

Research on Viral Diseases of Poaceous Plants in Iran, A Historical Review

1. Keramatollah Izadpanah^{ID}: Plant Virology Research Center, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2. Mahmoud Masumi^{*ID}: Plant Virology Research Center, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran | Department of Plant Virology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: masumimahmoud@gmail.com

Article Type:

Review Article

Received: 24 May 2025

Revised: date: 30 June.2025

Accepted: 1 July 2025

How to Cite: Izadpanah, K., & Masumi, M. (2024). Research on Viral Diseases of Poaceous Plants in Iran, A Historical Review. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 60 (2), 99-147.

DOI: [10.22034/IJPP.2025.2021849.483](https://doi.org/10.22034/IJPP.2025.2021849.483)

Abstract:

Many plant viruses infect poaceous plants and inflict significant losses on cereal crops worldwide. In Iran, research on these viruses began approximately fifty years ago but gained momentum in the early 1990s. With the joint project of the Iranian Ministry of Agriculture and Shiraz University and the establishment of the Plant Virology Research Center, studies on these viruses have become more intense and systematic nationwide. In this period, many viruses were discovered or reported for the first time from Iran. In wheat, the most critical viral diseases were found to be wheat streak mosaic, barley/cereal yellow dwarf and barley yellow striate mosaic. In maize, maize rough dwarf (rice black gall dwarf), maize Iranian mosaic and Iranian Johnson grass mosaic were viral diseases of significant concern, while in sugarcane, the sugarcane mosaic virus posed a major threat. Extensive data were collected also on a number of other viruses. Consequently, the researchers in this field were able to effectively manage the spread of four significant viruses: barley yellow dwarf, wheat streak mosaic, rice black gall dwarf (maize rough dwarf), and maize Iranian mosaic viruses. Their efforts have also culminated in the discovery or identification of 23 virus species in 15 genera and 11 families of cereal viruses and their vectors in Iran. This research has additionally produced over 70 student dissertations, hundreds of articles published in journals and presented at conferences, and the deposition of 445 nucleotide sequences in the GenBank.

Keywords: viruses, Loss, Epidemy, Viral Disease management



© 2024 the authors. Published by Maher Publishing Institute. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.

Extended Abstract

Introduction

Plant virology research in Iran was historically limited and largely descriptive and plant pathology was focused more on fungal and bacterial diseases due to the higher expertise and lack of infrastructure required for viral studies. Early research mainly described symptoms, and problem-oriented studies were less common. Research topics were usually chosen based on researchers' interests and available resources, and much of the work was carried out in researchers' spare time. Consequently, initial studies primarily focused on viruses of the Cucurbitaceae family because they caused severe and visible symptoms, making them easier to study. In contrast, cereal viruses, such as those affecting wheat, barley and maize, were less studied due to inconvenient growth periods, study difficulties, and subtle symptoms. Farmers often suffered losses without academic solutions.

After the Cultural Revolution of 1983 (1362 in Iranian calendar), researchers had greater access to fields, initiating cereal virus studies at Shiraz University. The establishment of the Plant Virology Research Center (PVRC) in 1998 (1377) and the approval of national research projects accelerated viral studies. The collaboration between Shiraz University and the Ministry of Agriculture exemplified successful cooperation between research and application institutes. From 1994 (1373), the center identified major cereal virus issues and developed strategic programs. Epidemiological and management studies on viruses such as Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV), Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV) and Maize viral diseases enabled timely control of major outbreaks. These efforts accelerated in the 2000s, leading to the compilation of extensive national data on cereal viruses, encouraging other universities to enter the field. In 2007 (1386), the Center was recognized as the Center of Excellence for Plant Virology Research.

Damage Caused by Cereal Viruses

Over 100 viruses have been identified in cereals, with severity depending on plant variety, planting time, agronomic practices, and vector populations. Annual losses are typically around 10% or less, but under epidemic conditions, total crop loss is possible. Key viruses include Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV), Cereal Yellow Dwarf Virus (CYDV), Wheat Dwarf Virus (WDV), Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV), Barley Yellow Striate Mosaic Virus (BYSMV), and some barley viruses. BYDV is widespread and can cause up to 80% loss or total crop failure. WSMV and BYDV may also cause complete loss under certain conditions, as occasionally happened in Fars province.

In Maize, over 50 viruses are known, but only a few, including Maize Rough Dwarf Virus (MRDV) and Maize Iranian Mosaic Virus (MIMV), cause significant damage. Other viruses, such as Iranian Jonson grass Mosaic Virus (IJMV) and are present with substantial prevalence, although exact damage levels are unclear.

Early suspected viral symptoms in wheat in southern Shiraz in 1983 were later shown to be caused by Russian wheat aphid feeding, emphasizing the importance of accurate diagnosis.

Maize Viruses

In Maize, a report of mosaic symptoms in Fars and Karaj dates back to 1968 (1347), when there were no facilities for identification of the causal agents. Present studies revealed that Maize Iranian Mosaic Virus (MIMV), a rhabdovirus transmitted by the planthopper *Laodelphax striatellus*, was the main cause of maize mosaic in Fars. Up to 80% infection by MIMV has been observed in some provinces.

Another virus, IJMV, naturally transmitted by aphids, present throughout Iran on *Sorghum halepense* (Johnson grass), and responsible for widespread Maize mosaic. Maize Dwarf Mosaic Virus (MDMV) occurs in northern regions but has a limited spread.

Maize rough dwarf disease, first observed in the 1980s in Fars, caused major epidemics in 2003–2004 (1382–1383).

Molecular studies suggest that rough dwarf disease on maize and black- gall dwarf disease of rice in Iran are caused by the same virus, related to RBSDV of East Asia, but is distinct from that in some properties.

The four major maize viral diseases in Iran are:

1. Maize rough dwarf
2. MIMV-induced mosaic
3. MDMV-induced mosaic in the north
4. IJMV-induced mosaic originating from *Sorghum halepense* throughout the country. This virus may also have significant incidence in sorghum fields.
5. Other viruses of less economic importance found in certain maize plantations include BYDV, WSMV, and sugarcane mosaic virus. Management of maize Iranian mosaic and maize rough dwarf has been achieved by delayed planting and seed treatment with systemic insecticides. Removal of Johnson grass and other source weeds is helpful to manage IJMV and MDMV.

Wheat and Barley Viruses

Twelve viruses have been identified in wheat and barley in Iran, four of which being economically significant: BYDV, CYDV, WDV, and WSMV.

WSMV: First identified in 1922 in the USA, was found in Iran during these studies. Transmitted by the mite *Aceria tosichella*. While it infects various hosts, wheat is of primary concern. Iranian isolates show high genetic diversity, suggesting long-term presence in the region.

Wheat Eqlid mosaic virus (WEMV): Discovered in 1994 (1373) in Eqlid, with a more limited host range, often co-infecting with WSMV.

Barley yellow striate mosaic virus (BYSMV): A rhabdovirus initially identified in Europe, was found in Fars with high infection rate. Transmitted by planthoppers; delayed autumn planting reduces infection.

MIMV: Can infect wheat in some regions; its precise effect on yield is unclear.

Iranian wheat stripe virus, IWSV: Transmitted by *Unkanodes tanasijevici*, so far found only on wheat.

BYDV and CYDV: Important causes of yellowing and dwarfing; reported in Iran since 1990 (1369), present in all regions, especially cooler zones. Transmitted mainly by *Rhopalosiphum padi*.

Wheat dwarf virus (WDV): A geminivirus transmitted by *Psammotettix* leafhoppers. Field diagnosis is challenging; managed via delayed planting and seed treatment.

Other viruses, such as wheat soil-borne mosaic virus (WSBMV) and High Plains mosaic virus, identified but their economic significance remains uncertain.

Rice Viruses

So far two viruses have been found in rice plantations of Fars and Kohgiluyeh-Boyerahmad provinces: MIMV causing mosaic symptoms and a Fijivirus causing black-gall dwarf. The latter appears to be related to, or the same as, the virus causing rough dwarf in maize.

Role of Weeds in disease cycle

Weeds act as reservoirs for viruses and their vectors, maintaining disease cycles throughout the year. Some emerging virus strains likely originated in these reservoirs before spreading to crop plants. Bermuda grass in particular serves as the host of several viruses including Bermuda grass mosaic virus, Bermuda grass southern mosaic virus, Bermuda grass etched-line virus, Cynodon chlorotic streak virus and grapevine fan-leaf virus. Other poaceous weeds found to serve as virus source include *Setaria* spp., *Echinochloa* spp. and *Bromus* spp. Weed management significantly reduces viral disease prevalence. Recent studies emphasize that viral damage is influenced not only by crop infection but also by the surrounding viral network and interactions between cultivated and non-cultivated plants.

Diagnosis and Laboratory Testing

Visual symptoms (mosaic, striping, yellowing, dwarfing) are insufficient for definitive diagnosis. Laboratory methods like ELISA, RT-PCR, real-time PCR, and sequencing (Sanger and NGS) enable accurate virus identification. Viral mosaics typically appear on young leaves or near the meristem; symptoms on older leaves often indicate stress or aging but may also be due to barley yellow dwarf type viruses.

Pseudo-Viral and Physiological Disorders

Nutrient deficiencies, salinity, environmental stress, insect feeding, and certain bacterial and fungal diseases can mimic viral symptoms. Examples include bacterial mosaic of wheat and downy mildew caused by *Sclerophthora* sp. Phytoplasmas can also cause symptoms resembling viruses, such as Bermuda grass white leaf in southern Iran.

Management of Cereal Viral Diseases

General Principles: Delayed planting, seed treatment with systemic insecticides, resistant or tolerant varieties, elimination of infection sources (weeds, volunteer plants, infected seed), farmer training, and field monitoring.

Maize: For rough dwarf and MIMV, delayed planting (~3 weeks) and seed treatment with imidacloprid were effective. Resistant varieties and removal of Johnson grass help control IJMV and MDMV.

Wheat and Barley: Yellow dwarf management (BYDV/CYDV) includes delayed planting and seed treatment. Resistant germplasm exists, and transgenic plants with coat protein or antisense RNA show promising resistance. Management of WSMV principally is by delayed planting of wheat in autumn. Some local varieties show complete resistance, although high temperatures may compromise it. Studies also explore resistance-inducing compounds.

Hygienic Practices: Removal of volunteer plants and weeds, prevention of virus and vector survival between growing seasons.

Sugarcane: Due to vegetative propagation, methods differ: healthy cuttings, meristem culture, thermotherapy (50°C for

3.5 hours), resistant varieties, and adjusted planting times. Combining thermotherapy and tissue culture to produce virus-free stock.

Conclusion

Cereal viruses in Iran are diverse and widespread; under epidemic conditions, they can cause severe losses. Collaboration between universities, state institutes and growers is the key to successful applied research resulting in identification and management of viral diseases. So far, 23 virus species from 15 genera in 11 families have been reported, mostly by the Plant Virology Research Center. Despite significant progress, further research is needed on emerging viruses, ecosystem management, and development of resistant varieties.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest in conducting the present study.

پژوهش در زمینه بیماری‌های ویروسی گیاهان تیره گندم در ایران، مروری تاریخچه وار

۱. کرامت‌اله ایزدپناه^{ID}: مرکز تحقیقات ویروس شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز
۲. محمود معصومی^{ID}: مرکز تحقیقات ویروس شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز | بخش ویروس شناسی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
✉ پست الکترونیک نویسنده مسئول: masumimahmoud@gmail.com

نوع مقاله:

چکیده

مقاله مروری

در دنیا ویروس‌های زیادی در گیاهان تیره گندمیان خسارت وارد می‌کنند. در ایران در حدود پنجاه سال پیش مطالعاتی در رابطه با این ویروس‌ها آغاز شد و از اوایل دهه هفتاد شمسی شتاب گرفت. این مطالعات با تصویب طرح مشترک وزارت کشاورزی و دانشگاه شیراز و تأسیس مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی در دانشگاه مزبور به شکل سیستماتیک، متمرکز و ملی شروع و در ابعاد مختلفی گسترش یافت و اطلاعات وسیعی بدست آمد. در این مدت تعدادی ویروس جدید کشف و تعدادی نیز برای اولین بار از ایران گزارش شدند. برخی از این ویروس‌ها در میزبان‌های اصلی یعنی گندم، جو، ذرت و نی‌شکر شیوع پیدا کرده و خسارت شدید وارد کرده‌اند. در گندم ویروس‌های موزائیک رگه‌ای گندم، کوتولگی زرد جو، کوتولگی زرد غلات و موزائیک زرد راه راه جو، در ذرت ویروس‌های مولد کوتولگی زبر (کوتولگی گال سیاه برنج)، موزائیک ایرانی ذرت و موزائیک ایرانی قیاق، و در نی‌شکر ویروس موزائیک نی‌شکر به عنوان پر خسارت‌ترین ویروس‌های غلات در ایران شناخته شدند. همچنین محققین توانستند اپیدمی‌های پر خسارت بیماری‌های ویروسی مهم کوتولگی زرد جو در گندم و جو، موزائیک رگه‌ای گندم در گندم و کوتولگی زبر ذرت و موزائیک ایرانی ذرت در ذرت را مدیریت کنند. به علاوه کشف و یا مطالعه ۲۳ گونه ویروس از ۱۵ جنس و ۱۱ تیره در گیاهان تیره غلات در ایران، شناسایی ناقلین ویروس‌ها، انجام بیش از ۷۰ رساله دانشجویی در کشور، ارائه صدها مقاله در مجلات، کنگره‌ها و کنفرانس‌های داخلی و خارجی و بارگذاری ۴۴۵ ترادف نوکلئوتیدی در GenBank از ثمرات تلاش‌های محققین در این حوزه بوده‌است.

کلیدواژگان: ویروس‌های غلات، خسارت، اپیدمی، مدیریت بیماری ویروسی

تاریخ دریافت: ۳ خرداد ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۹ تیر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۰ تیر ۱۴۰۴

نحوه استناددهی: ایزدپناه، کرامت‌اله، و معصومی، محمود. (۱۴۰۳). پژوهش در زمینه بیماری‌های ویروسی گیاهان تیره گندم در ایران، مروری تاریخی. *بیماری‌های گیاهی*. ۶۰ (۲)، ۹۹-۱۴۷.

DOI:

10.22034/IJPP.2025.2021849.483



مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله توسط انتشارات ماهر به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY 4.0) صورت گرفته است.

مقدمه

تحقیقات در زمینه بیماری‌های ویروسی گیاهان مستلزم تخصص و امکاناتی بیشتر از آن است که به طور معمول در مورد بیماری‌های قارچی و باکتریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این دلیل در گذشته اگر پژوهشی هم در این زمینه وجود داشت، به طور عمده سطحی و در بسیاری از موارد محدود به توصیف علائمی بود که تصور می‌شد ناشی از ویروس باشد. با توجه به آموزش محور بودن دانشگاه‌های کشور، پژوهش به طور عام و پژوهش ویروس‌شناسی گیاهی به طور خاص از رونق قابل توجهی برخوردار نبود. پس از آنکه پژوهش و انتشار مقاله پژوهشی به عنوان بخشی از وظایف اعضای هیئت علمی در برخی از دانشگاه‌ها شروع و به تدریج عمومیت یافت، انتخاب موضوع اغلب بر مبنای سلیقه یا علاقه شخصی پژوهشگر و در حد امکانات موجود صورت می‌گرفت. به عبارت دیگر، پژوهش‌های مسئله محور هدفمند و جهت دار کمتر دیده می‌شد و تحقیقی هم که انجام می‌گرفت، بیشتر به ایام فراغت اعضای هیئت علمی محدود بود. تصادفی نبود که در بسیاری از دانشگاه‌های داخلی (و حتی خارجی) از جمله دانشگاه شیراز اولین ویروس‌هایی که مورد مطالعه قرار می‌گرفتند، آنهایی بودند که گیاهان تیره کدو را آلوده می‌کردند (Rahimian & Izadpanah, 1978). ویروس‌های مولد موزائیک در گیاهان تیره کدو در تابستان چنان علائم شدیدی ایجاد می‌کنند که کشاورزان را به وحشت می‌اندازند و محققین ویروس‌شناسی را وسوسه مطالعه می‌کنند. عامل دیگری نیز برای برگزیدن این ویروس‌ها در ابتدای کار وجود داشت و آن آسان بودن نسبی مطالعه آنها بود.

در مورد بیماری‌های ویروسی گیاهان تیره غلات (Poaceae) به ویژه گندم و جو، موضوع متفاوت بود. گندم و جو به طور معمول در پاییز یا اوایل بهار کشت می‌شوند، از اواخر زمستان (یا در مورد کشت بهاره، در اوایل بهار) به سرعت رشد می‌کنند و اغلب پیش از آن که دانشگاهیان درس و امتحان را

به پایان برسانند، به مرحله برداشت می‌رسند. به علاوه، علائم بیماری‌های ویروسی در غلات دانه ریز جز در موارد همه‌گیری آن چنان هویدا و چشمگیر نیست، و نیز مطالعه ویروس‌های غلات خیلی مشکل‌تر از آن است که بتوان آنرا جایگزین مطالعه ویروس‌هایی مانند ویروس موزائیک خیار یا ویروس موزائیک زرد لوبیا کرد. بدین ترتیب نه تنها کشاورزان خموشانه از ویروس‌های غلات زیان می‌دیدند، بلکه دانشگاهیان و محققین نیز نه فرصت و انگیزه‌ای برای مطالعه آنها پیدا می‌کردند و نه به تبع آن در این خصوص چیزی در چنته داشتند که به کشاورزان و دانشجویان ارائه دهند.

این وضعیتی بود که کم و بیش در دانشگاه‌های ما از جمله دانشگاه شیراز وجود داشت. انقلاب فرهنگی سال ۱۳۶۲ به رغم همه مسائل و مشکلاتی که به همراه داشت، دانشگاهیان باقی مانده را به طور موقت از قید درس و امتحان آزاد کرد و باعث شد آنها که علاقمند بودند، فارغ از محدودیت‌های فصلی، راهی کشتزارها و باغ‌ها شوند و نه تنها در تابستان بلکه در فصل‌های دیگر نیز با مسائل کشاورزی آشنا شوند. از همین جا بود که پژوهش در زمینه بیماری‌های ویروسی گیاهان تیره گندم در دانشگاه شیراز آغاز شد. چند سال بعد با تصویب طرح مطالعه بیماری‌های ویروسی غلات با اعتبارات وزارت کشاورزی و تأسیس مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی (Plant Virology Research Center, PVRC) که در سال ۱۳۷۷ افتتاح شد، این تحقیقات سرعت، عمق و وسعت بسیار بیشتری یافت و این وضعیت تا پایان دولت هشتم ادامه داشت.

تأسیس مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی یک تجربه موفق و موثر از برنامه مشترک یک وزارتخانه (وزارت کشاورزی) و یک موسسه آموزشی-پژوهشی (دانشگاه شیراز) بود، آن چنان که در بسیاری از دانشگاه‌های پیشرفته خارج از کشور مانند آمریکا، کانادا و فرانسه وجود دارد. بسیاری از موفقیت‌های به دست آمده در این زمینه مرهون سعه صدر و مثبت اندیشی

مسئولین وقت وزارت جهاد کشاورزی است و عمده نتایج به دست آمده در این پژوهش حاصل همکاری‌های دو نهاد مزبور در آن برهه کوتاه است.

با شروع کار مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی که عملاً از سال ۱۳۷۳ رخ داد به تدریج بررسی‌های میدانی و ملی منجر به شناخت مسائل مهم در زمینه ویروس‌های غلات در کشور شد که بر این اساس طرح‌ها و برنامه‌های راهبردی در این زمینه تدوین گردید. درک درست از مسائل غلات و شروع مطالعات راهبردی موجب شد که در مواجهه با مشکلات اساسی که از سال‌های ۱۳۷۹ به بعد اتفاق افتاد این مرکز بتواند پاسخ به موقع و قاطعی داشته‌باشد. به طور مثال از سال ۱۳۷۴ مطالعات گسترده‌ای در زمینه اپیدمیولوژی و مدیریت ویروس موزائیک رگه‌ای گندم از جمله ارقام مقاوم انجام شد. لذا با شیوع این بیماری که در سال ۱۳۷۹ در برخی نقاط استان فارس رخ داد، این بیماری به سرعت با همکاری اداره حفظ نباتات استان فارس کنترل شد. بطور موازی مطالعات گسترده‌ای در زمینه ویروس‌های ذرت انجام شد و با همه‌گیر شدن بیماری‌های کوتولگی زبر ذرت و موزائیک ایرانی ذرت که در اوایل دهه ۱۳۸۰ رخ داد راهکارهای مدیریتی به سرعت اعمال گردید و این دو بیماری در شمال فارس و برخی نقاط دیگر کنترل شدند. طغیان ویروس‌های گندم و ذرت در اوایل دهه هشتاد شمسی با بحث خودکفایی گندم در وزارت کشاورزی مصادف شد. از این رو محققین مرکز ویروس‌شناسی با ارائه طرح‌های جامع در این زمینه شتاب بیشتری به روند مطالعات گسترده ملی دادند. این روند، منجر به جمع‌آوری اطلاعات وسیعی در زمینه این گروه از ویروس‌ها شد. کارهای انجام شده در مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی مشوق و راه‌گشای مطالعه‌ی ویروس‌های غلات در برخی دانشگاه‌های دیگر کشور نیز شد و این رخداد منجر به توسعه و تجمیع اطلاعات زیادی گردید. با تصویب قطب علمی ویروس‌شناسی گیاهی در این مرکز، حمایت‌هایی نیز از این طریق حاصل شد و فعالیت‌های گسترده در سطوح آزمایشگاه، گلخانه و مزرعه و عملیاتی کردن اطلاعات ویروس‌شناسی

موجب شد که در سال ۱۳۸۶ به عنوان قطب علمی برتر کشاورزی مطرح گردد.

اگرچه تا اواسط دهه ۱۳۹۰ شمسی شناسایی و مطالعه ویروس‌های مهم غلات انجام شده بود ولی پژوهش در این زمینه پایان نیافته و همچنان ادامه دارد.

خسارت بیماری‌های ویروسی در غلات

بیش از یکصد ویروس مختلف از گیاهان تیره گندم گزارش شده‌اند. میزان خسارت هریک از آنها بستگی به چند عامل دارد. خسارت بیماری‌های ویروسی غلات ممکن است در بعضی سال‌ها قابل توجه نباشد، اما در سال‌هایی که ویروسی شیوع پیدا می‌کند خسارت می‌تواند به مرز صد درصد برسد. بنابراین بررسی سالیانه این بیماری‌ها در کنترل آنها از اهمیت بسزایی برخوردار است (Bos, 1982; Cook & Veseth, 1991; Jones, 2021; Mathre, 1982b; Velandia et al., 2010; Wiese, 1987). تعیین خسارت (Loss) یکی از سخت‌ترین و پیچیده‌ترین مقوله‌ها در گیاهپزشکی است. به دلیل اینکه غیر از فاکتورهایی که میزان صدمه (Damage) در اثر بیماری را تعیین می‌کنند، عوامل فرهنگی، اقتصادی، و قیمت روز محصول می‌توانند در تعیین خسارت نقش داشته باشند (Esker et al., 2013; Masumi & Ravanloo, 2023). بنابر این میزان خسارت در هر مزرعه و محصول به عوامل زیادی مانند رقم، مدیریت کشت، زمان کاشت، موقعیت کاشت، وجود ناقلین، مدیریت آفات و بیماری‌ها و .. بستگی دارد (Aggarwal et al., 2020). به طور کلی دو نوع خسارت ممکن است توسط ویروس‌ها در مزارع غلات به وجود آید. یکی خسارت معمولی که اغلب در حدود ۱۰ درصد یا کمتر از آن است. این قبیل خسارت‌ها به طور معمول هر سال اتفاق می‌افتد و می‌تواند ناشی از ویروس‌های اندمیک یا سویه‌های خفیف ویروس‌ها باشد و یا در شرایط نامساعد برای ویروس یا ناقل، کشت رقم‌های غیر حساس میزبان یا اقدامات زراعی خاص به وجود آید

(1995b). این ارقام بدون در نظر گرفتن اپیدمی بیماری است. در بررسی دیگری، آلودگی معمول در سراسر دنیا ۱۱ تا ۳۳ درصد ارزیابی شده‌است (Miller & Rasochova, 1997; Nancarrow et al., 2018; Nancarrow et al., 2021). به‌طور کلی خسارت ایجاد شده توسط BYDV در گندم، یولاف و جو در سراسر دنیا قابل توجه است. عموماً آلودگی در یولاف و جو شدیدتر از گندم می‌باشد. ولی بطور کلی بدلیل گستردگی کشت گندم خسارت این بیماری به ویژه در ایران روی گندم اهمیت بیشتری دارد (شکل ۱) (Afsharifar et al., 2004b; Masumi & Sadeghi, 2024). شدت بیماری در یک محصول به فاکتورهای مختلفی مانند رقم گیاه، زمان آلودگی، جمعیت ناقل و شرایط محیطی بستگی دارد. بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که بیماری کوتولگی زرد جو عامل محدود کننده‌ای در تولید غلات در بسیاری از نقاط غله خیز دنیا می‌باشد. هر جایی که غلات کشت می‌شود، BYDV به‌عنوان آفت زرد خسارت وارد می‌کند (Nancarrow et al., 2018; Nancarrow et al., 2021; Zhao & Zhou, 2025).

خسارت BYDV را در گندم در شرایط مساعد بین ۲۰ تا ۳۰ درصد کل محصول دانسته‌اند. خسارت‌های ۶۰-۳۲ درصدی حتی تا ۸۶ درصد نیز گزارش شده‌است که در این حالت محصول غیرقابل برداشت می‌گردد (Gaunce & Bockus, 2015). بین میزان وقوع بیماری و کاهش عملکرد در گندم و یولاف رابطه خطی وجود دارد. هر یک درصد افزایش در میزان وقوع بیماری، منجر به کاهش محصولی برابر با ۵۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار در گندم و ۶۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار در گیاه یولاف می‌گردد (Makkouk & Ghulam, 2002; Miller & Rasochova, 1997; Plumb, 1995; Plumb & Johnston, 1995; Sahragard & Masumi, 2004; Zhao & Zhou, 2025). با توجه به خسارت عمده ویروس‌های عامل کوتولگی غلات و گستردگی آنها در دنیا، تحقیقات بسیاری در زمینه‌های انتقال، دامنه

(Pennazio et al., 1996). نوع دوم خسارت اغلب شدید است و ممکن است تا به صد در صد نیز بالغ گردد و اغلب بر اثر تغییر در رژیم‌های زراعی، کشت رقم‌های حساس، ورود سویه‌های جدید ویروس و یا تغییر شرایط محیط حادث می‌شود (Aggarwal et al., 2020; Gaspar et al., 2002; Rao & Reddy, 2020; Zadoks & Schein, 1979).

در میان ویروس‌های آلوده‌کننده گندم تعدادی از آنها خسارات عمده‌ای ایجاد می‌کنند که از این میان می‌توان به ویروس‌های کوتولگی زرد جو (Luteovirus spp., barley yellow dwarf viruses, BYDV)، ویروس کوتولگی زرد غلات (Polerovirus spp., cereal yellow dwarf virus)، ویروس کوتولگی گندم (RPV, Mastrevirus hordei, wheat dwarf)، ویروس موزائیک خاک‌برد گندم (WDV, Furovirus tritici)، ویروس موزائیک رگه‌ای (wheat soil-borne mosaic virus, WSBMV)، گندم (Tritimovirus tritici, wheat streak mosaic virus, WSMV)، ویروس موزائیک زرد جو (barley yellow mosaic virus, BYMV)، ویروس موزائیک نواری جو (Bymovirus hordeiluteum)، ویروس موزائیک نواری جو (Hordeivirus hordei, barley stripe mosaic virus, BSMV)، ویروس موزائیک زرد راه راه جو (Cytorhabdovirus hordei, barley yellow striate mosaic virus, BYSMV) و ویروس نوارک ایرانی گندم (Tenuivirus persotritici, Iranian wheat stripe virus, IWSV) اشاره کرد (Mathre, 1982a; Nancarrow et al., 2018; Nancarrow et al., 2021; Velandia et al., 2010; Wiese, 1987). ویروس‌های کوتولگی زرد جو از پر خسارت‌ترین ویروس‌های گندم محسوب می‌شوند. ارزیابی میزان خسارت BYDV بدلیل فقدان اطلاعات لازم بسیار دشوار می‌باشد. آمارهای متفاوتی از خسارت سالیانه این بیماری ارائه شده‌است. مثلاً برخی خسارت سالیانه آنرا در جهان در گندم ۱۷ درصد، جو ۱۵ درصد و یولاف ۲۵ درصد در نظر گرفته‌اند (Lister & Ranieri, 2004).

کامل کشت گندم گردید (شکل ۱) (Masumi, 2022a). خسارت این بیماری هم کمی و هم کیفی است. در سال زراعی ۱۳۷۹-۸۰ وقوع این بیماری در تعدادی از مزارع زودکشت ارسنجان فارس و در مزارع گندم دانشکده کشاورزی شیراز (باجگاه) نیز به خسارت قابل توجهی منجر شد (شکل ۱) (Masumi, Izadpanah, Jokar, et al., 2001). در این سال، معصومی و همکاران (2001) توانستند با استفاده از یک مدل خطی علاوه بر اندازه‌گیری اثر بیماری بر شاخص‌های مختلف عملکرد، میزان کاهش محصول را در مزارعی با صد درصد و ۴۳/۶۷ درصد آلودگی به ترتیب معادل ۷۴/۳۸ و ۳۱/۸۳ درصد برآورد کنند. محصول باقی‌مانده در مزارع آلوده فاقد کیفیت نانویی بود، و بنابراین فاسد شده و دور ریخته شد (Masumi, Izadpanah, Jokar, et al., 2001). عملکرد و اجزای آن در ارقام مقاوم و حساس بستگی به شرایط و زمان آلودگی به ویروس دارد. آلودگی ارقام حساس در مرحله دو برگگی گندم سبب کاهش شدیدتر در ارتفاع ساقه و عملکرد دانه نسبت به آلودگی در مرحله پنجه‌زنی می‌گردد (Hosseini Nezhad et al., 2008). در ذرت تاکنون بیش از ۵۰ ویروس از سراسر دنیا گزارش شده‌است (Lapierre & Signorat, 2004) ولی تعداد اندکی از آنها در مناطق مختلف دنیا زیانبار شناخته شده‌اند. برخی از این ویروس‌ها مانند پوتی ویروس‌های غلات و ویروس‌های کوتولگی زرد جو گسترش جهانی دارند (Lapierre et al., 1988; Scott et al., 2004; Signorat, 2004). برخی دیگر به مناطق خاصی محدود می‌شوند و خسارت‌های جبران ناپذیری برجا می‌گذارند. ویروس کوتولگی زبر ذرت (*Fijivirus zae*, maize rough dwarf virus, MRDV) در اروپا (Signoret et al., 2004)، ویروس ریادوفینو ذرت (*Marafivirus maydis*, maize rayado fino virus, MRFV) در آمریکای مرکزی و جنوبی، ویروس موزائیک ذرت در آمریکای شمالی (Tsai et al., 2004; Falk, 2004)، ویروس رگه‌ی ذرت (*Mastrevirus storeyi*, maize streak virus, MSV) در آفریقا (Peterschmitt, 2004) و ویروس

میزبانی، تفکیک سروتیپ‌ها، تاکسونومی ناقلین، اپیدمیولوژی و عوامل تاثیرگذار بر آنها، کنترل بیماری، تهیه ارقام مقاوم و تهیه گیاهان تراژن انجام شده‌است (Halbert et al., 1992; Halbert & Voegtlin, 1998; Miller & Rasochova, 1997; Zahrarieva et al., 2002; Zhao & Zhou, 2025).

