الفصل الثالث عشر

الفيروسات التي تصيب محاصيل الذرة والدخن والذرة الرفيعة

الدسوقي أبو اليزيد عمار[1]، أبوالعطا النادي أبوالعطا[2] وآمال محمود[3]
(1) قسم الحشرات الاقتصادية والمبيدات، كلية الزراعة جامعة القاهرة، الجيزة، مصر وأستاذ زائر بجامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة؛ (2) قسم الأمراض الفيروسية والفيتوبلازما، معهد بحوث أمراض النبات، مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر؛ (3) معهد بحوث الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية، جامعة المنوفية، مدينة السادات، مصر.

المحتويات

1. المقدمة
2. أهم الفيروسات التي تصيب الذرة والدخن والذرة الرفيعة طبيعياً في المنطقة العربية
   1.2. فيروس تخطط الذرة
   2.2. فيروس الاشرطة الصفراء للذرة
   3.2. فيروس موزاييك وتقزم الذرة
   4.2. فيروس موزاييك قصب السكر
   2.5. فيروسات اصفرار وتقزم الشعير
   2.6. فيروس التخطط الشاحب لحشيشة برمودا
3. فيروسات أخرى
   3.1. فيروس موزاييك الذرة
   3.2. فيروس موزاييك زيا
   3.3. فيروس التقزم الخشن للذرة
   3.4. فيروس التبرقش الشاحب للنجيليات
   3.5. فيروس الخط المحفور (الغائر) لحشيشة برمودا
4. استنتاجات عامة
5. المراجع

1. المقدمة

تتسم محاصيل الذرة (*Zea mays* L.) والدخن (*Pennisetum americanum* L.) والذرة الرفيعة (*Sorghum bicolor* (L.)) بالأهمية القصوى في الدول العربية، حيث أنها من المحاصيل الاستراتيجية التي تقوم عليها صناعة رغيف الخبز الذي يعتبر الغذاء الأساسي في العديد من المجتمعات العربية، كما أنها أيضاً تستخدم لإنتاج زيوت الغذاء التي تستورِد منها الدول العربية كميات كبيرة، الأمر الذي يُثقِل كثيراً على الميزانية العامة لهذه الدول. ويبين الجدولين 1 و 2 المساحات المزروعة والكميات المنتجة والمستوردة من الذرة والدخن أو الذرة الرفيعة في الدول

العربية، مما يوضح أن كثيراً من هذه الدول تستورِد كميات كبيرة من تلك المحاصيل كل عام لتغطى احتياجاتها، حسب إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة لعام 2005.

وتتعرض محاصيل الذرة والدخن والذرة الرفيعة للإصابة بالعديد من الفيروسات التي يسبب معظمها خسائر في إنتاج المحاصيل المصابة بها، وترتبط كمية الخسائر بمدى انتشار الفيروس وشدة الإصابة وحساسية الأصناف المنزرعة. وتتراوح هذه الخسارة من المستوى القليل إلى أكثر من 90% من المحصول (Aboul-Ata & Ammar, 1989a, 1989b؛ Aboul-Ata *et al*., 1996)، أو إلى تدهور كامل كما حدث لمحصول الذرة في منطقة مصر الوسطى (الفيوم، الجيزة، بني سويف، المنيا) خلال الموسم الزراعي الصيفي لعام 1991 نتيجة الإصابة بفيروس الأشرطة الصفراء للذرة (MYSV) (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة لعام 1992). وكذلك تدهور هذا المحصول في بعض المحافظات مثل محافظتي سوهاج وقنا في الموسم الزراعي 2000 نتيجة الإصابة بنفس الفيروس (MYSV) والذي تم الكشف عنه مخبرياً في عينات من الذرة والحشائش/الأعشاب (مثل ذيل القط وغيرها) وحشرات نطاطات الأوراق جمعت من مناطق الإصابة (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2001).

وقد نشر العديد من البحوث المرجعية عن فيروسات الذرة والدخن في العالم (Thottappilly *et al*., 1993 ؛Lapierre & Signoret, 2004). أما في المنطقة العربية فقد تم نشر عدد قليل من البحوث المرجعية عن هذه المجموعة من الأمراض على الذرة (Brunt *et al*., 1990 ؛Ammar, 1983). وسوف نتناول في هذا الفصل وضع الأمراض الفيروسية التي وجدت طبيعياً على محاصيل الذرة والدخن والذرة الرفيعة في المنطقة العربية (جدول 3) من حيث صفاتها العامة وانتشارها، وأضرارها، وطرق انتقالها والكشف عنها، ووسائل مكافحتها. ولن نتناول هنا بعض الفيروسات التي تصيب أساساً القمح أو الشعير في الطبيعة ولكنها قد تصيب تجريبياً نباتات الذرة، مثل فيروس الموزاييك الشريطي للشعير (BSMV) وفيروس اصفرار وموزاييك الشعير المخطط (BYSMV) (Lapierre & Signoret, 2004) حيث أنها سوف تناقش بالتفصيل في فصول أخرى من هذا الكتاب.

جدول 1. الإنتاجية الكلية والمساحة المزروعة ومتوسط الإنتاجية وكمية الواردات من محصول الذرة لأغلب البلدان العربية طبقاً لبيانات منظمة الأغذية والزراعة لعام 2005.

البلد	الإنتاجية الكلية (1000 طن)	المساحة المزروعة (1000 هكتار)	متوسط الإنتاجية (كغ) للهكتار	كمية الواردات (1000 طن)
الجزائر	1.15	0.34	3,386.40	2,294.86
مصر	7,698.00	948.00	8,120.30	5,880.24
فلسطين	49.26	5.00	9,852.00	1,382.18
الأردن	30.80	1.32	23,333.30	504.24
لبنان	3.40	0.95	3,578.90	286.09
ليبيا	3.60	1.50	2,400.00	586.54
المغرب	50.12	246.27	203.50	1,612.62
المملكة العربية السعودية	90.63	24.39	3,715.80	1,348.48
السودان	60.00	79.60	753.80	89.31
سورية	187.20	50.90	3,677.70	1,625.75
تونس	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	888.03
الإمارات العربية المتحدة	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	377.78
اليمن	31.11	38.50	807.90	248.47

جدول 2. الإنتاجية الكلية والمساحة المزروعة ومتوسط الإنتاجية وكمية الواردات من السورجم (الدخن أو الذرة الرفيعة) لأغلب البلدان العربية طبقاً لبيانات منظمة الأغذية والزراعة لعام 2005.

البلدان	الإنتاجية الكلية (1000 طن)	المساحة المزروعة (1000 هكتار)	متوسط الإنتاجية (كغ) للهكتار	كمية الواردات (1000 طن)
الجزائر	1.24	0.37	3,348.60	0.12
مصر	853.00	152.00	5,611.80	-
فلسطين	34.69	5.50	6,307.30	40.45
الأردن	5.39	0.37	14,417.10	-
لبنان	1.00	0.60	1,666.70	-
ليبيا	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	1,185.58
المغرب	11.12	20.40	545.10	0.27
المملكة العربية السعودية	205.35	103.50	1,984.00	0.01
السودان	4,275.00	6,444.99	663.30	171.08
سورية	3.00	4.00	750.00	0.02
تونس	1.00	3.00	333.40	2.20
الإمارات العربية المتحدة	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	لا توجد بيانات	8.24
اليمن	263.69	433.20	608.70	-

جدول **3**. أهم الأمراض الفيروسية التي تصيب نباتات الذرة والدخن والذرة الرفيعة في المنطقة العربية.

الأسم العربي	الأسم العلمي	الأسم المختصر	الجنس	الفصيلة/العائلة
1. الفيروسات المهمة اقتصادياً				
فيروس تخطط الذرة	*Maize streak virus*	MSV	*Mastrevirus*	*Geminiviridae*
فيروس الأشرطة الصفراء للذرة*	Maize yellow stripe virus*	MYSV	*Tenuivirus*	
فيروس موزاييك وتقزم الذرة	*Maize dwarf mosaic virus*	MDMV	*Potyvirus*	*Potyviridae*
فيروس موزاييك قصب السكر	*Sugarcane mosaic virus*	SCMV	*Potyvirus*	*Potyviridae*
فيروس اصفرار وتقزم الشعير-RMV	*Barley yellow dwarf virus-RMV*	BYDV-RMV	غير محدد	*Luteoviridae*
فيروس اصفرار وتقزم الشعير-PAV	*Barley yellow dwarf virus-PAV*	BYDV-PAV	*Luteovirus*	*Luteoviridae*
فيروس التخطط الشاحب لحشيشة برمودا*	Cynodon chlorotic streak virus*	CCSV	*Nucleorhabdovirus*	*Rhabdoviridae*
2. فيروسات أخرى				
فيروس موزاييك الذرة	*Maize mosaic virus*	MMV	*Nucleorhabdovirus*	*Rhabdoviridae*
فيروس موزاييك زيا	*Zea mosaic virus*	ZeMV	*Potyvirus*	*Potyviridae*
فيروس التقزم الخشن للذرة	*Maize rough dwarf virus*	MRDV	*Fijivirus*	*Reoviridae*
فيروس التبرقش الشاحب للنجيليات	Cereal chlorotic mottle virus	CCMoV	غير محدد	*Rhabdoviridae*
فيروس الخط المحفور (الغائر) لحشيشة برمودا	*Bermuda grass etched-line virus*	BELV	*Marafivirus*	*Tymoviridae*

* تسمية وتقسيم الفيروس المستخدم في هذا الجدول هو مقترح، إلا أنه لم يعتمد حتى الآن من قبل اللجنة الدولية لتقسيم الفيروسات.

2. أهم الفيروسات التي تصيب الذرة والدخن والذرة الرفيعة طبيعياً في المنطقة العربية

1.2. فيروس تخطط الذرة

Maize streak virus **(MSV، جنس *Mastrevirus*، فصيلة *Geminiviridae*)**

الصفات العامة – يعتبر هذا الفيروس من أهم وأكثر الفيروسات التي تصيب نباتات الذرة انتشاراً في القارة الإفريقية خاصة جنوب الصحراء، وقد اكتشفه Storey (1924، 1925) الذي وصف بالتفصيل انتقال الفيروس في الطبيعة بواسطة عدة أنواع من نطاطات الأوراق التابعة لجنس *Cicadulina*. لهذا الفيروس عدة مرادفات منها فيروس تخطط باجرا (BSV)، فيروس التخطط الافريقي للنجيليات (CASV) وفيروس تخطط الذرة أ. وجسيمات هذا الفيروس شبه كروية صغيرة (قطرها حوالي 22×30 نانومتراً) وتوجد عادة في أزواج متشابهة سواء داخل النباتات أو في المستخلصات النقية (شكل 1) (Ammar, 1994؛ Bock, 1974). ويتكون مجين الفيروس من الحمض النووي الريبي المنزوع الاوكسجين (DNA) وحيد السلسلة حجمه حوالي 2.7 ألف قاعدة

آزوتية، يوجد غالباً على هيئة جزيئات دائرية مغلقة وزنها الجزيئي 7.1×10^5 دالتون. وقد درس التتابع النيوكليوتيدي لهذا الفيروس واستنتج منه عدد من الوظائف لأجزاء المجين المختلفة، منها بعض الجينات المسئولة عن تكاثر الفيروس داخل النبات العائل (C1, C2)، والجين V1 المسئول عن تكوين البروتين الذى يساعد في تحرك الفيروس عبر الخلايا داخل النبات المصاب، والجين V2 المسئول عن تكوين الغطاء البروتيني للفيروس الذى قد يساعد في اكتساب ونقل الفيروس بواسطة أنواع معينة من نطاطات الأوراق. ويحتوى الغطاء البروتيني للفيروس على نوع واحد من البروتينات وحدته ذات وزن جزيئي حوالي 28 كيلو دالتون.

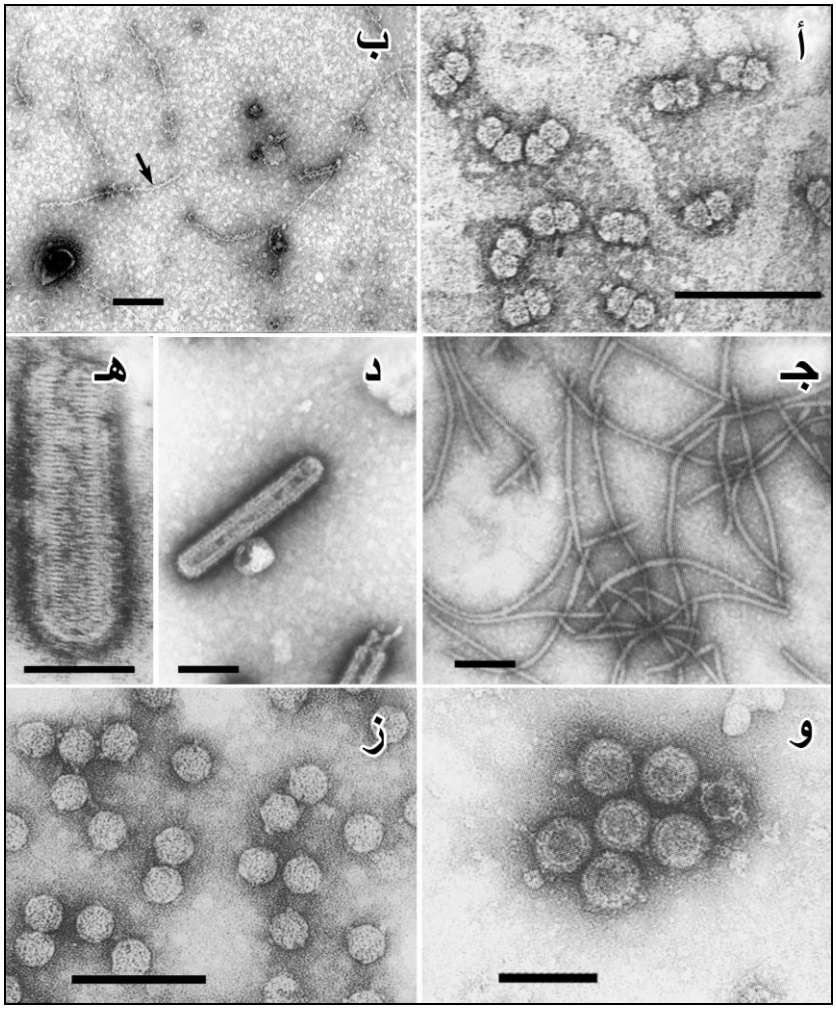
وفي هذا الفصل اعتمد على البحث المرجعي الحديث (Bosque-Pe´rez, 2000) نسبياً عن هذا الفيروس والذي يحتوي على مراجع كثيرة أخرى يمكن للقارئ الرجوع إليها عند الحاجة لذلك.

