحريض عمل مورثات الصمت الجيني في النبات بواسطة Post-.PTGS (PTGS) transcriptional gene silencingأو RNA-mediated لصمت الجيني والنظام المشابه RNA-interference (RNAi) عند الحيوانات، و Quelling عند الفطريات، وتستخدم آليات الدفاع ضد الفيروسات Virus-Induced Gene Silencing (VIGS) وذلك عن طريق أنزيم DICER وتعريفه في الحيوانات (DCR) و DCR-LIKE (DCL) في النباتات و RISC والرنا الصغير والرنا الأصغري (نصف درجة). الـ RNA الفيروسي يقسّم بواسطة هذا النظام ما يؤدي إلى فقد القدرة على التضاعف والانتشار. (نصف درجة) الاشارة الصامتة متحركة أي بإمكانها الانتقال إلى أجزاء مختلفة من النبات أغلب الفيروسات النباتية مشفرة " supperssors "بالنسبة للجين الصامت لتقاوم نظام PTGS المضيف(نصف درجة)

فيروس : مسبب مرضي اجباري التطفل يُرى بالمجهر الالكتروني(نصف درجة) يتكون من جزيء حمض نووي رناRNA أو دنا DNA مفرد أو مضاعف السلسلة(نصف درجة)، عادة محاط بغمد من البروتين، قد يحتوي في بعض الفيروسات على ليبيدات وسكريات(نصف درجة). له القدرة على التضاعف داخل خلايا العائل الملائمة مستخدماً مكونات وبروتينات العائل المتخصصة(نصف درجة).

الأفلاتوكسين : نحو 20 مركب أيضي(نصف درجة) كنواتج ثانوية سامة ومسرطنة (نصف درجة) وتنتج من قبل نوعين من الفطريات *Aspergillus flavus* (نصف درجة)والرشاشيات الطفيلية *Aspergillus parasiticus*. (نصف درجة) ، تعد ملوثات للمواد الغذائية والأعلاف والمنتجات الزراعية(نصف درجة).

الأرجونوت Argonaute (AGO) بروتينات تربط رنا الصغير Small RNA بهدفه (درجة)لتحقيق الصمت الجيني (نصف درجة)اشتق الاسم من طفرة الارابيدوبسس Ago1(نصف درجة) التي لها أوراق محيطية والتي تشبة (نصف درجة) Octopus.

Dicer (DCL) هو بروتين من نمط Ribonuclease III(نصف درجة) يربط dsRNA أو يعيد طي RNA hairpin(نصف درجة) إلى قطع من 21-25 nt (نصف درجة)خلال التصنيع الحيوي لـsiRNA و miRNA خلال الصمت الجيني. له 4 مسارات محافظة(نصف درجة) : مسار amino acid terminal helicase ومسارduals RNase III motifs(نصف درجة) ومسار dsRNA binding ومسار (PAZ(PIWI/Argonaut/Zwille. (نصف درجة)

حمض الصفصاف Salicylic acid (SA) مركب فينولي تصنعه النباتات ردا على مجموعة واسعة من مسببات الأمراض وكأحد الهرمونات كضوابط في استجابات النبات للضغوط الحيوية وغير الحيوية ويتشارك في مختلف الشبكات المعقدة والتي تعدل استجابات لمحرضات أو محثات تنظم دفاع النبات لمسببات الأمراض وهو ضروري تأسيس مقاومة موضعية وجهازية (نصف درجة). نشأت أهمية SA من دوره في المقاومة الوسيطة مقاومة gene- R والاستجابات المناعية القاعدية(نصف درجة)، من الارتباط الإيجابي بين الدفاع وسيط-SA والمتدخل RNAالصغير (siRNA) آليات التضاد للفيروسات(نصف درجة). تفعيل تفاعل غير المتوافقة في عدة استجابات للحد من انتشار الفيروس في موقع الإصابة، بما في ذلك تراكم أنواع الاكسجين التفاعلية reactive oxygen(ROS) والبروتينات المرتبطة بالإمراضية (PR) (نصف درجة) تحريض (حث) استجابة شديدة الحساسية (HR) ، والتغيرات في حجم وشكل البلاستيدات الخضراء، وتدهور النواة والنوية، وموت الخلايا المبرمج (PCD) و تفعيل المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR) في الأنسجة البعيدة، مما يقلل من آثار الهجمات الثانويm (نصف درجة).