در ایران، در بعضی مناطق خسارت ناشی از آلودگی به BYDV بسیار جدی و شدید است به طوری که کشاورزان مزرعه را برای چرای گوسفندان رها می‌کنند. در بسیاری از مناطق چهار محال و بختیاری و بافت کرمان مزارعی با صد درصد خسارت وجود داشته است (Sahragard et al., 2011; Sahragard, Izadpanah, et al., 2006; Sahragard, Masumi, et al., 2006).

بیماری موزائیک رگه‌ای گندم به‌عنوان مخرب‌ترین بیماری ویروسی در نواحی مرکزی آمریکای شمالی (Great Plains) معرفی شده‌است (Li et al., 2004; Thomas et al., 2004; al., 2004). خسارت سالیانه بیماری در حدود دو تا پنج درصد گزارش شده‌است (Christian & Willis, 1993; Jones et al., 2005; McNeil et al., 1996). ویروس می‌تواند در شرایط خاصی به‌صورت اپیدمیک درآمد ۱۰۰ درصد خسارت وارد کند (Christian & Willis, 1993; Edwards & McMullen, 1988; French & Stenger, 2003; Friebe et al., 1996; Langham et al., 1994; Sim et al., 1988; Thomas et al., 2004). به ویژه اگر با ویروس دیگری مانند ویروس موزائیک تریتیکوم (TrMV) توأم باشد خسارت بسیار بیشتر خواهد بود (Byamukama et al., 2016).

در ایران WSMV در اکثر مناطق گندم‌کاری وجود دارد و اگرچه خسارت آن در بسیاری از موارد نامحسوس است اما در شرایط خاصی، نابودی کامل محصول را باعث شده‌است. در سال ۱۳۷۹ خسارت کمی و کیفی WSMV در برخی مزارع گندم استان فارس بالغ بر ۱۰۰ درصد بود به‌طوری‌که بسیاری از کشاورزان مزارع خود را رها کردند و در برخی موارد منجر به نابودی

شیراز) ذرت کشت شده در تاریخ دهم اردیبهشت با ۲۰/۶ درصد آلودگی نهایی به موزائیک ایرانی، خسارتی نزدیک ۱۹ درصد از لحاظ وزن دانه و بیش از ۱۵ درصد از لحاظ وزن خشک پوته داشت (Ahmadi et al., 1986). این در حالی است که آلودگی‌هایی تا ۸۰ درصد به این بیماری ویروسی نیز در بعضی شرایط مشاهده شده‌است (Amanifar, Izadpanah, et al., 2012)

در مورد کوتولگی زبر ذرت خسارت وارده به محصول ذرت حتی از خسارت موزائیک نیز چشمگیرتر است و مزارعی با خسارت صد در صد در شمال فارس مشاهده شده‌اند (شکل ۱). این بیماری در بعضی سال‌ها بسیار محدود است و میزان شیوع این بیماری روی ذرت از ۲/۵ تا ۷ درصد متغیر بوده‌است و در بعضی سال‌ها میزان آلودگی از ۳۰ تا ۱۰۰ درصد نیز گزارش شده‌است (Amanifar, 2015; Izadpanah, 1983; Izadpanah & Heydarnejad, 2004; Masumi, Biniaz, et al., 2025; Masumi et al., 2010). طغیان بیماری‌های کوتولگی زبر ذرت و موزائیک ایرانی ذرت در اوایل دهه هشتاد، هشدار به دست‌اندرکاران تولید ذرت برای وارد کردن این فاکتورها در معادلات و محاسبات مربوط به توسعه کشت این محصول بود. به‌دنبال وقوع متوالی اپیدمی‌ها در چند سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ و همین‌طور به‌تتابع در طی بیست سال گذشته در استان‌های فارس، اصفهان و استان‌های هم‌جوار، که در برخی مناطق منجر به نابودی کامل مزرعه شد، مطالعات گسترده‌ای از جنبه ویروس‌شناسی، انتقال، اپیدمیولوژی و مدیریت این ویروس‌ها در مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی و مراکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس چهارمحال و بختیاری و اصفهان انجام شد و نتایج ارزنده‌ای به‌دست آمد (Amanifar, Babaei, et al., 2015; Amanifar, 2015; Masumi, 2022b; Masumi & Hadaegh, 2023). وقوع این اپیدمی‌ها، تلاش‌های فراوانی در جهت کنترل اپیدمی صورت گرفت که خوشبختانه موفقیت‌آمیز بود و در سال ۱۳۸۳ در منطقه مرودشت استان

کوتولگی رگه سیاه برنج (*Fijivirus alporayae*, rice black-streaked dwarf virus, RBSDV) در جنوب شرق آسیا (Azuhata et al., 1993; Bai et al., 2001) از مهمترین ویروس‌های ذرت در دنیا هستند. این ویروس‌ها اگر چه در یک منطقه خاصی گسترش دارند ولی خسارت‌های سنگینی ایجاد می‌کنند (Wang et al., 2006).

ویروس‌های دیگری نیز هستند که در درجات بعدی اهمیت قرار دارند (Lapierre & Signorat, 2004) خسارت هر یک از این ویروس‌ها از ۱۵ تا ۸۰ درصد گزارش شده‌است (Lapierre & Signorat, 2004). برخی از ویروس‌های ذرت که در کشورهای دیگر گزارش شده‌اند در ایران نیز وجود دارند مانند ویروس موزائیک نی‌شکر (*Potyvirus sacchari*, sugarcane mosaic virus, SCMV) (Masumi, Yasaie, et al., 2006; Masumi et al., 2007)، ویروس رگه سبزدر مرغ (*cynodon chlorotic streak virus*, CCSV) (Massah & Izadpanah, 1998) و ویروس خراشک مرغ (*Marafivirus cynodonis*, Bermuda grass etched-line virus, BELV)، ولی روی ذرت اهمیت اقتصادی ندارند (Izadpanah, 1989a; Izadpanah & Masumi, 2011; Masumi & Izadpanah, 1996). علاوه بر ویروس‌های مهم دیگری نیز که بومی ایران هستند مانند ویروس موزائیک ایرانی ذرت (*Alphanucleorhabdovirus zeiranense*), و کوتولگی گال سیاه برنج عامل کوتولگی زبر ذرت و در نیمه جنوبی و نواحی مرکزی کشور گسترش دارند. ویروس موزائیک ایرانی ذرت در سال ۱۳۵۸ گزارش شد و توام با بیماری کوتولگی زبر ذرت در همان مناطق گسترش یافته و خسارت وارد کرده است (Izadpanah, 2004a; Izadpanah et al., 1993; Izadpanah & Parvin, 1979). در صد بالای آلودگی در برخی مزارع نشان از خسارت قابل توجه آنها دارد. در آزمایشی در شرایط باجگاه (محل دانشکده کشاورزی

آلودگی حدود ۷۰ درصد نیز مشاهده شده است. میزان خسارت بیماری مطالعه نشده است.

اولین عارضه ای که در گندم جلب توجه کرد، ویروسی نبود

ویروس‌ها در گیاهان تیره گندم علائم مختلفی ایجاد می‌کنند که یکی از آنها موزائیک است. موزائیک در گیاهان این تیره اغلب به صورت خط‌ها یا نوارهای روشن یا زرد است که در طول برگ‌ها کشیده می‌شوند. در زمستان ۱۳۶۲ این علائم به مقدار زیاد در یکی از مزارع گندم جنوب شیراز مشاهده شد. اولین گام برای تشخیص ویروس این بود که بتوان در گلخانه آن را به گیاهان سالم انتقال داد. اما کوشش برای انتقال ویروس با مایه زنی مکانیکی بی نتیجه بود. از سوی دیگر، گیاهان مبتلا در مزرعه به نوعی شته نیز آلوده بودند و لذا شته‌های مزبور برای بررسی امکان انتقال عامل بیماری مورد آزمایش قرار گرفتند. شته‌ها توانستند در گیاهان سالم علائم را به وجود آورند اما وقتی با سمپاشی حذف شدند، گیاهان به تدریج سلامت خود را به دست آوردند. این آزمایش و آزمایش‌های دیگر نشان داد که عارضه مزبور به احتمال غیرویروسی است. بررسی‌های بیشتر که به کمک همکاران حشره شناس انجام شد، معلوم کرد که علائم مزبور ناشی از تغذیه شته روسی غلات (*Diuraphis noxia*) است که به نظر می‌رسد مانند برخی شته‌های دیگر در حین تغذیه زهرابه به داخل بافت گیاه تزریق می‌کند و علائم موزائیک و لوله شدن برگ به طور عمده ناشی از این زهرابه است. این موضوع یک بار دیگر نشان داد که با یک نگاه سطحی و مشاهده برخی علائم نمی‌توان در مورد عامل آن یقین حاصل کرد.

ویروس‌های ذرت

موزائیک ذرت

ذرت بر خلاف گندم و جو گیاهی تابستانه است و به همین دلیل بیماری‌های ویروسی آن زودتر مورد توجه قرار گرفت. در حقیقت مشوق پرداختن به ویروس‌های غلات، پیدایش موزائیک ذرت در اطراف شیراز بود.

فارس با همکاری حفظ نباتات، کنترل این دو ویروس زیان‌بار به کشاورزان آموزش داده شد (Masumi, 2022b). به دنبال آن در استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان نیز توصیه‌های مدیریتی برای کنترل این ویروس توام با ویروس کوتولگی گال سیاه برنج انجام شد (Amanifar, 2016; Jalali et al., 2007; Nematollahi et al., 2007).

در سال‌هایی که بیماری کوتولگی زبر در استان فارس اپیدمی شد (شکل ۱) طی یک بررسی روی اثر بیماری در اجزاء عملکرد گیاه ذرت مشخص شد که ارتفاع بوته بیمار بهترین شاخص برای تعیین عملکرد در ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای است. همین‌طور در مزرعه ای با ۵۴/۸ درصد آلودگی با میانگین درجه ۳/۰۴ و در مزرعه مجاور با ۶۱/۸ درصد آلودگی با درجه ۴/۲۱ میزان کاهش عملکرد به ترتیب ۲۵ و ۴۰ درصد تخمین زده شد (Masumi, Biniaz, et al., 2025). در بررسی‌های سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵ در مزارع آلوده به کوتولگی زرد جو در برخی مزارع هیچ محصولی به دست نیامد. میزان آلودگی مزرعه به شدت تحت تاثیر تاریخ کاشت است در مناطق آلوده کشت زود هنگام قطعاً منجر به خسارت می‌شود (Salehi et al., 2004).

در مناطق شمالی ایران پوتی ویروس موزائیک ایرانی قیاق (*Potyvirus zeatessellati*, Iranian johnson grass mosaic virus, IJMV) خسارت وارد می‌کند. IJMV گسترده ترین ویروس ذرت در ایران است ولی اهمیت اقتصادی آن بطور دقیق مشخص نشده است (Masumi & Izadpanah, 1995a, 2001; Masumi, Izadpanah, & Behjatnia, 2001; Masumi, Zare, Ghasemi, et al., 2004; Zare, Masumi, et al., 2004b; Zare, Masumi, Izadpanah, et al., 2004).

آلودگی مزارع گندم به ویروس موزائیک زرد راه‌راه جو (BYSMV) تا ۳۵ درصد نیز مشاهده شده است. این ویروس در مناطق مختلفی از کشور گزارش شده است ولی در مشهد و منطقه مرزی سرو در آذربایجان غربی مزارعی با

تفاوت‌های مهمی با MMV دارد (Izadpanah, 1983, 1986a,)
 (1989a) و از این رو ابتدا به نام ویروس موزائیک شیراز ذرت و بعد به نام
 ویروس موزائیک ایرانی ذرت (Iranian maize mosaic virus) نامیده شد.
 تعیین ترادف نوکلئوتیدی این ویروس توسط Massah و همکاران (۲۰۰۸)
 متفاوت بودن این ویروس و موقعیت آن را به عنوان گونه‌ای جدید در جنس
Nucleorhabdovirus تایید کرد. کمیته بین المللی تاکسونومی ویروس‌ها
 (ICTV) مدتی بعد با کمی تغییر آن را *maize Iranian mosaic virus*
 (MIMV) با نام علمی (*Alphanucleorhabdovirus zeairanense*)
 (MIRMV0) نامگذاری کرده است (Ammar et al., 2004; Ammar et al.,
 2009; Gomez- Luengo & Gordon, 1987; Izadpanah, 1983, 1989a; Massah, Izadpanah, et al., 2004; Massah et al.,
 1986; Milne et al., 2004; Winter, et al., 2005; Massah, 2005). برخی
 از ویژگی‌های دیگر این ویروس و رابطه آن با میزبان گیاهی و حشره‌ای نیز
 مورد بررسی قرار گرفته‌است (Ghorbani et al., 2018; Ghorbani et al., 2019;
 Ghorbani et al., 2023; Moeini et al., 2020; Hortamani et al., 2018a; Moeini et al., 2020)
 بر فارس در برخی نقاط دیگر ایران به ویژه کهگیلویه و بویراحمد، اصفهان،
 چهارمحال و بختیاری، کرمان و یزد نیز وجود دارد و علائم آن در کرمانشاه و
 اخیراً در خوزستان نیز مشاهده شده‌است (Hassani et al., 2022; Heydarnejad & Izadpanah, 1998; Izadpanah, 2004a)
 میزبانی طبیعی MIMV علاوه بر ذرت شامل گندم، برنج، جو و برخی
 علف‌های تیره گندم است (جدول ۱) (Izadpanah et al., 1993) و میزان
 آلودگی و خسارت آن بستگی به رقم گیاه، محل کشت و به ویژه تاریخ کشت
 دارد. در یاسوج در ذرت تا ۸۰ درصد آلودگی نیز مشاهده شده‌است. این
 ویروس بومی ایران است و در استان‌های مرکزی ذرت و در نقاط خنک
 مانند یاسوج و سی سخت در استان کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و
 بختیاری علاوه بر ذرت، در گندم و برنج نیز آلودگی و خسارت آن قابل توجه

منوچهری (۱۳۴۷) اشاره به یک بیماری ذرت در شیراز به نام موزائیک نقطه
 ای و بیماری دیگری در کرج به نام موزائیک نواری دارد که اولی را به علت
 شیوع ویروس موزائیک خیار (*Cucumovirus CMV*, cucumber mosaic virus)
 در فارس ناشی از این ویروس دانسته و عامل بیماری دوم
 را ویروس رگه‌ی ذرت نام برده است. اما آنچه که امروز به نام موزائیک ایرانی
 ذرت (*maize Iranian mosaic*) شناخته شده، اولین بار در سال ۱۳۴۷ در
 مزارع ذرت هیرید رامجرد شیراز جلب توجه کرد و در سال‌های بعد گسترش
 یافت (Izadpanah, 1982, 1983; Izadpanah & Parvin, 1979).
 علائم مشخص این بیماری وجود خطوط موازی سبزرده یا زرد روی رگبرگ‌ها
 در برگ و غلاف میوه و کاهش رشد بوته‌ها بود (شکل ۲). در آن زمان
 مهمترین ویروس‌های گزارش شده ذرت در جهان عبارت بودند از ویروس
 رگه‌ی ذرت (MSV) در آفریقا، ویروس موزائیک کوتولگی ذرت
 (*Potyvirus zeae-nanus*, maize dwarf mosaic virus, MDMV) به
 عنوان سویه‌ای از ویروس موزائیک نی‌شکر (*sugarcane mosaic virus*,
 SCMV) در آمریکا و بعضی کشورهای دیگر و ویروس موزائیک ذرت
 (*maize mosaic virus*, MMV) با پیکره‌های باسیل مانند در آمریکای
 مرکزی. از نظر اقتصادی مهمترین این ویروس‌ها MDMV بود که گفته می‌شد
 انتشار جهانی دارد و به علت اهمیتی که در تولید ذرت در آمریکا داشت، در
 چندین دانشگاه و موسسه تحقیقاتی در آن کشور مورد مطالعه بود. اما ویروسی
 که در آن زمان در مزارع ذرت فارس شیوع داشت، برخلاف MDMV، نه با
 شته انتقال می‌یافت و نه به طور مکانیکی و لذا نمی‌توانست MDMV باشد.
 الکترون میکروسکوپی بافت‌های ذرت مبتلا به روشنی وجود پیکره‌های یک
 رابدوویروس شبیه MMV را نشان داد (شکل ۳). خالص‌سازی و تولید
 آنتی سرم ویروس (Izadpanah, 1989c) راه را برای ردیابی و مطالعات
 بیشتر آن هموار کرد. مشخص شد که این ویروس به رغم شباهت به MDMV،
 از نظر مورفولوژی پیکره، نوع ناقل، دامنه میزبانی و ویژگی‌های سرولوژیکی

ویروس قیاق (*Sorghum halepense*) است و در آن موزائیک تولید می‌کند. ولی آیا آنچه در کرج و برخی نقاط دیگر کشور در ذرت وجود داشت، همان MDMV بود؟ بررسی مزارع ذرت کشور از سال‌های اولیه دهه ۷۰ شروع شد و جمع‌آوری گیاهان زراعی و غیرزراعی غلات با علائم موزائیک و بررسی آن‌ها نقطه عطفی برای شروع یک خط تحقیقاتی جدید در زمینه این گروه از ویروس‌ها شد و از این طریق اطلاعات وسیعی به دست آمد. اولین ویروس از این گروه که در شیراز و کرج روی قیاق و ذرت علائم موزائیک ایجاد می‌کرد ویروس موزائیک ایرانی قیاق (*Iranian johnson grass mosaic virus, IJMV*) نامیده شد. به طوری که در قسمت بعد بیان شده، مطالعات سرولوژیک، انتقال، تعیین خصوصیات مورفولوژیکی و نهایتاً مولکولی با تعیین ترادف قسمتی از ژنوم این ویروس که اولین مورد تعیین ترادف در مورد ویروس‌های غلات در ایران بود نشان داد که این ویروس یک گونه جدید از جنس *Potyvirus* می‌باشد (*Izadpanah et al., 2005*; *Masumi et al., 2012*; *Masumi & Izadpanah, 1995a*; *Masumi, Izadpanah, & Behjatnia, 2001*).

ویروس موزائیک کوتولگی ذرت

در بررسی‌های میدانی در استان مازندران در سال ۱۳۷۴ و سپس در مناطق دیگر کشور ویروس دیگری از ذرت و قیاق جدا شد که از نظر سرولوژیک با ویروس موزائیک کوتولگی ذرت قرابت داشت (*Hassani et al., 2022*; *Masumi, Zare, et al., 2004b*; *Moini & Izadpanah, 2001*; *Zakeri et al., 2014*; *Zare, Masumi, et al., 2004a*; *Zare, Masumi, Izadpanah, et al., 2004*). این ویروس ابتدا در سال ۱۹۶۳ روی ذرت از جنوب اوهایو آمریکا مشاهده شد و در سال ۱۹۶۵ ویروس موزائیک کوتولگی ذرت نام گرفت (*Janson & Ellett, 1963*; *Williams & Alexander, 1965*). این ویروس همراه با توسعه کشت ذرت و سورگوم در دنیا انتشار وسیعی یافت (*Ford et al., 1989*; *Toler, 1985*). MDMV در نقاط مختلف دنیا که ژنوتیپ‌های حساس میزبان کشت می‌شود، وجود

پس از آن‌ها است. در مورد MIMV پس از ماه‌ها جستجو و تلاش نشان داده‌شد که انتقال و انتشار طبیعی به طور عمده توسط یک گونه زنجریک بوته‌ای به نام *Laodelphax striatellus* صورت می‌گیرد که خود نیز میزبان ویروس است (جدول ۱ و شکل ۴). به عبارت دیگر MIMV علاوه بر گیاهان تیره گندم در بدن این حشره نیز تکثیر می‌یابد (*Ahmadi et al., 1986*; *Izadpanah & Heydarnejad, 2004*) و طبق یک گزارش، در چرخه زندگی ناقل برخی از صفات را بهبود می‌بخشد (*Moeini et al., 2020*; *Rezaei et al., 2018*). چنان که در بخش مدیریت بیماری‌ها بیان خواهد شد، این بیماری ویروسی در ذرت با تاخیر تاریخ کشت در بهار قابل کنترل است و نیز به علت تنوع ژنتیکی پایین، امکان استفاده از ارقام مقاوم به آن نیز وجود دارد (*Estakhr et al., 2015*; *Estakhr et al., 2016*; *Hortamani et al., 2018b*).

موزائیک‌های دیگر ذرت

موزائیک ذرت در کرج از نوع دیگری بود (*Izadpanah, 1982*). علائم موزائیک در آنجا متفاوت و عبارت از لکه‌ها و نوارهای سبزرده روی برگ‌ها و البته کاهش رشد بوته‌ها بود. عامل بیماری به طور مکانیکی و با شته منتقل می‌شد و پیکره‌های ویروس به شکل رشته‌های باریک شبیه پوتی‌ویروس‌ها (*potyviruses*) بودند (*Izadpanah, 1982*) و بنابراین، این ویروس خیلی نزدیک به MDMV (در آن زمان از نظر اقتصادی مهمترین ویروس ذرت در اروپا و آمریکا) بود. MDMV ابتدا به عنوان سویه‌ای از ویروس موزائیک نی‌شکر (*sugarcane mosaic virus, SCMV*) مطرح ولی بعد به عنوان گونه‌ای جدید در جنس *Potyvirus* شناخته شد. در آمریکا میزبان دایمی این

اما آنچه بطور گسترده در قیاق در سراسر ایران مشاهده می‌شد چیز دیگری بود (Masumi & Izadpanah, 1995a). بررسی‌های بعدی نشان داد که قیاق مبتلا به موزائیک در تمام نقاط ایران وجود دارد و پوتی ویروس عامل این موزائیک به ذرت قابل انتقال است (Afsharifar & Izadpanah, 1986b; Izadpanah, 1994). بدین ترتیب قیاق منبع اصلی برای آلوده سازی ذرت است. اما آنچه که در قیاق وجود داشت و ذرت را نیز آلوده می‌کرد به رغم شباهت به MDMV، از لحاظ سرولوژیکی و ترادف نوکلئوتیدی ژنوم متفاوت از MDMV بود و بنابر این به عنوان ویروسی جدید به نام ویروس موزائیک ایرانی قیاق (IJMV) نام گذاری شد (Izadpanah et al., 2005; Masumi et al., 2012; Masumi & Izadpanah, 2001; Masumi, Izadpanah, & Behjatnia, 1995a).

IJMV در سراسر ایران روی قیاق گسترش دارد ولی علائم موزائیک در ذرت در مازندران، گلستان، اردبیل (دشت مغان)، اصفهان، فارس و خوزستان متناسب به هردو ویروس IJMV و MDMV است. اگرچه در این استان‌ها علائم متفاوتی بین دو ویروس مشاهده نمی‌شود ولی بررسی‌های سرولوژیک و مولکولی نشان داد که گسترش IJMV بسیار بیشتر از MDMV است (Masumi, 2023a).

در مطالعه‌ای که در استان مازندران بر اساس آزمون الیزا (ELISA) به عمل آمد، بیشترین آلودگی ذرت مربوط به IJMV و بعد از آن MDMV و SCMV بود (Moeini et al., 1995). در باره منبع دائمی MDMV در استان مازندران (و به طور پراکنده در برخی نقاط دیگر کشور) گزارشی منتشر نشده است اما IJMV از قیاق و SCMV از مزارع نی‌شکر که به طور پراکنده در مازندران کشت می‌شود منشأ گرفته و به کمک شته‌ها به ذرت انتقال می‌یابد (Masumi, 2023a).

کوئولوژی زیر ذرت

دارد و باعث ۲۰ تا ۸۰ درصد کاهش در محصول ذرت می‌شود (Cheng et al., 2002). در ایران، این ویروس در سال ۱۳۷۴ روی ذرت و قیاق (Johnson grass) در ساری و سپس از استان‌های اصفهان، گلستان و خوزستان با علائم موزائیک گزارش شد (شکل ۲) (Hassani et al., 2022; Zakeri et al., 2014; Zare, Masumi, et al., 2004a; Zare, Masumi, Izadpanah, et al., 2004). تاکنون تمام میزبان‌های شناخته شده این ویروس از گیاهان تیره غلات هستند. ذرت و سورگوم زراعی فراوان‌ترین میزبان‌ها در میان گیاهان یکساله هستند. منشأ و منبع اصلی این ویروس، قیاق است که یک گیاه چندساله است (Gell et al., 2010; Toler, 1985). به نظر می‌رسد منشأ اولیه ویروس اطراف دریای مدیترانه باشد و بعداً، احتمالاً با بذر، به آمریکا منتقل شده باشد (Achon et al., 2012; Achon et al., 2020; Ford et al., 1989; Gell et al., 2010; Kannan et al., 2018). MDMV در آزمایشگاه به طور مکانیکی و در طبیعت با بیش از ۵۰ گونه شته بصورت ناپایا منتقل می‌شود. در ذرت انتقال محدود این ویروس با بذر نیز گزارش شده است (Ford et al., 1989; Hill, 1984; Russell, 1974; Mikel et al., 1984). براساس آنالیزهای مولکولی احتمال می‌رود که MDMV بومی ایران نبوده و با بذر وارد کشور شده باشد به همین دلیل نیز فعلاً گسترش محدودی دارد (Mostafavi Neishaburi et al., 2011a; Mostafavi Neishaburi et al., 2013; et al., 2011b; Mostafavi Neishaburi et al., 2015; Zakeri et al., 2012; Zare, Masumi, et al., 2004a). این ویروس شباهت زیادی با ویروس موزائیک جنوبی مرغ دارد که در مناطق گرمسیری جنوب کشور گسترده است. به روش‌های متعددی این دو ویروس مقایسه شده‌اند (Biniaz, Izadpanah, et al., 2016; Biniaz, Masumi, et al., 2016; Biniaz et al., 2025; Farahbakhsh et al., 2012; Masumi, Estakhr, et al., 2025; Mostafavi Neishaburi et al., 2025a).

گسترش آن در جنوب این کشور نسبت به سایر بیماری‌ها بیشتر بوده است (Chen et al., 1995).

عامل این بیماری در ذرت در مناطق مختلف جهان متفاوت است. در کشورهای اروپایی و فلسطین اشغالی ویروس کوتولگی زبر ذرت از جنس فیجی‌ویروس (*Fijivirus*) تیره رئوویریده (*Reoviridae*) می‌باشد (Milne et al., 1973). ولی در کشورهای آمریکای جنوبی (MRCV) Mal de Rio cuarto virus و در کشورهای جنوب شرق آسیا در ذرت و همینطور در برنج ویروس کوتولگی رگه سیاه برنج عامل این بیماری می‌باشند (Luisoni et al., 1973; Milne et al., 1983; Shikata & Kitagawa, 1977). MRCV تا کنون از آرژانتین و اوروگوئه گزارش شده‌است و در آرژانتین در سال ۱۹۹۶، ۱۲۰ میلیون دلار به کشت ذرت خسارت وارد کرد (Lenardon et al., 1998). هر سه ویروس از لحاظ تاکسونومیکی نزدیک به یکدیگر هستند (Milne & Lovisolo, 1977; Milne & Luisoni, 1977).

(Rodrigues et al., 2004). RBSDV در چین اساساً از برنج گزارش شده‌است و علاوه بر آن، ذرت را نیز آلوده می‌کند و در آن علائم کوتولگی زبر ایجاد می‌کند (Azuhata et al., 1993; Uyeda, 2004; Yu & Liu, 2001; Zhang et al., 2004; H. M. Zhang et al., 2001). MRDV دامنه میزبانی وسیعی در بین گیاهان تیره غلات دارد ولی تاکنون ذرت تنها میزبان مهم اقتصادی آن بوده است (جدول ۱) (Lovisolo, 1971; Nome, 2004; Tyssandier, 1984; Signoret et al., 2004). MRDV در طبیعت روی برنج گزارش نشده‌است (Signoret & Conti, 2004).

پدیده مهم دیگری که در همان سال‌های دهه هشتاد یعنی از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ در مناطق انتشار بیماری کوتولگی زبر ذرت در ایران توجه مسئولین و محققین را جلب کرد، بروز بیماری مشابهی در مزارع برنج در استان فارس بود که بر اساس علائم و مشخصات ویروس عامل بیماری و

بیماری کوتولگی زبر ذرت در ایران اولین بار در سال ۱۳۶۰ در استان فارس مشاهده شد و در این سال میزان آلودگی در مزارع ذرت دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه) حدود ۳۵ درصد تخمین زده شد و در سال ۱۳۶۲ میزان آلودگی تا ۵۰ درصد برآورد گردید (Ahmadi et al., 1986). در سال ۱۳۷۰ ویروس عامل این بیماری خالص سازی و بطور سرولوژیکی مطالعه شد (Behjatnia & Izadpanah, 1991). با اینکه این بیماری در سال‌های بعد نیز در مزارع ذرت مشاهده می‌شد ولی میزان آلودگی پائین و در مواردی ناچیز بود تا اینکه در سال ۱۳۸۲ اپیدمی وسیعی مزارع ذرت شهرستان مرودشت و برخی مناطق دیگر استان فارس را فرا گرفت (شکل ۱). در این اپیدمی بسیاری از مزارع بیش از ۵۰ درصد و برخی نزدیک به ۱۰۰ درصد آلودگی داشتند. در سال ۱۳۸۳ شیوع بیماری در سطح وسیع‌تری تکرار شد و خسارت بیشتری بر جای گذاشت. در این سالها این بیماری در استانهای جنوبی کشور شامل اصفهان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری و کرمان گسترش وسیعی پیدا کرد. این بیماری براساس علائم بیماری، رابطه سرولوژیک و مشخصات مورفولوژیک ویروس عامل بیماری و مشابهت آن با ویروس کوتولگی زبر ذرت (*Fijivirus zae*, Maize rough dwarf virus, MRDV) که از اروپا و فلسطین اشغالی گزارش شده بود، به همین نام معرفی شد (Masumi, 2022b).