الأعراض والمدى العوائلي – تبدأ أعراض الإصابة بفيروس MSV على نبات الذرة كبقع صغيرة صفراء على الأوراق حديثة النمو، ثم تمتد هذه البقع طولياً عند نمو الورقة تدريجياً حتى تتحول إلى خطوط صفراء متقطعة أو مستمرة موازية للعروق قد تشمل الورقة كلها (شكل 2). وتظهر هذه الأعراض عادة على الأوراق التي أعديت بالفيروس بواسطة الحشرة الناقلة أو الأوراق التي تنمو بعدها (أعلاها) وليس على الأوراق التي ظهرت قبلها (أسفلها).

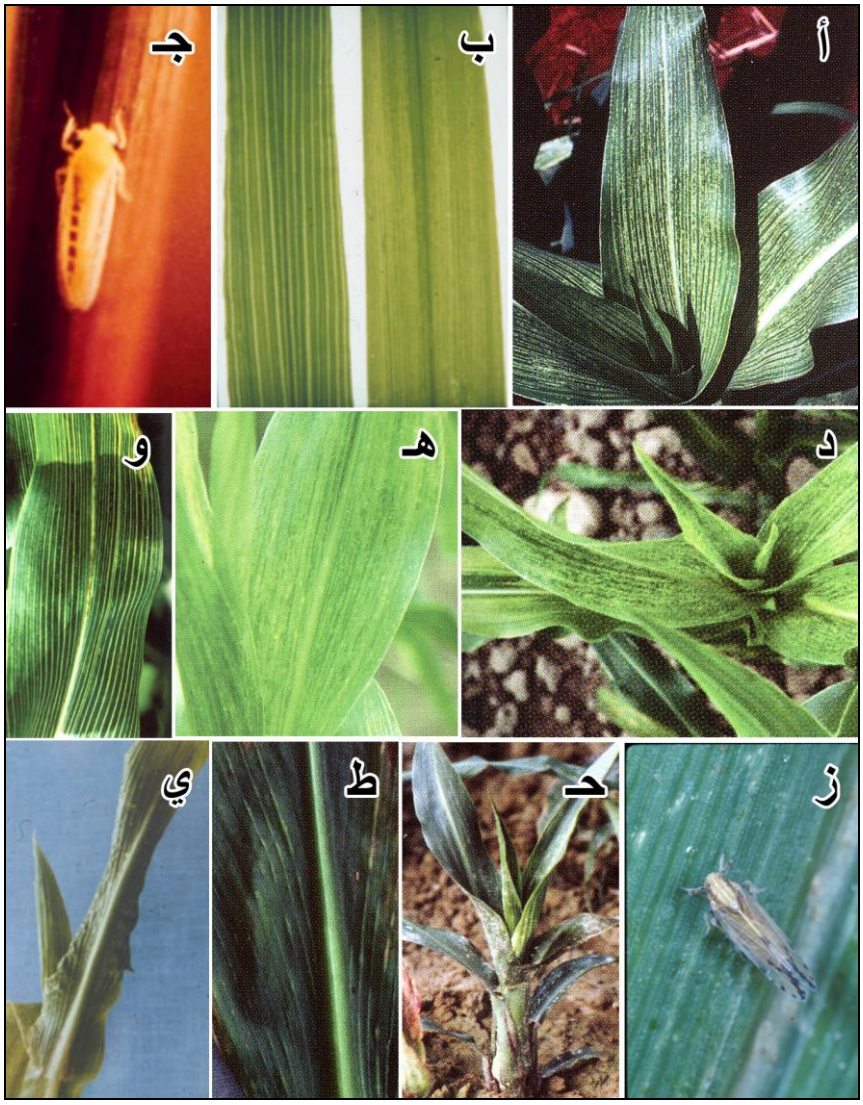
وللفيروس مدى عوائلي واسع بين الفصيلة النجيلية (Gramineae)، فقد يصيب بعض المحاصيل والحشائش/الأعشاب النجيلية من أصل أفريقي مثل نباتات الذرة الرفيعة (*Sorghum bicolor* L.)، والدخن (*Pennisetum americanum* L.) ولكن بصورة نادرة في الطبيعة. أما المحاصيل التي أدخلت إلى وسط وجنوب إفريقيا في القرون الأربعة الأخيرة، كالذرة (*Zea mays* L.)، الأرز (*Oryza sativa* L.)، الشوفان (*Avena sativa* L.)، القمح (*Triticum aestivum* L.) وقصب السكر (*Saccharum officinarum* L.) فتصاب طبيعياً وبشدة بهذا الفيروس. وقد وجد أن عزلات فيروس MSV الموجودة طبيعياً على نباتات الذرة أو على عدد من الحشائش/الأعشاب النجيلية [*Brachiaria lata* (Schumach) Hubbard، *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv.، *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Beauv.، *Digitaria horizontalis* Willd. و *Setaria barbata* (Lam.) Kunth] تعتبر من أشد العزلات إصابة لنباتات الذرة (Bosque-Pe´rez, 2000).

طرائق الإنتقال – لا يمكن انتقال فيروس MSV من نبات إلى آخر بالوسائل الميكانيكية المعتادة، وإن كان يمكن نقله ميكانيكياً باستخدام طريقة ثقب الأنسجة الوعائية (Vascular puncture) التي يحقن فيها مستخلص نقي أو غير نقي من الفيروس في الجنين النامي داخل حبوب الذرة بواسطة

آلة حقن دقيقة (Louie, 1995). وتستخدم هذه الطريقة الآن في تجارب اختبار حساسية أو مقاومة أصناف الذرة المختلفة للإصابة بهذا الفيروس وغيره من فيروسات الذرة التي لا تنتقل ميكانيكياً بسهولة.



شكل 1. صور بالميكوسكوب الإلكتروني لتحضيرات منقاة (purified preparations) مصبوغة بطريقة الصبغ السالب (negative staining) لفيريونات بعض أمراض الذرة الفيروسية في المنطقة العربية: (أ) فيروس تخطط الذرة (MSV)، (ب) فيروس الأشرطة الصفراء للذرة (MYSV)، (جـ) فيروس موزاييك وتقزم الذرة (MDMV)، (د) فيروس موزاييك الذرة (MMV)، (هـ) فيروس موزاييك الذرة الإيراني (MIMV)، (f) فيروس التقزم الخشن للذرة (MRDV)، (ز) فيروس اصفرار وتقزم الشعير (BYDV).
مقياس الرسم = 100 نانومتراً. (ب) عن Mahmoud *et al.*, 2007، والباقي محور عن (Lapierre & Signoret, 2004).



شكل 2. أعراض المرض والنواقل الحشرية لبعض أمراض الذرة الفيروسية وغيرها في المنطقة العربية: (أ) فيروس تخطط الذرة (MSV)، (ب) أشرطة دقيقة (أيسر) وأشرطة عريضة (أيمن) ناتجة عن فيروس الأشرطة الصفراء للذرة (MYSV)، (جـ) حشرة نطاط الأوراق *Cicadulina chinai* الناقلة لفيروس MYSV، (د) فيروس موزاييك وتقزم الذرة (MDMV)، (هـ) فيروس موزاييك قصب السكر (ScMV) على الذرة، (و) فيروس موزاييك الذرة (MMV)، (ز) حشرة نطاط النبات *Peregrinus maidis* الناقلة لفيروس MMV، (حـ) و (ط) فيروس التقزم الخشن للذرة (MRDV)، (ي) مرض تورم عروق أوراق الذرة المتسبب عن تغذية نطاطات الأوراق من جنس *Cicadulina*. (أ، ب، هـ، و، حـ، ط محورة عن Lapierre & Signoret, 2004).

أما في الطبيعة فينتقل فيروس MSV أساساً بواسطة حشرات نطاطات الأوراق (جنس *Cicadulina*) بالطريقة المثابرة/الباقية غير التكاثرية، ومن بين 22 نوعاً معروفاً من هذا الجنس يوجد 18 منها في افريقيا (Bosque-Pe´rez, 2000؛ Webb, 1987)، سُجِل منها 9 أنواع كناقلات لهذا الفيروس وهي: *Cicadulina arachidis* China، *C. bipunctata* (= *bipunctella*) (Melichar)، *C. ghaurii* Dabrowski، *C. latens* Fennah، *C. mbila* Naude، *C. niger* China، *C. parazeae* Ghauri، *C. similis* China و *C. storeyi* (= *triangula*) China. وقد وجد أن النوع *C. bipunctata* (= *bipunctella zeae*) هو الناقل الرئيسي لفيروس MSV على كل من الذرة وقصب السكر في مصر (Ammar *et al*., 1987).

ويمكن لحشرات نطاطات الأوراق الناقلة اكتساب الفيروس من النبات خلال فترات تغذية قصيرة جداً (15–30 ثانية) حيث يوجد الفيروس داخل معظم أنسجة الورقة المصابة بما فيها النسيج الوسطى (mesophyll) (Ammar, 1994)، كما يمكن لتلك الحشرات القاحه في فترات تغذية طولها 5 دقائق إلى ساعتين، ويبدو أن الفيروس لابد وأن يحقن في نسيج اللحاء. ويمر الفيروس بفترة حضانة تبلغ 6–24 ساعة (حسب النوع الناقل) بعد تغذية الاكتساب حتى تصبح الحشرة التي اكتسبته بالتغذية قادرة على نقل الفيروس، وقد تبقى الحشرة بعد ذلك قادرة على نقل الفيروس طوال حياتها.

وتختلف أنواع نطاطات الأوراق الناقلة في كفاءتها في نقل فيروس MSV، فقد وجد أن ثلاثة أنواع (*C. mbila*، *C. storeyi* و *C. ghaurii*) تنقل هذا الفيروس بكفاءة عالية (40–45%) مقارنة بالنوع *C. arachidis* الذى ينقله بكفاءة منخفضة (حوالي 10%). وتزيد كفاءة نقل الفيروس عادة في معظم الأنواع التي دُرِسَت مع زيادة فترة كل من تغذيتي الاكتساب والإلقاح بواسطة الحشرة.

ويعتبر النوع *C. mbila* من أهم الأنواع الناقلة لفيروس MSV في شرق إفريقيا عموماً وفي كل من إثيوبيا ونيجيريا. وتؤثر الظروف الجوية كثيراً في تعداد حشرات نطاطات الأوراق وخاصة الأمطار ودرجات الحرارة، وكذلك توفر نباتات مناسبة لتلك الحشرات. ففي كل من نيجيريا وزيمبابوي تقل أعداد نطاطات الأوراق من جنس *Cicadulina* في بداية موسم الأمطار، ثم تزيد بالتدريج خلال هذا الموسم مع توفر العوائل النباتية، وتقل الأعداد مرة أخرى بشدة أثناء موسم الجفاف ربما نتيجة لعدم توفر عوائل نباتية ملائمة (Bosque-Pe´rez, 2000). أما في مصر فقد لوحظ أن أعداد نطاطات الأوراق من جنس *Cicadulina* تكون منخفضة في الشتاء وبداية الربيع، ثم تبدأ في الزيادة تدريجياً خلال فترة الصيف حتى تصل إلى أعلى مستوياتها في أوائل الخريف (أيلول/سبتمبر وتشرين الأول/أكتوبر)، ويبدو أن حشرات نطاطات الأوراق الناقلة،

وربما الفيروس أيضاً، يقضيان فترة الشتاء في المحاصيل الشتوية كالقمح والشعير أو في قصب السكر والحشائش/الأعشاب النجيلية المتوافرة طوال العام (Ammar *et al*., 1989).

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية في المنطقة العربية – ينتشر فيروس MSV في معظم بلاد القارة الإفريقية من السودان إلى جنوب إفريقيا ومن زيمبابوي إلى السنغال، وكذلك في الجزر المحيطة بها مثل مدغشقر وموريشس وريونيون وغيرها، كما سُجِل باليمن (Walkey *et al*., 1990) وفي مصر على نباتات الذرة والقصب. في مصر، وُجِد أن نسبة الإصابة بالفيروس في حقول الذرة المتأخرة والمجاورة لحقول القصب في جنوب مصر وصلت إلى 77–78% في شهر أيلول/سبتمبر حين تزداد أعداد نطاطات الأوراق الناقلة له، بينما وصلت هذه النسبة في الوجه البحري بعيداً عن حقول القصب إلى 6–12% فقط في حقول الذرة المتأخرة (Ammar, 1983؛ Aboul-Ata & Ammar, 1989a, 1989b).