حمض الأبسيسيك Abscisic acid، وهو مركب sesquiterpene ناتج عن انقسام كاروتين-γ وينظم العديد من العمليات التطورية واستجابات الضغوط والتكيف في النباتات. و أدوار متعددة الأوجه ضد نفس العوامل المسببة للأمراض وينظم بقوة عدة مراحل النمو، مثل إنبات البذور ونضج الثمار(نصف درجة)، وهذا الهرمون أساسيا (مفتاحياً) في تعديل استجابات النبات لكثير من الضغوط غير الحيوية بالإضافة إلى أدوار التضاد في مسارات هرمون الدفاع، مثل SAو JA/Et(نصف درجة). وهذا يتوقف على مرحلة الإصابة. يمكن ABA أن تنظم بشكل إيجابي دفاع النبات في المراحل المبكرة من الإصابة عن طريق وسيطة إغلاق الثغور ضد الغزاة، أو تحريض ترسب الكالوس(نصف درجة). يمكن لـ ABA كبح ROS الحث و SA أو نقل إشارات JA، مما يلغي الدفاعات المتحكم بها من قبل هذين المسارين(نصف درجة). دور للـ ABA في السيطرة على توطين الجينات R الحساسة للحرارة. عزز خلل نقص ABA النشاط والتموضع النووي لـ *SNC1* حساسة-للحرارة في الجينات R، التي تعمل ضد بكتريا *P. syringae* الضروري لهذه البروتينات للعمل في درجات الحرارة المنخفضة والعالية يؤثر ABA أيضا دفاعات النبات على مستوى آلية إسكات RNA، والتراكم الموضعي والحركة الجهازية للفيروسات،ويتحكم جزئيا بمستويات (AGO1)، و ميرناmiRNA ومسارات سيرنا (siRNA) و فرط الحساسية hypersensitive لـ ABA خلال الإنبات(نصف درجة).

السؤال الثاني: (10درجات) عرّف واشرح آليات عمل الجسيمات النانوية الحيوية بالعلاقة مع فيروسات النبات مع ذكر أمثلة، وتطبيقاتها في البيولوجية الجزيئية.

تقنية النانو هي دراسة تركيب المواد وتطبيقاتها من منظور مقياس النانو. وهو إنتاج مواد بمقياس النانو واستخدامها في مختلف المجالات(نصف درجة). يمكن تقسيم العلاقة بين تكنولوجيا النانو والفيروسات بشكل عام إلى اهتمامين رئيسيين: استخدام الجسيمات النانوية المستخدمة بشكل رئيسي في تكنولوجيا النانو التقليدية، مثل أنابيب الكربون النانوية(CNTs) ، والجسيمات النانوية الفضية(AgNPs)والجسيمات النانوية الذهبية (AuNPs) وذلك للحد من تضاعف وعدوى الفيروسات. واستخدام جزيئات الفيروسات النباتية كجسيمات نانوية في تكنولوجيا النانو. وتعمل الكبسولات (القفيصات) الفيروسية كحمولة طبيعية حيث تقوم بتحميل وتفريغ المواد الجينومية في الخلايا(نصف درجة) .

تعد الفيروسات أقفاص بروتينية طبيعية ذات وظائف متعددة. تتضمن الميزات الجاذبة الحجم الموحد وقدرة التحميل الكبيرة والتنظيم الهيكلي المحدد جيداً، ومواقع الارتباط الكيميائي المحددة هيكلياً، وخصائص التجميع الذاتي سواء في الجسم الحي أو في المختبر تحمل وعوداً كبيرة للتطبيقات الطبية الحيوية كما أن أصلها غير البشري وطبيعتها غير المعدية للبشر وتكاثرها المحدود في النباتات يوفر فوائد إضافية لسهولة التعامل معها دون المخاطرة بالعدوى والاستجابات المناعية الشديدة .ولجوانب مختلفة، يمكن تعديلها بسهولة وراثياً وكيميائياً حسب الطلب .بمجرد إنشاء مزرعة نقية للفيروس في مضيف التضاعف، يمكن عزله بكميات ميكروجرام.microgram **(نصف درجة).** استخدام الفيروسات النباتية في تطوير اللقاحات وإلى أنه يمكن إعطاؤها عن طريق الفم؛ وبما أن الفيروسات النباتية تتكون فقط من البروتين والأحماض النووية، فإنها تتحلل بسهولة وتفرز في البول كما أن بروتينات القفيصة الفيروسية viral capsid proteins عبارة عن بنية مستقرة تماماً meta stable structure، يمكنها البقاء في البيئة