بیماری کوتولگی زبر ذرت اولین بار در سال ۱۹۴۹ از ایتالیا گزارش شد (Conti, 1983). سپس بیماری مشابهی با اسامی مختلف در مزارع ذرت فرانسه، پرتغال، اسپانیا، سوئیس، سوئد و فلسطین اشغالی مشاهده گردید (Conti, 1987; Dovas et al., 2003). این بیماری به دنبال ورود ارقام جدید آمریکایی به اروپا شایع شد (Conti, 1983) و در برخی کشورها اپیدمی شدیدی ایجاد کرد که منجر به حدود ۸۰ درصد خسارت شد (Antignus & Klein, 1984). این بیماری در چین نیز گزارش شده و

مشابهت آن با بیماری کوتولگی رگه سیاه برنج در جنوب شرق آسیا (شکل ۲)، عامل آن به طور موقت ویروس کوتولگی گال سیاه برنج (rice black gall dwarf virus, RBGDV) نامیده شد (Kamran & Izadpanah, 1993). طغیان و خسارت این ویروس در مزارع برنج به ویژه حوزه سد درودزن استان فارس، موجب نگرانی کشاورزان و مسئولین شد. از آن زمان مطالعات گسترده‌ای در مورد این دو بیماری (در ذرت و برنج) آغاز شد. این مطالعات با شیوع گسترده ویروس در سال‌های بعد در استان فارس و استان‌های مجاور افزایش یافت. خالص‌سازی، تهیه سیستم تشخیص سرولوژیک، نحوه انتقال و بررسی دامنه میزبانی و ترجیح میزبانی ناقل، دامنه میزبانی ویروس، مقایسه‌های سرولوژیک و نهایتاً بررسی‌های مولکولی بر اساس تعیین ترادف حدود ۷۰ درصد از ژنوم ویروس و مقایسه آن با سایر فیجی‌ویروس‌های گزارش شده به ویژه MRDV و RBSDV و بطور دقیق‌تر مقایسه کامل عامل دو بیماری کوتولگی زبر ذرت و کوتولگی گال سیاه برنج و آنالیز فیلوژنتیک آنها نتایج ارزشمندی از ماهیت ویروس و جایگاه تاکسونومیک آن بدست داد. براساس مطالعات انجام شده، به ویژه آنالیزهای فیلوژنتیک و علائم شناسی و صفات دیگر مشخص شد که عامل این دو بیماری در دو گیاه ذرت و برنج یکی است (Nouri et al., 2006; Nouri, 2006) و با ویروس‌های کوتولگی زبر ذرت در اروپا و کوتولگی رگه سیاه برنج در شرق آسیا متفاوت است اما RBGDV به RBSDV شباهت بیشتری دارد تا به MRDV (Dordiani et al., 2011; Eyvazi et al., 2021; Nouri et al., 2006)، بنابراین، نام ویروس کوتولگی گال سیاه برنج که قبلاً به عنوان عامل بیماری در برنج نامگذاری شده‌است، پیشنهاد می‌شود تا تصویب نهایی توسط کمیته بین‌المللی طبقه‌بندی ویروس‌ها (ICTV) به عنوان عامل بیماری کوتولگی زبر ذرت در ایران نامیده شود (Kamran & Izadpanah, 1993; Masumi, 2022b).

در ایران بطور خلاصه چهار بیماری ویروسی در ذرت اهمیت دارد: کوتولگی زبر و موزائیک ایرانی که در نیمه جنوبی کشور خسارت‌زا هستند، موزائیک ناشی از MDMV در مناطق شمالی کشور، ناحیه خزر و اصفهان و موزائیک ناشی از IJMV که منشأ آن قیاق است و در سراسر ایران در حال گسترش به کشت‌های ذرت است.

ویروس‌های گندم

بیش از ۴۰ ویروس در دنیا روی گندم گزارش شده‌است (Lapierre & Signorat, 2004) و در ایران تا کنون ۱۲ ویروس روی این محصول گزارش شده‌اند. از این تعداد چهار ویروس اهمیت اقتصادی دارند ولی ویروس‌های کوتولگی زرد جو و موزائیک رگه‌ای گندم از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (Kazemi et al., 2022).

پیدایش ویروس موزائیک رگه‌ای گندم

بیش از یک قرن از پیدایش بیماری موزائیک رگه‌ای گندم می‌گذرد. اولین بار در سال ۱۹۲۲ در نبراسکا در گندم با عنوان زردی گندم مشاهده شد. بعداً عامل بیماری به عنوان ویروس موزائیک رگه‌ای گندم (wheat streak mosaic virus, WSMV) توصیف شد. این ویروس در واقع مهم‌ترین ویروس گندم در آمریکا است. نواحی مرکزی آمریکا که یکی از بزرگترین مراکز کشت گندم در دنیا است به شدت به این ویروس مبتلا است و در برخی سال‌ها به مهم‌ترین مسئله در گندم تبدیل می‌شود. دامنه انتشار این ویروس را تا مدت‌ها محدود به دو کشور آمریکا و کانادا می‌دانستند تا اینکه پس از چندی از کشورهای اروپایی نیز گزارش شد. در سال ۱۹۶۳، سلاکیویس و بل (Slykhuys & Bell, 1963) که تجربه خوبی در باره این ویروس و نحوه انتقال و انتشار آن داشتند، کشورهای اروپایی و آسیایی را به منظور تکمیل نقشه انتشار جغرافیایی آن درنوردیدند و موفق شدند این ویروس را در کشورهای اروپایی و اردن بیابند اما اثری از آن در ایران و برخی دیگر از کشورهای منطقه نیافتند (Slykhuys & Bell, 1963). بررسی‌های

در چرخه بیماری ندارد. اما بررسی گیاه دژگال و مقایسه جدایه ویروس در این گیاه با جدایه گندم نشان داد که از نظر مولکولی و بیولوژیکی تفاوت قابل تشخیصی بین آنها وجود ندارد. بنابراین، این گیاه می‌تواند در شرایط مناسب مهمترین مخزن ویروس در چرخه بیماری باشد (Shirzadinejad et al., 2010a, 2010b). اگرچه مطالعات ما در ایران و همینطور دیگران در اپیدمیولوژی ویروس نشان می‌دهد که گندم خودرو که در اثر ریزش دانه در زمان برداشت بوجود می‌آید مهمترین نقش در بقای ویروس را دارد (Masumi, 2022a). به هر حال اگر به چرخه ویروس توجه شود مشخص می‌شود که گندم خودرو و گیاهان غیرزراعی گندمیان در تابستان نقش پل سبز را در تکمیل چرخه بیماری بازی می‌کنند (Masumi, 2022a).

برای شناخت بیشتر سویه‌های ویروس عامل بیماری و تنوع و تکامل آن و درک اپیدمیولوژی و مبارزه با بیماری روابط فیلوژنتیکی آن بررسی شد (Masumi, 2007; Masumi & Izadpanah, 2011b; Rabenstein et al., 2002; Redila et al., 2021; Stenger et al., 2002). در این آنالیزها مشخص شد که کلیه سویه‌ها و جدایه‌های ایران و دنیا منشأ مشترکی دارند و از منطقه هلال حاصلخیز سرچشمه گرفته‌اند (Masumi & Izadpanah, 2011a, 2011b, 2024; Masumi, Yassaie, et al., 2005). در این آنالیزها جدایه‌های WSMV بجز دو جدایه Behbahan از ایران و El Batan 3 از مکزیک، در دو شاخه اصلی قرار می‌گیرند: یک شاخه به نام هلال حاصلخیز (Fertile Crescent, FC) است و شاخه دوم خود به دو زیرشاخه تقسیم شده‌است. یک زیرشاخه آن به اروپا و روسیه رفته (Euroasia) و زیرشاخه دوم به قسمت فلات مرکزی ایران (Iranian Plateau) منتهی شده‌است و از این قسمت زیرشاخه‌های کوچکتری به طرف فلات جنوبی (فارس)، خوزستان، خراسان و زنجان-کردستان منتشر شده‌اند (Massah et al., 2008; Masumi, 2007, 2024; Masumi & Izadpanah, 2011b). بدلیل وجود تنوع بیشتر در جدایه‌های ایران و فلات

اجمالی سایر محققین نیز آثاری از وجود این ویروس و کنه ناقل آن در مزارع گندم ایران نشان نداده بود.

اولین برخورد ما با WSMV زمانی بود که متوجه شدیم این ویروس به طریق ناشناخته‌ای وارد یکی از گلخانه‌های تحقیقاتی ما شده و تمام بوته‌های گندمی که به منظور دیگری کشت شده بودند و می‌بایست سالم باشند را آلوده کرده است. بررسی میکروسکوپی برگ‌ها وجود یک کنه اریوفید شبیه به کنه ناقل گزارش شده ویروس مزبور (*Eriophyes tulipae*) را نشان داد (جدول ۱ و شکل ۴) (Foulad & Izadpanah, 1986). این کنه ابتدا در منابع *Eriophyes tulipae* و سپس *Aceria tulipae* نام برده می‌شد و نهایتاً کنه‌شناسان آن را *Aceria tosichella* نامیدند (Skoracka et al., 2018). WSMV در طبیعت با کنه *A. tosichella* بطور گردشی (پایا) منتقل می‌شود. این کنه در ایالات متحده آمریکا چند ویروس دیگر از جمله *triticum mosaic virus* را انتقال می‌دهد (Skoracka et al., 2018). هم ویروس و هم کنه ذره‌بینی ناقل آن اولین بار بود که در ایران مشاهده می‌شدند. وقتی مزارع گندم با دید باز و جستجوگرانه مورد بازدید و بررسی قرار گرفتند، معلوم شد که این ویروس و کنه در تمام مناطق کشور کم یا بیش وجود دارند و در برخی شرایط خسارت آن‌ها بسیار بالا است (Masumi, 2022a, 2022f; Masumi & Izadpanah, 1995b, 2023c). این ویروس دامنه میزبانی وسیعی در بین گندمیان دارد (جدول ۱) اما تنها روی گندم خسارت اقتصادی وارد می‌کند.

مطالعه گیاهان دیگر از جمله دژگال که علائم موزائیک نشان می‌داد و مرغ که علائم آلودگی به کنه را نشان می‌داد منتج به نتایج جالبی شد. بررسی‌های مکرر نشان داد که مرغ میزبان ویروس نیست (Masumi, 2022a) و کنه مرغ نیز یک گونه جدید از کنه‌های اریوفید می‌باشد که به نام *Acaralox shiraziensis* نام گذاری شد (Kamali & Soleimani, 2006; Soleimani et al., 2006b). بنابراین مشخص شد که این گیاه هیچ نقشی

ایران (IP) نسبت به سایر شاخه‌ها بنظر می‌رسد که این ویروس در ایران از قدمت زیادی برخوردار باشد. به رغم گسترش فراوان خط سیر تکاملی غرب (Western Atlantic Lineage, WAL) در دنیا، تغییرات این گروه بسیار کند و حفاظت شده‌است و از قدمت تکاملی بسیار کمی برخوردار است (Masumi & Izadpanah, 2011b; Masumi et al., 2003; Masumi, Yassaie, et al., 2005; Masumi, Zare, & Izadpanah, 2006; Masumi, Zare, Rastegar, et al., 2006). بر اساس اطلاعات حاضر بنظر می‌رسد این ویروس حدود یک‌صد سال پیش توسط مهاجرین اروپایی به قاره آمریکا رفته (Masumi, Yassaie, et al., 2005) و در آن قاره گسترش یافته و از آنجا به استرالیا نیز منتقل شده‌است (Masumi, 2007; Masumi & Izadpanah, 2011b; Rabenstein et al., 2002; Redila et al., 2021; Stenger et al., 2002). این احتمال وجود دارد که WSMV بیش از یکبار از طریق اقیانوس اطلس رد شده و به قاره آمریکا رفته باشد. دو جدایه مکزیکی و خوزستان با اینکه از دو شاخه اصلی منشعب شده‌اند ولی دارای سرعت تغییر و تکامل زیادی بوده و تکامل موازی داشته‌اند. این احتمال وجود دارد که شرایط جغرافیایی در روند تکامل آنها تأثیر داشته باشد (Masumi et al., 2009; Rahpeyma Sarvestani et al., 2011).

ویروس موزائیک اقلید گندم

کشت گندم در برخی از مناطق قدمت زیادی دارد. در این مناطق ویروس‌ها بیشتر مشاهده می‌شوند ولی ظهور ویروس‌های جدید به چند طریق رخ می‌دهد که یکی از آنها گسترش کشت‌ها و نزدیک شدن آنها به منابع ویروس است. این منابع می‌توانند گیاهان غیرزراعی و علف‌های هرز در مراتع باشند. اسکان عشایر در فارس نیز یکی از دلایل گسترش کشت در برخی مناطق مانند دشت سده بود. در بعضی دشت‌های استان فارس کشت‌زارهای وسیعی ایجاد شد. یکی از این مناطق دشت‌های معروف به چهاردانگه از توابع

شهرستان اقلید است. در سال ۱۳۷۳ در این منطقه علائم موزائیک شبیه به علائم موزائیک رگه‌ای گندم مشاهده شد (Izadpanah & Kamran, 1995). با بررسی این علائم مشخص شد که غیر از WSMV ممکن است ویروس‌های دیگری نیز وجود داشته باشند. یکی از این ویروس‌ها از نظر مورفولوژی، دامنه میزبانی، روابط سرولوژیک با سایر ویروس‌های رشته‌ای بررسی و مشخصات آن روشن شد (شکل ۳) و با تعیین ترادف کامل آن معلوم شد که این ویروس گونه جدیدی از جنس *Tritimovirus* است (Masumi, 2000; Izadpanah, & Ebrahim-Nesbat, 2000; Masumi, Rastegar, et al., 2005). این ویروس ویروس موزائیک اقلید گندم (*Tritimovirus eglidense*, wheat Eqlid) نامیده شد (Rastegar, Izadpanah, 2008a, 2008b) و کمیته بین‌المللی تاکسونومی ویروس‌ها بر مبنای ترادف نوکلئوتیدی و مطالعات دیگر، نام پیشنهادی و موقعیت تاکسونومیک آنرا به رسمیت شناخت. فراوانی این ویروس کمتر از ویروس موزائیک رگه‌ای است هرچند که ممکن است برخی آلودگی‌های آن به حساب ویروس موزائیک رگه‌ای گذاشته شود. به علت شباهت علائم بیماری (شکل ۲) با علائم WSMV، تشخیص میزان آلودگی به این ویروس در مزارع مشکل است. علائم ناشی از WEqMV عبارت است از موزائیک به‌صورت لکه‌ها و نوارهای کلروتیک که شباهت زیادی به علائم ناشی از WSMV دارد. در اغلب موارد این دو ویروس توأم هستند. دامنه میزبانی آن محدودتر از WSMV است (جدول ۱) (Masumi & Izadpanah, 2002a). این ویروس در شرایط گلخانه به‌طور مکانیکی قابل انتقال است. بر اساس آنالیزهای مولکولی و قرار گرفتن آن در جنس *Tritimovirus*، این ویروس قاعدتاً بایستی توسط کنه اریوفید منتقل شود. در حال حاضر به دلیل تشابه علائم دو ویروس مذکور و آلودگی مخلوط، نه تخمین درستی از میزان آلودگی به این ویروس در دست

از جنس سایتورابدوویروس (*Cytorhabdovirus*) است که با زنجرک *L. striatellus* انتقال می‌یابد (Izadpanah, Ebrahim-Nesbat, et al., 1991). علاوه بر *L. striatellus* زنجرک‌های دیگری از این خانواده مانند *Javesella pellusida* (در اروپا) و *Unkanodes tanasijevici* (در ایران) BYSMV را انتقال می‌دهند. راندمان انتقال دو زنجرک اخیر کمتر از *L. striatellus* می‌باشد. رابطه ناقل با ویروس تکثیری است. احتمالاً ویروس از طریق تخم نیز به نسل بعدی منتقل می‌شود (جدول ۱) (Izadpanah, 1991). میزان خسارتی که این ویروس به مزارع گندم وارد می‌آورد بستگی به زمان آلودگی دارد. اگر آلودگی در پاییز رخ دهد خسارت به مراتب بیشتر خواهد بود. ویروس‌های این جنس معمولاً در سیتوپلاسم سلول‌های آلوده تجمع پیدا می‌کنند. پیکره‌های BYSMV به ابعاد ۵۵×۲۷۰ نانومتر گزارش شده‌است. قسمتی از ترادف این ویروس تنها در ایران مشخص شده‌است. ترادف چند جدایه این ویروس در ایران تعیین شده‌است و مورد مقایسه قرار گرفته است. ویروس موزائیک شمالی غلات (*Cytorhabdovirus gramineae*, northern cereal mosaic virus, NCMV) نزدیک‌ترین ویروس به BYSMV می‌باشد. این ویروس در جنس سایتورابدوویروس یک زیر گروه تشکیل می‌دهد (Almasi et al., 2010). اپیدمیولوژی بیماری به خوبی مطالعه شده‌است. به نظر می‌رسد که ویروس هم در میزبان‌های زمستانه به‌ویژه گندم و هم زنجرک زمستان‌گذرانی می‌کند. با شروع بهار زنجرک‌های حاوی ویروس (*viruliferous*) در گندم آلودگی ایجاد می‌کنند و در پاییز مجدداً به گندم منتقل می‌شود. اگر کشت گندم در پاییز زودتر انجام شود (هراکش)، آلودگی شدیدتر و خسارت بیشتر خواهد بود و با تاخیر کشت در پاییز آلودگی نیز به مراتب کمتر خواهد شد. با توجه به نحوه انتقال ویروس تاخیر در کاشت گندم در پاییز و تیمار بذر مانند بیماری کوتولگی زرد جو می‌تواند در کنترل این بیماری موثر باشد (Kazemi et al., 2022; Signoret et al., 2004).

است و نه در مورد روش کنترل آن مطالعه‌ای صورت گرفته است. شاید بدلیل شباهت آن به WSMV روش‌های مدیریت این ویروس بتواند در کنترل هر دو موثر باشد (Kazemi et al., 2022).

ویروس موزائیک زرد راه‌راه جو (barley yellow striate mosaic virus, BYSMV)

این ویروس برای اولین بار در یک گلخانه تحقیقاتی در ایتالیا روی جو مشاهده و توصیف شد و سپس معلوم شد که در بسیاری از کشورهای اروپا نیز وجود دارد و در گندم خسارت‌زا است (Conti, 1969, 1972, 1980; Conti & Appiano, 1973; Conti et al., 1978; Conti & Plumb, 1977). BYSMV در سال ۱۹۸۹ در مزارع گندم فارس تشخیص داده شد (Izadpanah, 1989a). میزان آلودگی آن در مزارع گندم باجگاه در آن سال بیش از ۳۰ درصد برآورد شد. این ویروس اکنون به‌جز فارس در بسیاری از استان‌های گندم‌خیز ایران وجود دارد و در استان‌های خراسان رضوی و آذربایجان غربی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و مهم‌ترین ویروس گندم محسوب می‌شود. آلودگی گندم به BYSMV در برخی مزارع گندم منطقه سرو در آذربایجان غربی بیش از ۷۰ درصد برآورد شده‌است (Kazemi et al., 2022). علائم این ویروس روی گندم شبیه به سایر ویروس‌های موزائیک است (Conti, 1985) ولی تا حدودی قابل تشخیص است.

یکی از میزبان‌های معمول تابستانی BYSMV ارزن دم روباهی (*Setaria spp.*) است. ارزن دم روباهی مزروعی یکی از بهترین میزبانان تابستانه برای به دام انداختن این ویروس است. علائم روی این گیاه بسیار شبیه به علائم روی گندم به‌صورت نوارها و خطوط سبزرده در برگ‌ها و کاهش رشد بوته‌ها است. میزان آلودگی در برخی مناطق فارس در تابستان به ۱۰۰ درصد نیز می‌رسد. آلودگی *Setaria viridis* نیز در بسیاری از مناطق کشور به‌طور گسترده‌ای مشاهده می‌شود (Izadpanah, Ebrahim-Nesbat, et al., 1991). عامل این بیماری ویروسی از تیره رابدوویریده (*Rhabdoviridae*)

می‌شد و در الکترون میکروسکوپی نیز چیزی شبیه ویروس‌های دیگر دیده نمی‌شد (Heydarnejad & Izadpanah, 1992; Izadpanah & Heydarnejad, 2004; Sharzei & Izadpanah, 1998).

بر اساس یافته‌های بیولوژیکی و تصویری که در نهایت با الکترون میکروسکوپی به دست آمد (شکل ۳)، به نظر رسید که ما با ویروسی از جنس *Tenuivirus* سروکار داریم. از سوی دیگر مطالعات سرولوژیکی نشان داد که این ویروس با تنوبی ویروس‌های شناخته شده آن زمان (ویروس نوارک برنج، ویروس نوارک ذرت و ویروس برگ سفید برنج) که در کشورهای آمریکا شایع بودند تفاوت دارد. نحوه انتقال IWSV شبیه به سایر گونه‌های جنس *Tenuivirus* است. این ویروس به‌طور مکانیکی قابل انتقال نیست و در طبیعت به کمک زنجرک (*Unkanodes tanasijevici* (Delphacidae)) منتقل می‌شود. رابطه میان زنجرک و ویروس از نوع تکثیری است و ویروس در بدن زنجرک نیز تکثیر پیدا می‌کند. IWSV از راه تخم حشره نیز قابل انتقال است. این ویروس در شرایط گلخانه جو، چاودار، یولاف، سورگوم، سودان گراس، ارزن و برخی دیگر از گیاهان تیره گندم را آلوده می‌کند و علائمی شبیه علائم ایجاد شده در گندم را در آنها به وجود می‌آورد ولی در طبیعت تنها از گندم جدا شده‌است (Heydarnejad & Izadpanah, 1992; Izadpanah & Heydarnejad, 2004).

در نتیجه نام ویروس نوارک ایرانی گندم (Iranian wheat stripe virus) برای آن انتخاب شد (Heydarnejad & Izadpanah, 1989) که پس از تعیین ترادف نوکلئوتیدی و بررسی‌های مولکولی (Heydarnejad & Izadpanah, 1992)، مورد تایید کمیته بین‌المللی تاکسونومی ویروس‌ها قرار گرفت. این ویروس در بدن زنجرک ناقل تکثیر می‌یابد، ژنوم آن از چند قطعه آر آن ای حلقوی با قطبیت منفی (-) یا منفی-مثبت (ambisense) تشکیل شده‌است. به علت تفاوت در اندازه قطعه‌های ژنوم، پیکره کامل

علاوه بر BYSMV، رابدوویروس موزائیک ایرانی ذرت ((MIMV نیز می‌تواند گندم را آلوده کند و آلودگی طبیعی نسبتاً زیاد آن در برخی مزارع استان کهگیلویه و بویراحمد (اطراف سی سخت) مشاهده شده‌است. علائم بیماری در گندم به‌صورت نوارهای زرد، سبزد و قهوه‌ای یا ارغوانی در طول پهنک برگ روی رگبرگ‌ها به‌وجود می‌آید. این علائم با کاهش رشد گیاه همراه است. لکه‌های سبزد و قهوه‌ای روی سنبله‌ها نیز مشاهده می‌شود. میزان تاثیر آن روی دانه و نهایتاً محصول گندم مطالعه نشده‌است ولی موجب کاهش تعداد پنجه‌ها می‌شود. کاهش شدید رشد نیز یکی از نشانه‌های بیماری است (Kazemi et al., 2022).

ویروس نوارک ایرانی گندم (*Tenuivirus persotritici*, Iranian wheat stripe virus, IWSV)

اتفاقی که در رابطه با کشف ویروس موزائیک راه‌راه جو در ایتالیا رخ داد در مورد ویروس نوارک ایرانی گندم نیز تکرار شد. به عبارت دیگر، این ویروس نه بر مبنای علائم و اثرهای آن در مزرعه، بلکه ضمن مطالعه ویروس دیگری (ویروس موزائیک ایرانی ذرت) در گلخانه خود را نشان داد. آنچه این گمان را به وجود آورد که ممکن است ویروس دیگری در کار باشد، زرد شدن و تا حدودی کوتاه ماندن برگ بوته‌های گندمی بود (شکل ۲) که در شرایط گلخانه مورد تغذیه زنجرک ناقل ویروس موزائیک ایرانی ذرت قرار گرفته بودند. علائم چنان بود که به آسانی می‌شد آنرا به شرایط نامناسب گلخانه یا صرفاً تغذیه زنجرک نسبت داد و از کنار آن گذشت. اما تجربه نشان داده بود که در تحقیقات هیچ نتیجه‌ای را نباید نادیده یا دست کم گرفت (Heydarnejad & Izadpanah, 1989).

بدین ترتیب، عامل بیماری با زنجرک قهوه‌ای برنج (*L. striatellus*) قابل انتقال بود (شکل ۴) اما با هیچکدام از ویروس‌های زنجرک‌برد مورد مطالعه، از لحاظ سرولوژیکی و فیزیکی مطابقت نداشت. در ستون‌های شیب چگالی (پس از سانتریفوژ کردن) اغلب به جای یک یا دو لایه، چند لایه تشکیل

کلاردشت این گروه از ویروس‌ها باشند (Moeini et al., 1995). همچنین این ویروس‌ها در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در برخی از استان‌ها مانند چهار محال و بختیاری و خراسان شیوع پیدا کردند (Gharouni-Kardani & Masumi, 2024; Masumi & Sadeghi, 2024). CYDV و BYDV پیکره‌های ایزومتریکی به قطر حدود ۲۵ نانومتر دارای ژنوم RNA، از لحاظ بیولوژی و رابطه با شته‌های ناقل و گیاه میزبان مشابه‌اند اما از لحاظ تاکسونومیکی در دو جنس مختلف *Luteovirus* و *Polerovirus* از دو تیره جداگانه قرار داده شده‌اند (جدول ۱ و ۲) (Miller & Lozier, 2022). این دو ویروس شامل چندین سروتیپ بودند که در حال حاضر در تاکسونومی جدید هرکدام از آنها به عنوان یک گونه معرفی شده‌اند (جدول ۲). گونه‌های گزارش شده در ایران شامل MAV، PAV، RPV، PAS و RMV می‌باشند. وجود گونه‌های مختلف در اکثر استان‌های ایران به اثبات رسیده است. درمجموع سروتیپ BYDV-PAV در ایران غالب است، اما در مازندران، BYDV-MAV گونه غالب می‌باشد (Afsharifar et al., 2004b). Afsharifar et al., 2005a; Pakdel & Radaee, 2022). دامنه میزبانی این ویروس‌ها بسیار وسیع است و بسیاری از گیاهان زراعی مانند گندم، جو، برنج و ذرت را آلوده می‌کنند، اما روی گندم اهمیت بیشتری دارند (جدول ۱). این ویروس‌ها توسط شته‌ها منتقل می‌شوند از بین ناقلین شته *Rhopalosiphum padi* غالب است (Afsharifar et al., 2004a; Masterman et al., 1994). به همین دلیل مطالعات زیادی از نظر تنوع ژنتیکی و گسترش جغرافیایی و راندمان انتقال روی این شته انجام شده‌است (Aleosfoor et al., 2006; Aleosfoor et al., 2012; Aleosfoor et al., 2001; Sadeghi et al., 1997; Smyrnioudis et al., 2009; al., 2009). این ویروس‌ها بطور وسیعی در ایران مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. گسترش جغرافیایی، پراکنش گونه‌های ویروس‌ها در ایران، روابط سرولوژیک و مولکولی آنها، واکنش ارقام گندم، روش‌های کنترل بیماری و مدیریت تلفیقی

ویروس نیز به صورت رشته‌های حلقوی با اندازه‌های مختلف است (Heydarnejad et al., 2006; Heydarnejad et al., 2011). علائم این ویروس در مزارع گندم به صورت نوارهای سبزرز یا زرد در طول برگ و کوتولگی بوته‌ها است اما میزان وقوع آن تا کنون زیاد نبوده است و در حال حاضر میزان اهمیت آن مشخص نیست. علائم شبیه به بیماری در مزارع خراسان رضوی (منطقه جلگه رخ) و سی‌سخت از استان کهگیلویه و بویراحمد مشاهده شده‌است ولی تنها با آزمون ELISA وجود آن تایید شده‌است (معصومی و ایزدپناه، اطلاعات منتشر نشده).

ویروس‌های مولد زردی در گیاهان تیره گندم

ویروس‌های مولد زردی در گیاهان تیره گندم از دیدگاه اقتصادی از مهم‌ترین ویروس‌های گیاهی محسوب می‌شوند. دو گروه از ویروس‌ها در گیاهان تیره گندم زردی همراه با کوتولگی تولید می‌کنند (شکل ۱). گروه اول شامل ویروس‌های کوتولگی زرد جو (*barley yellow dwarf virus*) از تیره *Tombusviridae* و کوتولگی زرد غلات (*cereal yellow dwarf virus*, CYDV) از تیره *Solemoviridae* هستند (جدول ۲) که از قدیم در دنیا شناخته بودند ولی گزارش مستندی از وجود آنها در ایران در دست نبود. این بیماری اولین بار در سال ۱۹۵۱ میلادی توسط اسوالد و هوستون در کالیفرنیا تشخیص داده شد (Oswald & Houston, 1951). در ایران در سال ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ گزارش شد (Izadpanah, Ebrahim-; Nesbat, et al., 1991; Mahlooji & Makoui, 1990; Moeini et al., 1995). این ویروس‌ها توسط گونه‌های شته به طور اختصاصی منتقل می‌شوند (Kazemi et al., 2022). مطالعات انجام شده نشان داد که این ویروس‌ها در تمام نقاط کشور (البته بیشتر در نواحی خنک) وجود دارند و در ایران نیز مانند سایر نقاط جهان عامل تولید خسارت هستند (شکل ۱) (Afsharifar et al., 2004b; Afsharifar et al., 2005a; Masumi & Sadeghi, 2024). به نظر می‌رسد که عامل زردی مزارع گندم در

علائم، برخی آمارهای پیشین در مورد فراوانی ویروس‌های کوتولگی زرد جو (که صرفاً بر مبنای علائم بیماری بوده است) بیماری‌های ناشی از WDV را نیز در بر می‌گرفته است. در بررسی‌های دقیقتر مشخص شد که بسیاری از این علائم مربوط به ویروس کوتولگی گندم می‌باشد. در سال ۱۳۸۴ وجود این ویروس در گندم‌های جمع‌آوری شده از خراسان رضوی به اثبات رسید و بعداً در مزارع گندم و جو استان‌های دیگر قطعی شد. WDV از کشورهای اروپایی و جمهوری‌های شوروی سابق گزارش شده و علاوه بر گندم تعداد دیگری از گیاهان تیره غلات مثل جو، یولاف و چاودار را می‌تواند آلوده کند (Behjatnia et al., 2011)

علائم این بیماری بسیار شبیه به نشانه‌های بیماری کوتولگی زرد جو است. بدشکلی رگبرگ و کوتولگی بوته‌ها از علائم دیگر این ویروس است و اگر آلودگی در پاییز رخ دهد، بوته‌ها چمنی شده و هیچ محصولی نخواهند داشت. عامل بیماری ویروس کوتولگی گندم متعلق به جنس *Mastrevirus* از تیره *Geminiviridae* است. تنوع مولکولی این ویروس در ایران و رابطه فیلوژنتیک آن با سایر سویه‌های موجود در دنیا مورد بررسی قرار گرفته است (Behjatnia et al., 2011; Lotfipour et al., 2013; Pouramini et al., 2019; Tajook & Pakdel, 2024).

ویروس کوتولگی گندم در طبیعت با زنجیرک‌های برگ (Leafhoppers) منتقل می‌شود. دو گونه *Psammotettix alienus* و *P. striatus* متعلق به خانواده *Cicadellidae* به‌عنوان ناقل WDV گزارش شده‌اند. تشخیص دو گونه از هم از لحاظ مورفولوژیکی ممکن نیست. رابطه ویروس با ناقل گردشی است (جدول ۱) (Parizipour et al., 2016; Parizipour et al., 2018).