وتحدث الأوبئة بهذا الفيروس من آن لآخر في كثير من مناطق زراعة الذرة جنوب الصحراء، وقد تؤدى تلك الأوبئة لأضرار اقتصادية كبيرة. ويبدو أن تلك الأوبئة قد زادت مع إدخال أصناف الذرة عالية الإنتاج حديثاً في كثير من الدول الإفريقية، بما ترتب على ذلك من زيادة المساحة المزروعة بالذرة كمحصول منفرد ومكثف بدلاً من زراعته في مساحات صغيرة مختلطاً مع نباتات أخرى كالذرة الرفيعة والدخن، كما كان يتبع تقليدياً من قبل. كما قد تكون بعض تلك الأصناف الجديدة أكثر قابلية للإصابة بالفيروس أو بنطاطات الأوراق الناقلة له من الأصناف التقليدية. وبالإضافة لذلك فإن الاتجاه نحو زراعة عدة محاصيل أو عروات على مدار السنة في تلك المناطق يزيد من فرص الفيروس أو نطاطات الأوراق الناقلة له في قضاء فترة الشتاء على محاصيل أخرى قابلة للإصابة بهما.

ويتراوح النقص في محصول نباتات الذرة نتيجة الإصابة بفيروس MSV من 71% في بعض الأصناف القابلة للإصابة بهذا الفيروس (مثل TZB-Guaso) إلى 10% في بعض الأصناف عالية المقاومة له، ويزداد النقص في المحصول كلما أصيبت نباتات الذرة في عمر مبكر بالفيروس.

طرائق الكشف – بالإضافة إلى الأعراض المميزة لفيروس MSV وانتقاله بواسطة بعض أنواع نطاطات الأوراق التي ذكرت من قبل من جنس *Cicadulina* بالطريقة المثابرة/الباقية غير التكاثرية، فإنه يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس سواء في النباتات المصابة أو الحشرات الناقلة له عن طريق الاختبارات السيرولوجية. وقد استخدم عدد من الأمصال متعددة الكلُون أو وحيدة الكلُون للكشف عن عزلات هذا الفيروس من مصر ومالاوي وأوغندا وجنوب أفريقيا ونيجيريا. وقد بين Peterschmitt وآخرون (1991) أن عزلات هذا الفيروس التي حصل عليها

من إحدى عشر دولة إفريقية كانت كلها متقاربة سيرولوجيا. وفى الماضي عزل Bock وآخرون (1974) ما كان يعتقد أنه ثلاث سلالات مختلفة سيرولوجيا تابعة لفيروس MSV، عزل إحداها من نباتات الذرة والأخرى من قصب السكر والثالثة من عشب/حشيشة بانيكوم (*Panicum maximum* L.) وتدل أبحاث أكثر حداثة على أن كلا من السلالتين الأخيرتين تختلفان عن السلالة الأولى من حيث التتابع النيوكليوتيدي بدرجة تكفي لاعتبارهما نوعين مختلفين عن فيروس MSV، ولذلك سميتا فيروس تخطط قصب السكر (*Sugarcane streak virus*, SSV) وفيروس تخطط عشب بانيكوم (*Panicum streak virus*, PSV)، علماً بأن لهذين النوعين علاقة سيرولوجية موجبة ولكنها ضعيفة أو غير متماثلة مع فيروسMSV. وقد تم حديثاً استخدام التفاعل المتسلسل للبوليمراز (PCR) بالإضافة إلى طريقة Restriction fragment length polymorphism (RFLP) في تحليل العلاقات القائمة بين 39 عزلة من فيروس MSV وعزلة واحدة من فيروس SSV وعزلتين من فيروس PSV، وقد تمكنت هذه الطريقة من التفرقة بين الأنواع المختلفة لهذه الفيروسات الثلاث (التي تختلف عن بعضها في حوالي 40% من التتابع النيوكليوتيدي) وكذلك في التفرقة بين العزلات المختلفة لفيروس MSV (التي تتشابه في التتابع النيوكليوتيدي بنسبة 99%). وقد قسمت هذه العزلات إلى أربع مجموعات تصيب إحداها أساساً نباتات الذرة، وتصيب الثلاث مجموعات الأخرى أساساً نباتات القمح وبعض الحشائش النجيلية. كما استخدم التفاعل المتسلسل للبوليمراز أيضاً في الكشف عن فيروس SSV في مصر بمنطقة نجع حمادي، واتضح أن هذا الفيروس يعتبر نوعاً مختلفاً عن فيروس SSV المعزول من جنوب إفريقيا (حيث أنهما يشتركان فقط في 66 % من التتابع النيوكلتيدي) ولذلك أعطى اسماً جديداً هو *Sugarcane streak Egyptian virus* (SSEV) (Bigarre *et al*., 1999؛ Shamloul *et al*., 2001).

الوقاية من الإصابة بالفيروس والحد من انتشاره – حيث أن المصدر الرئيسي للعدوى بهذا الفيروس هو حقول الذرة والقصب المصابة به، فإن هناك بعض الوسائل الزراعية التي يمكن اتباعها للحد من انتشار فيروس MSV في حقول الذرة، وتشمل هذه الوسائل ما يلي (Bosque-Pe´rez, 2000؛ Petershmitt, 2004): (1) إتباع دورة زراعية لا تسمح باستمرار تربية نطاطات الأوراق طوال السنة على محاصيل نجيلية مختلفة (صيفاً وشتاءً)؛ (2) زراعة الذرة في موعد مبكر (في الربيع بمصر على سبيل المثال) قبل زيادة أعداد نطاطات الأوراق الناقلة في أواخر الموسم؛ (3) عدم زراعة نباتات الذرة في اتجاه الريح القادمة من مزروعات نجيلية أخرى أكبر عمراً؛ (4) ترك مساحة بور (غير مزروعة) عرضها حوالي عشرة أمتار حول حقول الذرة القابلة للإصابة، وعدم زراعة الذرة بجوار زراعات قصب السكر؛ (5) مكافحة نطاطات الأوراق على نباتات الذرة عند زيادة أعدادها، مما يحد من انتشار الفيروس من نبات أو

حقل لآخر، وقد ثبت أن استخدام مبيدات الكربواميت، مثل كاربوفيوران (Carbofuran)، في الوقت المناسب قد يمنع انتشار الفيروس من الحقول المجاورة بواسطة نطاطات الأوراق (Thottapilly *et al.*, 1993)؛ (6) زراعة الذرة مختلطاً في نفس الحقل مع محاصيل أخرى غير مفضلة لتغذية أو تكاثر نطاطات الأوراق الناقلة لهذا الفيروس، ففي إحدى التجارب أدت زراعة الذرة مع الفاصولياء والدخن إلى انخفاض نسبة الإصابة بالفيروس من 30 إلى 50%.

وبالرغم من ذلك فمن المعتقد أن انجح وسيلة عملية للحد من انتشار فيروس MSV أو من تأثيره على محصول الذرة هو تربية أو انتخاب أصناف مقاومة لهذا الفيروس أو لنطاطات الأوراق الناقلة له. وقد وُجد أن بعض السلالات/الخطوط الوراثية المتزاوجة ذاتياً وأحد أصناف الهجين التجريبية من الذرة في جنوب إفريقيا تتميز بالمناعة لفيروس MSV. كما اكتشف في المعهد الدولي للزراعة الاستوائية بنيجيريا (IITA) عدة أصناف من الذرة الهجين مقاومة لهذا الفيروس تتميز بنسبه منخفضة للإصابة بالإضافة إلى أعراض أقل عند الإصابة بالفيروس. وقد تم في هذا المعهد وفي المركز الدولي لبحوث القمح والذرة بالمكسيك (CIMMYT) إنتاج أصناف أخرى من الذرة تتمتع بصفة المقاومة لفيروس MSV بالإضافة إلى الصفات المرغوبة الأخرى من حيث إنتاج المحصول كماً ونوعاً. وما زالت مثل هذه الجهود مستمرة حتى الآن في عدد من الدول الإفريقية. وجدير بالذكر أن بعض أصناف الذرة المقاومة لفيروس MSV تزرع على نطاق واسع في نيجيريا منذ سنوات عديدة دون أن تتأثر كثيراً بهذا المرض، ودون أن تظهر سلالات أخرى من الفيروس أشد ضراوة تستطيع كسر مقاومة هذه الأصناف حتى الآن.

وتدل بعض الأبحاث على أن سلوك تغذية نطاطات الأوراق الناقلة على أصناف الذرة المقاومة لفيروس MSV يختلف كثيراً عنه في حالة التغذية على الأصناف القابلة للإصابة به، ففي حالة النباتات المقاومة قلت فترات التغذية المتعمقة وزادت فترات الراحة أو عدم التغذية، مما يدل على أن هذه النطاطات لا تفضل التغذية على تلك الأصناف المقاومة للفيروس. وقد يكون هذا الاختلاف في سلوك التغذية أحد أسباب مقاومة تلك الأصناف للإصابة بالفيروس وذلك بالإضافة إلى مقاومتها للإصابة بالفيروس ذاته (Bosque-Pe´rez, 2000).

2.2. فيروس الأشرطة الصفراء للذرة

Maize yellow stripe virus (MYSV)، جنس *Tenuivirus*)

الصفات العامة – اكتشفت أعراض هذا الفيروس (شكل 2) على نباتات الذرة والذرة الرفيعة بمصر في أوائل الثمانينيات (Ammar *et al.*, 1984)، ثم درست صفاته بشكل أوسع في الأعوام اللاحقة. من مرادفات هذا الفيروس فيروس الأشرطة الدقيقة للذرة (MFSV) وفيروس تقزم وشحوب الذرة (MCSV). وقد وجد أن المستخلصات شبه النقية من النباتات المصابة تحتوي على

جسيمات خيطية دقيقة يبلغ قطرها من 4–8 نانومتراً (شكل 1) تشبه تلك المصاحبة لفيروسات جنس *Tenuivirus*، ومن أمثلتها فيروس الذرة الشريطي (*Maize stripe virus*, MSpV) الموجود في بعض بلاد إفريقيا والأمريكيتين (Falk & Tsai, 1998)، كما وجد أن القطاعات الرقيقة من النباتات المصابة تحتوي على جسيمات خيطية دقيقة بشكل حلزوني (Ammar *et al*., 1990). ويتشابه فيروس MYSV مع فيروسات ذلك الجنس في احتوائه على الحمض النووي الريبي (RNA) الذي يتكون من 5 قطع يتراوح حجمها بين 1.6–9.5 ألف قاعدة آزوتية. ويحتوي غطاء الفيروس على بروتين من نوع واحد وزن وحدته الجزيئي حوالي 34 كيلو دالتون، كما تحتوى النباتات المصابة بهذا الفيروس، مثل فيروسات جنس *Tenuivirus*، على بروتين غير تركيبي وزنه الجزئي حوالي 14 كيلو دالتون. إلا أن التتابع النيوكليوتيدي في فيروس MYSV يختلف عن جميع فيروسات جنس *Tenuivirus* الأخرى المعروفة حتى الآن (Mahmoud *et al*., 2007).

ونظراً لهذا الاختلاف في التتابع النيوكليوتيدي، وكذلك لأن هذا الفيروس ينقل بواسطة حشرة نطاط الأوراق *Cicadulina chinai* Ghauri من فصيلة *Cicadellidae* (شكل 2)، على خلاف فيروسات جنس *Tenuivirus* الأخرى المعروفة التي تنقل جميعها بواسطة أنواع من نطاطات النبات (من فصيلة Delphacidae)، فقد اقتُرِح حديثاً إنشاء فصيلة تسمى *Tenuiviridae* تحتوى على فيروسات جنس *Tenuivirus* التي تنقلها نطاطات النبات، بالإضافة إلى جنس جديد مقترح هو *Cicatenuivirus* يحتوي على فيروس MYSV وأي فيروسات مُشابِهة أخرى تنقلها نطاطات الأوراق من فصيلة *Cicadellidae* (Ammar *et al*., 2007؛ Ammar & Peterschmitt, 2004).

الأعراض والمدى العوائلي – لوحظ ثلاث طرز من الأعراض على نباتات الذرة والذرة الرفيعة المصابة بهذا الفيروس سواء طبيعياً أو تجريبياً (شكل 2) وهي: أ) الأشرطة الدقيقة، ب) الأشرطة العريضة، جـ) التقزم المصحوب بالشحوب. ويظهر عرض الأشرطة الدقيقة عادة على الأوراق الصغيرة حديثة النمو، بينما تظهر الأشرطة العريضة على الأوراق الأكبر عمراً، أما التقزم المصحوب بالشحوب فيظهر على النبات بأكمله إذا تمت العدوى مبكرة في طور البادرة (Aboul-Ata & Ammar, 1989a, 1989b؛ Ammar *et al*., 1990)، وقد لا تتكون الحبوب أو الكيزان على النباتات المصابة بشدة أو تنتج حبوب صغيرة غير كاملة (المسماة بضرس العجوز) (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2000، 2001).

وقد كشف عن وجود هذا الفيروس طبيعياً بمصر على نباتات الذرة والذرة الرفيعة والقمح وبعض الأعشاب النجيلية مثل *Digitaria sanguinalis* L. و*Setaria viridis* L.. وتشمل العوائل التجريبية لهذا الفيروس نباتات الشعير (*Hordium vulgare* L.) والشوفان وبعض الحشائش النجيلية (Mahmoud *et al*., 1996؛ Sewify, 1994). كما أمكن الكشف عن الفيروس

في حشيشة ذيل القط التي لا تظهر عليها أعراض الإصابة والمنتشرة على جسور الترع والمصارف وقد جمعت من محافظتي سوهاج وقنا. وقد تعمل هذه الحشائش/الأعشاب كمصادر للإصابة وانتشار الفيروس (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2001).