القاسية خارج الخلية، ويمكن استخدامها لتوصيل جزيئات الشحن (الحمض النووي) إلى موقع محدد site-specific delivery . بعض الفيروسات شائعة الاستخدام مثل الجسيمات النانوية الفيروسية (VNPs). فيروس التبقع الاصفر في اللوبياء *Cowpea chlorotic mottle virus* (CCMV) (فصيلة Bromoviridae، جنس Bromovirus):استخدم فيروس CCMV لتخليق المواد النانوية. تظهر قفيصة CCMV capsid خاصية الرقم الهيدروجيني pH والتغيرات الهيكلية المعتمدة على الأيونات ، وبالتالي زيادة مساميته لدخول المواد. اتخضع قفيصة الفيروس لتورم قابل للعكس (عند درجة الحموضة > 6.5). زيادة القطر بنسبة 10% مع 60 فتحة منفصلة بطول 2 نانومتر، تسمح بالانتشار الحر للأيونات إلى الداخل . ثم يعود قفص الفيروس عند درجة حموضة أقل 5.0 > pH إلى شكل غير منتفخ ويحتجز الجزيئات المستهدفة بداخله. يتكون CP من 190 حمض أميني مع بقايا الأرجينين والليسين الأساسية السائدة على نهاية N-terminus، والتي تتفاعل مع RNA الشحنة السالبة وأيضا جعلها مناسبه للشحنة السالبة تغليف الأنواع **(نصف درجة).** فيروس موزاييك اللوبياء *Cowpea mosaic virus* (CPMV) يُظهر الفيروس استقراراً على نطاق واسع من درجة الحرارة (60 درجة مئوية) ونطاق الرقم الهيدروجيني 3-9 يقاوم بعض المذيبات العضوية. لذلك هو الأكثر بحثاً على نطاق واسع في مجال تكنولوجيا النانو الحيوية **(نصف درجة).** .فيروس موزاييك وتماوت البرسيم الأحمر Red Clover necrotic mosaic virus (RCNMV يخضع الفيروس لتغيرات هيكلية تحت تركيزات مختلفة من الكاتيونات ثنائية التكافؤ Ca^{2+} وMg^{2+}، ما يؤدي إلى تكوين المسام السطحية في RCNMV، يتم تجميعCP لتشكيل السقالة الداخلية يتطلب تفاعل جينوم RNA-RNA، فيروس موزاييك التبغ TMV *Tobacco mosaic virus*حيث أنماط المتكررة الأحماض الأمينية المشحونة مثل ليسين وأرجينين والأسبارتات والغلوتامات موجودة على السطح الخارجي والداخلي من. CPيُظهر TMV ثباتاً شديداً عند درجة حرارة أعلى (90 درجة مئوية)، وعلى قيم الأس الهيدروجيني العريضة 3-9، ويقاوم المذيبات العضوية المختلفة (الإيثانول، الميثانول، الأسيتون، رباعي هيدرو الفوران و .DMSOيتم استخدام TMV بسهولة شديدة صنع مواد تشبه الأسلاك النانوية**(نصف درجة).** فيروس موزاييك البروم *Brome mosaic virus* (BMV) يُظهر أيضاً آلية تورم تعتمد على الرقم الهيدروجيني والأيون مثل (CCMV). القفيصة الفيروسية مستقرة عند درجة حموضة pH أقل من 5.0 ولكن تخضع لتغيرات هيكلية في نطاق الرقم الهيدروجيني 5-7 .تم الإبلاغ عن التوسع العكسي دون التفكك في وجود Mg^{2+}**(نصف درجة).** استخدم نهج المحاكاة الحيوية biomimeticلإعادة توجيه استهداف الخلايا الفيروسية نحو التطبيقات العلاجية وتم تصنيعها وراثيا وصناعيا مع الروابط على الأسطح الفيروسية الخارجية **(نصف درجة).** لقد ثبت أن إدماج الأجسام المضادة واستهداف الببتيدات على الأسطح الخارجية للكبسولات الفيروسية النباتية تنقل خلايا محددة الاستهداف مع تقديم العلاجات وإيصال الدواء) وعوامل التصويرهذه الكبسولات قابلة للتعديل/الاقتران الكيميائي على أسطح القفيصية (الخارجية، والواجهة، والداخلية) بشكل مستقل لإنتاج متعدد الوظائف القوالب الحيوية دون التأثير على التجمع الفيروسي. مجموعات وظيفية من الأمينات المكشوفة على السطح، والأحماض الكربوكسيلية ، ومجموعة الثيول، يمكن أن ترتبط بيولوجياً عن طريق تفاعلات الاقتران الحيوي المختلفة مثل EDC/NHS دون تعطيل (تخريب) بنية القفص الشاملة. وهذا يسمح بالمكانية والرقمية الدقيقة السيطرة على المجموعات الوظيفية التفاعلية للمادة الكيميائية للتعلق بالروابط. هذه الأسطح التفاعلية يمكن الوصول إليها واستخدمت الأحماض الأمينية لمرفقات خاصة بموقع الجزيئات الصغيرة، بما في ذلك الجسيمات النانوية والفلوروفورولكربوهيدرات والأحماض النووية والببتيدات) **(نصف درجة).