به دلیل تشابه علائم این ویروس با علائم ویروس‌های کوتولگی زرد جو تمایز آن‌ها در مزرعه مشکل است ولی روش‌های زراعی که در مدیریت BYDV مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند تاخیر در کاشت گندم و جو

بیماری در مناطق مختلف کشور به ویژه در استان چهارمحال و بختیاری طی سی سال گذشته مطالعه شده است (Afsharifar et al., 2004a; Afsharifar et al., 2005b; Aleosfoor et al., 2012; Aleosfoor et al., 2009; Khatabi, Rastgou, & Izadpanah, 2004; Khatabi, Rastgou, et al., 2004a, 2004b, 2004c; Pakdel, Afsharifar, Izadpanah, et al., 2007; Pakdel, Afsharifar, et al., 2007a, 2007b; Pakdel et al., 2006; Pakdel & Radaee, 2022; Rastgou, Khatabi, et al., 2004a, 2004b; Rastgou, Khatabi, & Izadpanah, 2004; Rastgou, Khatabi, Izadpanah, et al., 2005; Rastgou, Khatabi, Kvarnheden, et al., 2005; Rastgou, Khatabi, Yasaei, et al., 2004; Sahragard, Eshaghi, et al., 2008; Sahragard et al., 2010; Sahragard et al., 2011; Sahragard, Izadpanah, et al., 2006; Sahragard, Izadpanah, et al., 2008; Sahragard & Masumi, 2004; Sahragard, Masumi, et al., 2006; Sahragard et al., 2004; Tahan et al., 2006; Yassaie, Afsharifar, et al., 2011; Yassaie, Afsharifar, et al., 2011; Yassaie, Masumi, et al., 2011) آزمایش‌هایی به منظور کنترل این ویروس‌ها به عمل آمد که با موفقیت خوبی همراه بود. علاوه بر روش‌های سنتی کنترل در گندم و جو (Masumi & Davoodi, 2025; Sahragard et al., 2010; Sahragard et al., 2011; Sahragard, Masumi, et al., 2006; al., 2006)، کنترل از طریق دستکاری ژنتیکی نیز مورد آزمایش قرار گرفت (Yassaie, Masumi, et al., 2011).

ویروس کوتولگی گندم (*Mastrevirus hordei*, wheat dwarf virus, WDV)

گروه دوم از ویروس‌های مولد زردی و کوتولگی در ضمن مطالعات مولکولی ویروس‌های گروه اول به طور تصادفی شناخته شدند (Behjatnia et al., 2011) این گروه شامل واریانت‌های ویروس کوتولگی گندم (wheat dwarf virus, WDV) از جمعیتی ویروس‌ها است (Lotfipour et al., 2013; Pfrieme et al., 2023). واریانت‌های WDV کم و بیش در مزارع گندم و جو در نقاط مختلف یافت می‌شوند و به احتمال به علت شباهت

در پاییز و تیمار بذر با حشره‌کش سیستمیک برای این ویروس نیز قابل استفاده می‌باشد (Kazemi et al., 2022).

سایر ویروس‌های گندم

ویروس‌هایی که در بالا مورد بحث قرار گرفتند در ایران اهمیت اقتصادی دارند ولی ویروس‌های دیگری نیز وجود دارند که میزان خسارت و گسترش آن‌ها هنوز نا مشخص است. یکی از آن‌ها ویروس موزائیک خاک‌بُرد گندم (wheat soil-borne mosaic virus, WSBMV) است. در سال ۱۳۷۷ در یکی از مزارع گندم منطقه سپیدان استان فارس علائم موزائیک روی گندم مشاهده شد در بررسی‌های الکترون میکروسکوپی پیکره‌های میله‌ای شکل شبیه به پیکره‌های ویروس موزائیک خاک‌بُرد گندم دیده شد (شکل ۳). سلول‌های ریشه گیاهان آلوده حاوی شبه قارچ *Polymyxa graminis* بودند که به عنوان ناقل ویروس مزبور شناخته شده است (Sahandpour & Izadpanah, 2000). امکان پیگیری بیماری و بررسی‌های بعدی فراهم نشد. ویروس دیگری که اخیراً در اصفهان گزارش شده است *High Plains wheat mosaic virus* (HPWMoV) با نام علمی *Emaravirus tritici* است (Nourbakhsh et al., 2023). این ویروس در سال ۱۹۹۶ از دشت‌های مرکزی آمریکا گزارش شد (Jensen et al., 1996). این ویروس علائم موزائیک و لکه‌های طولی در برگ ایجاد می‌کند که شبیه به علائم WSMV است و مانند ویروس اخیر با کنه *Aceria tosichella* منتقل می‌شود (شکل ۴). لذا ممکن است آلودگی توام دو ویروس در مزرعه رخ دهد (Abdullahi et al., 2020; Byamukama et al., 2016). خصوصیات این ویروس تعیین و رابطه آن با جدایه‌های آمریکا بررسی شده است (Nourbakhsh et al., 2025). ترادف کامل ژنوم ویروس حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد با ترادف‌های آمریکا و استرالیا شباهت دارد (Nourbakhsh et al., 2025). منشاء این ویروس در ایران مشخص نیست.

در بررسی‌های میدانی در منطقه اقلید فارس، ویروس دیگری در گندم پیدا شد که پیکره‌های رشته‌ای داشت و با ویروس‌های موجود در منطقه یا ایران در گندم مانند WSMV و WEqMV متفاوت بود و آنالیز فیلوژنتیک بر اساس قسمتی از ژن پروتئین پوششی این ویروس نشان داد که این ویروس با ویروس موزائیک رگه‌ای نی‌شکر (*Poacevirus sacchari*, sugarcane streak mosaic virus, SCSMV) قرابت دارد. بررسی بعدی آن امکان‌پذیر نشد (Rastegar et al., 2006).

ویروس خراشک مرغ (*Bermuda grass etched-line virus*, BELV) و ویروس مولد کوتولگی زیر ذرت به‌طور آزمایشی گندم را آلوده می‌کنند (Masumi & Izadpanah, 1996; Sahandpour & Izadpanah, 2000). ولی اهمیت آن‌ها در طبیعت بررسی نشده است.

بیماری‌های ویروسی برنج

در جنوب شرقی آسیا و آمریکا بیماری‌های ویروسی متعددی از شالیزارهای برنج گزارش شده‌اند که برخی از آنها مانند تنگرو ناشی از دو ویروس *Rice tungro spherical virus* (RTSV) با نام علمی *Waikavirus oryzae* و *Rice tungro bacilliform virus* (RTBV) با نام علمی *Tungrovirus oryzae*، *RBSDV* و ویروس برگ سفید برنج (*Rice hoja blanca virus*, RHBV) با نام علمی *Tenuivirus oryzae* می‌توانند خسارت سنگین به بار آورند. به طور مثال ویروس برگ سفید (RHBV) در سال ۱۹۵۶ در دو کشور کوبا و ونزوئلا ۷۵ درصد خسارت وارد کرد و بیماری به قدری شدید بود که بعضی مزرعه‌ها قابل برداشت نبودند (Adair & Ingram, 1957; Atkins & Adair, 1957). در ایران در استان فارس و برخی استان‌های مجاور چند ویروس به کشت برنج خسارت وارد کردند (Kamran et al., 1993). در سال‌های اوایل دهه هشتاد شمسی در مناطق کامفیروز و درودزن فارس بیماری کوتولگی گال سیاه برنج (شکل ۲) و BYDV و در برخی سال‌ها در منطقه سی سخت استان کهگیلویه و بویر احمد

ویروس موزائیک ایرانی ذرت به شدت آلودگی و خسارت ایجاد کردند (Yassaie et al., 2004). در منطقه سی سخت به طور معمول در زمستان گندم و در تابستان برنج به صورت متوالی کشت می‌شود و ویروس موزائیک ایرانی ذرت به شدت در هر دو گیاه بیماری ایجاد می‌کند.

در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در برخی مزارع شهرستان آمل و اطراف آن بیماری جبالوم برنج که توسط BYDV بوجود می‌آید، در بعضی ارقام مانند ارقام حاج حیدری، طلوع و هاشمی شایع شد (Masumi, 2023b). به ویژه در رقم حاج حیدری شدیدتر بود که از سال‌های بعد رغبت کشاورزان برای کشت این رقم کاهش پیدا کرد.

اگرچه ویروس نوارک ایرانی گندم در برنج هم گزارش شده است ولی میزان شیوع و اهمیت آن مشخص نیست (Yassaie et al., 2004). از وجود بیماری‌های ویروسی دیگر در شالیزارهای شمالی کشور اطلاعی در دست نیست.

ویروس‌های نی شکر

نی شکر گیاه ارزشمندی است که به طور عمده در سطح وسیعی در خوزستان و به مقدار خیلی کمتری در مازندران کشت می‌شود و می‌تواند نقش مهمی در اقتصاد کشور داشته باشد. ویروس‌های مختلفی نی شکر را آلوده می‌کنند که در کاهش کمی و کیفی محصول مانند کاهش عیار قند تاثیر دارند. تاکنون بیش از ۲۰ ویروس در دنیا روی نی شکر گزارش شده است. در هر منطقه از جهان یک یا چند ویروس اهمیت دارد ولی موزائیک نی شکر مهمترین بیماری ویروسی در دنیا است. از طرف دیگر نی شکر تعداد بسیار زیادی رقم زراعی دارد که این تنوع موجب می‌شود که در نهایت یک یا چند ویروس روی آنها شایع شوند. نکته اساسی در نی شکر این است که تکثیر و توزیع آن با قلمه انجام می‌شود که خود می‌تواند منبع تکثیر و انتشار ویروس‌ها باشد. در ایران تاکنون سه ویروس از نی شکر گزارش شده است که به اختصار ذکر می‌شود.

ویروس موزائیک نی شکر یکی از پوتی ویروس‌هایی که گسترش جهانی دارد، ویروس موزائیک نی شکر (sugarcane mosaic virus, SCMV) است. علائم این ویروس به صورت موزائیک روی نی شکر در سال ۱۸۹۲ در اندونزی مشاهده شد (Koike & Gillaspie, 1989; Pirone, 1972) و در سال ۱۹۲۰ ماهیت عامل بیماری و نحوه انتقال آن روشن شد (Koike & Gillaspie, 1989). پس از آن سویه‌های مختلف از این ویروس روی نی شکر، سورگوم و ذرت گزارش شدند. SCMV از جمله عوامل زیانبار و محدودکننده این محصولات است (Fuchs, 2004). گسترش وسیع این ویروس روی نی شکر و سایر گیاهان در دنیا و تنوع زیاد استرین‌های آن مشکلات زیادی از نظر تمایز و تشخیص و مبارزه با آن، به ویژه استفاده از ارقام مقاوم ایجاد کرده بود، که با کارهای Shukla و همکاران در سال ۱۹۸۹ و ۱۹۹۲، Tosic و همکاران در سال ۱۹۹۰ و بعد با کارهای مختلف محققین دیگر وضعیت سویه‌ها و گونه‌های این گروه مشخص شد.

در ایران، ویروس موزائیک نی شکر در نی شکر خوزستان و مازندران (شکل ۲) بطور گسترده‌ای وجود دارد (Amiri & Izadpanah, 1993a, 1993b). در سال ۱۳۷۲ بر اساس روابط سرولوژیکی و خصوصیات مورفولوژیکی جدایه SCMV-SC-1، از نی شکر خوزستان گزارش شد (Amiri & Izadpanah, 1993a, 1993b). این ویروس سویه‌های مختلفی در دنیا دارد. در ایران بر اساس روابط سرولوژیکی و مولکولی چند سویه مانند سویه SCMV-A از خوزستان و مازندران شناسایی شده‌اند که احتمال می‌رود منشأ خارجی داشته باشند و با قلمه وارد ایران شده باشند (Ghasemi et al., 2003; Masumi, Zare, et al., 2004a; Masumi, Zare, & Izadpanah, 2006; Masumi et al., 2007; Moradi et al., 2016, 2017b). تاکنون حدود ۴۰ ترادف نوکلئوتیدی از این ویروس از ایران در GenBank قرار داده شده است. بطور کلی سویه‌های این ویروس در دو گروه فیلوژنی قرار می‌گیرند. یک گروه بیشتر سویه‌های ذرت و گروه دیگر

صورت گیرد (Lochart & Cronje, 2000). در برخی از ارقام اهمیت اقتصادی دارد.

گیاهان غیر مزروعی

اصطلاح گیاهان غیر مزروعی برای گیاهانی به کار می‌رود که در ادبیات فارسی علف هرز نامیده می‌شوند. اهمیت مطالعه ویروس‌های گیاهان غیر مزروعی در این است که این قبیل گیاهان اغلب نقش منبع ویروس برای گیاهان زراعی را دارند. در مزارع و باغ‌های ایران انواع بسیار زیادی از گیاهان تیره گندم به طور ناخواسته رشد می‌کنند که در این جا به چند مورد آن اشاره می‌شود.

یولاف

یولاف اهلی (*Avena sativa*) یک گیاه زراعی است که از قدیم در ایران باستان به عنوان علوفه کشت می‌شد. امروزه کشت این گیاه در دنیا نیز کاهش پیدا کرده است. در ایران گسترش این گیاه به اضافه یولاف وحشی (A. *fatua*) در مزارع گندم مشکلات زیادی بوجود آورده است. این گیاه به بسیاری از ویروس‌های غلات آلوده می‌شود (Lapierre & Signorat, 1995a; Lister & Ranieri, 2004; D'Arcy 1995). بیشترین آلودگی در مزارع و یا حاشیه مزارع به ویروس کوتولگی زرد جو است که برگ‌ها به رنگ زرد، قرمز، نارنجی و یا پرتقالی در می‌آید.

آلودگی به این ویروس از فاصله دور در مزارع مشخص است. بررسی‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که گونه BYDV-PAV در این گیاه غالب است. گونه‌های PAV و RPV در یولاف وحشی *Avena ludoviciana* Durand در استان‌های فارس و چهارمحال و بختیاری ردیابی شده است (Izadpanah & Kamran, 1995; Moeini et al., 1995).

بیشتر نی‌شکر را آلوده می‌کنند (Masumi et al., 2007). از این دو گروه تنها جدایه‌های سویه SCMV-A از نی‌شکر وارد ایران شده است.

ویروس موزائیک رگه‌ای نی‌شکر

ویروس موزائیک رگه‌ای نی‌شکر اولین بار توسط Hall و همکاران (1998) از ارقام نی‌شکر پاکستان که علائم موزائیک را نشان می‌دادند، در قرنطینه‌ی کشور آمریکا گزارش شد و تاکنون از خیلی کشورهای آسیایی گزارش شده است. این ویروس از جنس *Poacevirus* در تیره *Potyviridae* است (Li et al., 2011). در ایران این بیماری از ارقام موجود در موزه‌ی ژرم‌پلاسسم موسسه‌ی تحقیقات و آموزش نی‌شکر استان خوزستان گزارش شد (Moradi et al., 2016). علائم این ویروس رگه‌های کلروتیک در پهنک برگ است (Chatenet et al., 2005; Hema et al., 1999). این ویروس نیز همانند سایر ویروس‌های نی‌شکر از طریق قلمه منتقل می‌شود (Hall et al., 1998; Hema et al., 1999). علاوه بر نی‌شکر، سورگوم بطور طبیعی و ذرت، ارزن، سودان‌گراس و قیاق بطور آزمایشگاهی آلوده می‌شوند.

ویروس برگ‌زرد نی‌شکر (*Polerovirus SCYLV*, sugarcane yellow leaf virus, ScYLV)

این ویروس در جنس *Polerovirus* از تیره *Solemoviridae* قرار دارد. این ویروس در سال ۱۳۷۶ در نمونه‌های ارقام مختلف مؤسسه تحقیقات و آموزش نی‌شکر استان خوزستان شناسایی شد (Chinea, 2005, 2007; Lochart & Cronje, 2000). علائم آن شامل زردی رگ‌برگ میانی در قسمت زیرین برگ است که به قسمت‌های پایین‌تر همراه با دوکی شدن برگ-ها گسترش می‌یابد (شکل ۲). این ویروس با شته‌های *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) و *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) به صورت نیمه پایا منتقل می‌شود آلودگی اولیه می‌تواند با قلمه

(Masumi & Izadpanah, 1998, 2000). مطالعات بعدی از نظر سرولوژیکی و مولکولی مشخص کرد که علائم موزائیک مرغ و رشدی در مناطق گرمسیر جنوب ایران ناشی از آلودگی به یک ویروس بوده و منشأ آن نیز گیاه مرغ است (Ghasemi, 2011; Masumi & Izadpanah, 2002b, 2002d).

مطالعات بعدی در شناخت ماهیت عامل بیماری نشان داد که عامل موزائیک در مرغ در ایران دو ویروس کاملاً متمایز است (Masumi & Izadpanah, 2000, 2002b, 2002c, 2002d, 2002e) یک ویروس در مناطق جنوب یعنی استان‌های کرمان، بوشهر، هرمزگان، خوزستان و جنوب فارس گسترش دارد (Farahbakhsh et al., 2010; Farahbakhsh et al., 2011) که بر اساس مطالعات سرولوژیکی، بیولوژیکی و مولکولی یک ویروس جدید از جنس پوتی‌ویروس است و با سایر پوتی‌ویروس‌های غلات ارتباط سرولوژیک دارد. این ویروس از بین پوتی‌ویروس‌ها بیشترین قرابت را به ترتیب با MDMV و سپس ویروس موزائیک سورگوم و SCMV دارد (Ghasemi et al., 2003; Masumi & Izadpanah, 2000) , , 2002 , a, b, c و در حال حاضر به نام ویروس موزائیک جنوبی مرغ موسوم است. مترادف نوکلئوتیدی ناحیه CP – UTR ژنوم ۲۸ سویه این ویروس جمع‌آوری شده از مناطق جنوبی کشور و مترادف کامل یک سویه تعیین و در GenBank قرار داده شده است (Biniaz, Masumi, et al., 2016; Biniaz et al., 2011; Farahbakhsh et al., 2010; Farahbakhsh et al., 2025). این ویروس تا زمانی که تصمیم نهایی توسط کمیته بین المللی طبقه‌بندی ویروس‌ها اتخاذ شود، به همین نام خوانده می‌شود.

این ویروس از نظر مترادف نوکلئوتیدی، خصوصیات سرولوژیکی و انتقال و دامنه میزبانی تشابه بسیار زیادی با MDMV دارد (جدول ۱)، ولی در ناحیه 5' ژن CP نسبت به MDMV ۹۰ نوکلئوتید (معادل ۳۰ آمینواسید) بیشتر دارد و با شته *Rhopalosiphum maidis* نیز انتقال پیدا نمی‌کند. علیرغم

ویروس کوتولگی یولاف (*Mastrevirus avenae*, oat dwarf virus, ODV) اولین بار در سال ۲۰۰۷ از آلمان گزارش شد (Schubert et al., 2007). این ویروس از جنس *Mastrevirus* تیره *Geminiviridae* است (جدول ۲). در سال ۲۰۱۹ از ایران گزارش شد. این ویروس از زنجبرک ناقل ویروس کوتولگی گندم که از منطقه ظفرآباد شیراز جمع‌آوری شده بود، جدا شد و مترادف کامل آن تعیین گردید (جدول ۱) (Pouramini et al., 2019). این ویروس بعداً در یولاف وحشی گونه (*Avena barbata* Pott ex Link) نیز ردیابی شد و در شرایط گلخانه توانست یولاف اهلی و چند گونه یولاف وحشی را آلوده کند ولی در گندم و جو آلودگی ایجاد نکرد. اهمیت این ویروس در مزارع مشخص نیست ولی باتوجه به اینکه گندم و جو به این ویروس آلوده نمی‌شوند شاید اهمیت اقتصادی قابل توجهی نداشته باشد.

مرغ

مرغ با نام علمی *Cynodon dactylon* گیاهی است که در همه نواحی کشور وجود دارد و با داشتن ساقه‌های زیرزمینی خزننده، گیاهی دایمی محسوب می‌شود و از این رو می‌تواند منبعی برای برخی از ویروس‌های گیاهان تیره گندم باشد. از این گیاه در ایران و خارج از ایران به عنوان چمن نیز استفاده می‌شود.

تاکنون چندین ویروس در این گیاه شناسایی شده‌اند که ویروس‌های موزائیک مرغ، موزائیک جنوبی مرغ، خراشک مرغ، برگ باد بزی مو و کوتولگی رگه سبزد مرغ از آن جمله‌اند.

ویروس موزائیک جنوبی مرغ (*Bermudagrass southern mosaic virus*, BgSMV) در سال ۱۳۷۷ در جیرفت روی گیاه مرغ و در برازجان روی گیاه رشدی (*Eleusine compressa* (Forssk.) Asch. & Schweinf. ex C.Ch.) علائم موزائیک مشاهده شد (شکل ۲) (Ghasemi & Izadpanah, 2000).

گیاه مرغ در بسیاری از نقاط ایران علائم موزائیک را نشان می‌دهد (شکل ۲). غیر از مناطق جنوبی و گرمسیر که محل گسترش ویروس موزائیک جنوبی مرغ (BgSMV) است، در اکثر مناطق کشور همراه با علائم موزائیک در مرغ، در میکروسکوپ الکترونی ذرات رشته‌ای شبیه پوتی ویروس‌ها مشاهده شد (Masumi & Izadpanah, 2000, 2002c, 2002d, 2002e) که با BgSMV متفاوت بود. عامل این علائم، ویروس موزائیک مرغ نامیده شد. بین جدایه‌های BgMV از نقاط مختلف ایران تفاوت‌هایی از نظر دامنه میزبانی و انتقال مشاهده می‌شود ولی این جدایه‌ها به لحاظ سرولوژیکی قابل تفکیک نیستند (Masumi & Izadpanah, 2002c). اساساً BgMV دامنه میزبانی محدودی دارد (جدول ۱) (Hosseini et al., 2010; Hosseini & Izadpanah, 2005). این ویروس بطور مکانیکی به مرغ، رشدی (*Eleusine compressa*), ارزن دم‌رواهی (*Setaria viridis*), *Pennisetum sp.*, سوروف (*Echinochloa colonum*), *Digitaria bingebrium. bilogrimum*, سورگوم و ذرت منتقل شد. با این حال، به نظر می‌رسد آلودگی طبیعی به گیاه مرغ محدود می‌شود (Hosseini & Izadpanah, 2005; Masumi & Izadpanah, 2002b). این ویروس با اینکه با شته منتقل می‌شود و خصوصیات مورفولوژیکی و بیولوژیکی آن شبیه به پوتی ویروس‌های غلات و سایر اعضای خانواده *Potyviridae* است اما هیچ رابطه سرولوژیکی با هیچ یک از اعضای خانواده *Potyviridae* که مورد آزمایش قرار گرفتند، ندارد (Hosseini et al., 2010; Hosseini et al., 2009). در آنالیزهای مولکولی و مقایسه ترادف نوکلئوتیدی ناحیه انتهای ۳' ژنوم ویروسی، این ویروس و یک جدایه از ایتالیا بیشترین شباهت را در تیره *Potyviridae* با ویروس *Spartina mottle virus (SpMV)* نشان دادند (Hosseini et al., 2010; Hosseini et al., 2002; Gotz et al., 2009). احتمالاً این جدایه‌ها به عنوان سویه‌های واگرا از *SpMV* در نظر گرفته شوند. *SpMV* توسط کمیته بین المللی طبقه بندی ویروس‌ها

تشابه زیاد این دو ویروس تفاوت دیگر آن‌ها این است که منشأ اولیه و میزبان اصلی MDMV قیاق است، ولی BgSMV اساساً قیاق را آلوده نمی‌کند (Ghasemi et al., 2003; Masumi, Estakhr, et al., 2025; Masumi & Izadpanah, 1998, 2000, 2002c, 2002d, 2002e; Masumi et al., 2011; Zare et al., 2005). علیرغم تفاوت‌های اساسی بین MDMV و BgSMV، مشخص شد که این دو ویروس رابطه دگرپادی (Cross protection) دارند (Zakeri, Masumi, & Nasrollahnejad, 2011; Zakeri, Masumi, & Nasrrolah Nejad, 2011).

تنوع و تغییر پذیری در ژنوم ویروس‌ها به دلیل جداسازی جغرافیایی و شرایط مختلف اقلیمی در بین جمعیت‌های مختلف وجود می‌آید. شاید به همین دلیل باشد که MDMV با وجود قرابت نزدیک به ویروس موزائیک جنوبی مرغ در مناطق شمالی و مرکزی ایران گزارش شده‌است و مقاومت آن به گرما به اندازه BgSMV که به گرما تحمل بیشتری دارد، نیست (Biniaz, Izadpanah, et al., 2016; Masumi et al., 2011; Rahpeyme Sarvestani et al., 2011). مطالعات ژنومیک کاربردی نشان دادند که تفاوت‌های بیولوژیکی بین دو ویروس با قطعه ۹۰ نوکلئوتیدی موجود در BgSMV مرتبط است (Masumi, Estakhr, et al., 2025; Mostafavi, Neishaburi et al., 2025b). بعید نیست که با گرم شدن هوا، این ویروس به نواحی شمالی‌تر و به گیاهانی مانند ذرت گسترش یابد (Zare et al., 2005).

اگرچه این ویروس روی گیاه رشدی در منطقه برازجان به فراوانی مشاهده می‌شود (Ghasemi & Izadpanah, 2000) و همینطور Zare و همکاران (۲۰۰۵) این ویروس را در ذرت در مزارع خوزستان ردیابی کردند (Zare, 2005; Masumi, et al., 2004b; Zare et al., 2005) ولی بطور دقیق اهمیت اقتصادی آن در ذرت مشخص نشده‌است.

ویروس موزائیک مرغ (Bermuda grass mosaic virus, BgMV)

(Izadpanah et al., 2000). این ویروس تاکنون در گیاهان زراعی مشاهده نشده است لذا اهمیت اقتصادی آن مشخص نیست.

ویروس برگ بادبزنی مو: یافته مهم‌تر در مطالعات مولکولی ویروس خراشک مَرغ این بود که در بوته‌های مَرغ مبتلا، علاوه بر ویروس مزبور، ویروس مهم برگ بادبزنی مو (*Nepovirus foliumflabelli*, grapevine fan-leaf virus, GFLV) نیز ردیابی شد. از آنجا که به طور معمول ویروس‌های گیاهان دو لپه‌ای گیاهان تک لپه‌ای را آلوده نمی‌کنند، و گذشته از آن وجود GFLV در مَرغ می‌توانست اطلاعات مربوط به اپیدمیولوژی ویروس مزبور را دگرگون سازد، آزمایش‌های مختلفی برای تایید و در نهایت اعلام این یافته به عمل آمد (Izadpanah et al., 2003) در تحقیقات بعدی، GFLV علاوه بر مَرغ، در چند گیاه دیگر از جمله قیاق و هفت بند نیز تشخیص داده شد (ایزدپناه، اطلاعات منتشر نشده).

ویروس رگه سبزرده مَرغ

ویروس رگه سبزرده مَرغ یک رابدوویروس است که در فارس انتشار محدود دارد (Izadpanah, 1989b). اخیراً در اصفهان و چهار محال و بختیاری نیز ردیابی شده است ولی از وجود آن در سایر نقاط کشور اطلاعی در دست نیست (Massah & Izadpanah, 1998). این ویروس روی برگ مَرغ نقاط و خطوط پیوسته و ناپیوسته کلروتیک و زرد ایجاد می‌کند (شکل ۲). این ویروس با زنجری به نام *Toya propinqua* انتقال می‌یابد و می‌تواند ذرت و برخی دیگر از گیاهان تیره گندم را آلوده کند. پیش از ایران، این ویروس از مراکش گزارش شده بود (Lockhart, Khaless, 1985). جایگاه تاکسونومیک این ویروس در بین رابدوویروس‌ها بطور دقیق مشخص نیست (جدول ۲).

قیاق

همان طور که در بالا اشاره شد، قیاق (*Sorghum halepense*, Johnson grass) گیاهی است که در همه نقاط ایران به ویژه در باغ‌ها،

(ICTV) به عنوان یک گونه شناخته شده است، ولی جایگاه آن در بین جنس‌های تیره *Potyviriidae* مشخص نشده و هنوز برای این ویروس جنس خاصی از طرف کمیته بین‌المللی طبقه‌بندی ویروس‌ها پیشنهاد نشده است. در حال حاضر این ویروس اهمیت اقتصادی ندارد.

ویروس خراشک مَرغ (Bermuda grass etched-line virus)

این ویروس ابتدا از مراکش گزارش شد (Lockhart, Khaless, 1985). علائم ناشی از این ویروس در مَرغ، خط‌های کوتاه روشن در برگ است که نور از آنها عبور می‌کند و مثل آن می‌ماند که خراش‌هایی در سطح برگ‌ها ایجاد شده باشد (شکل ۲). آزمایش‌های سرولوژیکی تشخیص ویروس را تایید کرد (Masumi & Izadpanah, 1991a, 1991b) به علاوه، زنجری ناقل ویروس (*Aconurella prolixa*) نیز در برخی "مَرغ زار"های کنار خیابان‌ها یا حاشیه مزرعه‌ها مشاهده شد. این ویروس ایزومتریکی و از جنس *Marafivirus* است و نشان داده شد که در بدن حشره ناقل تکثیر می‌یابد (جدول ۱ و شکل ۴) (Masumi & Izadpanah, 1991c, 1996). دامنه میزبانی آزمایشگاهی این ویروس شامل ذرت، برنج، گندم و برخی دیگر از گیاهان تیره غلات است. آلودگی در یولاف بدون علائم است (جدول ۱) (Izadpanah, 2004b).

کوشش‌هایی که برای تعیین ترادف نوکلئوتیدی ویروس خراشک مَرغ به عمل آمد، علاوه بر مشخص کردن ترادف نوکلئوتیدی ویروس مزبور دو یافته دیگر نیز در بر داشت. اول این که در بررسی ترادف‌ها در چند ویروس از جنس *Marafivirus* یک ناحیه کوتاه ۱۸ نوکلئوتیدی یافت شد که در همه ویروس‌های جنس مزبور محافظت شده (conserved) بود. این ناحیه "مارافی باکس (marafibox)" نامیده شد و قابلیت تفکیک اعضای جنس *Marafivirus* از جنس‌های نزدیک به آن را داشت (Izadpanah, Sahandpour, et al., 2002; Izadpanah, Zhang, et al., 2002;

شد. نتیجه آن که ترکیب ویروس گیاهی و دوکس‌روبیسین به خوبی از رشد تومورها جلوگیری کرد و مهمتر این که عوارض جانبی داروی ضد سرطان را به نحو چشمگیری کاهش داد. این نشان می‌دهد که چگونه یک ویروس که جنبه اقتصادی کمی دارد می‌تواند در زمینه‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد (Alemzadeh et al., 2019; Alemzadeh et al., 2017)

ویروس برگ بادبزنی مو

قیاق نیز مانند مرغ یکی از میزبانان ویروس برگ‌بادبزنی مو در ایران است و لذا می‌تواند نقش مهمی در اپیدمیولوژی ویروس داشته باشد. وجود این ویروس در مرغ و قیاق و برخی گیاهان دیگر نظریه منشا گرفتن آن از ایران باستان را تقویت می‌کند (Izadpanah et al., 2003).