طرائق الإنتقال – لا ينتقل فيروس MYSV بالوسائل الميكانيكية العادية، وينتقل في الطبيعة بواسطة حشرة نطاط الأوراق *Cicadulina chinai* (Hemiptera : Cicadellidae) (شكل 2)، وفشل نقله بواسطة نوع آخر قريب من نطاطات الأوراق هو: *C. bipunctata* (= *bipunctella zeae*) الذى ينقل فيروس MSV، وكذلك فشل نقله بنوع نطاطات النبات *Peregrinus maidis* (Ashmead) الذى ينقل مرض تخطط الذرة. وتنقل نطاطات الأوراق من نوع *C. chinai* فيروس MYSV بالطريقة المثابرة/الباقية التكاثرية، وتقدر كل من فترتي اكتساب والقاح الفيروس بواسطة الحشرة الناقلة بحوالي 30 دقيقة، ويمر الفيروس بفترة حضانة داخل تلك الحشرة تتراوح بين 4–8 أيام، وتبقى الحشرة الناقلة معدية بالفيروس لفترة طويلة بلغت 27 يوماً. وتشير بعض البحوث إلى أن فيروس MYSV قد لا ينتقل عن طريق بيض الحشرات الناقلة له (Ammar & Ammar *et al*., 1989, 2007؛ Peterschmitt 2004).

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية في المنطقة العربية – وجدت أعراض فيروس MYSV بمناطق كثيرة بمصر في الوجهين البحري والقبلي (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2000، 2001). كما أمكن الكشف سيرولوجياً عن هذا الفيروس في عينات جمعت من السودان حيث ظهرت أعراض التخطط على نباتات الذرة الرفيعة (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2000). كما وجدت أعراض مشابهة له (سمى المسبب لها Maize fine stripe virus) في بيرو بأمريكا الجنوبية، نقلت بواسطة نوع آخر من نطاطات الأوراق هو *Dalbulus maidis* (DeLong & Wollcott) (Injante-Silva *et al*., 1997؛ Urbina & Mihm, 1997).

وقد بلغت نسبة الإصابة بأعراض فيروس MYSV بين نباتات الذرة في محافظات مصر الوسطى (الجيزة وبنى سويف والفيوم والمنيا) حوالي 50–70% في أعوام 1984، 1985 و 2000، وخاصة في أشهر أيلول/سبتمبر وتشرين الأول/أكتوبر، ويبدو أن ذلك يعود إلى كثرة أعداد حشرات نطاطات الأوراق الناقلة لهذا المرض خلال تلك الفترة في نهاية الصيف وأوائل الخريف (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2001؛ Ammar *et al*., 1987, 1989). ولذلك فإن التأثير الأكبر لهذا الفيروس يكون على نباتات الذرة التي تزرع متأخرة (في الصيف أي في الموعد النيلي) نظراً لإصابة تلك النباتات بالفيروس وهي صغيرة في طور البادرة. ومن المحتمل أن يقضي هذا الفيروس فترة الشتاء إما في الحشرات

الناقلة له، أو في المحاصيل الشتوية كالقمح والشعير والشوفان بالإضافة إلى بعض الأعشاب النجيلية القابلة للإصابة به (Ammar *et al.*, 1989). ويُعتبر فيروس MYSV هو المسبب الأول للأوبئة التي حدثت في موسم 1991 على نباتات الذرة و الذرة الرفيعة في مصر الوسطى (الجيزة، الفيوم، بني سويف والمنيا) وأيضاً لموسمين الزراعيين 1999 و 2000 في منطقة أبو طشت بمنطقة قنا ومنطقة دار السلام بسوهاج، حيث لم يتم تكوين الكيزان أو الحبوب على النباتات المصابة بشدة (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2000، 2001).

طرائق الكشف – بالإضافة إلى الأعراض الظاهرية والمدى العوائلي لهذا الفيروس، فإن الإنتقال بواسطة حشرات نطاطات الأوراق من النوع *Cicadulina chinai* تعتبر من أهم وسائل الكشف عن هذا الفيروس. وقد أمكن أيضاً الكشف عنه سواء في النباتات المصابة أوالحشرات الناقلة له باستخدام الأجسام المضادة سواء بطريقة اليزا بتغطية الطبق بمولد الضد مباشرة (DAC-ELISA) أو اختبار الارتباط المناعي النقطي (Dot blot). هذا مع العلم بأن المصل المضاد لفيروس MYSV قد يعطى تفاعلاً موجباً مع فيروس تخطط الذرة (MSpV) (جنس *Tenuivirus*) الموجود في أفريقيا والأمريكتين، ولكن العكس غير صحيح (Ammar *et al.*, 2007؛ Mahmoud *et al.*, 1996). وكذلك يمكن الكشف عن الحمض النووي باستخدام التقانات الحيوية الجزيئية منها التفاعل المتسلسل للبوليمراز (PCR)، وتهجين الحمض النووي (Dot blot hybridization) (Mahmoud *et al.*, 2007).

الوقاية من الإصابة بالفيروس والحد من انتشاره – للوقاية من فيروس MYSV، ينصح بزراعة الذرة مبكراً (في الربيع بمصر) حيث أن نباتات الذرة المتأخرة تصاب بنسبة أعلى ودرجة أشد بهذا الفيروس نظراً لانتشار وكثرة أعداد نطاطات الأوراق الناقلة لهذا الفيروس في أواخر الصيف وأوائل الخريف. وقد تؤدى مكافحة حشرات نطاطات الأوراق كيماوياً أو بطرق أخرى عند زيادة أعدادها على نباتات الذرة إلى الحد من انتشار المرض في العُروات المتأخرة. وقد صدرت التوصيات التالية لمكافحة هذا المرض في مصر في التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة لعام 2000: (1) الزراعة المبكرة، فقد وجد أن الحقول المتأخرة كانت تعانى من نسبة عالية من المرض؛ (2) يرتبط المرض بأعداد الحشرات الحاملة للفيروس من نطاطات الأوراق وليس العدد الكلي لهذه الحشرات ولذلك يمكن التنبؤ بالمرض عند تتبعه في الحشرات الحاملة بالحقل بالإختبارات السيرولوجية أو التقانات الحيوية الجزيئية؛ (3) مكافحة الحشرات الناقلة خاصة في مناطق الإصابة العالية بالفيروس عند بداية الإصابة؛ (4) التخلص من النباتات المصابة خاصة في مناطق الإصابة العالية بالفيروس عند بداية الإصابة؛ (5) التخلص من الأعشاب خاصة النجيلية في حقول الذرة التي تعمل كمصادر للإصابة الفيروسية والتي ثبت من

الأبحاث أنها تحمل الفيروس. وقد وجد أن الحلفا كحشيشة نجيلية على الطرق والجسور تحتوى على كمية كبيرة من فيروس MSV ولذلك يجب التخلص منها خاصة في مناطق الإصابة العالية بالفيروس؛ (6) تشجيع برامج إنتاج أصناف مقاومة للفيروس من الذرة الشامية مثل البرنامج المنفذ حالياً في محطة بحوث النوبارية بمصر حتى يمكن البحث عن مصادر للمقاومة عن طريق الانتخاب تحت ظروف الحقل. وقد تم اختبار 35 من الأصول الوراثية للذرة الصفراء والبيضاء التي تم توريدها من المركز الدولي لبحوث القمح والذرة بالمكسيك (CIMMYT) وكان هناك اثنين من تلك الأصول مقاومة نسبياً لفيروس MYSV تحت الظروف الطبيعية للإصابة بمحطة بحوث سدس ببني سويف ومحطة البحوث الزراعية بالمنيا (التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة، 2001، 2002).

3.2. فيروس موزاييك وتقزم الذرة

Maize dwarf mosaic virus (MDMV، جنس *Potyvirus*، فصيلة *Potyviridae*)

الصفات العامة – يصيب هذا الفيروس نباتات الذرة في المناطق المعتدلة من العالم ومنها بعض مناطق من القارة الإفريقية وآسيا، وقد اكتشفه Williams و Alexander (1965) في ولاية أوهايو الأمريكية. وتم اكتشاف الفيروس وتسجيله في مصر على الذرة (تحت اسم Sugarcane mosaic virus, SCMV) بواسطة Abou-Zeid (1975). وجسيمات هذا الفيروس خيطية مرنة طولها حوالي 755–770 نانومتراً وقطرها حوالي 12 نانومتراً (شكل 1). ويحتوى المكنون الوراثي لفيروس MDMV على الحمض النووي الريبي وحيد السلسلة وزنه الجزيئي حوالي 2906–2932 كيلو دالتون. وتحتوى خلايا النباتات المصابة على عدد من المحتويات السيتوبلازمية (cytoplasmic inclusions) التي تشبه المراوح الورقية (pinwheels) والتي يتميز بها جنس *Potyvirus*، بالإضافة إلى جسيمات الفيروس المرنة خيطية الشكل.

وكان هذا الفيروس يعتبر إحدى سلالات مجموعة الفيروسات المعقدة من جنس *Potyvirus* التي تصيب الحشائش/الأعشاب النجيلية وهي فيروس موزاييك وتقزم الذرة وفيروس موزاييك قصب السكر (*Sugarcane mosaic virus*, SCMV) وفيروس موزاييك عشبة جونسون (*Johnson grass mosaic virus*, JgMV) وموزاييك الدخن أو الذرة الرفيعة (*Sorgum mosaic virus*, SrMV) والتي تمت التفرقة بينها الآن بواسطة الاختبارات المناعية/السيرولوجية وتتابع الأحماض الأمينية للغطاء البروتيني (Shukla *et al.*, 1989). ولهذا الفيروس العديد من السلالات مثل A، B، C، D، E، F، M، M-C و M-D. كما أن هناك علاقات سيرولوجية بين هذه السلالات. وقد تفاعلت نباتات الذرة المصابة بهذا المرض في مصر سيرولوجيا مع السلالة MDMV-B (Ammar, 1983).

الأعراض والمدى العوائلي – تختلف أعراض الإصابة بفيروس MDMV على نباتات الذرة حسب الصنف المزروع والسلالة الفيروسية وعمر النبات عند الإصابة. وتظهر الأعراض عادة كبقع صغيرة صفراء على الأوراق حديثة النمو، ثم تزداد هذه البقع عند نمو الورقة تدريجيا حتى تتحول إلى مظهر الموزاييك الذى قد يشمل الورقة كلها (شكل 2) مع التقزم الشديد لهذه النباتات، وقد تؤدي الإصابة إلى تأخر أو عدم نضج الكيزان وقلة أو صغر حجم الحبوب مع احمرار الأوراق والسوق في بعض أصناف الذرة والنجيليات الأخرى.

ولفيروس MDMV مدى عوائلي واسع بين الفصيلة النجيلية، وبالإضافة للذرة فهو يصيب بعض المحاصيل والحشائش/الأعشاب النجيلية منها نباتات الذرة الرفيعة، والدخن وكثيراً من الحشائش النجيلية الأخرى (Gordon, 2004).

طرائق الإنتقال– لا ينتقل فيروس MDMV من نبات إلى آخر بالتلامس في الطبيعة ولكن ينتقل بالوسائل الميكانيكية المعتادة وقد ينتقل بنسبة حوالي 0.5% عن طريق حبوب الذرة (Ford *et al*., 1989) كما قد ينتقل بواسطة أبواغ الفطر *Puccinia sorghi* Schwein الناتجة على نباتات مصابة بكل من الفطر والفيروس. وينتقل الفيروس في الطبيعة بواسطة حشرات المنّ بالطريقة غير المثابرة/غير الباقية (non-persistent)، وهناك 25 نوع من المنّ تنقل هذا الفيروس، منها منّ الذرة (*Rhopalosiphum maidis* Fitch.) ومنّ الدراق الأخضر (*Myzus persicae* Sulzer) وكذلك الأنواع *R. padi* L.، *Shizaphis graminum* Rondani و *Sitobion avenae* F. (Knoke *et al.*, 1983 ،Gordon, 2004).

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية في المنطقة العربية – ينتشر فيروس MDMV في معظم بلاد العالم من الصين إلى الولايات المتحدة وفى القارة الإفريقية وآسيا، وقد سجل في مصر (Ammar, 1983 ؛Abou-Zeid, 1975) والعراق (Shawkat *et al*., 1983) والمغرب (Lockhart & El-Yamani, 1983) بالإضافة إلى اليمن (Walkey *et al.*, 1990). ولم تتسبب أوبئة عن هذا الفيروس حديثاً تحت الظروف المصرية. ولكن وصلت الخسائر التجريبية الناجمة عن فيروسMDMV في محصول أصناف الذرة الهجين القابلة للإصابة الشديدة به عند إصابة النباتات مبكراً من 40–54%. أما في المغرب فقد ذكر Lockhart و El-Yamani (1983) أن نسبة إصابة الذرة قد تصل إلى 80% خاصة في الحقول الملاصقة لعشب/حشيشة جونسون (Johnsongrass) التي يبدو أنها العائل البديل الأساسي لهذا الفيروس هناك، كما ذكروا أن أصناف الذرة المحلية سواء ذات الحبوب البيضاء أو الحمراء قابلة للإصابة به، ولكن كان تأثير الفيروس على نمو النبات أو المحصول محدوداً تحت الظروف العادية. وعموماً يبدو أن هذا

الفيروس في حد ذاته لا يسبب خسارة كبيرة في محصول الذرة إلا عند الإصابة المبكرة أوالمزدوجة به مع بعض فيروسات الذرة الأخرى (Gordon, 2004).