** كانت مجموعة كبيرة ومتنوعة من جزيء صغير بروابط تساهمية مع الأحماض الأمينية المكشوفة على السطح بما في ذلك الأكسدة والاختزال شظايا ميثيل فيولوجين النشطة وشظايا السينيكاربوكسيلات الحديدية العضوية المعدنية، والفلوروفور والبيوتين والبولي إيثيلين جليكول (PEG)، والكربوهيدرات. كان نشاط البيولوجي الليجند المرتبط ببروتينات القفيصة ثابتاً بشكل رئيسي بعد الارتباط. **(نصف درجة).** بالمقارنة مع الطرق التقليدية، تقدم CPs الفيروسية العديد من المزايا لتوصيل الدواء المستهدف. يعد CPMV واحد من أفضل الجسيمات النانوية الفيروسية التي تمت دراستها لايصال العقار المستهدف. يقتصر المدى المضيفي لـ CPMV على النباتات، ولكن من المثير للدهشة أن CPMV يتفاعل مع سطح خلية يبلغ 54 كيلو دالتون بروتين فيمنتين vimentin متوضع في الخلايا البطانية للتذييات لتحقيق هدف تسليم الدواء للخلايا السرطانية، ومواقع ربط-CPMV بالخلايا البطانية يجب أن تكون مخفية بتعديل بروتين قفيصة CPMV عن طريق ربط حمض الفوليك المرتبط-PEG folic acide PEG conjugateهذا التعديل يمنع تماما ارتباطه بالخلايا البطانية، ويسمح حمض الفوليك-المرتبط، بارتباطه المحدد بالخلايا السرطانية التي تحمل مستقبلات folate receptors. تم تحليل سمية جسيمات CPMV في الفئران، وأظهرت نتائج الدراسة إزالة (طرح) هذه الجسيمات بسرعة من الجسم. ولم تظهر الدراسات النسيجية histological للأعضاء الحيوية والأنسجة المختلفة أي آثار عكسية وتعتبر منصة آمنة التطبيقات الطبية الحيوية**(نصف درجة).** فيروس البقع الحلقية الشاحبة للكركديه *Hibiscus chlorotic ringspot virus* (HCRSV) يستخدم لاستهداف الخلايا السرطانية للتوصيل دوكسوروبيسي كدواء سام للخلايا السرطانية . تم تطوير الشحنة السالبة النقية داخل القفيصة عن طريق رابط متعدد الأحماض أدى للاحتفاظ العقار داخل الشحنة القفيصة بواسطة القوة الكهروستاتيكية. ليتحقق تسليم العقارات المستهدفة تم تزيين الجزء الخارجي من القفيصة مع حمض الفوليك الذي يرتبط بالخلايا السرطانية التعبير عن مستقبلات حمض الفوليك**(نصف درجة).** أظهرت اختبارات الديلزة الشحنة المعدلة المسماة fPC-dox وبطء طرح الدواء، وكذلك في خلايا OVCAR-3 (التعبير عن مستقبلات حمض الفوليك)، فقد أظهر زيادة مضاعفة في امتصاص العقارات وأخيرا ارتفاع السمية الخلوية في الخلايا المستهدفة مقارنة مع الشاهد. وبالمثل، فإن قفيصة RCNMV تم تعديلها لتوصيل الدواء المستهدف. بالمقارنة مع الدراسات المذكورة أعلاه، استخدم الباحثين الببتيد لاستهداف تسلسل N-catherin في الخلايا السرطانية. تم تحميل دوكسوروبيسين doxorubicinعن طريق تغيير تركيز الكاتيونات ثنائية التكافؤ divalent cations. وتم اختبار البضائع المعدلة modified cargo في خط خلايا HeLa (خط سرطان عنق الرحم البشري، وقد أظهر زيادة تعتمد على الوقت time-dependent في موت الخلايا. لا تقتصر الكاتيونات المعدلة في بروتينات القفيصة الفيروسية على المواد الكيميائية الارتباط، ولكن يمكن أيضا تعديلها وراثياً عن طريق إدخال تغييرات مستقرة وقابلة للتوريث. وفي إحدى هذه الدراسات، تم تعديل CCMV وراثيا عن طريق تحويل السيرين serine إلى السيستين cysteines. يساعد