ویروس موزائیک ایرانی قیاق

در سال ۱۳۶۱ یک ویروس رشته‌ای در قیاق در سطح شهرهای شیراز و کرج همراه با علائم موزائیک (شکل ۲) مشاهده شد (Afsharifar & Izadpanah, 1986b; Izadpanah, 1994). بعداً علائم مشابهی روی قیاق، ذرت و سورگوم در مناطق دیگر کشور گزارش شد (Afsharifar & Izadpanah, 1995a; Masumi & Izadpanah, 1991). این ویروس به نام ویروس موزائیک ایرانی قیاق نامیده شد (Izadpanah et al., 2005; Masumi, Izadpanah, & Behjatnia, 2001; Masumi, Zare, Ghasemi, et al., 2004). اکنون مشخص شده‌است که این ویروس بومی ایران و منشاء آن قیاق است و بطور گسترده‌ای در ایران وجود دارد و با گسترش ذرت به این محصول منتقل شده‌است (Masumi, Izadpanah, & Behjatnia, 2001; Masumi, Zare, Ghasemi, et al., 2004; Zare, Masumi, et al., 2004b; Zare, Masumi, Izadpanah, et al., 2004). و مهم‌ترین ویروس مولد موزائیک ذرت به ویژه در مناطق شمالی کشور محسوب می‌شود.

مطالعه گسترده‌ای روی IJMV انجام شده‌است. دامنه میزبانی، انتقال، مترادف نوکلئوتیدی و روابط سرولوژیک این ویروس با سایر ویروس‌ها

پارک‌ها و حاشیه خیابان‌ها به فراوانی وجود دارد و هرچند ساق و برگ آن مورد تغذیه دام قرار می‌گیرد اما در بیشتر موارد یک علف هرز محسوب می‌گردد. پیش از این گفته شد که قیاق منبع دائمی ویروس‌های اقتصادی مهمی مانند ویروس موزائیک ایرانی قیاق (IJGMV) و ویروس موزائیک کوتولگی ذرت (MDMV) است.

ویروس موزائیک نوار سبزد قیاق- ویروسی که تاکنون تنها از قیاق

گزارش شده، ویروس موزائیک نوار سبزد قیاق (Aureusvirus sorghi, Johnson grass chlorotic stripe mosaic virus, JgCSMV) است که از دو منطقه ایج استهبان و باغ‌های سپیدان در استان فارس گزارش شده‌است (Izadpanah, 1986a, 1986b, 1988). این ویروس در قیاق نوارهای کلروتیک ایجاد می‌کند. پیکره‌های این ویروس ایزومتریک بوده و ۳۵-۳۰ نانومتر قطر دارند (شکل ۳). تعیین مترادف نوکلئوتیدی این ویروس نشان داد که گونه‌ای از جنس *Aureusvirus* در تیره *Tombusviridae* است (Izadpanah et al., 1993; Koochi-Habibi, 2001). JgCSMV به روش معمول مکانیکی (مالش عصاره برگ آلوده روی برگ‌های سالم قیاق) انتقال نمی‌یابد اما با تزریق به ناحیه جنین بذر ذرت خیس خورده انتقال می‌یابد و در بوته ذرت بدشکلی شدید و در برگ‌ها نوارهای سبزد ایجاد می‌کند. برای این ویروس تاکنون ناقلی شناخته نشده ولی تصور می‌رود مانند برخی ویروس‌های هم خانواده‌اش خاک‌بُرد (Soil borne) باشد (جدول ۱) (Izadpanah, Rowhani, et al., 2002; Izadpanah & Sahandpour, 1988; Masumi, 2022b).

برخی ویژگی‌های JgCSMV باعث شد که با دستکاری پیکره‌های ویروس‌مانند داروهایی را در آن‌ها بارگیری و از آنها به عنوان ذرات نانو استفاده کرد (Alemzadeh et al., 2017). همچنین با استفاده از ویروس کامل و دستکاری پیکره‌ها، داروی ضد سرطان دوکس‌روبیسین (Doxrubicin) در آن بارگیری و به سمت تومورهای سرطانی موش هدایت

علف دانه قناری نی مانند (*Phalaris arundinacea*)

ویروس موزائیک علف دانه قناری (reed canary grass mosaic)

(virus, RCGMV)

علف دانه قناری نی مانند گیاهی از تیره گندمیان است که به طور انبوه در

مکان‌های مرطوب می‌روید. در سال ۱۳۸۱ در منطقه گلپایگان استان اصفهان

روی گیاه *Phalaris arundinacea* یا علف دانه قناری نی مانند (reed)

canary grass) علائم موزائیک مشاهده شد (شکل ۲). مطالعات الکترون

میکروسکوپی حاکی از وجود پیکره‌های رشته‌ای همراه با این علائم بود.

بررسی‌های سرولوژیکی و بیولوژیکی نشان داد که بین این ویروس و سایر

ویروس‌های رشته‌ای غلات موجود در ایران، رابطه‌ای وجود ندارد (Zare et

al., 2006). این ویروس موقتاً به نام ویروس موزائیک علف دانه قناری

(Reed canary grass mosaic virus, RCGMV) نامیده شد. انتقال

مکانیکی به جو، یولاف، سورگوم، ذرت، ارزن خوشه‌ای، ارزن دم روباهی،

ارزن مرواریدی، رشیدی، قیاق و *Lolium sp.* موفقیت آمیز نبود. ولی برنج و

گندم آلوده شدند. ویروس تنها با شته *Schizaphis graminum* انتقال پیدا

کرد. بر اساس آنالیز تبارزایی ژن پروتئین پوششی، این ویروس در جنس

Potyvirus همراه با *(Potyvirus dactylis, Cocksfoot streak virus)*

در یک زیرگروه مجزا نزدیک به دیگر پوتی‌ویروس‌های گیاهان تک لپه‌ای

قرار می‌گیرد. بر اساس شکل پیکره، دامنه میزبانی، انتقال با شته، وزن مولکولی

پروتئین پوششی، آزمون‌های سرولوژیکی، وجود موتیف‌های حفاظت شده

ویژه پوتی‌ویروس‌ها در ژنوم، همولوژی ترادف CP با دیگر اعضای

Potyvirus و تشابه سازمان ژنوم در ناحیه تعیین ترادف شده که شامل بیش

از نیمی از ژنوم می‌باشد، این ویروس یک گونه جدید در دنیا در جنس

Potyvirus است (جدول ۲) (Heidary et al., 2008a, 2008b).

ارزن دم روباهی (*Setaria spp*).

مشخص شده است (جدول ۱). این ویروس به جز ویروس موزائیک زآ (zea

mosaic virus, ZeMV) که در سال ۲۰۰۰ از کشور فلسطین اشغالی گزارش

شد با هیچ کدام از ویروس‌های دیگر جنس *Potyvirus* رابطه فیلوژنی ندارد.

تنها با SCMV رابطه سرولوژیکی ضعیفی دارد و در آنالیز فیلوژنتیک پس از

ZeMV با SCMV قرابت دارد (Masumi et al., 2012; Masumi &

Izadpanah, 1995a; Masumi, Zare, Ghasemi, et al., 2004

(Afsharifar & Izadpanah, 1991; Masumi, Izadpanah, &)

Behjatnia, 2001). لازم است اشاره شود که گزارش ZeMV تنها بر مبنای

یک نمونه ذرت بوده و در حال حاضر به جز یک قطعه ترادف نوکلئوتیدی

از ناحیه CP-UTR که در GenBank ثبت شده است هیچ اطلاعات دیگری

از ZeMV در دست نیست. در صورتیکه بیش از ۴۰ ترادف از IJMV از

سراسر ایران در GenBank ثبت شده است. بنابراین مقایسه ZeMV و IJMV

عملاً محدود است. از نظر دامنه میزبانی نیز IJMV از سایر پوتی‌ویروس‌های

غلات متمایز است (Izadpanah et al., 2005; Masumi et al., 2012;)

Masumi et al., 2010; Masumi & Izadpanah, 2001; Masumi,

(Zare, Ghasemi, et al., 2004; Moradi et al., 2017a).

بنابراین، IJMV یک ویروس کاملاً جدید در جنس پوتی‌ویروس است و

به دلیل وجود تنوع زیاد در ناحیه CP-UTR ژنوم جدایه‌های مختلف ویروس

از ایران به نظر می‌رسد که خاستگاه طبیعی آن ایران و کشورهای مجاور و

احتمالاً منطقه بین‌النهرین (هلال حاصلخیز) باشد و منشاء میزبانی آن نیز قیاق

است و از قیاق به وسیله شته به ذرت منتقل می‌شود (Izadpanah et al.,)

2005). در صورتی که دو ویروس IJMV و ZeMV استرین‌های یک ویروس

باشند به احتمال بسیار زیاد استرین‌های این ویروس در بین دو منطقه ایران و

فلسطین اشغالی و نیز خاورمیانه گسترش داشته باشد. نام IJMV به این دلیل

مطرح شده است که این ویروس در سراسر ایران وجود دارد و منشاء آن قیاق

است نه ذرت (Izadpanah et al., 2005).

دم روباهی گیاهی متداول در نقاط مختلف ایران است که به صورت مزروعی (ارزن دم روباهی *Setaria italicum*) یا علف هرز در اطراف مزارع و نقاط مرطوب می‌روید. ارزن مزروعی یک میزبان تابستانه مناسب برای ویروس موزائیک زرد راه‌راه جو می‌باشد. علاوه بر ارزن، این ویروس علف هرز دم روباهی (*Setaria spp.*) را نیز آلوده می‌کند. غیر از رابدو ویروس نام برده، علف هرز دم روباهی به عنوان میزبان ویروس موزائیک رگه‌ای گندم نیز عمل می‌کند (Izadpanah, Ebrahim-Nesbat, et al., 1991; Kazemi, 2022a; Masumi, 2022a).

دژگال (*Echinochloa spp.*)

دو گونه دژگال در جنوب به عنوان میزبان ویروس‌های غلات مورد بررسی قرار گرفته‌اند. *E. crus-galli* بیشتر به عنوان علف هرز در مزارع برنج یافت می‌شود. در مزارع برنج یاسوج این گیاهان به نوعی موزائیک مبتلا بودند که پس از بررسی‌های سرولوژیک معلوم شد عامل آن MIMV است. گونه دیگر دژگال به نام *E. colonum* بیشتر در داخل یا حاشیه مزارع ذرت و برخی محصولات دیگر به طور ناخواسته رشد می‌کند. بسیاری از این گیاهان علائم موزائیک از خود نشان می‌دهند. در گیاهان دارای علائم هم ویروس موزائیک رگه‌ای گندم (WSMV) و هم کنه ناقل آن (*Aceria tosichella*) تشخیص داده شد. از آنجا که کنه ناقل به خشکی بسیار حساس است، به نظر می‌رسد که پس از برداشت گندم و پیش آمدن شرایط گرم و خشک، کنه ناقل و ویروس در گیاهانی مانند دژگال تابستان‌گذرانی می‌کنند (Masumi, 2022a; Shirzadinejad et al., 2010a; Soleimani et al., 2006a, 2006b).

بیماری‌های شبه ویروسی

تشخیص ویروس‌های غلات

ویروس‌های گیاهی تنوع زیادی دارند. این تنوع در ماهیت ویروس و رابطه میزبانی با ویروس و انتقال و سایر جنبه‌های حیاتی ویروس ملموس است. این امر تشخیص آن‌ها را مشکل کرده است. به دلیل ماهیت خاصی که

دارند تشخیص ویروس‌ها اصولاً نیاز به ابزارهای آزمایشگاهی دارد و اکثراً بر اساس علائم شناسی صرف تشخیص کامل بیماری امکان‌پذیر نیست. با این وجود، اولین گام در تشخیص ویروس علائم شناسی است. در غلات علائم موزائیک به صورت لکه‌ای، نقطه‌ای و خطی در طول برگ به رنگ سبز کم رنگ در زمینه سبز معمولی (Mosaic)، سبزدی یا کلروز (Chlorosis)، حالت پیسه‌ای (Mottling)، زردی (Yellows) که می‌تواند به صورت نواری (Stripe)، نواری (Striate) و رگه (Streak) در طول برگ باشد یا در سطح کامل برگ از نوک برگ به سمت قاعده برگ گسترش یابد، اره‌ای شدن یا بریده بریده شدن لبه برگ، کم بار شدن خوشه سنبله یا بلال ذرت یا عدم تشکیل آن‌ها نیز در اکثر ویروس‌های غلات مشاهده می‌شود. کم‌رشدی (Stunting) یا کوتولگی (Dwarfing) نیز در اکثر موارد مشاهده می‌شود. خوشبختانه با تأسیس مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی و فراهم‌سازی امکانات مطالعه ویروس‌ها، تشخیص ویروس‌های گیاهی به سرعت انجام شد و با راه‌اندازی روش‌های نوین به ویژه تکنیک‌های مولکولی و ترادف‌یابی این روند شتاب بیشتری گرفت.

یک نکته به ویژه در تشخیص ویروس‌هایی که علائم موزائیک ایجاد می‌کنند حائز اهمیت است، و آن اینکه علائم موزائیک به طور معمول در جوان‌ترین برگ که نزدیک منطقه مریستم است و همین‌طور در قاعده برگ که نزدیک غلاف و منطقه مریستم میانی (intercalary meristem) است مشاهده می‌شود، در غیر این صورت ویروسی بودن علائم مورد تردید است. در مورد زردی‌ها، برگ‌های خارجی بهترین علائم را نشان می‌دهند.

اختلالات فیزیولوژیک و بیماری‌های شبه ویروسی

بر همین منوال بسیاری از اختلالات ژنتیکی یا فیزیولوژیک (Physiological disorders) مانند کمبود آهن و ازت و یا لکه‌های نقطه‌ای که در اثر شوری و یا سمیت اُزن ایجاد می‌شود می‌تواند شبیه به موزائیک نقطه‌ای باشد. بیماری دیگری که در گندم گاهی با علائم موزائیک اشتباه

می‌شود بیماری موزائیک باکتریایی است که توسط باکتری *Clavibacter tessellarius* ایجاد می‌شود. علائم آفات با قطعات دهانی زنده - مکنده مانند شته روسی و برخی شته‌های دیگر که در طول برگ نوارهای زرد ایجاد می‌کنند، همین‌طور بدشکلی ولوله شدن برگ که در اثر تغذیه برخی حشرات به وجود می‌آید در تشخیص اشتباه ایجاد می‌کند. یکی دیگر از بیماری‌هایی که موجب (کوتولگی، زردی و یا تولید برگ‌های کوتاه و پهن و ضخیم و در مواردی سرگنایی (crazy top) در گندم می‌شود سفیدک کرکی گندم است که توسط شبه قارچ *Sclerophthora macrospora* یا *S. graminicola* وجود می‌آید و معمولاً در نقاط آبگیر مزرعه دیده می‌شود. این بیماری علاوه بر گندم، در جو، ارزن، یولاف و ذرت نیز در نقاطی از فارس مانند فسا، ایچ و باجگاه دیده شده است. این بیماری نیز بسیاری از کارشناسان را دچار اشتباه می‌کند. نکته‌ای که تاکید می‌شود این است که در موزائیک‌های ویروسی حتماً باید جوان‌ترین برگ‌ها علائم بیماری را داشته باشند، چرا که مثلاً برگ‌های پایینی گندم ممکن است علائم لکه‌ای یا زردی در اثر پیری برگ (senescence) ایجادکنند بیماری‌های فیتوپلاسمایی در غلات کم است ولی برخی از آن‌ها علائم شبیه به بیماری‌های ویروسی ایجاد می‌کنند مانند برگ سفید مرغ که در اثر یک فیتوپلاسمای به وجود می‌آید و در نواحی جنوب ایران شیوع دارد (Kazemi et al., 2022; Salehi et al., 2009).

مدیریت بیماری‌های ویروسی غلات

هدف عمده پروژه تحقیقاتی در زمینه بیماری‌های ویروسی گیاهان تیره گندم، مدیریت این بیماری‌ها و کاهش خسارت ناشی از آن‌ها بود. به این مناسبت هم‌زمان با شناسایی و مطالعه ویروس‌ها، مسئله مدیریت آن‌ها نیز مورد بررسی و در مواردی اقدام عملی قرار گرفت.

مدیریت بیماری‌های ویروسی ذرت

همان‌طور که پیش از این اشاره شد، در سال‌های اول دهه هشتاد خورشیدی طغیان بیماری‌های کوتولگی زبر و موزائیک ایرانی ذرت در شمال فارس و استان‌های مجاور خسارت‌های سنگینی به بار آورد به طوری که در برخی از مزارع خسارت به صد در صد رسید. برای مدیریت این بیماری‌ها کمیته‌ای متشکل از ویروس‌شناسان مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی و کارشناسان جهاد کشاورزی فارس تشکیل و بر مبنای مطالعات انجام شده، شیوه مدیریت این بیماری‌ها طراحی و سپس با تشکیل کلاس‌هایی در مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی و روستاهای شمال فارس به کشاورزان و مروجین آموزش داده شد.

شیوه مدیریت عبارت بود از تیمار بذر با حشره‌کش سیستمیک ایمیداکلوپرید و به تاخیر انداختن تاریخ کشت به مدت سه هفته. ایمیداکلوپرید با نام تجاری گاجو توسط سازمان حفظ نباتات برای تیمار بذر مجاز شناخته شده بود و می‌توانست در ابتدای رشد ذرت مانع از آلودگی به ویروس‌ها توسط زنجیرک ناقل شود. تاخیر در کاشت بذر باعث می‌شد که به دلیل بالا رفتن دمای محیط، سرعت رشد گیاه افزایش یابد و لذا دوره حساسیت آن کوتاه شود. این شیوه مدیریت بسیار موفقیت آمیز بود و در سال‌های بعد وقوع بیماری‌های مزبور کاهش چشمگیری یافت. آزمایش‌هایی که در این مورد انجام گرفت (Estakhr & Choukan, 2011; Salehi et al., 2004) موثر بودن این شیوه مدیریت را تایید کرد. همین شیوه در استان چهارمحال و بختیاری نیز با موفقیت همراه بود (Amanifar, 2015, 2016, 2012; Amanifar, Hamzehzarghani, et al., 2017).

ارقام مقاوم- در مدیریت موزائیک ایرانی ذرت استفاده از ارقام مقاوم مطمئن‌ترین و ایمن‌ترین روش و در عین حال یک چالش مداوم است. با توجه به این که MIMV بومی ایران است و ارتباط تکاملی و تاریخی با ذرت که یک گیاه غیربومی است ندارد، پیدا کردن رقم مقاوم چندان آسان نیست. با این همه مطالعاتی در این زمینه انجام شده است. اگرچه میزبان اصلی MIMV

ذرت نیست ولی با این همه ژنوتیپ‌های ذرت واکنش متفاوتی نسبت به ویروس نشان داده‌اند. در فارس با انجام آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای از بین ۳۵ رقم ژنوتیپ ذرت تنها دو رقم K1263/1 و K3547/5 پیدا شدند که در مقابل آلودگی به ویروس موزائیک ایرانی ذرت کمترین آلودگی را نشان می‌دادند (Estakhr et al., 2015). در استان چهارمحال و بختیاری در یک آزمایش تلفیقی استفاده از ایمیداکلوپرید برای تیمار بذر، تأخیر در کاشت (بیستم خرداد و ۵ تیرماه) و استفاده از رقم KONSOUR بهترین نتیجه را در برابر ویروس موزائیک ایرانی ذرت داد (Amanifar, 2015).

در مورد ارقام مقاوم ذرت برای کنترل بیماری کوتولگی زبر ذرت در دنیا مطالعات زیادی صورت گرفته است. اساساً بروز و شناسایی اولیه بیماری در ایتالیا بدلیل تغییر ارقام مورد کشت بود که با جایگزینی آنها با ارقام پر محصول جدید موجب جلوگیری از کشت شد و بیماری بروز کرد و با کشت مجدد ارقام قدیمی بیماری فروکش کرد. در اروپا مطالعه زیادی روی مقاومت ارقام ذرت انجام نشده است ولی بررسی‌های انجام شده در چین علیه RBSDV، در آرژانتین علیه MRCV، در فلسطین اشغالی علیه MRDV روی واکنش ارقام مطالعات زیادی صورت گرفته است (Bai et al., 2001; Bar-Tsur et al., 1988; Chen et al., 2006; Di Renzo et al., 2002; Fang et al., 2001; Kim et al., 1979; Wang et al., 2006; H. Zhang et al., 2001).

در ایران مطالعات انجام شده در مورد مقاومت یا واکنش ارقام برنج به ویروس کوتولگی گال سیاه برنج صورت نگرفته است. در مورد ذرت Jalali و همکاران (2007) تنها واکنش چهار رقم هیبرید در شرایط مزرعه به آلودگی طبیعی این ویروس را مورد ارزیابی قرار دادند که رقم KSC301 نسبت به KSC604، KSC646 و KSC704 کمترین آلودگی را داشت و بین سه رقم دیگر KSC704 بیشترین آلودگی را نشان داد. در بررسی که استخر و همکاران (2001) روی ۱۷ هیبرید خارجی و ۳ هیبرید داخلی، ۳۰ اینبرید لاین داخلی

و ۳۳ لاین خالص S6 (خودگشن ششم) در شرایط مزرعه با آلودگی طبیعی انجام دادند، تنوع زیادی در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده کردند. از بین آنها یک هیبرید خارجی (SP1042) و یک رقم داخلی (سینگل کراس ۷۰۰) و اینبرید لاین‌های K3673.1، K3218 و K3545.3 کمترین میزان آلودگی را نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان دادند. در این آزمایش لاین K18 حساسترین (۸۲ درصد آلودگی) ژنوتیپ تشخیص داده شد. در آزمایش دیگری که در شرایط مزرعه با آلودگی بالا انجام گرفت از بین ۳۵ ژنوتیپ A679، K3547/3، K3640/3، K3653/2 و B84 کاملاً حساس بودند و فقط ژنوتیپ K3545/6، K3653/2 با شدت کمتری آلوده شد و تحمل خوبی در مقابل بیماری داشت. در این آزمون از رقم سینگل کراس ۷۰۴ بعنوان شاهد حساس استفاده شد. این رقم یک ژنوتیپ هیبرید دیررس است که کشت آن بدلیل محصول مناسب مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است (Estakhr et al., 2016; Estakhr et al., 2004).

مدیریت ویروس‌های دیگر ذرت

غیر از کوتولگی زبر و موزائیک ایرانی، در ایران چند بیماری ویروسی دیگر نیز می‌توانند ذرت را مبتلا سازند که مهمترین آنها موزائیک ناشی از IJMV، MDMV و SCMV است. منبع اصلی و عمده دو ویروس اول قیاق و منبع ویروس سوم نی‌شکر است. هر سه ویروس با شته‌های غلات به طور ناپایا انتقال می‌یابند. مشاهدات انجام شده نشان می‌دهد که حتی وجود چند بوته قیاق آلوده در حاشیه یا گوشه‌ای از مزرعه می‌تواند به تدریج تمام یا درصد بالایی از مزرعه را مبتلا سازد. در خیلی از مزارع، شیب وقوع موزائیک می‌تواند بازدید کننده را به سمت منبع اولیه ویروس هدایت کند. در مازندران نیز SCMV در مزارع ذرت که در مسافت کمی از مزارع نی‌شکر قرار داشتند یکی از عوامل تولید موزائیک بود (Moini & Izadpanah, 2001). بنابر این حذف منابع آلودگی به ویژه قیاق و یا دوری از منابعی مانند نی‌شکر می‌تواند در مدیریت این ویروس‌ها موثر واقع شود.

مدیریت بیماری‌های ویروسی گندم

پیشگیری از بیماری‌های ویروسی گندم (و جو) به طور عمده با شیوه مدیریت تلفیقی شامل تنظیم تاریخ کشت، تیمار بذر با حشره‌کش، کاربرد ارقام متحمل و مقاوم و اقدامات بهداشتی صورت می‌گیرد.

زردی‌های ویروسی: در استان چهارمحال و بختیاری که شدیدترین آلودگی را به ویروس‌های کوتولگی زرد جو و احتمالاً ویروس کوتولگی گندم دارد (Sahragard & Masumi, 2004)، در یک آزمایش تلفیقی که روی اثر تاخیر در کاشت پاییزه و تیمار بذر با ایمیداکلوپراید در سه شهرستان این استان طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ توسط امانی‌فر و همکاران صورت گرفت، حدود ۴۳ درصد افزایش عملکرد گندم را به دنبال داشت (Amanifar, 2017). گزارش‌های دیگر از این استان، موثر بودن این شیوه مدیریت را تایید کرد (Sahragard, Eshaghi, et al., 2008; Sahragard et al., 2010; Sahragard, Izadpanah, et al., 2006; Sahragard et al., 2011; Sahragard & Masumi, 2004; Sahragard, Masumi, et al., 2006; Sahragard et al., 2004). همچنین طبق بررسی Masumi و Davoodi (2025) کنترل شته ناقل با آفتکش‌های ایمیداکلوپراید (گاچو) و تیمتوکسام (کروزر) به منظور کنترل ویروس یک روش بسیار کارآمد است و در مدیریت تلفیقی بر علیه ویروس می‌تواند نقش مهمی را داشته باشد. صحراگرد (امانیفر) و همکاران، و یاسایی و همکاران مطالعاتی نیز در باره واکنش ارقام گندم به ویروس کوتولگی زرد جو انجام داده‌اند (Sahragard, Eshaghi, et al., 2008; Sahragard, Izadpanah, et al., 2006; Yassaie, Afsharifar, et al., 2006).

لازم به یادآوری است که درمورد کشت بهاره گندم و جو برای مدیریت این بیماری‌ها لازم است از کشت زود هنگام استفاده شود.

ارقام مقاوم برای کنترل بیماری کوتولگی زرد جو: در گیاهان مقاوم به BYDV غلظت ویروس بسیار پایین است. در گیاهان متحمل علایم خفیف‌تری

مشاهده می‌شود. اولین بار Suneson در سال ۱۹۵۵ ژن *Yd1* که سطح پایینی از تحمل نشان می‌داد را در جو مشخص کرد در یولاف منابع تحمل در هگزاپلوئیدهای *Avena sterilis* و *A. fatua* و دیپلوئید *A. sterigosa* شناخته شده‌است. منابع مقاومت به ویروس در خویشاوندان وحشی غلات نیز مشاهده شده‌است، که مکانیسم مقاومت در آن‌ها، بازدارندگی از همانندسازی ویروس یا حرکت سلول به سلول بیان شده‌است. در ایران نیز واکنش ارقام گندم به این بیماری بررسی شده‌است (Sahragard, Izadpanah, et al., 2006; Sahragard, Masumi, et al., 2006; Yassaie, Afsharifar, et al., 2006; Yassaie, Masumi, et al., 2006). ولی به دلیل تنوع وسیع بیماری و محدودیت امکانات ضروری است برای حصول نتایج بهتر پژوهش در این مورد تداوم یابد.

انتقال ژن: به دلیل محدود بودن دسترسی به منابع ژن‌های مقاومت و تحمل در طبیعت، به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان تراژن که ژن‌های خاصی را بیان می‌کنند، شیوه مناسبی برای تولید ارقام مقاوم و متحمل است. مقاومت برگرفته از بیمارگر شامل حفاظت ناشی از ژن پروتئین پوششی، بیان یک ناحیه کد شونده در رپلیکاز یا پروتئاز، استفاده از آران‌های آنتی‌سنس که مکمل قالب منفی یا مثبت ویروس هستند و استفاده از ترادف‌های کنترل کننده است که در همانندسازی و بیان ژنوم نقش دارند. در سال ۱۳۸۹ یاسایی و همکاران (Yassaie, Masumi, et al., 2011) توانستند با رهیافت خاموشی ژن علیه ویروس کوتولگی زرد جو (PAV)، گیاه تراریخت مقاوم تولید کنند.

مدیریت ویروس موزائیک رگه‌ای گندم (WSMV): گرچه گزارش‌هایی در مورد کنترل WSMV با تنظیم تاریخ کشت وجود دارد (del Rosario & Sill, 1965; Hadi et al., 2011; Hunger & Sherwood, 1988, 1989; Hunger et al., 1990; Hunger et al., 1992; Staples & Allington, 1956) اما آزمایش مستقلی در این مورد تاکنون در ایران صورت نگرفته است. ایران و منطقه بین النهرین زادگاه اولیه گندم است و بر اساس فرضیات کنونی احتمالاً زادگاه اولیه WSMV نیز این منطقه است. لذا بدلیل

اقلیم مورد ارزیابی قرار گرفته است که نتایج مطلوبی در پایداری مقاومت بدست آمد (Izadi et al., 2008a, 2008b). انتشاری و همکاران وجود ژن مقاومت *Wsm2* را در ۲۸۷ رقم گندم ایرانی و خارجی را با نشانگر مولکولی ردیابی کردند و شش رقم با مقاومت مطلوب پیدا کردند (Enteshari, Massah, et al., 2024a, 2024b; Enteshari, Massah, Mehrabi, Talebi, Soorni, et al., 2024).

Zinati و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی برخی فاکتورهای بیوشیمیایی رقم مقاوم کراس عدل نشان دادند که در رقم مقاوم میزان این ترکیبات در آلودگی به ویروس نسبت به رقم حساس بالاتر است. ولی با افزایش دما تا ۳۲ درجه سلیسیوس این ترکیبات کاهش یافته و مقاومت می‌شکند (Zinati et al., 2012). Farahbakhsh و همکاران (2019 و 2023) نیز با بررسی متابولیت‌های این رقم در شرایط دمای بالا و پایین در مقایسه با رقم حساس (مروذشت) مشخص کردند که در ۳۲ درجه سلیسیوس، بیان اجزاء مسیرهای انتقال سیگنال یا سطح متابولیت‌های مرتبط با این مسیر بویژه پس از آلودگی کاهش یافته و در نتیجه منجر به کاهش سیگنال رسانی متابولیتی می‌گردد. کاهش اجزاء سیگنال رسانی تحت تنش ترکیبی، احتمالاً با غیرفعال کردن شبکه‌های سیگنال رسانی اختصاصی WSMV باعث ایجاد حساسیت در گیاهان مقاوم در دمای بالا می‌شود. یکی از روش‌های دیگری که برای کنترل WSMV مورد بررسی قرار گرفت، القای مقاومت به گندم با استفاده از ترکیبات شیمیایی و طبیعی بر علیه این ویروس بود. در یک آزمایش از ترکیبات مختلف شیمیایی و بیولوژیک استفاده شد که برخی از آنها در کنترل ویروس موفق بوده‌اند (Panahi, 2015).