طرائق الكشف – بالإضافة إلى الأعراض المميزة لفيروس MDMV وانتقاله بواسطة العديد من أنواع حشرات المنّ بالطريقة غير الباقية، فإنه يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس في النباتات المصابة عن طريق الاختبارات السيرولوجية مثل اختبار اليزا والإنتشار المزدوج في الآجار، وكذلك بوجود الأجسام المحتواة المميزة وجسيمات الفيروس الخيطية في القطاعات الرقيقة بالميكروسكوب الإلكتروني (Lockhart & El-Yamani, 1983؛ Moini & Izadpanah, 2001).

الوقاية من الإصابة بالفيروس والحد من انتشاره – للوقاية من فيروس MDMV ينصح بما يلي: (1) الزراعة المبكرة، فقد وجد أن الحقول المتأخرة تعاني من نسبة عالية من المرض؛ (2) يرتبط المرض بأعداد الحشرات الحاملة للفيروس من حشرات المنّ وليس العدد الكلى لهذه الحشرات. ولذلك يمكن التنبؤ بالمرض عند تتبعه في الحشرات الحاملة بالحقل؛ (3) التخلص من النباتات المصابة خاصة في مناطق الإصابة العالية بالفيروس عند بداية الإصابة؛ (4) التخلص من الأعشاب خاصة النجيلية التي تعمل كمصادر لتربية المنَ أو القابلة للإصابة بالفيروس؛ (5) استخدام أصناف مقاومة للفيروس من الذرة الشامية، وقد ذكر Shawkat وآخرون (1983) في العراق أن الصنف T.C. 75 يعتبر مقاوماً للسلالة A من هذا الفيروس، وهناك حالياً برامج لانتخاب أصناف مقاومة في أمريكا والمكسيك ونيجيريا وفي محطة البحوث الزراعية بالنوبارية بمصر؛ (6) مكافحة حشرات المنّ على نباتات الذرة عند زيادة أعدادها، وذلك لتفادى الخسائر الناتجة عن الإصابة الحشرية نفسها وكذلك الخسائر الناتجة عن الإصابة الفيروسية وللحد من انتشار الفيروس من نبات أو حقل لآخر.

4.2. فيروس موزاييك قصب السكر

***Sugarcane mosaic virus* (SCMV، جنس *Potyvirus*، فصيلة *Potyviridae*)**

الصفات العامة – يصيب هذا الفيروس نباتات القصب والذرة في المناطق المعتدلة من العالم، ويشبه في كثير من صفاته فيروسي MDMV و ZeMV، وقد كان الفيروس الأول (MDMV) يعتبر إحدى سلالات فيروس SCMV حتى تمت التفرقة بينهما في السيتينيات وما بعدها (Gordon, 2004). وينقل فيروس SCMV بالطرق الميكانيكية المعتادة كما ينقل بواسطة حشرات المنّ بالطريقة غير المثابرة/ غير الباقية.

وقد سُجِل فيروس SCMV في مصر على نباتات القصب والذرة منذ الستينيات (Abou-Zeid, 1975؛ Ammar, 1983) وحديثاً أمكن عزل وتعريف سبعة سلالات من هذا الفيروس في مصر على بعض أصناف الدخن أو الذرة الرفيعة بواسطة العلاقة بين الفيروس والعائل النباتي طبقاً للأعراض الخارجية التي تراوحت بين الموزاييك الشديد والموزاييك الخفيف واحمرار الأوراق والتقزم الشديد وموت القمة النامية للنبات وتبقع الأوراق والاصفرار وكانت هذه السلالات هي A، B، D، E، H، I و M. كما أمكن التفرقة بينها أيضاً على أساس التتابع النيكليوتيدي لجين الغطاء البروتيني لكل سلالة والعلاقات الجينية بينها فضلاً عن استعمال الإختبارات السيرولوجية (Abdel-Fattah *et al.*, 2005).

الأعراض والمدى العوائلي – تختلف أعراض الإصابة بفيروس SCMV على نبات الذرة طبقاً للسلالة الفيروسية (Abdel-Fattah *et al.*, 2005)، وتتمثل هذه الأعراض في ظهور بقع صغيرة صفراء على الأوراق حديثة النمو ثم تتحول إلى الموزاييك (شكل 2)، كما تظهر الأوراق بلون أحمر وكذلك السوق في بعض الأحيان مع موت القمة النامية أو التقزم بهذه النباتات. ويمكن استخدام الأعراض المختلفة في التمييز بين بعض السلالات (Abdel-Fattah *et al.*, 2005).

ولفيروس SCMV مدى عوائلي يقتصر عموماً على الفصيلة النجيلية، فهو يصيب القصب والذرة والذرة الرفيعة والشعير وبعض الأعشاب النجيلية مثل *Panicum* spp.، *Setaria* spp.، *Bromus* spp. وغيرها (Fuchs, 2004).

طرائق الإنتقال – لا ينتقل فيروس SCMV من نبات إلى آخر بالتلامس في الطبيعة ولكن ينتقل بالوسائل الميكانيكية المعتادة وقد ينتقل عن طريق حبوب الذرة (Ford *et al.*, 1989) ولا ينتقل عن طريق حبوب اللقاح. أما في الطبيعة فينتشر فيروس SCMV أساساً عن طريقة الإنتقال بحشرات المنّ بالطريقة غير المثابرة/غير الباقية ومنها *Myzus persicae*، *Rhopalosiphum maidis* و *Shizaphis graminum*.

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية في المنطقة العربية – ينتشر فيروس SCMV في معظم بلاد العالم حيثما تزرع الذرة أو القصب من استراليا إلى الولايات المتحدة وآسيا وإفريقيا وأوروبا، وقد سجل في مصر (Abou-Zeid, 1975) وفي اليمن (Walkey *et al.*, 1990). وتتوقف الخسائر وشدة الأعراض عادة على صنف وعمر نباتات الذرة عند إصابتها بالفيروس، وقد تؤدي إلى اختزال طول النبات بحوالي 25% ونقص وزن الكيزان بحوالي 28%.

طرائق الكشف – لا يوجد في الوقت الحالي طريقة سهلة ومؤكدة للتفرقة بين فيروسي SCMV و MDMV، حيث تتشابه أو تتداخل كل من الأعراض والمدى العوائلي لهما، ولكن يمكن استخدام الإختبارات السيرولوجية و PCR للتفرقة بينهما (Fuchs, 2004)، كما أمكن التفرقة بين السلالات لهذا الفيروس في مصر عن طريق استخدام التتابع النكليوتيدي (Abdel-Fattah *et al.*, 2005).

الوقاية من الإصابة بالفيروس والحد من انتشاره – هناك بعض الوسائل الزراعية التي يمكن اتباعها للحد من انتشار الفيروس، وتشمل هذه الوسائل ما يلي: (1) الزراعة المبكرة، فقد وجد أن الحقول المتأخرة تعاني من نسبة عالية من المرض؛ (2) عدم زراعة الذرة بجوار حقول قصب السكر؛ (3) التخلص من النباتات المصابة خاصة في مناطق الإصابة العالية بالفيروس عند بداية الإصابة؛ (4) التخلص من الحشائش/الأعشاب النجيلية التي تعمل كمصادر للإصابة الفيروسية؛ (5) التوسع في برامج التربية ضد الأمراض الفيروسية مع الأخذ في الاعتبار السلالات الفيروسبة التي يلزم التربية لها (Fuchs, 2004).

2.5. فيروسات اصفرار وتقزم الشعير *Barley yellow dwarf viruses* (BYDVs) BYDV-RMV و BYDV-PAV (فصيلة *Luteoviridae*)

الصفات العامة – تشمل هذه المجموعة عدداً من الفيروسات التابعة لعائلة *Luteoviridae* وهي تصيب نباتات الشعير والقمح والذرة وغيرها من النجيليات في المناطق المعتدلة من العالم، ولا تنتقل هذه الفيروسات بالطرق الميكانيكية ولكن تنقلها في الطبيعة عدة أنواع من حشرات المنّ بالطريقة الباقية/المثابرة غير التكاثرية، ويختلف النوع الناقل حسب النوع الفيروسي. وجسيمات هذه الفيروسات كروية بقطر حوالي 25 نانومتراً (شكل 1) وهي غير مغلفة وتحتوى على 28% حمض نووي و72% بروتين، ويتكون مجين فيروسات اصفرار وتقزم الشعير من الحمض النووي الريبي وحيد السلسلة. وسوف نركز هنا على الفيروسين BYDV-RMV و BYDV-PAV فهما يصيبان الذرة طبيعياً، حيث أن باقي السلالات التي لا تصيب الذرة في الطبيعة تم مناقشتها بالتفصيل في فصول أخرى.

وقد سُجل فيروس BYDV على الذرة في المغرب (Lockhart & El-Yamani, 1983) وسجل الفيروس BYDV-RMV على الذرة في مصر (Lister *et al.*, 1994) كما تم عزل الفيروس BYDV-PAV في مصر أيضاً (Aboul-Ata *et al.*,1992, 1996).

الأعراض والمدى العوائلي – تختلف أعراض الإصابة بفيروسات التقزم الأصفر في الشعير حسب الأصناف أو الأصول الوراثية للذرة، وتتراوح بين تلون الأوراق واحمرارها، أو اصفرار

ما بين العروق، أو ظهور خطوط متقطعة صفراء على الأوراق الحديثة، وقد لا تظهر أية أعراض خارجية تذكر على بعض الأصناف، بينما تؤدي الإصابة في أصناف أخرى إلى التقزم وعقم النبات وتشوه الكيزان أوعدم تكون الحبوب (Lockhart & El-Yamani, 1983؛ Loi *et al.*, 2004).

ولفيروسات اصفرار وتقزم الشعير مدى عوائلي واسع بين الفصيلة النجيلية، فهي قد تصيب بعض المحاصيل والحشائش النجيلية مثل القمح والشعير والذرة والشوفان والذرة الرفيعة وحشائش ذيل القط وغيرها.

طرائق الإنتقال – لا تنتقل فيروسات اصفرار وتقزم الشعير من نبات إلى آخر بالتلامس ولا بالوسائل الميكانيكية المعتادة ولا عن طريق حبوب الذرة أو حبوب اللقاح. أما في الطبيعة فينتقل فيروس BYDV-RMV أساساً بواسطة أنواع المنّ *Rhopalosiphum maidis*، *R. padi*، *Sitobion fragariae*، *S. avenae* و *S. graminum*، بينما ينتقل فيروس BYDV-PAV أساساً بواسطة نوعي المنّ *Rhopalosiphum padi* و *Sitobion avenae*. وتنتقل هذه الأنواع من المنّ فيروسات BYDV بالطريقة المثابرة/الباقية غير التكاثرية (Lapierre, 2004؛ Loi *et al.*, 2004).

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية في المنطقة العربية – تنتشر فيروسات اصفرار وتقزم الشعير في معظم المناطق المعتدلة من العالم، وقد سُجلت بعض السلالات على الذرة في مصر والمغرب ولكن يبدو أنها لم تسجل على الذرة في البلاد العربية الأخرى رغم تسجيلها على القمح والشعير في بعضها (راجع فصل فيروسات محاصيل الحبوب)، وقد قدرت الخسائر في محصول الذرة عموماً من هذه الفيروسات بحوالي 10–20% في بعض الأصناف (Lapierre, 2004؛ Loi *et al.*, 2004)، وقد ذكر Lockhart و El-Yamani (1983) في المغرب أن معظم الإصابة تكون في الزراعات المبكرة من الذرة، ويبدو أن حشرات المنّ تنقل تلك الفيروسات إلى نباتات الذرة من حقول القمح والشعير المجاورة أو من الأعشاب النجيلية المصابة بها.

طرائق الكشف – بالإضافة إلى الأعراض المميزة لفيروسات اصفرار وتقزم الشعير وانتقالها بواسطة بعض أنواع حشرات المنّ، فإنه يمكن الكشف عن وجود هذه الفيروسات سواء في النباتات المصابة أو الحشرات الناقلة لها عن طريق الاختبارات السيرولوجية (اليزا وبصمة النسيج النباتي المناعي) (Makkouk & Comeau, 1994) أو باستخدام النسخ العكسي والتفاعل المتسلسل للبوليمراز (RT-PCR).

الوقاية من الإصابة بالفيروس والحد من انتشاره – يرتبط المرض عادة بأعداد حشرات المنّ الحاملة للفيروس وليس العدد الكلى لهذه الحشرات ولذلك يمكن التنبؤ بالمرض عند تتبعه في الحشرات الحاملة بالحقل. يجب مكافحة الأعشاب التي تأوي الفيروس في فصل الشتاء بالقرب من المحاصيل النجيلية الشتوية، كما يجب التوسع في برامج التربية ضد هذه الأمراض الفيروسية.

ويمكن مكافحة حشرات المنّ على نباتات الذرة عند زيادة أعدادها، مما يحد من انتشار الفيروس من نبات أو حقل لآخر، وذلك لتفادي الخسائر الناتجة عن الإصابة الحشرية نفسها وكذلك الخسائر الناتجة عن الإصابة بهذه الفيروسات.