هذا الاستبدال في رفق محسس ضوئي وتم استخدام وظيفية هذه VNPs لاستهداف المكورات العنقودية الذهبية Staphylococcus aureus وأظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في قتل مسببات الأمراض بالمقارنة مع الشاهد. ما حقق بوضوح تطوراً مهماً في هدف إيصال الدواء باستخدام الفيروسات النباتية **(نصف درجة). دور في التصوير والتشخيص**: الكشف عن العديد من الأمراض التي تسببها الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا والفطريات، والفيروسات)، وتبدي مسببات الأمراض أعراض محددة مرتبطة بالمرض في وقت مبكر عدوى. لكن في حالة أمراض مثل السرطان الذي تم اكتشاف ما يقرب من 75٪ من الحالات فيه المرحلة الثالثة III stage، وهي مرحلة صعبة للغاية للعلاج. كثير من الموجود تفشل الأساليب في اكتشاف السرطان في مراحله المبكرة. وقد تم بذل جهد مستمر لتطوير أكثر حساسية للكشف المبكر. في دراسة حديثة**(نصف درجة).** ، استخدم بروتين القفيصة BMV الخالي من الحمض النووي معدل وظيفيا لزيادة حساسية إشارة الفلورسنت من خلايا سرطان المبيض المستهدفة وأورام المبيض داخل الصفاق، تم ملء BMV-CP الفارغة مع صبغةBrCy106-NHS السيانين البروم قرب-الأشعة تحت الحمراء لتحقيق خصوصية الهدف، البشرة المضادة للإنسان وتم ربط الأجسام المضادة لمستقبل عامل النمو(HER2) مع CP للتعبير عن خلايا سرطان المبيض. واستخدم VNPsالمعدلة للتصوير المرئي والتشخيص أثناء العمليات الجراحية و يمكن زيادة حدود الكشف عن طريق تعديل محدد أو نوعي. كما يتفاعل CPMV مع بروتين فيمينتين vimentin سطح الخلايا البطانية، تستخدم هذه الخاصية أيضاً في الأوعية الدموية أثناء التصوير**(نصف درجة). الاستخدام في تطوير اللقاحات والعلاج المناعي:** إن ثباتstability الفيروسات النباتية مقارنة بالمواد الأخرى. سمح باستخدام جزيئات الفيروسات النباتية لتطوير اللقاحات والعلاج المناعي كما لم تثبت إصابة أو تضاعف فيروسات النباتات في الثدييات**(نصف درجة).** . تستخدم فيروسات كناقلات. واستخدمت الفيروسات الغدية المشتقة من الشمبانزي في إنتاج اللقاحات ضد كوفيد-19. يستخدم الفيروس كحامل إلى الحالة المعدية. واستخدام الفيروسات النباتية كحاملات للمستضد مثال فيروس الورقة المروحية لكرمة العنب للكشف عن epitope L2 في بروتين القفيصة الصغير لفيروس الورم الحليمي البشري**(نصف درجة).** . لقد يستخدم فيروس CPMV في اللقاح الموضعي in situ vaccine والمواد المساعدة adjuvant . واستخدم كلا من BMV وفيروس موزاييك وشحوب اللوبياء المحملة بالفلور بشكل فعال تجاه خلايا ورم الثدي (خط الخلايا MCF-7) دون أي استهداف للإشارات. كما تبين أنBMV أقل قدرة مناعية ويمكن استخدامه كعامل مناعي وكناقل نانوي**(نصف درجة).** الذي لا يتطلب مثبطات المناعة تزييفية لإيصالها إلى الخلايا. وتسليم سيرنا GFPspecific siRNA النوعي باستخدام BMV كحامل نانو لاستهداف خلايا ورم الثدي التي تعبر عن GFP . بعد التسليم تم تخفيض التعبير GFP بشكل ملحوظ من قبل سيرنا siRNA-mediated بوساطة تدهور GFP mRNA. كمؤشر واعد للناقل النانوي BMV للعلاج الجزيئي. و توصيل siRNA باستخدام الفيروسات النباتية **(نصف درجة).** تظهر للجسيمات النانوية الإمكانيات اللامتناهية أن الفيروسات ليست مجرد هدف للسيطرة ولكنها مادة ذات مستوى عالٍ قيمة المنفعة. يُستخدم TMVحالياً في مجالات الإلكترونيات والمواد مثل الأنابيب النانوية وأجهزة الذاكرة وأقطاب البطارية والعلوم الطبية مثل التصوير والتشخيص ومجالات علوم الحياة الأخرى**(نصف درجة).** .