بطور کلی موضوع مقاومت یک مقوله دامنه‌دار و مداوم است، بنابراین با توجه به نظریه تکاملی که منشاء این ویروس را هلال حاصلخیز می‌داند که زادگاه گندم نیز هست، می‌توان در این منطقه ژن‌های مطلوبی در لاین‌های

همتکاملی در این منطقه یافتن ژن‌های مقاوم در ارقام بومی و اجداد گندم دور از انتظار نیست. Masumi و همکاران (1999) در بررسی اولیه واکنش ارقام گندم نسبت به این ویروس دامنه‌ای از واکنش‌های حساسیت تا مقاومت بدست آوردند (Masumi et al., 1999). بعداً در ارزیابی واکنش لاین‌های بومی گندم، اجداد گندم و ارقام تجاری طیفی از مقاومت با درجات بالا مشاهده شد که در سایر نقاط جهان گزارش نشده بود (Masumi, 2022a; Niroumand et al., 2012; Yassaie et al., 2002; Yassaie, Masumi, et al., 2006; Yassaie et al., 2010). به عنوان مثال در بین ژنوتیپ‌های گندم یک رقم به نام کراس عدل با مقاومت کامل بدست آمد (Yassaie, Afsharifar, et al., 2011; Yassaie et al., 2002). این اولین گزارش از وجود یک ژنوتیپ زراعی با مقاومت کامل نسبت به یک جدایه خاص از ویروس موزائیک رگه‌ای گندم بود.

در مطالعات بعدی توارث پذیری مقاومت در این ارقام به ویژه رقم کراس عدل و سایر پارامترهای ژنتیکی مقاومت، بررسی شد (Hassani & Assad, 2004). با توجه به اینکه گزارش‌هایی در مورد شکست مقاومت کامل با افزایش دما وجود داشت (Cruz et al., 2014; Seifers et al., 2007; Seifers et al., 2006)، لذا بررسی‌های متعددی در این مورد انجام گرفت (Eftekhari et al., 2012; Eftekhari et al., 2008; Hasani et al., 2004; Hosseini Nezhad et al., 2008; Kazemi et al., 2022; Niroumand et al., 2012; Saeednia et al., 2012; S. Sakhafi et al., 2012; Sakhafi et al., 2011a, 2011b; S. R. Sakhafi et al., 2012; Zinati, Assad, & Masumi, 2008; Zinati, Assad, Masumi, & Alemzadeh, 2008; Zinati et al., 2012; Zinati, Assad, Masumi, Jamalian, et al., 2008).

میزان پایداری مقاومت در شرایط مختلف تغییر می‌کند. پایداری هشت ژنوتیپ گندم شامل مروذشت، شیراز و کراس عدل، نیک‌نژاد، چمران، فلات، 4004 و M-73-6 را در سه منطقه از استان فارس شامل اقلید (سرد)، شیراز (معتدل) و داراب (گرم) نسبت به جدایه‌های ویروس جمع‌آوری شده از سه

مدیریت ویروس‌های نی‌شکر

- به مقتضای ماهیت نی‌شکر و روش تکثیر و کشت گیاه، مدیریت بیماری‌های آن به ویژه بیماری‌های ویروسی متفاوت است. مهمترین روش‌های مورد استفاده در مدیریت این بیماری‌ها عبارتند از استفاده از گیاهان سالم و خالص جهت قلمه‌گیری و تکثیر:
- ۱- تکثیر گیاه با روش کشت بافت: در این روش ریزازدیادی گیاه با استفاده از مریستم انجام می‌شود. با این روش تعداد بسیار زیادی از یک رقم با ژنوتیپ یکسان و سالم تکثیر می‌شود.
 - ۲- ضدعفونی با آب داغ در درجه حرارت ۵۰ درجه سلسیوس به مدت سه ساعت و نیم و انکوباسیون آنها (Taherkhani, 2016; Viswanathan, 2016).
 - ۳- استفاده از ارقام مقاوم: موثرترین روش کنترل بیماری‌های ویروسی نی‌شکر انتخاب همسانه‌های مقاوم در برنامه‌ی اصلاح می‌باشد تا بتوان به ارقام مقاوم دست یافت. در مورد ویروس موزائیک نی‌شکر، با جایگزینی ارقام مقاومی چون Co 281 و Co 290 به جای ارقام حساسی چون D74 ، POj 36 ، POj 213 و POj 234 از ورشکستگی کامل صنعت قند لوئیزیانا جلوگیری به عمل آمد (Koike & Gillaspie, 1989).
 - ۴- تنظیم زمان کشت و برداشت به منظور اجتناب از اوج جمعیت ناقلین (Taherkhani, 2016).
- بطور کلی بهترین روش برای تولید گیاهان عاری از بیماری، استفاده از متدولوژی تلفیقی آب‌داغ (گرمادرمانی)^۱ و کشت بافت مریستم گیاهی می‌باشد (Chinea, 2005, 2007; Taherkhani, 2016).

بحث و نتیجه‌گیری

بومی گندم یافت و در هرم بندی آنها در ارقام پرمحصول بکار برد (Masumi, 2022a).

اقدام‌های بهداشتی: این اقدام‌ها شامل استفاده از بذری از ویروس و حذف یا دوری از منابع آلودگی است. برخی از ویروس‌ها با درصد بالایی از بذر انتقال می‌یابند و لازم است در زمان کشت در مورد بذر عاری از ویروس آنها دقت لازم به عمل آید. نمونه آنها ویروس موزائیک نواری جو (Barley stripe mosaic hordeivirus) است. اما از این ویروس تاکنون در ایران مسئله قابل توجهی دیده نشده است. درمورد WSMV هر چند گسترش جهانی آن را ناشی از انتقال با بذر دانسته‌اند و این روش انتقال می‌تواند منجر به ورود ویروس و ناقل به یک منطقه جدید شود، اما میزان انتقال بذری به قدری پایین است که نمی‌تواند عامل طغیان ویروس در مزارع شود. در ایران از تلاش برای انتقال این ویروس با بذر چه در بذرهایی که از گیاهان آلوده از طبیعت جمع‌آوری شده بودند و چه از گیاهانی که در شرایط گلخانه با مایه‌زنی مکانیکی آلوده شده بودند نتیجه‌ای حاصل نشد (Masumi, 2023c; Masumi & Izadpanah, 2002f; Soleimani et al., 2006a, 2006b).

از آنجا که هم WSMV و هم کنه ناقل آن برای پایداری خود از سالی به سال دیگر نیاز به گیاه زنده دارند، لذا حذف این قبیل منابع می‌تواند در کنترل بیماری موثر باشد. یکی از این منابع بوته‌های گندم خودرو است که با ریزش دانه‌ها در مزرعه سبز شده و پس از برداشت محصول در مزرعه باقی می‌مانند. همچنین برخی از علف‌هرزهای خانواده گندم می‌توانند در پایداری ویروس و ناقل نقش داشته باشند. یکی از این علف‌هرزها در ایران دژگال (*Echinochloa colonum*) است که در تابستان به فراوانی در داخل مزارع ذرت و کنار جوی‌ها و حاشیه مزارع مختلف یافت می‌شود و اغلب آلوده به WSMV است (Soleimani et al., 2006a, 2006b).

¹ Thermotherapy

غلات در بلژیک، از ۲۰ مقاله پژوهشی ارائه شده در کنفرانس ۷ مقاله مربوط به نتایج تحقیقات در شیراز بود.

تجربه دیگری که در مورد یافته‌های این پژوهش‌ها به چشم می‌خورد، دست یافتن به نتایجی است که مورد انتظار یا هدف پژوهش نبوده است. برخی از ویروس‌های نام برده شده در این گزارش، ضمن مطالعه دیگر ویروس‌ها و بدون انتظار قبلی شناسایی شده و آنگاه خود به موضوع جدیدی برای مطالعه تبدیل شدند.

امکانات فراهم شده در مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی شرایط خوبی را برای پژوهش توسط دانشجویان به وجود آورد به طوری که در طی مدت کوتاه طرح، ۴۰ دانشجوی کارشناسی ارشد و ۱۷ دانشجوی دکتری پایان‌نامه یا رساله خود را در رابطه با ویروس‌های غلات تدوین کردند. تعداد مقاله‌های منتشر شده در مجله‌های داخلی و بین‌المللی و یا ارائه شده به کنفرانس‌ها و کنگره‌ها به طور چشمگیری افزایش یافت.

تاکنون ۲۳ گونه از ۱۵ جنس از ۱۱ خانواده از ویروس‌های غلات در ایران گزارش شده‌است (جدول ۲). تقریباً اکثر این گونه‌ها (۲۱ گونه) در مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی (PVRC) کشف و یا مطالعه شده‌است. ۴۴۵ ترادف نوکلئوتیدی از این گونه‌ها در GenBank بارگذاری شده‌است. از این تعداد حدود ۳۲۰ ترادف از PVRC و بقیه از دانشگاه‌های دیگر کشور ثبت شده‌است.

بدین ترتیب بر مبنای طرح بیماری‌های ویروسی غلات باب مطالعه این ویروس‌ها باز و پیشرفت‌های سریعی حاصل شد، بطوریکه در بسیاری از مسائل مهم ویروس‌های غلات امکان پاسخ گویی به موقع فراهم و مدیریت بیماری‌ها میسر شده‌است.

به رغم نتایج ارزشمندی که بین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۵ (دوره فعال بودن همکاری‌های دانشگاه شیراز و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی) از پژوهش‌های ویروس‌شناسی غلات به دست آمده، بدون شک هنوز مسائل

برخلاف تصورات قبلی، ویروس‌های مختلف در گیاهان تیره گندم در ایران به طور گسترده‌ای انتشار دارند و برخی از آن‌ها دارای اهمیت اقتصادی هستند و همان‌طور که در مورد ویروس‌های کوتولگی زرد جو/غلات، کوتولگی زبر ذرت، ویروس موزائیک رگه‌ای گندم و موزائیک ایرانی ذرت تجربه شد، در شرایط طغیانی می‌توانند موجب خسارت عمده شوند. بدیهی است خسارت معمولی ویروس‌ها (در شرایط غیر طغیانی) نیز قابل توجه است.

برخی از ویروس‌ها که ابتدا در گیاهان غیر مزروعی یافت شدند، هم اکنون از عوامل اصلی خسارت در گیاهان زراعی هستند، مانند ویروس موزائیک ایرانی قیاق (IJMV) که در بسیاری از نقاط کشور ذرت را آلوده می‌سازد. برخی نیز مانند ویروس موزائیک جنوبی مرغ (BgSMV) می‌توانند با گرم شدن هوا با گیاهان مزروعی مانند ذرت سازگار شوند.

تعداد زیادی از ویروس‌های گزارش شده از کشورهای دیگر برای اولین بار در ایران تشخیص داده شدند. ویروس موزائیک رگه‌ای گندم، ویروس موزائیک زرد راه‌راه جو، ویروس رگه سبزرده مرغ، ویروس خراشک مرغ، ویروس کوتولگی گندم و ویروس‌های کوتولگی زرد جو/ غلات از آن جمله‌اند. با توجه به وجود چند ویروس که تاکنون تنها از ایران گزارش شده‌اند، می‌توان این تصور را در ذهن پروراند که مناطق انتشار ویروس‌ها تا حد زیادی با مناطق انتشار متخصصان منطبق است.

نتایج بسیار وسیع و عمیقی که از مطالعه بیماری‌های ویروسی غلات به دست آمد تا حد زیادی مدیون همکاری بین دو نهاد اجرایی و آموزشی یعنی وزارت کشاورزی و دانشگاه شیراز بود. شایان ذکر است که مطالعات انجام شده در شیراز در سطح بین‌المللی شناخته شده‌است، کما این که در دو کتاب بین‌المللی که در مورد ویروس‌ها منتشر شده (Brunt et al., 1996; Lapierre & Signorat, 2004)، شرح برخی ویروس‌ها به عهده محققان شیراز بوده است. همچنین در دهمین کنفرانس اروپایی بیماری‌های ویروسی

تعارض منافع

بسیاری در زمینه شناسایی و مدیریت ویروس‌های تیره گندم وجود دارد که

امید است در آینده مورد توجه پژوهشگران در دانشگاه‌ها و سایر موسسات

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منفعی وجود ندارد.

تحقیقاتی قرار گیرد.

References

- Abdullahi, I., Bennypaul, H., Phelan, J., Aboukhaddour, R., & Harding, M. W. (2020). First report of High Plains wheat mosaic emaravirus infecting foxtail barley and wheat in Canada. *Plant Disease*, 104, 3272. [Link]
- Achon, M. A., Larranaga, A., & Alonso-Duenas, N. (2012). The population genetics of maize dwarf mosaic virus in Spain. *Archives of Virology*, 157, 2377-2382. [Link]
- Achon, M. A., Serrano, L., Clemente-Orta, G., & Barcelo, A. (2020). The virome of maize rough dwarf disease: Molecular genome diversification, phylogeny and selection. *Annals of Applied Biology*, 176, 192-202. [Link]
- Adair, C. R., & Ingram, J. W. (1957). Plans for the study of hoja blanca, a new rice disease. *Rice Journal*, 60, 12.
- Afsharifar, A., & Izadpanah, K. (1994). A type of sugarcane mosaic virus infecting maize, sorghum and Johnson grass in Iran. *Iranian Agricultural Research*, 13, 34-47. [Link]
- Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (1991). Occurrence of a new type of mosaic in maize fields in the vicinity of Shiraz. Proceedings of the 10th Plant Protection Congress of Iran,
- Afsharifar, A. R., Masumi, M., Sadeghi, M. S., Yassaie, M., Esmaeelzadeh-Hoseini, S. A., & Izadpanah, K. (2004a). The status of barley yellow dwarf and cereal yellow dwarf viruses in Iran. In *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong.* (pp. 76).
- Afsharifar, A. R., Masumi, M., Sadeghi, M. S., Yassaie, M., Esmaeelzadeh-Hoseini, S. A., & Izadpanah, K. (2004b). The status of barley yellow dwarf and cereal yellow dwarf viruses in Iran. *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong.*,
- Afsharifar, A. R., Sadeghi, M. S., Pakdel, A., Niazi, A., & Izadpanah, K. (2005a). Assessment of genetic variability of Iranian BYDV-PAV isolates. *Proc. Xth Conference on Viral Diseases of Gramineae in Europe*,
- Afsharifar, A. R., Sadeghi, M. S., Pakdel, A., Niazi, A., & Izadpanah, K. (2005b). Assessment of genetic variability of Iranian BYDV-PAV isolates. In *Proc. Xth Conference on Viral Diseases of Gramineae in Europe* (pp. 59).
- Aggarwal, P., Shirsath, P., Vyas, S., Arumugam, P., Goroshi, S., Aravind, S., Nagpal, M., & Chanana, M. (2020). Application note: Crop-loss assessment monitor—A multi-model and multi stage decision support system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105619. [Link]
- Ahmadi, A. A., Izadpanah, K., & Jafari, S. A. (1986). The effect of time of mosaic infection on the yield components of maize plants in Bajgah (Shiraz). *Proc. 8th Cong. Plant Protec. Iran. Isfahan Univ. Technol., Isfahan, Iran.*, [Link]
- Alemzadeh, E., Dehshahri, A., Dehghanian, A. R., Afsharifar, A., Behjatnia, A. A., Izadpanah, K., & Ahmadi, F. (2019). Enhanced anti-tumor efficacy and reduced cardiotoxicity of doxorubicin delivered in a novel plant virus nanoparticle. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 174, 80-86. [Link]
- Alemzadeh, E., Izadpanah, K., & Ahmadi, F. (2017). Generation of recombinant protein shells of Johnson grass chlorotic stripe mosaic virus in tobacco plants and their use as drug carrier. *Journal of Virological Methods*, 248, 148-153. [Link]
- Aleosfoor, M., Izadpanah, K., Mosaddegh, M. S., Sadeghi, M. S., Afsharifar, A. R., Masumi, M., Yasaie, M., Jowkar, L., & Hayati, J. (2006). Efficiency of seven clones of Rhopalosiphum padi in transmission of four barley yellow dwarf virus-PAV isolates in Iran. *Iran. J. Plant Pathol.*, 43, 184-200. [Link]
- Aleosfoor, M., Izadpanah, K., Mossadegh, M. S., Masoumi, M., Sadeghi, M. S., Mardi, M., Afsharifar, A. R., & Hayati, J. (2012). Genetic diversity of Rhopalosiphum padi L. (Hom.: Aphididae) using microsatellite markers. *Mun.Ent.Zool.*, 7, 1073-1078. [Link]
- Aleosfoor, M., Izadpanah, K., Sadeghi, M. S., Mardi, M., Masumi, M., Mossadegh, M. S., & Omidbakhshfard, M. A. (2009). Genetic diversity of Rhopalosiphum Padi L. (Hom.: Aphididae) using microsatellite markers. The 8th International Symposium on Aphids,
- Almasi, R., Afsharifar, A. R., Niazi, A., Pakdel, A., & Izadpanah, K. (2010). Analysis of complete nucleotide sequence of polymerase gene of Barley yellow striate mosaic virus-an Iranian isolate. *Journal of Phytopathology*, 158, 351-356. [Link]
- Amanifar, N. (2015). Integrated management of maize Iranian mosaic disease in chaharmahal va bakhtiari province. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 52, 43-55. [Link]
- Amanifar, N. (2016). Integrated management of maize Iranian mosaic disease in chaharmahal va Bakhtiari province. *Iran. J. Plant Path.*, 52, 43-55. [Link]
- Amanifar, N. (2017). *Integrated management of maize Iranian mosaic disease.*
- Amanifar, N., Babaee, G., Eshagh, R., Kianpoor, N., & Izadpanah, K. (2012). Population changes of leafhoppers vector of Iranian maize mosaic virus on maize in Shahrekord. *Proc.20th Iran. Plant Protec. Cong., Shiraz, Iran*, [Link]
- Amanifar, N., Hamzehzarghani, H., & Izadpanah, K. (2012). Assessment of losses by Iranian maize mosaic virus on maize under natural infection conditions in Shahrekord. *Proc.20th Iran. Plant Protec. Cong., Shiraz, Iran*, [Link]
- Amanifar, N., Izadpanah, K., Hamzehzarghani, H., Eshaghi, R., Babaee, G., Fatahi, S., & Taheri, M. (2012). Effect of planting date and seed-treatment on the yield and yield components of maize and Iranian maize mosaic virus control in Chahar Mahal va Bakhtiari province. *Proc.20th Iran. Plant Protec. Cong., Shiraz, Iran*, [Link]
- Amiri, F., & Izadpanah, K. (1993a). Purification, serology and transmission of sugarcane mosaic virus in Khuzestan. *Iran. J. Plant Path.*, 29, 191-192. [Link]

- Amiri, F., & Izadpanah, K. (1993b). The rate of mosaic infection in sugarcane cultivars in Khuzestan and a procedure for indexing sugarcane cutting for sugarcane mosaic virus. *Proceedings of the 11th Iranian Plant Protection Congress*,
- Ammar, E. D., Meulia, T., Özbek, E., & Hogenhout, S. A. (2004). *Assembly and accumulation sites of Maize mosaic virus (Rhabdoviridae) in plant host and insect vector using transmission electron and confocal laser scanning microscopy*. [Link]
- Ammar, E. D., Tsai, C. W., Whitfield, A. E., Redinbaugh, M. G., & Hogenhout, S. A. (2009). Cellular and molecular aspects of rhabdovirus interactions with insect and plant hosts. *Annual Review of Entomology*, 54, 447-468. [Link]
- Antignus, Y., & Klein, M. (1984). Control of Laodelphax striatellus vector of maize rough dwarf virus in Israel. *Phytoparasitica*, 12, 210-212.
- Atkins, J. G., & Adair, C. (1957). Recent discovery of hoja blanca, a new rice disease in Florida and varietal resistance tests in Cuba and Venezuela. *Plant Disease Reporter*, 41, 911-915. [Link]
- Azuhata, F., Uyeda, J., Kimura, I., & Shikata, E. (1993). Close similarity between genome structures of rice black-streaked dwarf and maize rough dwarf viruses. *J. Gen. Virol.*, 74, 1227-1232. [Link]
- Bai, F. W., Qu, Z. C., Yan, J., Zhang, H. W., Xu, J., Te, M. M., Wu, H. L., Liao, X. G., & Shen, D. L. (2001). Identification of rice black-streaked dwarf virus in different cereal crops with dwarfing symptoms in China. *Acta. Virol.*, 45, 335-339. [Link]
- Bar-Tsur, A., Saadi, H., & Antignus, A. (1988). Resistance of corn genotypes to maize rough dwarf virus. *Maydica*, 33, 189-200.
- Behjatnia, S., Afsharifar, A., Tahan, V., Motlagh, M. A., Gandomani, O. E., Niazi, A., & Izadpanah, K. (2011). Widespread occurrence and molecular characterization of Wheat dwarf virus in Iran. *Australasian Plant Pathology*, 40, 12-19. [Link]
- Behjatnia, S. A. A., & Izadpanah, K. (1991). Purification and serological identification of the Iranian isolate of the maize rough dwarf virus. *Proceedings of the 10th Plant Protection Congress of Iran*,
- Biniaz, Y., Izadpanah, K., Masumi, M., Hamzeh-Zarghani, H., Rahpeyma-Sarvestani, N., & Ebrahimi, E. (2016). Effect of temperature on disease severity of Maize dwarf mosaic and Bermuda grass southern mosaic viruses. *Iranian J. Plant Pathology*, 52, 429-440. [Link]
- Biniaz, Y., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2016). Analysis of Complete Genomic Sequence of Bermuda grass southern mosaic Virus and Its Taxonomical Position. *Proc. 22th Iranian Plant Protec. Cong. University*, 27-30 August 2016. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, IRAN., [Link]
- Biniaz, Y., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2025). A Comparative Study of Bermuda grass southern mosaic virus and Maize dwarf mosaic virus complete Genomes Reveals Unique Differences in the N-terminal Region of the Coat Protein. *Iranian J. Plant Pathology*. [Link]
- Bos, L. (1982). Crop losses caused by viruses. *Crop Prot.*, 1, 263-282. [Link]
- Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., & Watson, L. (1996). *Viruses of Plants*. CAB International. [Link]
- Byamukama, E., Tatineni, S., Hein, G., McMechan, J., & Wegulo, S. N. (2016). Incidence of Wheat streak mosaic virus, Triticum mosaic virus, and Wheat mosaic virus in wheat curl mites recovered from maturing winter wheat spikes. *Plant Disease*, 100, 318-323. [Link]
- Chatenet, M., Mazarin, C., & Girard, J. C. (2005). Detection of Sugarcane streak mosaic virus in sugarcane from several Asian countries. *Sugarcane International*, 23, 12-15. [Link]
- Chen, Y. K., Li, X. H., Xiao, M. J., Li, M. S., Yuan, S. X., Wang, X. D., & Zhang, S. H. (2006). Genetic Variation in Sixty-Four Maize Inbred Lines in Relation to Maize Rough Dwarf Virus. *Acta Agronomica Sinica*, 32, 1848-1854. [Link]
- Chen, Z., Zhang, S., Zhang, M., Lei, H., & Chen, Z. J. (1995). Investigation on the occurrence of maize virus disease in Shaanxi. *Plant Protection*, 21, 14-16.
- Cheng, J., Chen, J., & Chen, J. (2002). The complete sequence of a Sugarcane mosaic virus isolate causing Maize dwarf mosaic disease in China. *Journal of Science in China*, 45, 322-330. [Link]
- Chinea, M. A. (2005). *Final report after one year advising the crop protection staff of SRC*.
- Chinea, M. A. (2007). *Final report after 3 months advising the crop protection staff of SRC*.
- Christian, M. L., & Willis, W. G. (1993). Survival of wheat streak mosaic virus in grass hosts in Kansas from wheat harvest to fall wheat emergence. *Plant Disease*, 77, 239-242. [Link]
- Conti, M. (1969). Investigations on a bullet-shaped virus of cereals isolated in Italy from planthoppers. *Phytopathologische Zeitschrift*, 66, 215-279. [Link]
- Conti, M. (1972). Barley yellow striate mosaic virus isolated from plants in the field. *Phytopathologische Zeitschrift*, 73, 39-45. [Link]
- Conti, M. (1980). Vector relationships and other characteristics of barley yellow striate mosaic virus (BYSMV). *Annals of Applied Biology*, 95, 83-92. [Link]
- Conti, M. (1983). *Maize viruses and virus diseases in Italy and other Mediterranean countries* *Proceedings of International Maize Disease Colloquium and Workshop*.
- Conti, M. (1985). Transmission of plant viruses by leafhoppers and planthoppers. In L. R. Nault & J. G. R. Driguze (Eds.), *The Leafhoppers and Planthoppers*. (pp. 289-307). John Wiley & Sons. New York.
- Conti, M. (1987). Reoviruses of grasses and cereals and their vectors. *Proc. 2nd Int. Workshop on Leafhoppers and Planthoppers of Economic Importance*,
- Conti, M., & Appiano, A. (1973). Barley yellow striate mosaic virus and associated viroplasms in barley cells. *Journal of General Virology*, 21, 315-322. [Link]
- Conti, M., Milne, R. G., Luisoni, E., & Boccardo, G. (1978). Characterization of barley yellow striate mosaic virus. 3rd International Congress of Plant Pathology, München, August 16-23, 1978, Abstracts of Papers N. 063,
- Conti, M., & Plumb, R. T. (1977). Barley yellow striate mosaic virus in the salivary glands of its planthopper vector Laodelphax striatellus Fallén. *Journal of General Virology*, 34, 107-114. [Link]
- Cook, R. J., & Veseth, R. J. (1991). *Wheat health management*. American Phytopathological Society. [Link]
- Cruz, L. F., Rupp, J. L. S., Trick, H. N., & Fellers, J. P. (2014). Stable resistance to Wheat streak mosaic virus in wheat mediated by RNAi. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 50, 665-672. [Link]

- del Rosario, M. S., & Sill, W. H. (1965). Physiological strains of *Aceria tulipae* and their relationships to transmission of Wheat streak mosaic virus. *Phytopathology*, 55, 1168.
- Di Renzo, M. A., Bonamico, N. C., D.D. D. I. A., Salerno, J. C., Iban, E. M. M., & Gesumaria, J. J. (2002). Inheritance of resistance to Mal de Rio Cuarto (MRC) disease in Zea mays (L.). *J. Agric. Science*, 139, 47-53. [Link]
- Dordiani, Z., Noori, S., Masumi, M., & Nasrolahnejad, S. (2011). Nucleotide sequencing of fivedouble-stranded RNA of Iranian isolate of Maize rough dwarf virus (MRDV-I). Second National Conference of Applied Microbiology. 16-17 Feb.2011. Tehran University. Tehran.,
- Dovas, C. I., Eythymiou, K., & Katis, N. I. (2003). First report of Maize rough dwarf virus on maize crop in Greece. *New Disease Reports. Plant Pathol.*, 53, 238. [Link]
- Edwards, M. C., & McMullen, M. P. (1988). Variation in tolerance to wheat streak mosaic virus among cultivars of hard red spring wheat. *Plant Disease*, 72, 705-707. [Link]
- Eftekhari, A., Bihamta, M. A., & Masumi, M. (2012). Gene action for resistance to Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV) in wheat (*Triticum aestivum* L.). Proc. 20th Iranian Plant Protec. Cong. Shiraz University, 25-28 August., [Link]
- Eftekhari, A., Bihamta, M. R., Zali, A., Mosahebi, G., & Masumi, M. (2008). Estimating the effect of genes and combinability of seedling resistance in a number of wheat genotypes to wheat streak mosaic virus by dialle method. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 39, 19-26.
- Enteshari, M., Massah, A., Mehrabi, R., Talebi, R., & Soorni, A. (2024a). Identification of wheat streak mosaic virus resistance loci on wheat by genome-wide association study (GWAS). 25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran.,
- Enteshari, M., Massah, A., Mehrabi, R., Talebi, R., & Soorni, A. (2024b). Reaction of wheat genotypes to wheat streak mosaic virus and molecular detection of Wsm2 resistance gene using molecular markers. 25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran., [Link]
- Enteshari, M., Massah, A., Mehrabi, R., Talebi, R., Soorni, A., & Talebi, M. (2024). Expression level Analysis of several resistance-related genes in susceptible and resistant wheat cultivars to wheat streak mosaic virus (WSMV). 25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran., [Link]
- Esker, P. D., Savary, S., & McRoberts, N. (2013). Crop loss analysis and global food supply: focusing now on required harvests. *CABI Reviews* (2012), 1-14. [Link]
- Estakhr, A., & Choukan, R. (2011). Effect of planting date on grain yield and its components and reaction to important maize viruses in Fars Province in some exotic and Iranian maize hybrids. *Seed and Plant Production Journal*, 27, 313-333. [Link]
- Estakhr, A., Heidari, B., Dadkhodaie, A., & Izadpanah, K. (2015). Evaluation of maize inbred lines for Iranian maize mosaic virus (IMMV) resistance. *Annual Research & Review in Biology.*, 1-12. [Link]
- Estakhr, A., Heidari, B., Dadkhodaie, A., Masoumi, M., Pakniyat, H., & Ahmadi, Z. (2016). Investigation for Maize Inbred Lines Resistance to maize rough dwarf virus (MRDV). *J. Crop Sci. Biotech.*, 45-52. [Link]
- Estakhr, A., Salehi, M., & Izadpanah, K. (2004). Reaction of exotic and local genotypes of maize-to-maize rough dwarf virus. The proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress. Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian). [Link]
- Eyvazi, A., Massah, A., Soorni, A., & Babaie, G. (2021). Molecular phylogenetic analysis shows that causal agent of maize rough dwarf disease in Iran is closer to rice black-streaked dwarf virus. *European Journal of Plant Pathology*, 160, 411-425. [Link]
- Fang, S., Yu, J., Li, D., & Han, C. (2001). Nucleotide sequence of rice black-streaked dwarf virus segment 7 and 8 (Farahbakhsh, F., Afsharifar, A. R., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2010). Phylogenetic analysis of CP-UTR region of Bermuda grass southern mosaic virus in southern Iran. 19th Iranian Plant Protec. Cong. Tehran, 31 July-3 August., [Link]
- Farahbakhsh, F., Masumi, M., Afsharifar, A., Izadpanah, K., & Rahpeyma Sarvestani, N. (2012). Phylogenetic analysis of Bermuda grass southern mosaic virus isolates in Iran. *Iran. J. Plant Pathol.*, 49, 61-75. [Link]
- Farahbakhsh, F., Masumi, M., Assharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2011). Variability and similarity of nucleotide in CP-UTR region of the genome of Bermuda grass southern mosaic virus in comparison with other potyviruses of Poaceae. The 7th National Biotechnology Congress of I R. Iran. 12-14 September. Nirop Research Institute. Tehran., [Link]
- Ford, R. E., Tomic, M., & Shukla, D. D. (1989). *Maize dwarf mosaic virus*.
- Foulad, P., & Izadpanah, K. (1986). Identification of wheat streak mosaic virus in Iran. *Iran. Agric. Res.*, 5, 73-84. [Link]
- French, R., & Stenger, D. C. (2003). Evolution of wheat streak mosaic virus: Dynamics of population growth within plants may explain limited variation. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 41, 199-214. [Link]
- Friebe, B., Gill, K. S., Tuleen, N. A., & Gill, B. S. (1996). Transfer of Wheat streak mosaic virus resistance from Agropyron intermedium into wheat. *Crop Sci.*, 36, 857-861. [Link]
- Fuchs, E. (2004). Sugarcane mosaic. In *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)*, (H. Lapierre, P.A. Signoret, red). INRA, Paris, 857ss. (pp. 690-692). [Link]
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J. F., & Dommes, J. (2002). Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation*, 37 (3), 263-285. [Link]
- Gaunce, G. M., & Bockus, W. W. (2015). Estimating yield losses due to barley yellow dwarf on winter wheat in Kansas using disease phenotypic data. *Plant Health Progress*, 16, 1-6. [Link]
- Gell, G., Balázs, E., & Petrik, K. (2010). Genetic diversity of Hungarian Maize dwarf mosaic virus isolates. *Virus Genes*, 40, 277-281. [Link]
- Gharouni-Kardani, S., & Masumi, M. (2024). Occurrence of Barley Yellow Dwarf Disease in Razavi and North Khorasan Provinces and Investigation of the Host Range in Non-cultivated Plants. 25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran., [Link]
- Ghasemi, S. (2011). Phylogenetic Relationships between Iranian Poaceae Potyviruses. 2011 International Conference on Asia Agriculture and Animal, [Link]