2.6. فيروس التخطط الشاحب لحشيشة برمودا

Cynodon chlorotic streak virus (CCSV)، جنس *Nucleorhabdovirus*، فصيلة (*Rhabdoviridae*)

الصفات العامة – اكتشف هذا الفيروس في المغرب لأول مرة على نباتات حشيشة برمودا *Cynodon dactylon* (L) (Lockhart *et al.*, 1985a)، وقد سجل على الذرة في بعض بلدان منطقة البحر المتوسط الأخرى. وهو ينتقل في الطبيعة بواسطة نطاطات النبات التابعة لفصيلة *Delphacidae*. وجسيمات هذا الفيروس ذات غشاء خارجي وتشبه طلقة الرصاص أو البكتيريا العصوية (قطرها حوالي 240–280 × 72–80 نانومتراً). ولم تكتشف أي علاقة سيرولوجية بين هذا الفيروس والفيروسات الأخرى التي تصيب الذرة من هذه العائلة (Lockhart & Signoret, 2004).

ويتكون مجين الفيروس CCSV من الحمض النووي الريبي وحيد السلسلة ويوجد الفيروس في كل من الأوراق والجذور للنباتات المصابة.

الأعراض والمدى العوائلي – تبدأ أعراض الإصابة بفيروس CCSV على الأوراق حديثة النمو لنبات الذرة كخطوط متقطعة مصفرة تلتحم معا لتكون خطوطاً متصلة صفراء، ثم تتحول الورقة كلها بعد ذلك إلى اللون الأصفر مع بعض المناطق المحمرة. كما تتقزم النباتات التي تصاب مبكراً بهذا الفيروس وقد تموت مبكراً دون إنتاج أي كيزان أو حبوب.

وتعتبر الذرة وحشيشة برمودا هما العائلان الوحيدان المعروفان لهذا الفيروس في الوقت الحالي (Lockhart *et al.*, 1985a).

طرائق الإنتقال – لا يمكن نقل فيروس CCSV من نبات إلى آخر بالوسائل الميكانيكية. أما في الطبيعة فينتشر هذا الفيروس عن طريق الإنتقال ببعض أنواع نطاطات النبات

Leodelphax striatellus (Fallen) و *Toya propinqua* (Fieber) من فصيلة *Delphacidae* بالطريقة المثابرة/الباقية التكاثرية.

التوزع الجغرافي والأهمية الاقتصادية في المنطقة العربية – سجل فيروس CCSV في المنطقة العربية في كل من المغرب والأردن وتونس (Lockhart & Signoret, 2004)، كما تم تسجيله في كل من أسبانيا وفرنسا وإيطاليا (Lockhart & Signoret, 2004). ويبدو أن حشيشة برمودا هي العائل الرئيسي لهذا الفيروس وللحشرات الناقلة له في الطبيعة وإن كان يصيب الذرة أيضاً في معظم هذه البلاد نتيجة هجرة نطاطات الأوراق الناقلة له والتي تتربى على حشيشة برمودا ثم تنتقل في موسم زراعة الذرة لتتغذى على نباتات الذرة دون أن تتربى عليها. لذلك يعتقد أن مستوى إصابة نباتات الذرة بهذا الفيروس يرتبط عادة بوجود حشيشة برمودا أو غيرها من الحشائش النجيلية المعمرة التي تعمل كمستودع للفيروس أو للحشرات الناقلة أو لكليهما معاً. وتدل بعض الدراسات الوبائية في جنوب فرنسا على أن نسبة الإصابة بفيروس CCSV في الذرة قد تصل إلى 70–84% وقد يصل الفقد في المحصول إلى 63% في نباتات الذرة المزروعة في شهر أيار/مايو (Lockhart & Signoret, 2004).

طرائق الكشف – بالإضافة إلى الأعراض المميزة لفيروس CCSV على نباتات الذرة وانتقاله بواسطة بعض أنواع نطاطات النبات من فصيلة *Delphacidae* بالطريقة المثابرة/الباقية، فإنه يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس سواء في النباتات المصابة أو الحشرات الناقلة له عن طريق الاختبارات السيرولوجية مثل اليزا علماً بأنه لم تكتشف أي فروق سيرولوجية بين عينات الفيروس التي عزلت من المغرب وتونس والأردن وفرنسا وأسبانيا وإيطاليا (Lockhart *et al*., 1985a؛ Lockhart & Signoret, 2004).

الوقاية من الإصابة بالفيروس والحد من انتشاره – بالإضافة إلى الطرائق التي سبق ذكرها للحد من انتشار الفيروسات التي تنقل بواسطة نطاطات الأوراق ونطاطات النبات، فإنه ينصح بالتخلص من حِشيشة برمودا وغيرها من الحشائش النجيلية حول حقول الذرة، كما يمكن مكافحة حشرات نطاطات النبات الناقلة للمرض معالجة بذور الذرة عند الزراعة بمبيد جاوشو (imidaclopride) أو نثر مبيدات التيميك (aldecarbe) أو كاربوفوران بين الخطوط بعد الزراعة (Lockhart & Signoret, 2004). علماً بأن بعض هذه المبيدات لها تأثير متبقي ضار ويجب الحرص الشديد عند التعامل مع هذه النوعية من المبيدات وعدم ملامستها للجلد حتى لا يتسبب التعامل غير السليم في حدوث أمراض خطيرة للمتعامل معها. كما يجب انتخاب أصناف مقاومة للإصابة بالفيروس مع تتبع انتشار الفيروس إلى المناطق المختلفة.

3. فيروسات أخرى

3.1. فيروس موزاييك الذرة

***Maize mosaic virus* (MMV، جنس *Nucleorhabdovirus*، فصيلة *Rhabdoviridae*)**

يصيب فيروس MMV نباتات الذرة في بعض بلاد القارة الإفريقية بالإضافة إلى آسيا والأمريكتين. وجسيمات فيروس MMV تشبه طلقة الرصاص أو البكتيريا العصوية قطرها حوالي 48–75 نانومتراً وطولها 234–325 نانومتراً في المستخلصات النقية (شكل 1). و يتكون مجين الفيروس MMV من الحمض النووي الريبي وحيد السلسلة وبه حوالي 12540 قاعدة آزوتية، يوجد غالباً على هيئة أجزاء قصيرة، ويدخل في تركيب الفيروس خمسة أنواع من البروتينات ذات وزن جزيئي من حوالي 33 إلى 75 كيلو دالتون (Falk & Tsai, 1983؛ Tsai & Falk, 2004). ولهذا الفيروس بعض السلالات منها سلالات هاواي وكوستاريكا وفلوريدا وفنزويلا، كما يوجد فيروس قريب (من نفس الفصيلة والجنس ولكنه يختلف سيرولوجياً) في إيران (*Maize Iranian mosaic virus*, MMV) (شكل 1). ينقل هذا الفيروس بواسطة نوعين آخرين من نطاطات النبات هما: *Laodelphax striatellus* (Fallen) و *Unkanodes tanasijevici* Diabola (= *Ribautodelphax notabilis* Long.) (Izadpanah, 1989؛ Ammar *et al*., 2005). ويتضاعف فيروس MMV في نواة الخلية وتظهر جسيمات الفيروس في القطاعات متناهية الدقة تحت للمجهر الإلكتروني متبرعمة من الغشاء الداخلي للنواة أو الشبكة الإندوبلازمية في معظم أنسجة الورقة في النبات المصاب وفي معظم أنسجة الحشرة الناقلة (Ammar & Nault, 1985؛ Ammar *et al*., 2005).

تختلف أعراض الإصابة بفيروس MMV تبعاً للسلالة الفيروسية على نبات الذرة والتي تظهر كبقع صغيرة صفراء على الأوراق حديثة النمو، ثم تمتد هذه البقع طولياً عند نمو الورقة تدريجياً حتى تتحول إلى خطوط صفراء مستمرة موازية للعروق قد تشمل الورقة كلها (شكل 2)، كما تظهر الأعراض على الأوراق السفلى كتخطط واضح مواز للعروق مع بقع بنية ميتة وصغر حجم الأوراق. كذلك قد تظهر قمة النباتات المصابة منحنية إلى أسفل مع التقزم الشديد لهذه النباتات.

ولفيروس MMV مدى عوائلي يقتصر على الفصيلة النجيلية، فقد يصيب بعض المحاصيل والأعشاب النجيلية مثل نباتات الدخن أو الذرة الرفيعة وكذلك *Rottboellia exaltata* L. و *Setaria vulpiseta* (Lam.) (Tsai & Falk, 2004).

لا ينتقل الفيروس ميكانيكياً وكذلك لا ينتقل عن طريق الحبوب أو حبوب اللقاح أو تلامس النباتات. أما في الطبيعة فينتشر الفيروس أساساً عن طريق الإنتقال بحشرات نطاطات النبات

Peregrinus maidis من فصيلة Delphacidae (شكل 2) التي تنقله بالطريقة المثابرة/الباقية التكاثرية (Tsai & Falk, 2004).

ويمكن لحشرات نطاطات النباتات الناقلة اكتساب الفيروس من النبات خلال فترات تغذية قصيرة (أقل من 15 دقيقة) حيث يوجد الفيروس داخل معظم أنسجة الورقة المصابة بما فيها النسيج الوسطى (mesophyll)، كما يمكن لهذه الحشرات القاح الفيروس في فترات تغذية طولها 15 دقيقة. ويمر الفيروس بفترة حضانة تبلغ 9–12 يوم بعد تغذية الاكتساب حتى تصير الحشرة التي اكتسبته بالتغذية معدية، وقد تبقى الحشرة الناقلة بعد ذلك مُعدية طوال حياتها ولا ينتقل الفيروس إلي أجيال الحشرة من خلال البيض. وتتراوح نسبة الأفراد الناقلة بين 5–42% وذلك حسب كل من سلالة الفيروس والحشرة الناقلة وطول فترة تغذية الحشرة على النبات المصاب (Tsai & Falk, 2004).

ينتشر فيروس MMV في كوستاريكا وفي جزر الكاريبي وموريشوس وكولومبيا وأستراليا والهند والمكسيك وكوستاريكا وفيجى وبيرو وأسبانيا والولايات المتحدة وتنزانيا. وقد سجل هذا المرض باليمن (Walkey *et al.*, 1990) ولم يسجل في غيرها من البلدان العربية حتى الآن، وكما سبق ذكره فيوجد فيروس قريب له بإيران يسمى فيروس موزاييك الذرة الإيراني (MIMV) (Ammar *et al*., 2005) وانتشار هذين الفيروسين في البلاد العربية المجاورة أمر وارد.

يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس سواء في النباتات المصابة أو الحشرات الناقلة له عن طريق الاختبارات السيرولوجية (اليزا والإنتشار المزدوج في الآجار) (Tsai & Falk, 2004).

وللحد من إنتشار الفيروس في حقول الذرة يجب إتباع دورة زراعية لا تسمح باستمرار تربية نطاطات النبات طوال السنة على محاصيل نجيلية مختلفة (صيفاً وشتاءً) ومكافحة نطاطات النبات على نباتات الذرة عند زيادة أعدادها، مما يحد من انتشار الفيروس من نبات أو حقل لآخر. ينصح بالتخلص من الأعشاب الضارة النجيلية التي تساهم في تربية نطاطات النبات الناقلة وخاصة الأعشاب التي تصاب بهذا الفيروس وقد تكون مصدراً للعدوى به مثل *Rottboellia exaltata* و *Setaria vulpiseta*. كما يجب انتخاب وزراعة أصناف الذرة المقاومة للإصابة بهذا الفيروس (Tsai & Falk, 2004) وتتبع الإصابة بهذا الفيروس لتفادي انتشاره إلى المناطق الأخرى.

3.2. فيروس موزاييك زيا

Zea mosaic virus (ZeMV، جنس *Potyvirus*، فصيلة *Potyviridae*)

يعتبر هذا الفيروس من الفيروسات المعزولة من نباتات الذرة في اسرائيل عام 1990 وهو يتبع جنس *Potyvirus*، وقد وصفه Seifers وآخرون (2000) وتم دراسة التفرقة بين هذا الفيروس

ومجموعة فيروسات *Potyvirus*، مثل SCMV، JgMV وMDMV و SrMV، بطرائق عديدة منها الاختبارات السيرولوجية واختبارات الفصل الكهربائي والتتابع النيكلويتيدي هذا بالإضافة إلى الأعراض الخارجية. وقد ثبت من هذه الاختبارات أن هذا الفيروس يختلف عن الفيروسات السابقة، وعليه فإن هذا الفيروس يعتبر نوعاً جديداً من جنس *Potyvirus*، وجسيمات الفيروس خيطية مرنة طولها حوالي 750–800 نانومتراً وقطرها حوالي 10 نانومتراً والوزن الجزيئي لوحدة بروتين غطاء الفيروس يتراوح بين 34.2 إلى 36.8 كيلو دالتون. وقد تم إنتاج أجسام مضادة لهذا الفيروس والتي لم تتفاعل مع الفيروسات السابقة (Salomon & Seifers 2004).

تظهر أعراض الإصابة بالفيروس على نباتات الذرة كبقع صغيرة صفراء على الأوراق حديثة النمو، ثم تتحول إلى مظهر الموزاييك مع تقزم النباتات. وللفيروس مدى عوائلي ضيق في الفصيلة النجيلية، فهو لا يصيب نباتات الشعير والشوفان والشيلم ولكنه يصيب الذرة والدخن والذرة الرفيعة (Seifers *et al.*, 2000).

يمكن نقل فيروس ZeMV بالوسائل الميكانيكية المعتادة وكذلك بأنواع عديدة من حشرات المنّ من أهمها *Myzus persicae* و *Rhopalosiphum padi* بالطريقة غير المثابرة/ غير الباقية، ولم يثبت نقله عن طريق البذور.

يوجد هذا الفيروس في اسرائيل و يحتمل وجوده في باقي أراضي فلسطين والبلاد المجاورة لها لذلك يلزم تتبع وجود الفيروس بالاختبارات المخبرية باستعمال الأجسام المناعية وغيرها (Seifers *et al.*, 2000).

يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس في النباتات المصابة عن طريق الاختبارات السيرولوجية (اليزا) (Salomon & Seifers, 2004؛ Seifers *et al.*, 2000).

ينصح باستخدام أصناف الذرة التي تدل التجارب على مقاومتها لهذا الفيروس (Bar-zur & Salomon, 1995)؛ كما يجب تتبع الإصابة بهذا الفيروس لتفادي انتشاره إلى المناطق التي لم يتم تسجيله بها.

3.3. فيروس التقزم الخشن للذرة

(*Maize rough dwarf virus* (MRDV، جنس *Fijivirus*، فصيلة *Reoviridae*)

جسيمات هذا الفيروس كروية قطرها حوالي 55–75 نانومتراً في المستخلصات المنقاة من النباتات المصابة (شكل 1) وينقى الفيروس عادة من الجذور التي تحتوي على تركيزات عالية منه (Signoret *et al.*, 2004). ويتكون مجين فيروس MRDV من الحمض النووي الريبي ثنائي السلسلة وهو مقسم إلى عشر قطع وفي جسيمة الفيروس ستة أنواع من البروتينات.

تتقزم النباتات المصابة بشدة وتظهر بلون أخضر داكن مصحوب بتشوهات ونتوءات على العروق وأغماد الأوراق مما يعطيها ملمساً خشناً (شكل 2)، وخاصة إذا اصيبت نباتات الذرة وهي صغيرة، كما تظهر خطوط متقطعة مصفرة على الأوراق الناضجة، وقد تتحول تلك الأوراق بعد ذلك إلى اللون المحمر. وقد لا يُنتِج النبات أي كيزان أو حبوب، أما إذا أصيبت نباتات الذرة الكبيرة نسبياً فقد تقتصر الأعراض على التشوهات والخطوط المصفرة على الأوراق. ولفيروس MRDV مدى عوائلى واسع بين الفصيلة النجيلية.

ينتقل الفيروس بصعوبة ببعض الوسائل الميكانيكية مثل حقن المستخلصات في الساق أو الحبوب النامية. ولكنه لا ينتقل عن طريق البذور وحبوب اللقاح أو تلامس النباتات أو التطعيم. أما في الطبيعة فينتشر الفيروس أساساً عن طريق الإنتقال بحشرات نطاطات النبات من عائلة Delphacidae وخاصة *Laodelphax striatellus* (Fallen) التي تنقله بالطريقة المثابرة/ الباقية التكاثرية، كما أمكن نقله تجريبياً عن طريق حقن نطاطات النبات التالية: *Delphacodes propinqua* (Fieber)، *Javasella pellucida* (Fab.) و *Sogatella vibix* (Haupt.). وقد تبقى الحشرة الناقلة معدية طوال حياتها كما قد ينتقل الفيروس بنسبة ضئيلة (4%) إلى الأجيال التالية للحشرة من خلال البيض، ولكن ذلك لم يتأكد بعد.

سجل هذا الفيروس على الذرة في فلسطين (Signoret *et al.*, 2004). وقد يكون موجوداً في البلاد المجاورة وإن لم يسجل حتى الآن في أي من البلدان العربية الأخرى. كما سجل بمصر مرض تشبه أعراضه كثيراً أعراض فيروس MRDV، وهو مرض "تورم عروق الأوراق" (Leaf vein galls) في نبات الذرة (شكل 2)، ومن أعراضه وجود بعض الأورام الصغيرة على العروق الثانوية لأوراق نبات الذرة مما يجعل تلك العروق ذات ملمس خشن، وقد ظهرت أعراض "تورم عروق الأوراق" على بعض نباتات الذرة التي كانت تعاني من أعداد كثيفة من نطاطات الأوراق في عام 2000 بمحطة بحوث سدس في محافظة بنى سويف في مصر. وتدل المشاهدات على أن هذا المرض لا يتسبب عن فيروس ولكن يتسبب غالباً عن إفرازات اللعاب الناتجة عن تغذية بعض أنواع نطاطات الأوراق من جنس *Cicadulina* (Ammar *et al.*, 1984).

يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس سواء في النباتات المصابة أو الحشرات الناقلة له عن طريق الاختبارات السيرولوجية (اليزا وغيرها). ولهذا الفيروس علاقة سيرولوجية مع بعض الفيروسات الأخرى من جنس *Fijivirus* منها التخطط الأسود في الأرز (*Rice black streaked virus*).

ويمكن الحد من انتشار المرض عن طريق مكافحة نطاطات النبات كيميائياً عند زيادة أعدادها إما برش الأعشاب النجيلية المحيطة بحقول الذرة، أو بمعاملة حبوب الذرة بمبيد imidachloprid أو معاملة الخطوط أثناء الزراعة بمبيدي aldicarb أو carbofuran (Signoret *et al.*, 2004).

3.4. فيروس التبرقش الشاحب للنجيليات

Cereal chlorotic mottle virus (CCMoV، فصيلة *Rhabdoviridae*)

اكتشف فيروس CCMoV على نباتات الذرة في أستراليا، وقد اكتشفت سلالة منه على الذرة أيضاً في المغرب (Lockhart & Signoret. 2004). ولفيروس التبرقش الشاحب للنجيليات جسيمات تشبه طلقة الرصاص أو البكتيريا العصوية قطرها حوالي 65–75 نانومتراً وطولها 240–250 نانومتراً. ويتكون مجين الفيروس من الحمض النووي الريبي وحيد السلسلة وهو مغلف ويحتوى الفيروس على خمسة أنواع من البروتينيات يتراوح وزنها الجزيئي مابين 28.7–82.0 كيلو دالتون (Lockhart,1986؛ Persley & Greber, 2004). ويتواجد الفيروس في خلايا معظم أنسجة النباتات المصابة به كما يتواجد في الغدد اللعابية وكثير من أنسجة نطاطات الأوراق الناقلة له.

تظهر الإصابة بهذا الفيروس على نباتات الذرة على هيئة خطوط قصيرة ضيقة ومصفرة تمتد بمحاذاة العروق على الأوراق والأغماد. ويصيب الفيروس نباتات الذرة والقمح والشعير والشوفان وحشائش نجيلية أخرى.

لا يمكن نقل فيروس CCMoV من نبات إلى آخر بالوسائل الميكانيكية المعتادة وكذلك لا ينتقل عن طريق الحبوب (Lockhart, 1986). أما في الطبيعة فينتشر الفيروس أساساً عن طريق الإنتقال بحشرات نطاطات الأوراق من فصيلة *Cicadellidae* منها *Cicadulina bimaculata* (Evans)، *Cicadulina bipunctata bipunctella* (Evans) و *Nesoclutha pallida* (Evans) التي تنقله بالطريقة المثابرة/الباقية التكاثرية وقد تبقى الحشرة الناقلة معدية طوال حياتها ويبدو أن الفيروس لا ينتقل إلى أجيال الحشرة من خلال البيض.

يوجد فيروس CCMoV في أستراليا وحتى الآن لم يتم تسجيله في المنطقة العربية إلا في المغرب (Lockhart & Signoret, 2004). ويلزم تتبع هذا الفيروس للحد من انتشاره من المغرب إلى الدول العربية المجاورة.

يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس سواء في النباتات المصابة أو الحشرات الناقلة له عن طريق الاختبارات السيرولوجية (اليزا و الإنتشار المزدوج في الآجار) علماً بأن هناك علاقة سيرولوجية بين السلالتين الأسترالية والمغربية (Lockhart, 1986).

يمكن الحد من انتشار الإصابة عن طريق مكافحة الأعشاب الضارة النجيلية ونطاطات الأوراق عند زيادة أعدادها في أو حول حقول الذرة، مما يحد من انتشار الفيروس من نبات أو حقل لآخر، وانتخاب أصناف مقاومة للإصابة بالفيروس مع تتبع انتشار الفيروس في المناطق المختلفة.

3.5. فيروس الخط المحفور (الغائر) لحشيشة برمودا

Bermuda grass etched-line virus **(BELV، جنس *Marafivirus* ، فصيلة *Tymoviridae*)**

اكتشف هذا الفيروس على نباتات حشيشة برمودا في المغرب ووجد أنه يصيب أيضاً عشبتي جونسون و *Echnochloa colonum* (L.) Link في كل من المغرب وإيران. لفيروس BELV جسيمات شبه كروية (قطرها حوالي 28 نانومتراً) وينتقل في الطبيعة بواسطة بعض أنواع نطاطات الأوراق التابعة لعائلة *Cicadellidae* (Izadpanah *et al*., 2004؛ Lockhart *et al*., 1985b).

ويتكون مجين فيروس BELV من الحمض النووي الريبي وحيد السلسلة وبه حوالي 7,500 قاعدة ويحتوى الغطاء البروتيني للفيروس على نوع واحد من البروتينات وحدته ذات وزن جزيئي حوالي 26.5 كيلو دالتون (Lockhart *et al*., 1985b). ويتواجد الفيروس في خلايا الطبقة السطحية والوسطى للأوراق والخلايا البارانشيمية للأوعية كما يتواجد في السيتوبلازم والتجاويف الخلوية وله علاقة سيرولوجية مع كل من *Maize rayado fino virus* و *Oat blue dwarf virus* وكلاهما من جنس *Marafivirus*.

تظهر أعراض الإصابة بفيروس BELV على عشبة/حشيشة برمودا وعشبة جونسون في صورة تقزم وتبقع مصفر أو باهت مع خطوط غائرة شبه محفورة (etching). ويحدث هذا الفيروس خطوطاً صفراء دقيقة أو متقطعة على نباتات الذرة والقمح والأرز عند إصابتها. ولهذا الفيروس مدى عوائلى يقتصر على العائلة النجيلية.

لا ينتقل الفيروس بالالقاح الميكانيكى وكذلك لا ينتقل عن طريق البذور وحبوب اللقاح أو تلامس النباتات (Lockhart *et al*., 1985b). أما في الطبيعة فينتشر الفيروس أساساً عن طريق الإنتقال ببعض أنواع حشرات نطاطات الأوراق مثل (Leth.) *Aconurella prolixa* و (DeLong & Mohr) *Graminella nigrifrons* من عائلة Cicadellidae، التي تنقله بالطريقة المثابرة/الباقية التكاثرية حيث تبقى الحشرات الناقلة قادرة على نقل الفيروس طوال حياتها ولا ينتقل الفيروس إلى أجيال الحشرة من خلال البيض.

ولم يسجل فيروس BELV إلا في المغرب وإيران فقط. يمكن الكشف عن وجود هذا الفيروس عن طريق الاختبارات السيرولوجية (اليزا والإنتشار المزدوج في الآجار) (Izadpanah *et al*., 2004؛ Lockhart *et al*., 1985b). ولم تسجل أية اوبئة لهذا الفيروس على الذرة حتى الآن.

4. استنتاجات عامة

كما هو واضح من الجدولين 1 و 2 فإن إنتاج محاصيل الذرة والدخن والذرة الرفيعة في كثير من الدول العربية لا يكفي استهلاك شعوبها، وأن هناك فجوة كبيرة بين الإنتاج والاستهلاك يقدر ثمنها بالمليارات من الدولارات، الأمر الذى يؤدي إلى زيادة الضغط على الميزانية العامة للبلدان العربية. ويزداد هذا الوضع خطورة عندما يتعرض هذا المحصول للأمراض الفيروسية وغيرها، خاصة تلك التي تقع تحت مجموعة الفيروسات المثابرة/الباقية التي تنتقل بالعديد من أنواع حشرات المن ونطاطات الأوراق أو نطاطات النبات. وقد تناولنا هنا إحدى عشرة من الأمراض الفيروسية التي تم تسجيلها على محصولي الذرة أو الذرة الرفيعة في مختلف البلاد العربية (جدول 3) والتي يقع معظمها ضمن مجموعة الفيروسات المثابرة/الباقية. ولا شك أن هناك الكثير من الأمراض الفيروسية التي لم تسجل بعد في العالم العربي، حيث أن نقص المتخصصين أو الإمكانات المطلوبة لتعريف تلك الأمراض كان ومازال قائما في بعض الحالات.

ولذلك فإن تعريف تلك الأمراض ومواجهتها والحد من انتشارها يتطلب ما يلي:

أ- تشجيع البرامج العلمية المحلية بالبلدان العربية التي تهدف لإيجاد صفة المقاومة ضد الأمراض الفيروسية وسلالاتها في الذرة والدخن والذرة الرفيعة وغيرها من المحاصيل النجيلية باستخدام الطرق الوراثية التقليدية أو طرق الهندسة الوراثية.

ب- تعاون الدول العربية فيما بينها علميا لتبادل المعلومات عن الأمراض الفيروسية التي تصيب محصول الذرة وباقي المحاصيل النجيلية، وكذلك لإنتاج وتبادل المواد المشخصة للفيروسات (الأجسام المضادة، البادئات، الواسمات) التي يمكن استعمالها في الكشف عن وتشخيص المسببات الفيروسية وتتبعها ودراسة وبائيتها، وإنشاء مختبرات إقليمية بين الدول العربية لدراسة وتتبع الأمراض الفيروسية ودراسة العوامل المختلفة التي تساهم في انتشارها الوبائي.

ج – فتح قنوات علمية و توسيع و تعميق القنوات الموجودة بين المعاهد العلمية العربية والمعاهد الدولية المتخصصة في دراسة الذرة، وذلك لتوثيق التعاون من خلال البرامج العلمية الدولية، هذا فضلاً عن امكانية الحصول على واستخدام الأصول الوراثية من هذه المعاهد في التربية لمقاومة تلك الأمراض.