- Ghasemi, S., & Izadpanah, K. (2000). Properties of a potyvirus causing mosaic in Eleusine compressa in Bushehr province. Proceeding of 14th Iranian Plant Protection Congress., Isfahan, Iran., [Link]
- Ghasemi, S., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2003). Comparison of sequence of 3' region in the genomes of sugarcane and Johnson grass mosaic potyviruses in Iran. Proc. 3rd Nat. Cong. Biotechnol. Mashad. Univ. Mashad. Vol. 2,
- Ghorbani, A., Izadpanah, K., & Dietzgen, R. G. (2018). Changes in maize transcriptome in response to maize Iranian mosaic virus infection. *PloS one*, 13 (4), e0194592. [Link]
- Ghorbani, A., Izadpanah, K., Tahmasebi, A., Afsharifar, A., Moghadam, A., & Dietzgen, R. G. (2022). Characterization of maize miRNAs responsive to maize Iranian mosaic virus infection. *3 Biotech*, 12 (3), 69. [Link]
- Ghorbani, A., Rostami, M., & Izadpanah, K. (2023). Gene network modeling and pathway analysis of maize transcriptomes in response to Maize Iranian mosaic virus. *Genomics*, 115 (3), 110618. [Link]
- Ghorbani, A., Tahmasebi, A., Izadpanah, K., Afsharifar, A., & Dietzgen, R. G. (2019). Genome-wide analysis of alternative splicing in Zea mays during maize Iranian mosaic virus infection. *Plant Molecular Biology Reporter*, 37, 413-420. [Link]
- Gomez- Luengo, R. C., & Gordon, D. T. (1987). Comparisons of proteins and serological reactions of three isolates of maize mosaic virus with those of the Iranian (Shiraz) maize mosaic virus. *Phytopathology*, 77, 1705 (Abstr.).
- Gotz, R., Huth, W., Lesemann, D. E., & Maiss, E. (2002). Molecular and serological relationships of Spartina mottle virus (SpMV) strains from Spartina sp. and from Cynodon dactylon to other members of the Potyviridae. *Arch Virol*, 147, 379–391. [Link]
- Hadi, B. A. R., Langham, M. A. C., Osborne, L., & Tilmson, K. J. (2011). Wheat streak mosaic virus on wheat: biology and management. *Journal of Integrated Pest Management*, 2 (1), J1-J5. [Link]
- Halbert, S. E., Connelly, B. J., Bishop, G. W., & Blackmer, J. L. (1992). Transmission of barley yellow dwarf virus by field collected aphids (Homoptera: Aphididae) and their relative importance in barley yellow dwarf epidemiology in southwestern Idaho. *Ann. appl. Biol.*, 121, 105-121. [Link]
- Halbert, S. E., & Voegtlin, D. J. (1998). Evidence for the North American origin of Rhopalosiphum and barley yellow dwarf virus. In J. M. Neito Nafria & A. F. G. Dixon (Eds.), *Aphids in Natural and Managed Ecosystems* (pp. 351-356).
- Hall, J. S., Adams, B., Parsons, T. J., French, R., Lane, L. C., & Jensen, S. G. (1998). Molecular cloning, sequencing and phylogenetic relationships of a new potyvirus, Sugarcane streak mosaic virus, and revolution of the classification of the potyviridae. *Mol. Phylogen. Evol.*, 10, 323-332. [Link]
- Hasani, F., Asad, M. T., & Masumi, M. (2004). Heritability of resistance in two bread wheat against wheat streak mosaic virus. 8th. Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran. Gilan University., [Link]
- Hassani, F., & Assad, M. T. (2004). Inheritance and Allelism of Wheat Streak Mosaic Virus Resistance in Two Iranian Wheat Lines. *Euphytica*, 140, 213-216. [Link]
- Hassani, M., Lotfipour, M., Qasemi Nejad, M., Tabib, M. H., & Baimani, M. (2022). Occurrence of Major Viruses in Wheat in Khuzestan Province. *J. Iran. Plant Prot. Res.*, 36, 1-8. [Link]
- Heidary, S., Izadpanah, K., Masumi, M., Zare, A., & Afsharifar, A. R. (2008a). Characterization of biological and serological Properties of Reed canary grass mosaic virus. Proc. 18th Iran. Plant Protec. Cong., Hamedan., [Link]
- Heidary, S., Izadpanah, K., Masumi, M., Zare, A., & Afsharifar, A. R. (2008b). Phylogenetic analysis of CP-UTR in the genome of Reed canary grass mosaic virus. Proc. 18th Iran. Plant Protec. Cong., Hamedan., [Link]
- Hema, M., Joseph, J., Gopinath, K., Sreenivasulu, P., & Savithri, H. S. (1999). Molecular characterization and intervirul relationships of a flexuous filamentous virus causing mosaic disease of sugarcane (Saccharum officinarum L.) in India. *Archives of Virology*, 144, 479–490. [Link]
- Heydarnejad, J., Barley, W. S., Izadpanah, K., Hunter, F. R., & Gooding, M. J. (2006). Molecular characterization of Iranian wheat stripe virus shows its taxonomic position as a distinct species in the genus Tenuivirus. *Arch. Virol.*, 151, 217-227. [Link]
- Heydarnejad, J., & Izadpanah, K. (1989). Isolation of a tenuivirus from wheat. Proceedings of the 9th Iranian plant protection congress. Mashhad, Iran.,
- Heydarnejad, J., & Izadpanah, K. (1992). Isolation and partial characterization of a tenuivirus from wheat in Iran. *Journal of Phytopathology*, 136 (4), 279-287. [Link]
- Heydarnejad, J., & Izadpanah, K. (1998). Report of several cereal viruses in Kerman province. Proc. 13th Plant Protec. Cong. Iran., Karaj, Iran., [Link]
- Heydarnejad, J., Shahdaei, S., & Izadpanah, K. (2011). Iranian wheat stripe virus: partial sequence of RNA 1, serological relation to other tenuiviruses, and evidence of natural occurrence in rice. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 47 (2), 135-145. [Link]
- Hill, J. H., & Russell, W. A. (1974). Seed transmission of maize dwarf mosaic and wheat streak mosaic virus in maize and response of inbred lines. *Crop. Sci.*, 14, 232-235. [Link]
- Hortamani, M., Massah, A., Talebi, M., & Izadpanah, K. (2018a). Genetic diversity and phylogenetic analysis of Maize Iranian mosaic virus isolates based on geographical distribution, host and type of symptoms. *Iranian Journal of Plant Pathology* (1), 39-48. [Link]
- Hortamani, M., Massah, A., Talebi, M., & Izadpanah, K. (2018b). Genetic diversity and phylogenetic analysis of Maize Iranian mosaic virus isolates based on geographical distribution, host and type of symptoms. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 54 (1), 39-48. [Link]
- Hosseini, A., Habibi, M. K., Izadpanah, K., Mosahebi, G. H., Rubies-Autonell, C., & Ratti, C. (2010). Characterization of a filamentous virus from Bermuda grass and its molecular, serological and biological comparison with Spartina mottle virus. *Archives of Virology*, 155 (10), 1675-1680. [Link]
- Hosseini, A., & Izadpanah, K. (2005). Biological, serological and physicochemical properties of Bermuda grass filamentous virus from Iran. *Parasitica*, 61 (1), 55–61. [Link]
- Hosseini, A., Kouhi Habibi, M., Izadpanah, K., Mosahebi, G. H., Rubies-Autonell, C., & Ratti, C. (2009). Partial characterization of Bermuda grass mosaic virus, a tentative member of the family Potyviridae. [Link]

- Hosseini Nezhad, S. M., Assad, M. T., & Masumi, M. (2008). Evaluation of some biochemical factors in resistance to wheat streak mosaic virus and the effect of two different inoculation times on grain and its components. *Scientific Journal of Agriculture*, 31, 39-54. (English abstract 31:34). [\[Link\]](#)
- Hunger, R. M., & Sherwood, J. L. (1988). Effect of fall and spring infection of Wheat streak mosaic virus on winter wheat. *Phytopathology*, 78, 1503 Abstract.
- Hunger, R. M., & Sherwood, J. L. (1989). Effect of planting date and date of inoculation on Wheat streak mosaic. *Phytopathology*, 79, 1004 Abstract. [\[Link\]](#)
- Hunger, R. M., Sherwood, J. L., & Evans, C. K. (1990). Severity of Wheat streak mosaic virus on wheat inoculated at different physiological maturities. *Phytopathology*, 80, 1007 (Abstract).
- Hunger, R. M., Sherwood, J. L., Evans, C. K., & Montana, J. R. (1992). Effects of planting date and inoculation date on severity of Wheat streak mosaic in hard red winter wheat cultivars. *Plant Disease*, 76 (10), 1056-1060. [\[Link\]](#)
- Izadi, M., Assad, M. T., Razi, H., Emam, Y., & Masumi, M. (2008a). Reaction of some wheat genotypes to three isolates of wheat streak mosaic virus under greenhouse conditions. The 10th Iranian Congress of Crop Sciences. Karaj., [\[Link\]](#)
- Izadi, M., Assad, M. T., Razi, H., Emam, Y., & Masumi, M. (2008b). Stability of reaction of some wheat genotypes to wheat streak mosaic virus under field conditions. The 10th Iranian Congress of Crop Sciences. Karaj., [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K. (1982). Difference in the etiology of maize mosaic in Shiraz and Karaj. *Iran. J. Plant Path.*, 18, 7-11 (Farsi) and 13-16 (English).
- Izadpanah, K. (1983). *An annotated list of virus and virus-like diseases of plants in Fars (College of Agriculture, Shiraz University)*.
- Izadpanah, K. (1986a). Serological detection of Johnsongrass chlorotic stripe mosaic-associated viruslike particles. Proc. 8th Cong. Plant Protec. Iran. Isfahan Univ. Technol., Isfahan, Iran.,
- Izadpanah, K. (1986b). Viruses and a program for increase in maize production in Iran. Proc. 8th Cong. Plant Protec. Iran. Isfahan Univ. Technol., Isfahan, Iran., [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K. (1988). Johnsongrass chlorotic stripe mosaic and its associated viruslike particles in Iran. *J. Phytopathology*, 121, 209-216. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K. (1989a). Comparison of the Iranian maize rhabdovirus with other rhabdovirus of cereal crops. Proc. 9th Plant Protec. Cong. Iran. Ferdowsi Univ. Mashhad, Iran.,
- Izadpanah, K. (1989b). Purification and serology of the Iranian maize mosaic rhabdovirus. *J. Phytopathology*. 126: 43-50. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K. (1989c). Report of two bermudagrass viruses from Iran.
- Izadpanah, K. (2004a). Maize Iranian mosaic. In *Pages: 653-655. In: Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Graminae)*. Lapierre, H. and Signorat, P.-A. (eds.) INRA Edition. Paris.
- Izadpanah, K. (2004b). Maize Iranian mosaic. In H. Lapierre & P. A. Signorat (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Graminae)* (pp. 653-655). INRA Edition.
- Izadpanah, K., Ebrahim-Nesbat, F., & Afsharif, A. R. (1991). Barley yellow striate mosaic virus as the cause of a major disease of wheat and millet in Iran. *Journal of Phytopathology* 131: 290-296. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K., & Heydarnejad, J. (2004). Iranian wheat stripe virus. In *Pages: 653-655. In: Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Graminae)*. Lapierre, H. and Signorat, P.-A. (eds.) INRA Edition. Paris.
- Izadpanah, K., Huth, W., Lesemann, D. E., & Vetten, H. J. (1993). Properties of Johnsongrass chlorotic stripe mosaic virus. *J. Phytopathology* 137: 105-117. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K., & Kamran, R. (1995). Viral diseases of wheat in Eghlid region of Fars. In *In: Proceedings of the 12th Iranian Plant Protection Congress*. Karaj, p29.
- Izadpanah, K., Lister, R. M., & Huth, W. (1991). Identification of barley yellow dwarf virus serotypes in Iran. *Iran. J. Plant Pathol.* 27: 121.
- Izadpanah, K., & Masumi, M. (2011). Highlights of Research on Viruses of Poaceous Plants.
- Izadpanah, K., Masumi, M., Ghasemi, S., Zare, A., & Afsharif, A. R. (2005). Serological and molecular distinctness of Iranian Johnson grass mosaic virus. *Parasitica* 61: 111-116.
- Izadpanah, K., & Parvin, S. (1979). Occurrence of maize mosaic virus in corn fields around Shiraz. *Iran. J. plant path.* 15: 7-82, 53-54.
- Izadpanah, K., Rowhani, A., Zhang, Y. P., & Masumi, M. (2002). Sequence of 3'-half of Bermuda grass etched-line virus and report of "marafibox" as a taxonomic criterion for marafiviruses.
- Izadpanah, K., & Sahandpour, A. (1988). Transmission of Johnsongrass chlorotic stripe mosaic virus.
- Izadpanah, K., Sahandpour, A., & Masumi, M. (2002). Transmission of Johnson grass chlorotic stripe mosaic virus by embryoinjection. *Iran Agricultural Research* 21: 147-156. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K., Zaki-Aghl, M., Zhang, Y. P., Daubert, S. D., & Rowhani, A. (2003). Bermuda grass as a potential reservoir host for Grapevine fan leaf virus. *Plant Dis* 87: 1179-1182. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K., Zhang, Y. P., Daubert, S. D., Masumi, M., & Rowhani, A. (2002). Sequence of the coat protein gene of Bermuda grass etched-line virus and of the adjacent "marafibox" motif. *Virus Genes* 24: 131-134. [\[Link\]](#)
- Izadpanah, K., Zhang, Y. P., Masumi, M., & Rowhani, A. (2000). Cloning and sequencing of the Iranian isolate of Bermuda grass etched-line virus. *Phytopathology* 90: S38.
- Jalali, S., Nematollahi, M. R., & Sabzi, H. (2007). Study on Maize Rough Dwarf and Iranian Maize Mosaic Viruses. *Seed and Plant* 23: 203-216. [\[Link\]](#)
- Janson, B. F., & Ellett, C. W. (1963). A new corn disease in Ohio. *Plant Dis. Rep.* 47: 1107-1108. [\[Link\]](#)
- Jensen, S. G., Lane, L. C., & Seifers, D. I. (1996). A new disease of maize and wheat in the high plains. *Plant Dis.* 80: 1387-1390. [\[Link\]](#)
- Jones, R. A. (2021). Global plant virus disease pandemics and epidemics. *Plants* 10 (2): 233. [\[Link\]](#)
- Jones, R. A. C., Coutts, B. A., Mackie, A. E., & Dwyer, G. I. (2005). Seed transmission of wheat streak mosaic virus shown unequivocally in wheat. *Plant Disease* 89: 1048-1050. [\[Link\]](#)

- Kamali, H., & Soleimani, R. (2006). A new Acaralox species (Acari: Eriophyidae) from bermudagrass in Iran. *International Journal of Acarology* 32 (2): 185-187. [Link]
- Kamran, R., & Izadpanah, K. (1993). A mosaic disease of rice in the Fars province of Iran. *Proceedings of the 11th Iranian plant protection congress, 23-27 Aug. 1993. Rasht, Iran.* [Link]
- Kamran, R., Izadpanah, K., & Ebrahim-Nesbat, F. (1993). Natural transmission and morphology of the virus associated with rice black gall dwarf and comparison of its host range with of maize rough dwarf virus. *Proceedings of the 11th Iranian plant protection congress, 23-27 Aug. 1993. Rasht, Iran.* [Link]
- Kannan, M., Ismail, I., & Bunawan, H. (2018). Maize dwarf mosaic virus: from genome to disease management. *Viruses* 10 (9): 492. [Link]
- Kazemi, H., Masumi, M., Momeni, H., Alizadeh, A., Majd Taheri, Z., & Mahdavi, M. (2022). Important Wheat Diseases in Iran. *Iranian Research Institute of Plant Protection. 290 Pp.* [Link]
- Khatabi, B., Rastgou, M., & Izadpanah, K. (2004). Purification and antiserum preparation of Iranian isolate of Cereal yellow dwarf virus-RPV. *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz.* p. 82., [Link]
- Khatabi, B., Rastgou, M., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2004a). Efficiency of cereal aphids in BYDV- MAV and CYDV-RPV transmission. *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz.* P: 80., [Link]
- Khatabi, B., Rastgou, M., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2004b). Nucleotide sequence of a part of the Cereal yellow dwarf virus-RPV genome. *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz.* P: 79., [Link]
- Khatabi, B., Rastgou, M., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2004c). Rapid molecular detection methods for viruses of Barley yellow dwarf. *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong. Tabriz.* P: 65., [Link]
- Kim, S. K., Moon, H. G., Park, S. U., Park, K. Y., Ham, Y. S., Lee, S. S., & Chang, S. D. (1979). High yielding new maize hybrid, Suweon 29, resistant to maize rough dwarf virus. *Research Reports of the Office of Rural Development Crop* 21:123-130.
- Koike, H., & Gillaspie, A. G., Jr. (1989). Mosaic. In Ricaud C., Egan B.T., Gillaspie A.G. Jr., and Hughes C.G. (Eds). *Diseases of Sugarcane-Major Diseases.* pp. 301-322. Elsevier: Amsterdam. [Link]
- Koohi-Habibi, M. (2001). *Genome Characteristics and Taxonomic Position of Johnsongrass chlorotic stripe mosaic virus* Ph.D. Thesis. Tarbiat Modarres Univ., Tehran (in Farsi).]
- Langham, M. A. C., Gallner, J., & Gallenberg, D. G. (1994). Yield and growth characteristics of six hard red winter wheat cultivars in response to inoculation with wheat streak mosaic virus pre and post vernalization.
- Lapierre, H., & Signorat, P. A. (2004). Viruses and virus Diseases of poaceae (Graminae). *INRA Edition. Paris.* [Link]
- Lenardon, S. L., March, G. J., Nome, S. F., & Ornaghi, J. A. (1998). Recent Outbreak of "Mal de Río Cuarto Virus" on Corn in Argentina. *Plant Disease* 82:448. [Link]
- Li, H., Conner, R. L., Chen, Q., Graf, R. J., Laroche, A., Ahmad, F., & Kuzyk, A. D. (2004). Promising genetic resources for resistance to wheat streak mosaic virus and the wheat curl mite in wheat-Thinopyrum partial amphiploids and their derivatives. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 827-835. [Link]
- Li, H., Conner, R. L., Chen, Q., Jia, X., Li, H., Graf, R. J., Laroche, A., & Kuzyk, A. D. (2002). Different Reactions to the Wheat Curl Mite and Wheat streak mosaic virus in various Wheat-Haynaldia villosa 6V and 6VS Lines. *Plant Dis.*, 423-428. [Link]
- Li, W. F., He, Z., Li, S. F., Huang, Y. K., Zhang, Z. X., Jiang, D. M., & Wang, X. Y. (2011). Molecular characterization of a new strain of Sugarcane streak mosaic virus (SCSMV). *Archives of Virology.* 156:2101-2104. [Link]
- Lister, R. M., & Ranieri, R. (1995a). Distribution and economic importance of barley yellow dwarf. In pp. 29-53 in: *Barley Yellow Dwarf: 40 Years of Progress (C. J. D'Arcy and P. A. Burnett. eds.)*. APS Press, Minnesota.
- Lister, R. M., & Ranieri, R. (1995b). Distribution and economic importance of barley yellow dwarf. In C. J. D'Arcy & P. A. Burnett (Eds.), *Barley Yellow Dwarf: 40 Years of Progress* (pp. 29-53). APS Press.
- Lochart, B. E., & Cronje, C. P. (2000). Yellow leaf syndrome. In PP. 291-295. In: *A guide to sugarcane diseases. P. Rott, R. Bailey, J.C. Comstock, B. Croft and S. Saumtally (Eds), p. 209-210. Montpellier, France, CIRAD/ISSCT.* 339 pp.
- Lockhart, B. E. L., Khaless, J., Lennon, A. M., & M, E. L. M. (1985). Properties of bermudagrass etched-line virus, a new leafhopper transmitted virus related to maize rayado fino and oat blue dwarf viruses. *Phytopathology* 75: 1258-1262. [Link]
- Lockhart, B. E. L., Khaless, N., Maataoui, M. E., & Lastra, R. (1985). Cynodon chlorotic streak virus, a previously undescribed plant rhabdovirus infecting Bermuda grass and maize in the Mediterranean area. *Phytopathology* 75: 1094-1098. [Link]
- Lotfipour, M., Behjat Nia, A. A., Afshari Far, A. R., & Izadpanah, K. A. (2013). Distribution and partial biological characterization of wheat and barley strains of wheat dwarf virus in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology* 49 (1): 17-31. [Link]
- Lovisolo, O. (1971). Maize rough dwarf virus. *CMI/AAB. Descriptions of Plant Viruses* No.72.
- Luisoni, E., Kitagawa, Y., & Shikata, E. (1973). Serological relationship between maize rough dwarf virus and rice balck – streaked dwarf virus. *Virology* 52:281-283. [Link]
- Mahlooji, T., & Makoui, H. N. (1990). Barley yellow dwarf in Iran. In pp. 69-70. In: *World Perspective on Barley Yellow Dwarf (P. A. Burnett, Ed.)*. CIMMIT, Mexico, D. F. Mexico. 511p.
- Makkouk, K. M., & Ghulam, W. (2002). Estimating yield losses in cereals infected with barley yellow dwarf virus. In pp. 55-57 In: *Barley Yellow Dwarf Diseases Recent Advances and Future Strategies (M. Henry and MacNab, Eds.)*. D. F. CIMMYT, Mexico. [Link]
- Massah, A., & Izadpanah, K. (1998). Purification serology and transmission of the Iranian isolate of cynodon chlorotic streak rhabdovirus. [Link]
- Massah, A., Izadpanah, K., Afsharifar, A. R., & Winter, S. (2008). Analysis of nucleotide sequence of Iranian maize mosaic virus confirms its identity as a distinct nucleorhabdovirus. *Archives of Virology* 153:1041-1047. [Link]
- Massah, A., Izadpanah, K., & Afsharifar, A. R. (2004). Partial sequence of the L-Protein gene of Iranian maize mosaic rhabdovirus by a new random- PCR method. [Link]

- Massah, A., Izadpanah, K., & Lesemann, D. E. (2005). Relationship of Iranian maize mosaic virus with insect vector and plant cells. *Iran. J. Plant Path.* 41:151-159 (English), 377-378 (Farsi). [Link]
- Massah, A., Winter, S., Afsharifar, A., Ahoonmanesh, A., & Izadpanah, K. (2004). Molecular characterization of the Iranian maize mosaic nucleorhabdovirus. [Link]
- Masterman, A. J., Holmes, S. J., & Foster, G. N. (1994). Transmission of barley yellow dwarf virus by cereal aphids collected from different habitats on cereal farms. *Plant Pathol.* 43:612-620. [Link]
- Masumi, M. (2007). *Variability and Evolution of wheat streak Mosaic virus* Ph.D. Thesis. College of agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.]. [Link]
- Masumi, M. (2022a). A Century Old; Wheat streak mosaic virus and Resistance to it. *Iranian Research Institute of Plant Protection*. 370 Pp.
- Masumi, M. (2022b). *Maize Rough Dwarf Disease in Iran and its Management*. [Link]
- Masumi, M. (2023a). *Cereal Potyviruses in Iran*. [Link]
- Masumi, M. (2023b). Rice viral disease in Iran and control approaches. *Shalazar Journal*. 2:10-17. [Link]
- Masumi, M. (2023c). *Wheat streak mosaic virus management, an experience of epidemic control in Fars Province*. [Link]
- Masumi, M. (2024). The Mediterranean Palearctic realm and Fertile Crescent is the Epicenter of Tritimoviruses evolution, diversity and global distribution. *25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran*. P. 1413. [Link]
- Masumi, M., Biniiaz, Y., & Izadpanah, K. (2025). Exploring the 90 Nucleotide Fragment in the 5'- region of Bermuda grass Southern Mosaic Virus Coat Protein: Potential Biological Differences between MDMV and BgSMV. (in Press).
- Masumi, M., & Davoodi, A. (2025). Treatment of wheat seeds with two pesticides, imidacloprid and thiamethoxam, to control aphid (*Rhopalosiphum padi*), vector of Barley yellow dwarf virus. *Journal of Pesticide in Plant Pathology*. (in Press).
- Masumi, M., Estakhr, A., Davoodi, A., & Zare, A. (2025). Impact of Maize Rough Dwarf Disease on Yield Components and Development of a Loss Assessment Index. *Iranian Journal of Virology*. (in Press).
- Masumi, M., Ghahramani, T., Heidari, S., Rahpeyma Sarvestani, N., & Izadpanah, K. (2012). Study on ancestral relationship of Iranian Johnson grass mosaic virus with other cereal Potyvirus.
- Masumi, M., & Hadaegh, M. (2023). *Maize Iranian mosaic disease and its Management*.
- Masumi, M., Heidary, S., Ghahramani, T., & Izadpanah, K. (2010). Cross protection between populations of two phylogenetic lineage of Wheat streak mosaic virus.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1991a). Development of serological assay system for Bermuda grass etched-line virus (Iranian isolate). *Iran. J. Plant Path.* 27:132-133 (Farsi) and 97-98 (English).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1991b). Purification and physicochemical properties of Bermuda grass etched line virus. (Iranian isolate). *Iran. J. Plant Path.* 27:134 (Farsi) 96-97 (English).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1991c). Transmission and host range of Iranian isolate of Bermuda grass etched-line virus. *Iran. J. Plant Path.* 27:133-134 (Farsi) and 98-99 (English).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1995a). Natural infection of Johnsongrass and certain other gramineous species with a type of sugarcane mosaic virus (SCMV).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1995b). The status of wheat streak mosaic virus in Iran.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1996). Properties of the Iranian isolate of Bermudagrass etched-line virus. *J. Phytopathology* 144:231-234. [Link]
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (1998). Bermudagrass mosaic in Iran.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2000). Transmission, purification and serology of Bermudagrass mosaic virus.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2001). Geographical distribution, serological and physiological properties of Iranian Johnson grass mosaic virus. *Proceeding of 1st Iranian Congress on Virology*. Pp: 325-326.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2002a). Host range and transmission of wheat Eqlid mosaic virus. *Iran. J. Plant Path.* 38:117-129 (Farsi) and 35-37 (English).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2002b). Host range differentiation of the virus isolates causing mosaic in Bermuda grass in Iran.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2002c). Nucleotide sequence of a part of CP region of "Jiroft" Bermuda grass virus.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2002d). Serological characteristics of potyviruses infecting Bermuda grass in Iran.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2002e). Transmission of wheat Eqlid mosaic virus.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2002f). Wheat Streak Mosaic. *Bul. No. 1. Cereal Virus Research Center. Shiraz Iran*. 56p. (Farsi).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2011a). Evolution and Radial Distribution of Tritimovirus in Mediterranean Palearctic (MP).
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2011b). Fertile Crescent is the epicenter and origin of wheat streak Mosaic virus evolution.
- Masumi, M., & Izadpanah, K. (2024). The Mediterranean Palearctic realm and Fertile Crescent is the Epicenter of Tritimoviruses evolution, diversity and global distribution. *25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran*.
- Masumi, M., Izadpanah, K., & Behjatnia, S. A. A. (2001). Taxonomical position of Iranian Johnson grass mosaic virus.
- Masumi, M., Izadpanah, K., & Ebrahim-Nesbat, F. (2000). Host range and electron microscopy of wheat Eghlid mosaic virus.
- Masumi, M., Izadpanah, K., Jokar, L., & Kheradnam, M. (2001). Assessment of losses by wheat streak mosaic virus. *Iran. J. Plant Path.* 37: 69-71 (English) and 221-231 (Farsi).
- Masumi, M., Izadpanah, K., & Lesemann, D. E. (2000). Purification and serology of Wheat Eghlid Mosaic Virus.
- Masumi, M., Kamran, R., Shirvani, A., & Izadpanah, K. (1999). Reaction of wheat genotypes to wheat streak mosaic virus in Iran. *Iran. J. Plant Path.* 35:9-18 (Farsi) and 4-6 (English).
- Masumi, M., Rastegar, M., Zare, A., Lesemann, D. E., Ebrahim-Nesbat, F., & Izadpanah, K. (2005). Wheat Eqlid mosaic virus: a novel potyviriidae in Iran.
- Masumi, M., & Ravanloo, A. (2023). *Crop loss assessment caused by some plant diseases*.