5. المراجع

التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول الذرة. 1992. مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر. 200 صفحة.

التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول للذرة. 2000. مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر. 220 صفحة.

التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول للذرة. 2001. مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر. 190 صفحة.

التقرير السنوي للحملة القومية للنهوض بمحصول للذرة. 2002. مركز البحوث الزراعية، الجيزة، مصر. 170 صفحة.

Abdel-Fattah, A., A.S. Sadik, M.M. El-Kholi, I.A. Abdel-Hamied and M.A. Madkour. 2005. Identification of *sugarcane mosaic potyvirus* strains in Egypt. Egyptian Journal of Virology, 1: 195–214.

Aboul-Ata, A.E. and E.-D. Ammar. 1989a. Incidence of virus and virus-like diseases on maize sown on different dates in Giza, Egypt. Egyptian Journal of Phytopathology, 21: 101-105.

Aboul-Ata, A.E. and E.-D. Ammar. 1989b. Maize virus and virus-like diseases in Egypt. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 20: 175-187.

Aboul-Ata, A.E., J.-C. Thouvenel, K.M. Makkouk and M.M. Satour**.** 1992. Barley yellow dwarf virus in Egypt: Natural incidence, transmission, and wild hosts. Arab Journal of Plant Protection, 10: 226-231.

Aboul-Ata, A.E., M.A. El-Sayed and M. Hariry. 1996. Cereal viruses survey and screening for resistance in Egypt. Xth ICV, Jurosalem, Israel/Palestine, 11-16 August 1996. Poster No. 547.

Abou-Zeid, A.A. 1975. Studies on maize viruses in A.R.E., M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt. 71 pp.

Ammar, E.-D. 1983. Virus diseases of sugarcane and maize in Egypt. Pages 122–126. In: D.T. Gordon, J.K. Knoke, L.R. Nault and R.M. Ritter (eds.). Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, OH.

Ammar E.-D. 1994. Cytopathology and ultrastructure of some African isolates of maize streak and sugarcane streak viruses. Journal of Phytopatholgy, 141: 153-158.

Ammar, E.-D. and L. R.Nault. 1985. Assembly and accumulation sites of maize mosaic virus in its planthopper vector. Intervirology, 24: 33-41.

Ammar, E.-D. and M. Peterschmitt. 2004. Maize yellow stripe. Pages 682-685. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Ammar, E.-D., S. Elnagar, A. Tolba and A.E. Aboul-Ata. 1984. Three maize diseases in Egypt associated with leafhoppers (Cicadellidae, Homoptera). Pages 32-34. In: 6th. Congress Mediterranean Phytopatholical Union, October 1-6, 1984, Cairo, Egypt.

Ammar E.-D., A.E. Abul-Ata, M.A. El-Sheikh and G.H. Sewify. 1987. Incidence of virus and virus-like disease syndromes on maize and sugarcane in Middle and Lower Egypt. Egyptian Journal of Phytopathology, 19: 97-107.

Ammar, E.-D., S. Elnagar, A.E. Aboul-Ata and G.H. Sewify. 1989. Vector and host plant relationships of the leafhopper-borne maize yellow stripe virus. Journal of Phytopathology, 126: 3: 246-252.

Ammar, E.-D., R.E. Gingery, D.T. Gordon and A.E. Aboul-Ata. 1990. Tubular helical structures and fine filaments associated with the leafhopper-borne maize yellow stripe virus. Phytopathology, 80: 303-309.

Ammar, E.-D., R.G. Gomez-Luengo, D.T. Gordon and S.A. Hogenhout. 2005. Characterization of maize Iranian mosaic virus and comparison with Hawaiian and

other isolates of maize mosaic virus *(Rhabdoviridae)* Journal of Phytopathology, 153: 129-136**.**

Ammar E.-D., E.A. Khalifa, A. Mahmoud S. Abol-Ela and M. Peterschmitt. 2007. Evidence for multiplication of the leafhopper borne maize yellow stripe tenui-like virus in its vector using ELISA and dot-blot hybridization anlaysis. Archives of Virology, 152:489-494.

Bar-Zur, A. and R. Salomon. 1995. Partial resistance of sugary enhancer sweet corn genotypes to two isolates the sugar cane mosaic subgroup of potyviruses. Plant Disease, 79: 243-246.

Bigarre, L., M. Salah, M. Granier, R. Frutos, J.-C. Thouvenel and M. Peterschmitt. 1999. Nucleotide sequence evidence for three distinct sugarcane streak mastreviruses. Archives of Virology, 144: 2331-2344.

Bock, K.R. 1974. Maize streak virus. Descriptions of plant viruses. No. 133. Commonwealth Mycological Institute: Association of Applied Biologists, Kew, UK, 4 pp.

Bock, K.R., E.J. Guthrie and R.D. Woods, 1974. Purification of maize streak virus and its relationship to viruses associated with streak diseases of sugarcane and *Panicum maximum*. Annals of Applied Biology, 77: 289–296.

Bosque-Pe´rez, N.A. 2000. Eight decades of maize streak virus research. Virus Research, 71: 107–121.

Brunt, A., K. Carbtree and A. Gibbs (eds). 1990. Viruses of Tropical Plants: Descriptions and Lists from the VIDE Database. C.A.B. International, U.K. 707 p.

Falk, B.W. and J.H. Tsai. 1983. Physicochemical characterization of maize mosaic virus. Phytopathology, 73: 1536-1539.

Falk, B.W. and J.H. Tsai. 1998. Biology and molecular biology of viruses in the genus tenuivirus. Annual Review of Phytopathology, 36: 139-163.

Ford, R.E., M. Tosic and D.D. Shukla. 1989. Maize dwarf mosaic virus. C.A.B. Descriptions of Plant Viruses No. 341, 4 pp.

Fuchs, E. 2004. Sugarcane mosaic. Pages 690-692. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Gordon, D.T. 2004. Mize dwarf mosaic. Pages 644-649 In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Injante-Silva, P.H., J.L. Munoz and J.A. Mihm. 1997. Selection methodology for resistance to *Dalbulus maidis* and fine stripe virus disease in maize in Peru. Pages 287-289. In: Insect resistant Maize: Recent Advances and Utilization. Proceedings of an International Symposium held at the International Maize and Wheat Improvement Center, 1994.

Izadpanah, K. 1989. Purification and serology of the Iranian maize mosaic Rhabdovirus. Journal of Phytopathology, 126 43-50.

Izadpanah, K., M. Masumi and A. Rowhani. 2004. Bermudagrass etched-line. Pages 733-734. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Knoke, J.K., R.J. Anderson, R. Louie, L.V. Madden and W.R. Findley. 1983. Insect vectors of maize dwarf mosaic virus and maize chlorotic dwarf virus. Pages 130-138. In: Proceedings International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop. D.T. Gordon, J.K. Knoke, L.R. Nault and R.M. Ritter (eds). 2-6 august 1982, Wooster, Ohio, USA: Ohio Agricultural Research and Development Center, Ohio State University.

Lapierre, H. 2004. Disease caused by RMV *Luteoviridae.* Pages 627-630. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Lapierre, H. and P.-A. Signoret (eds). 2004. Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). INRA editions, Versailles, France. 890 pp.

Lister, R.M., A.E. Aboul-Ata, Y. El-Dawoudi, D. Marshall, K.M. Makkouk, M.M. Satour, E. Ghanim and P. Burnett. 1994. Serotyping of barley yellow dwarf virus isolates from Egypt. Phytopathologia Mediterrenea, 33: 152-157.

Lockhart, B.E.L. 1986. Occurrence of cereal chlorotic mottle virus in the Northern Africa. Plant Disease, 70: 10: 912-915.

Lockhart, B.E.L. and M. El-Yamani. 1983. Virus and virus like diseases of maize in Morocco. Pages 127-129. In: Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop. D.T. Gordon, J.K. Knoke, L.R. Nault and R.M. Ritter (eds). 2-6 August 1982, Wooster, Ohio, USA: Ohio Agricultural Research and Development Center, Ohio State University.

Lockhart, B.E.L. and P. Signoret. 2004. Cynodon chlorotic streak. Pages 625-627. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Lockhart, B.E.L., N. Khaless, M. El-Maatauoi and R. Lastra. 1985a. Cynodon Chlorotic streak virus, a previously undescribed plant rhabdovirus infecting Bermuda grass Cynodon-dactylon and maize Zea-mays in the Mediterranean area. Phytopathology, 75: 1094-1098.

Lockhart, B.E.L., N. Khaless, A.M. Lennon and M. El-Maatauoi. 1985b. Properties of Bermuda grass etched-line virus a new leafhopper-transmitted virus related to maize rayado-fino and oat blue dwarf viruses. Phytopathology, 75: 1258-1262

Loi, N., R. Osler and H. Lapierre. 2004. Barley yellow dwarf associated to BYDV-PAV virus. Pages 618-620. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Louie, R. 1995. Vascular puncture of maize kernels for the mechanical transmission of maize white line mosaic virus and other viruses of maize. Phytopathology, 85: 139-143.

Mahmoud, A., J.-C. Thouvenel, S.E. Abol-Ela, G.H. Sewify and E. D. Ammar. 1996. Detection of maize yellow stripe tenui-like virus by ELISA and dot-blot tests in host plants and leafhopper vector in Egypt. Phytopathologia Mediterranea, 35: 19-23.

Mahmoud, A., M. Royer, M., Granier, E.-D. Ammar, J.-C. Thouvenel and M. Peterschmitt. 2007. Evidence for a segmented genome and partial nucleotide sequences of maize yellow stripe virus, a proposed new tenuivirus. Archives of Virology, 152: 1757-1762.

Makkouk, K. and A. Comeau. 1994. Evaluation of various methods for the detection of barley yellow dwarf virus by the tissue-blot immunoassay and its use for virus detection in cereal inoculated at different growth stages. European Journal of Plant Pathology, 100: 71-80.

Moini, A.A. and K. Izadpanah. 2001. Identification and purification of a MDMV-like potyvirus of maize in Mazandaran. Iranian Journal of Plant Pathology, 37: 43-45

Persley, D.M. and R.S. Greber. 2004. Cereal chlorotic mottle. Pages 620-622. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Peterschmitt, M. 2004. Maize streak disease. Pages 671-675. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Peterschmitt, M., B. Reynaud, G. Sommermeyer and P. Baudin. 1991. Characterization of maize streak virus isolates using monoclonal and polyclonal antibodies and by transmission to a few hosts. Plant Disease, 75: 27–32.

Salomon, R. and D. L. Seifers, 2004. Sugarcane mosaic. Pages 690-693. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Seifers, D.L., R. Salomon, V. Maire-Jeanne, B. Alliot, P. Signoret, S. Haber, A. Loboda, W. Ens, Y.-M. She and K.G. Standing. 2000. Characterization for a novel potyvirus isolated from maize in Israel. Phytopathology, 90: 5: 505-513

Sewify, G.H. 1994. Graminaceous weeds as reservoirs for the leafhopper borne maize yellow stripe virus (MYSV) and its vector *Cicadulina chinai* Ghauri. Egyptian Bulletin of Faculty of Agriculture (University of Cairo, Egypt), 45: 515-524.

Shamloul, A. M., N. A. Abdallah, M.A. Madkour and A. Hadidi. 2001. Sensitive detection of the Egyptian species of sugarcane streak virus by PCR-probe capture hybridization

(PCR-ELISA) and its complete nucleotide sequence. Journal of Virological Methods, 92: 45-54.

Shawkat, A.L.B., G.I. Fegla and S. Yuhya. 1983. Maize dwarf mosaic in Iraq and evaluation of some corn cultivars for resistance. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 1:71-79.

Shukla, D.D., M. Tosic, J. Jilka, R.E. Ford, R.W. Toler and M.A.C. Langham. 1989. Taxonomy of potyviruses infecting maize, sorghum and sugarcane in Australia and the United States as determined by reactivities of polyclonal antibodies directed towards virus-specific N-terminal coat protein. Phytopathology, 79: 223-229.

Signoret, P.A., P. Caciagli and M. Conti. 2004. Maize rough dwarf. Pages 667-670. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Storey, H. H. 1924. The transmission of a new plant virus disease by insects. Nature, 114: 245.

Storey, H.H. 1925. The transmission of streak disease of maize by the leafhopper *Balclutha mbila* Naude. Annals of Applied Biology, 12: 422–439.

Thottappilly, G., N.A. Bosque-Perez and H.W. Rossel. 1993. Viruses and virus diseases of maize in tropical Africa. Plant Pathology, 42:494-509.

Tsai, J.H. and B.W. Falk. 2004. Maize mosaic. Pages 656-659. In: Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). H. Lapierre and P.A. Signoret (eds). INRA editions, Versailles, France.

Urbina, A.R., and J.A., Mihm. 1997. Improving two tropical maize populations for resistance to stunt complex. Pages 139-142. In: Insect resistant maize: recent advances and utilization. Proceedings of International Symposium held at the International Maize and wheat Improvement Center, 1994

Walkey, D.G.A., A.A. Alhubaishi and M.J.W. Webb. 1990. Plant virus diseases in the Yemen Arab Republic. Tropical Pest Management, 36: 195-206.

Webb, M.D. 1987. Species recognition in *Cicadulina* leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of pathogens of Gramineae. Bulletin of Entomological Research, 77: 683-712.

Williams, L.E. and L.J. Alexander. 1965. Maize dwarf mosaic, a new corn disease. Phytopathology, 55: 802-804.