- Masumi, M., & Sadeghi, E. (2024). Barley Yellow Dwarf Virus in Iran: Understanding its Status and Unraveling the Spread Factors in the 2023-2024 Crop Season.
- Masumi, M., Yasaie, M., Zare, A., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2006). Analysis of 3'-region of the genome of Wheat streak mosaic virus isolates in Iran. *Iran. J. Plant Pathol.* 42 (2): 253-255 (Farsi) 65-81 (English).
- Masumi, M., Yassaie, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2003). Phylogenetic study of some isolates of Wheat streak mosaic virus in Iran.
- Masumi, M., Yassaie, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2005). Fertile Crescent is the epicenter of Wheat streak mosaic virus. *Parasitica* 61: 73-77.
- Masumi, M., Zare, A., Ghasemi, S., & Izadpanah, K. (2004). Relationship between two dominant strains of sugarcane mosaic virus (SCMV) from Khuzistan and other SCMV strains based on nucleotide sequence of 3' region of the genome.
- Masumi, M., Zare, A., Heidary, S., & Izadpanah, K. (2009). Differentiation of isolates of two major phylogenetic groups of wheat streak mosaic virus based on occurrence of four distinct mutations in coat protein gene.
- Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2004a). Analysis of 5' Region of coat protein Gene confirms presence of maize dwarf mosaic virus (MDMV) in widely separated locations in Iran. [Link]
- Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2004b). Differentiation of geographical isolates of Iranian Johnson grass mosaic virus from Zea mosaic virus based on nucleotide sequence of the 5' region of the Coat protein gene.
- Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2006). Revision of Sugarcane mosaic virus strain grouping in the world on the basis of Phylogenetic analysis of N-terminus of coat protein gene.
- Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2007). Taxonomic position of two Iranian isolates of Sugarcane Mosaic Virus (SCMV) based on sequence of the 3'-region of the genome. *Iran. J. Plant Pathol.* 43 (1): 1-16 (Farsi) and 1-5 (English). [Link]
- Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2011). Biological, serological and molecular Comparisons of potyviruses infecting poaceous plants in Iran. *Iran. J. Plant Pathol.* 47 (1): 47-66 (Farsi) and 11-14 (English). [Link]
- Masumi, M., Zare, A., Rastegar, M., & Izadpanah, K. (2006). Variation of Iranian isolates of Wheat streak mosaic virus based on CP-UTR sequence analysis. [Link]
- Mathre, D. E. (1982a). *Compendium of Barley Diseases*. APS Press. 77p.
- Mathre, D. E. (1982b). *Compendium of Barley Diseases*. APS Press. [Link]
- McNeil, J. E., French, R., Hein, G. L., Baenziger, P. S., & Eskridge, K. M. (1996). Characterization of genetic variability among natural populations of wheat streak mosaic virus. *Phytopathology* 86: 1222-1227. [Link]
- Mikel, M. A., D'Arcy, C. J., & Ford, R. E. (1984). Seed transmission of maize dwarf mosaic virus in sweet corn. *Journal of Phytopathology* 110 (3): 185-191. [Link]
- Miller, W. A., & Lozier, Z. (2022). Yellow dwarf viruses of cereals: taxonomy and molecular mechanisms. *Annual Review of Phytopathology* 60: 6.1-6.21. [Link]
- Miller, W. A., & Rasochova, L. (1997). Barley yellow dwarf viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 35: 167-90. [Link]
- Milne, R. G., Boccardo, G., Dal Bo, E., & Nome, F. (1983). Association of maize rough dwarf virus with mal de rio cuarto in Argentina. *Phytopathol.* 73: 1290-1292. [Link]
- Milne, R. G., Conti, M., & Lisa, V. (1973). Partial purification, structure and infectivity of complete maize rough dwarf virus particles. *Virology* 53: 130-141. [Link]
- Milne, R. G., & Lovisolo, O. (1977). Maize rough dwarf and related viruses. *Adv. Virus Res.* 21: 267-341. [Link]
- Milne, R. G., & Luisoni, E. (1977). Serological relationships among maize rough dwarf-like viruses. *Virology* 80: 12-20. [Link]
- Milne, R. G., Masenga, V., & Conti, M. (1986). Serological relationships between the nucleocapsids of some planthopper-borne rhabdoviruses of cereals. *Intervirology* 25 (2): 83-87. [Link]
- Moeini, A. A., Hajimorad, M. R., Izadpanah, K., & Ahoonmanesh, A. (1995). Evidence for the association of barley yellow dwarf luteovirus with yellows disease of wheat in Kelardasht. [Link]
- Moeini, P., Afsharifar, A., Izadpanah, K., Sadeghi, S. E., & Eigenbrode, S. D. (2020). Maize Iranian mosaic virus (family Rhabdoviridae) improves biological traits of its vector Laodelphax striatellus. *Archives of Virology* 165: 169-178. [Link]
- Moini, A. A., & Izadpanah, K. (2001). Identification and purification of MDMV- like isolate of maize in Mazandaran. *Iranian J. Plant Pathology* 37: 147-160 (Farsi). 43-46 (English abstract).
- Moradi, Z., Mehrvar, M., Nazifi, E., & Zakiaghl, M. (2016). The complete genome sequences of two naturally occurring recombinant isolates of Sugarcane mosaic virus from Iran. *Virus Genes* 52 (2): 270-280. [Link]
- Moradi, Z., Mehrvar, M., Nazifi, E., & Zakiaghl, M. (2017a). Iranian johnsongrass mosaic virus: the complete genome sequence, molecular and biological characterization, and comparison of coat protein gene sequences. *Virus Genes* 53: 77-88. [Link]
- Moradi, Z., Mehrvar, M., Nazifi, E., & Zakiaghl, M. (2017b). Molecular identification and investigation of Sugarcane mosaic virus in Mazandaran Province. *Journal of Plant Protection* 30 (4): 639-645. [Link]
- Mostafavi Neishaburi, F. S., Masumi, M., & Nasrolahnejad, S. (2011a). Nucleotide sequencing of 5' region of the genome of Maize dwarf mosaic virus-Iranian isolate.
- Mostafavi Neishaburi, F. S., Masumi, M., & Nasrolahnejad, S. (2011b). Taxonomical position at maize dwarf mosaic virus, isolate Golestan province, among cereal potyviruses based on nucleotide sequence of coat protein gene. [Link]
- Mostafavi Neishaburi, F. S., Masumi, M., & Nasrollanejad, S. (2013). Taxonomical relationship of maize dwarf mosaic virus, isolate of Golestan province, with cereal potyviruses based on 3' region of the genome. *Modern Genetics Journal* 7: 389-396. [Link]
- Mostafavi Neishaburi, F. S., Masumi, M., Nasrollanejad, S., Rahpeyma-Sarvestani, N., & Izadpanah, K. (2015). Analyses of complete nucleotide sequence of iranain isolate of Maize dwarf mosaic virus (MDMV) and notes on the origin and evolution of MDMV. *Iranian J. Plant Pathology* 51: 69-81. [Link]

- Mostafavi Neishaburi, F. S., Yamchi, A., Sabbagh, S. K., & Masumi, M. (2025a). Localization of genetic determinants for pathogenicity of Maize dwarf mosaic virus and Bermudagrass southern mosaic virus. (*in Press*). [Link]
- Mostafavi Neishaburi, F. S., Yamchi, A., Sabbagh, S. K., & Masumi, M. (2025b). Localization of genetic determinants for pathogenicity of Maize dwarf mosaic virus and Bermudagrass southern mosaic virus (*in Press*). [Link]
- Nancarrow, N., Aftab, M., Freeman, A., Rodoni, B., Hollaway, G., & Trębicki, P. (2018). Prevalence and incidence of yellow dwarf viruses across a climatic gradient: A four-year field study in south eastern Australia. *Plant Dis.* 102: 2465–2472. [Link]
- Nancarrow, N., Aftab, M., Hollaway, G., Rodoni, B., & Trębicki, P. (2021). Yield losses caused by barley yellow dwarf virus-PAV infection in wheat and barley: a three-year field study in south-eastern Australia. *Microorganisms* 9 (3): 645. [Link]
- Nematollahi, M. R., Jalali, S., & Sabzi, H. (2007). Study on Maize rough dwarf and Iranian maize mosaic viruses I: Effects of planting date and cultivar. *Seed and Plant* 23: 431-443. [Link]
- Niroumand, N., Razi, H., & Masumi, M. (2012). Study on reaction of fifty wheat genotypes to WSMV in greenhouse trials.
- Nome, S. F., & Tyssandier, E. E. (1984). Maize rough dwarf virus and the Rio Cuarto disease in Argentina. *Maize Virus Dis. Newsl.* 1: 24-25.
- Nourbakhsh, F., Massah, A., Soorni, A., & Talaee, L. (2023). First report of High Plains wheat mosaic virus in Iran. *New Dis. Rep.* 47: e12188. [Link]
- Nourbakhsh, F., Massah, A., Soorni, A., & Talaee, L. (2025). Biological and molecular characterization and phylogenetic analysis of an Iranian isolate of High Plains wheat mosaic virus. *Plant Pathology* 74 (1): 258-269. [Link]
- Nouri, S. (2006). *Comparison of molecular properties and the host ranges of rice black-gall dwarf virus and maize rough dwarf virus in Fars Shiraz university*, MSc Thesis.]. [Link]
- Nouri, S., Masumi, M., Afsharifar, M. R., & Izadpanah, K. (2006). Phylogenetic position of the virus causing rice black gall dwarf in the genus Fijivirus based on nucleotide sequence analysis of the S6, S8 and S10. [Link]
- Oswald, J. W., & Houston, B. (1951). A new virus disease of cereals, transmissible by aphids. *Plant Disease Reporter* 11: 471-475. [Link]
- Pakdel, A., Afsharifar, A. R., Izadpanah, K., & Niazi, A. (2007). Complete sequence of an Iranian isolate of BYDV-PAV and its comparison with related sequences in GenBank. [Link]
- Pakdel, A., Afsharifar, A. R., Niazi, A., & Izadpanah, K. (2007a). Genetic variability of Iranian BYDV-PAV isolates.
- Pakdel, A., Afsharifar, A. R., Niazi, A., & Izadpanah, K. (2007b). Nucleotide sequence of coding regions of an Iranian BYDV-PAV isolates.
- Pakdel, A., Afsharifar, A. R., Niazi, A., Sadeghi, M. S., & Izadpanah, K. (2006). Molecular comparison of BYDV-PAV isolate in central and southern Iran. [Link]
- Pakdel, A., & Radaee, N. (2022). Phylogenetic position of Hamedan isolates of barley yellow dwarf virus using polymerase gene sequence: first report of BYDV-PAS species in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 58 (1), pp.35-42.
- Panahi, P. (2015). *The effect of several natural and synthetic compounds in inducing wheat resistance to Wheat streak mosaic virus* MSc. Thesis. College of Agriculture. Shiraz University.].
- Parizipour, M. H. G., Behjatnia, S. A. A., Afsharifar, A., & Izadpanah, K. (2016). Natural hosts and efficiency of leafhopper vector in transmission of Wheat dwarf virus. *Journal of Plant Pathology* 98 (3): 483-492. [Link]
- Parizipour, M. H. G., Ramazani, L., & Sardrood, B. P. (2018). Temperature affected transmission, symptom development and accumulation of Wheat dwarf virus. *Plant Protection Science* 54 (4): 222-233. [Link]
- Pennazio, S., Roggero, P., & Conti, M. (1996). Yield losses in virus infected crops. *Archives of Protection* 30 (4): 283-296. [Link]
- Peterschmitt, M. (2004). Maize streak diseases. In Pp: 671-675. In: *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Graminae)*. Lapierre H. and Signoret P.-A. (eds.) INRA Edition. Paris. [Link]
- Pfrieme, A. K., Will, T., Pillen, K., & Stahl, A. (2023). The past, present, and future of wheat dwarf virus management—a review. *Plants* 12 (20): 3633. [Link]
- Pirone, T. P. (1972). Sugarcane mosaic virus. *CMI/AAB Description of Plant Viruses*. No. 88. [Link]
- Plumb, R. T. (1995). Epidemiology of barley yellow dwarf virus in Europe. In pp. 107-127. In: *Barley Yellow Dwarf: 40 Years of Progress* (D'Arcy C.J. and Burnett P.A., Eds.). APS Press, St. Paul, Minnesota. [Link]
- Plumb, R. T., & Johnston, G. R. (1995). Cultural, chemical and biological methods for the control of barley yellow dwarf virus. In pp.307-319. In: *Barley yellow Dwarf: 40 years of progress* (D'Arcy C.J. and Burnett P.A., Eds.). APS Press, St. Paul, Minnesota. [Link]
- Pouramini, N., Heydarnejad, J., Massumi, H., & Varsani, A. (2019). Identification of the wild and cultivated hosts of wheat dwarf virus and oat dwarf virus in Iran. *Virus Disease* 30 (4): 545-550. [Link]
- Rabenstein, F., Seifers, D. L., Schubert, J., French, R., & Stenger, D. C. (2002). Phylogenetic relationships, strain diversity and biogeography of tritroviruses. *J. Gen. Virology* 83: 895-906. [Link]
- Rahimian, H., & Izadpanah, K. (1978). Identity and prevalence of mosaic-inducing cucurbit viruses in Shiraz, Iran. *Phytopath. Z.* 92: 305-312. [Link]
- Rahpeyma Sarvestani, N., Masumi, M., Ebrahimie, E., & Izadpanah, K. (2011). Ancestral analysis of Tritimovirus and their evolution. [Link]
- Rahpeyma Sarvestani, N., Ebrahimie, E., Masumi, M., Izadpanah, K., & Ebrahimi, M. (2011). The coiled_coil_region in 5' area of the coat protein of Bermudagrass southern mosaic virus and its possible roles as pathogen facilitator and thermostability.
- Rao, G. P., & Reddy, M. G. (2020). Overview of yield losses due to plant viruses. In *In Applied plant virology* (pp. 531-562). Academic Press. [Link]
- Rastegar, M., Izadpanah, K., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Siampour, M. (2008). Taxonomic Position of Wheat Eqlid mosaic virus Based on Complete Genome. [Link]
- Rastegar, M., Izadpanah, K., Masumi, M., Siampour, M., Zare, A., & Afsharifar, A. R. (2008a). Analyses of the complete sequence of the genome of wheat Eqlid mosaic virus, a novel species in the genus Tritimovirus. *Virus Genes* 37: 212-217. [Link]
- Rastegar, M., Izadpanah, K., Masumi, M., Siampour, M., Zare, A., & Afsharifar, A. R. (2008b). Molecular characterization of wheat Eqlid mosaic virus. [Link]

- Rastegar, M., Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2006). Report of a new virus in wheat in Eqlid region (Fars). [Link]
- Rastgou, M., Khatabi, B., Afsharif, A. R., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2004a). Diagnosis of yellow dwarf disease in cereals by tissue-print immunoassay in comparison to other serological methods. [Link]
- Rastgou, M., Khatabi, B., Afsharif, A. R., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2004b). Nucleotide sequence of a part of Barley yellow dwarf virus-PAV genome. [Link]
- Rastgou, M., Khatabi, B., & Izadpanah, K. (2004). Purification and antiserum preparation of Iranian isolate of Barley yellow dwarf virus-MAV. [Link]
- Rastgou, M., Khatabi, B., Izadpanah, K., & Kvarnheden, A. (2005). Nucleotide sequences of part of Barley yellow dwarf virus-PAV and Cereal yellow dwarf virus-RPV genome from Iran. *Parasitica* 61: 89-94. [Link]
- Rastgou, M., Khatabi, B., Kvarnheden, A., & Izadpanah, K. (2005). Relationships of Barley yellow dwarf virus PAV and Cereal yellow dwarf virus-RPV from Iran with viruses of the family Luteoviridae. *European Journal of Plant Pathology* 113 (3): 321-326. [Link]
- Rastgou, M., Khatabi, B., Yasaei, M., Afsharif, A. R., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2004). Distribution and new hosts of viruses causing yellow dwarf in cereals.
- Redila, C. D., Phipps, S., & Nouri, S. (2021). Full genome evolutionary studies of wheat streak mosaic-associated viruses using high-throughput sequencing. *Front. Microbiol.* 12:699078. [Link]
- Rezaei, M., Izadpanah, K., & Hamzehy-Zarghani, H. (2018). The relationship between population of viruliferous *Laodelphax striatellus* with incidence of diseases caused by maize Iranian mosaic virus and maize rough dwarf virus under field conditions. [Link]
- Sadeghi, E., Dedryver, C., Riault, G., & Gauthier, J. (1997). Variation in transmission of two BYDV-MAV isolates by multiple clones of *Rhopalosiphum padi* L. *Eur. J. Plant Pathol.* 103: 515-519. [Link]
- Saeednia, F., Assad, M., Razi, H., Masumi, M., & Ebrahimie, E. (2012). Study on the inheritance of wheat streak mosaic virus resistance using diallel cross method. *J. of Plant Production* 19:73-88. [Link]
- Sahandpour, A., & Izadpanah, K. (2000). Report of Polymyxa graminis and a virus resembling wheat soilborne mosaic virus from Fars. [Link]
- Sahhafi, S., Bagheri, F., Assad, M., Masumi, M., & Talebi, M. (2012). Evaluation of some biochemical responses in resistance of fifteen bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to Wheat streak mosaic virus. *Journal of Agricultural Science* 4: 75-82. [Link]
- Sahhafi, S. R., Assad, M., Masoumi, M., Razi, H., & Alemzade, A. (2011a). Electrophoresis analysis of protein bands in F2 generation of wheat streak mosaic virus resistant and susceptible bread wheat cultivars. [Link]
- Sahhafi, S. R., Assad, M., Masoumi, M., Razi, H., & Alemzade, A. (2011b). Evaluating regression Relationship among wheat streak mosaic virus symptoms and peroxidase activity changes. [Link]
- Sahhafi, S. R., Assad, M., Masumi, M., Razi, H., & Alemzadeh, A. (2012). Influence of WSMV infection on biochemical changes in two bread wheat cultivars and in their F2 populations. *J. Agr. Sci. Tech.* 14: 399-405. [Link]
- Sahragard, N., Eshaghi, R., Babaee, G., & Izadpanah, K. (2008). The status distribution of BYDV-PAV, BYDV-RPV, BYDV-MAV, BYSMV, WSMV and IMMV in wheat fields in Chahar Mahal va Bakhtiari province during 2006-2007 growing seasons. In *Proc. 18th Iran Plant Protec. Cong., Hamedan* (pp. 538). [Link]
- Sahragard, N., Izadpanah, K., Babaee, G., Eshaghe, R., Afsharif, A. R., & Masumi, M. (2010). Integrated management of viral diseases of winter wheat in Chahar Mahal va Bakhtiari province. In (pp. 135-152). [Link]
- Sahragard, N., Izadpanah, K., & Masumi, M. (2011). Integrated management of barley yellow dwarf Luteovirus of winter wheat and barley in Chahar Mahal va Bakhtiari province. In *1st Plant Virologists Symposium, 8-10 November. College of Agriculture. Shiraz University. Shiraz, Iran.* [Link]
- Sahragard, N., Izadpanah, K., Masumi, M., & Afsharif, A. R. (2006). Effect of planting date and seed-treatment on the yield components and control of yellow dwarf disease in winter barley in Shahrekord. In (pp. 275-291). [Link]
- Sahragard, N., Izadpanah, K., Masumi, M., Babaee, G., & Afsharif, A. R. (2008). Effect of seed treatments with systemic insecticides and use of three cultivars of wheat on control of virus diseases with natural vectors. In *Proc. 18th Iran. Plant Protec. Cong., Hamedan* (pp. 510). [Link]
- Sahragard, N., & Masumi, M. (2004). Yield loss assessment of barley yellow dwarf virus on wheat in Shahrekord town. In *Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress, Vol. 2. Plant Diseases and Weeds. 28 Aug-1 Sep. 2004. University of Tabriz. Tabriz. Iran* (pp. 59). [Link]
- Sahragard, N., Masumi, M., Yassaee, M., & Izadpanah, K. (2006). Evaluation of resistance in some advanced lines of soft wheat and some cultivars of barley to virus diseases in Shahrekord. In *Proc. 17th Iran. Plant Protec. Cong., Karaj* (pp. 41). [Link]
- Sahragard, N., Rastgou, M., Sadeghi, M. S., Babaee, G., Masumi, M., Moeeni, A. A., & Izadpanah, K. (2004). Effect of sowing date on frequency of barley yellow dwarf virus serotypes and disease control in wheat and barley in Shahrekord. In *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz* (pp. 57). [Link]
- Salehi, M., Izadpanah, K., Siampour, M., & Taghizadeh, M. (2009). Molecular characterization and transmission of Bermuda grass white leaf phytoplasma in Iran. *Journal of Plant Pathology*, 655-661. [Link]
- Salehi, M., Nejat, N., Estakhr, A., & Izadpanah, K. (2004). Effect of planting date and plant density on maize rough dwarf virus control. In *The proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress. Tabriz University, Tabriz, Iran* (pp. 112). [Link]
- Schubert, J., Habekuss, A., Kazmaier, K., & Jeske, H. (2007). Surveying cereal infecting geminiviruses in Germany—diagnostics and direct sequencing using rolling circle amplification. *Virus Res.*, 61-70. [Link]
- Scott, G. E., Darrak, L. L., Wallin, J. R., West, D. R., Knoke, J. K., Louie, R., Gadauskas, R. T., Bockholt, A. J., Damsteegt, V. D., & Uyemoto, J. K. (1988). Yield losses caused by maize dwarf mosaic virus in maize. *Crop Sci.*, 691-694. [Link]
- Seifers, D. L., Martin, T. J., Harvey, T. L., & Haber, S. (2007). Temperature-sensitive Wheat streak mosaic virus resistance identified in KS03HW12 wheat. *Plant Disease* (8), 1029-1033. [Link]

- Seifers, D. L., Martin, T. J., Harvey, T. L., Haber, S., & Haley, S. D. (2006). Temperature sensitivity and efficacy of Wheat streak mosaic virus resistance derived from CO960293 wheat. *Plant Disease* (5), 623-628. [Link]
- Sharzei, A., & Izadpanah, K. (1998). Purification, serology and electrophoresis of major or proteins related to Iranian wheat stripe virus. In *Proc. 13th Plant Protec. Cong. Iran., Karaj, Iran* (pp. 60).
- Shikata, E., & Kitagawa, Y. (1977). Rice black-streaked dwarf virus: Its properties morphology and intracellular localization. *Virology*, 826-842. [Link]
- Shirzadinejad, V., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2010a). The effect of the host on the variation and diversity of WSMV. In *19th Iranian Plant Protec. Cong. Tehran, 31 July-3 August* (pp. 704).
- Shirzadinejad, V., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2010b). Molecular differences of Wheat streak mosaic virus isolate in warm and temperate regions. In *19th Iranian Plant Protec. Cong. Tehran, 31 July-3 August* (pp. 703).
- Signoret, P. A., Caciagli, P., & Conti, M. (2004). Maize rough dwarf. In H. Lapiere & P. A. Signoret (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)* (pp. 667-670). INRA Edition.
- Signoret, P. A., & Conti, M. (2004). Barley yellow striate mosaic. In H. Lapiere & P. A. Signoret (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)* (pp. 610-612). INRA Edition.
- Sim, T., Willis, W. G., & Eversmeyer, M. (1988). Knasas plant disease survey. *Plant Dis.*, 832-836. [Link]
- Skoracka, A., Rector, B. G., & Hein, G. L. (2018). The Interface Between Wheat and the Wheat Curl Mite, *Aceria tosichella*, the Primary Vector of Globally Important Viral Diseases. *Front. Plant Sci.*, 1098. [Link]
- Slykhuus, J. T., & Bell, W. (1963). New evidence on the distribution of wheat streak mosaic virus and the relation of isolates from Rumania, Jordan and Canada. *Phytopathology*, 236-237. [Link]
- Smyrnioudis, I. N., Harrington, R., Hall, M., Katis, N., & Clark, S. J. (2001). The effect of temperature on variation in transmission of a BYDV PAV-like isolates by clones of *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 167-173. [Link]
- Soleimani, R., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2006a). Comparison of nucleotide sequence of 3'-region of wheat and *Echinochloa coluum* isolates of Wheat streak mosaic virus. In *Proceeding of the 17th Iranian Plant Protection Congress, Vol. 2. Plant Diseases and Weeds* (pp. 62). [Link]
- Soleimani, R., Masumi, M., Afsharifar, A. R., & Izadpanah, K. (2006b). The role of Eriophyid mites from Bermuda grass and *Echinochloa coluum* in Wheat streak mosaic virus transmission. In *Proceeding of the 17th Iranian Plant Protection Congress, Vol. 2. Plant Diseases and Weeds* (pp. 61). [Link]
- Staples, R., & Allington, W. B. (1956). *Streak mosaic of wheat in Nebraska and its control*. [Link]
- Stenger, D. C., Seifers, D. L., & French, R. (2002). Patterns of polymorphism in wheat streak mosaic virus: sequence space explored by a clade of closely related viral genotypes rivals that between the most divergent strains. *Virology*, 58-70. [Link]
- Tahan, V., Afsharifar, A. R., Sadeghi, M. S., Niazi, A., & Izadpanah, K. (2006). Analysis of genetic diversity among BYDV-PAV isolates in northern provinces of Iran. In *Proc. 17th Iran. Plant Protec. Cong., Karaj* (pp. 51).
- Taherkhani, K. (2016). *Sugarcane Pests and Diseases and their Management in Iran*. Sugarcane & By Products Development Company. [Link]
- Tajook, F., & Pakdel, A. (2024). Determining wheat dwarf virus strain in cereal fields of Hamadan province. In *25th Iranian Plant Protection Congress, 7-10 September 2024, IROST, Tehran* (pp. 1417). [Link]
- Thomas, J. A., Hein, G. L., & Lyon, D. J. (2004). Spread of wheat curl mite and Wheat streak mosaic virus is influenced by volunteer wheat control methods. In *Plant Management Network*. [Link]
- Toler, R. W. (1985). Maize dwarf mosaic, the most important virus disease of sorghum. *Plant Disease*, 1011-1015. [Link]
- Tsai, J. H., & Falk, B. W. (2004). Maize mosaic. In H. Lapiere & P. A. Signoret (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)* (pp. 656-659). INRA Edition.
- Uyeda, I. (2004). Rice black streaked dwarf. In H. Lapiere & P. A. Signoret (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)* (pp. 501-503). INRA Edition.
- Velandia, M., Rejesus, R. M., Jones, D. C., Price, J. A., Workneh, F., & Rush, C. M. (2010). Economic impact of Wheat streak mosaic virus in the Texas High Plains. *Crop Protection* (7), 699-703. [Link]
- Viswanathan, R. (2016). Varietal degeneration in sugarcane and its management in India. *Sugar Tech*, 1-7. [Link]
- Wang, Z. H., Fang, S. G., Wang, F., Qin, G., Sui, Z., Wang, Z., Wang, Z., Yu, J., & Zhang, J. (2006). Improved method for assaying maize plant resistance to maize rough dwarf disease by artificial inoculation and real-time RT-PCR. *E. J. Plant Pathol.*, 289-300. [Link]
- Wiese, W. V. (1987). *Compendium of Wheat Diseases*. APS Press. [Link]
- Williams, L. E., & Alexander, L. J. (1965). Maize dwarf mosaic, a new corn disease. *Phytopathology*, 802-804.
- Yassaie, M., Afsharifar, A. R., Masumi, M., Heydarnejad, J., Sadeghi, M. S., & Izadpanah, K. (2004). Occurrence of viral diseases in rice fields in Fars province. In *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz* (pp. 91).
- Yassaie, M., Afsharifar, A. R., Niazi, A., Salehzadeh, S., & Izadpanah, K. (2011). Induction of resistance to barley yellow dwarf virus (PAV) in bread wheat using post-transcriptional gene silencing (PTGS). *Iranian Journal of Plant Pathology* (1), 67-82.
- Yassaie, M., Afsharifar, A. R., Sadeghi, M. S., Masumi, M., Davoodi, A., & Izadpanah, K. (2006). Evaluation of resistance in some wheat and barley genotypes to barley and cereal yellow dwarf viruses in Kelardasht. In *Proceeding of the 17th Iranian Plant Protection Congress, Vol. 2. Plant Diseases and Weeds* (pp. 44).
- Yassaie, M., Masumi, M., Amin, H., & Izadpanah, K. (2002). Evaluation of Wheat streak mosaic virus response in commercial and native wheat and wheat ancestors. In *Proc. 15th Iran. Plant Protec. Cong.* (pp. 52).
- Yassaie, M., Masumi, M., Amini, A., & Izadpanah, K. (2006). Reaction of some Iranian native wheat lines to Wheat streak mosaic virus under greenhouse conditions. In *Proceeding of the 17th Iranian Plant Protection Congress, Vol. 2. Plant Diseases and Weeds* (pp. 45).
- Yassaie, M., Masumi, M., Amini, A., & Izadpanah, K. (2010). Response of some Iranian native wheat lines to three different Wheat streak mosaic virus isolates. In *19th Iranian Plant Protec. Cong. Tehran* (pp. 740).

- Yassaie, M., Masumi, M., Assad, M. T., Afsharifar, A., & Izadpanah, K. (2011). Exploiting resistance against Wheat streak mosaic virus in Iran. In *1st Plant Virologists Symposium. Shiraz, Iran*.
- Yu, J., & Liu, Y. (2004). Rice black streaked dwarf. In H. Lapierre & P. A. Signoret (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)* (pp. 689-690). INRA Edition. [\[Link\]](#)
- Zadoks, J. C., & Schein, R. D. (1979). *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press. [\[Link\]](#)
- Zahrariev, M., Segura, J., & Henry, M. (2002). Resistance and tolerance to barley yellow dwarf virus in wheat wild relative *Aegilous geniculata*. In M. Henry & A. MacNab (Eds.), *Barley Yellow Dwarf Diseases: Recent Advantage and Future Strategies* (pp. 130-132). CIMMYT.
- Zakeri, A., Masumi, M., & Nasrollahnejad, S. (2011). Study on cross protection between Bermuda grass southern mosaic virus (BgSMV) and Maize dwarf mosaic virus (MDMV). In *The 7th National Biotechnology Congress of I. R. Iran. Tehran* (pp. 424).
- Zakeri, A., Masumi, M., Nasrollahnejad, S., Ghahramani, T., & Izadpanah, K. (2012). Cross protection between maize dwarf mosaic virus and Bermuda grass southern mosaic virus. *Iran. J. Plant Pathol.*, 343-352. [\[Link\]](#)
- Zakeri, A., Masumi, M., & Nasrollah Nejad, S. (2011). Detection of two viruses Maize dwarf mosaic virus (MDMV) and Iranian Johnson grass mosaic virus (IJMV) in maize fields of Gorgan city and study of simultaneous infection in greenhouse and field conditions. In *The 7th National Biotechnology Congress of I. R. Iran. Tehran* (pp. 428). [\[Link\]](#)
- Zakeri, A., Motafavi, N. F., & Nasrollahnejad, S. (2014). Serological and molecular detection of two mosaic borne viruses in maize fields of Golestan province. *New Genetics* (2), 239-244. [\[Link\]](#)
- Zare, A., Masumi, M., Hayati, J., & Izadpanah, K. (2004a). Serological and biological properties of MDMV in Iran. In *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz* (pp. 110). [\[Link\]](#)
- Zare, A., Masumi, M., Hayati, J., & Izadpanah, K. (2004b). Serological comparison and electrophoretic pattern of the coat proteins of potyviruses causing mosaic in maize in Khuzistan Province. In *Proc. 16th Iran. Plant Protec. Cong., Tabriz* (pp. 109). [\[Link\]](#)
- Zare, A., Masumi, M., Heidary, S., & Izadpanah, K. (2006). Report of a new virus associated with mosaic symptom in *Phalaris arundinaceae* in Golpaygan. In *Proc. 17th Iran. Plant Protec. Cong., Karaj* (pp. 455).
- Zare, A., Masumi, M., & Izadpanah, K. (2005). Bermuda grass southern mosaic virus: a distinct Potyvirus infecting several gramineous species in Iran. *Parasitica*, 105-110. [\[Link\]](#)
- Zare, A., Masumi, M., Izadpanah, K., & Hayati, J. (2004). Phylogenetic relationship of potyviruses causing maize mosaic in Khuzistan based on nucleotide sequence of a part of coat protein gene. In *Proc. 2nd Iranian Cong. Virol. Tehran* (pp. 367).
- Zhang, H., Chen, J. P., Lei, J., & Adams, M. J. (2001). Sequence analysis shows that Rice black streaked dwarf virus causes a dwarfing disease on rice, wheat and maize in China. *Eur. J. Plant Pathol.*, 563-567. [\[Link\]](#)
- Zhang, H., Yang, J., Chen, J. P., & Adams, M. J. (2008). A black-streaked dwarf disease on rice in China is caused by a novel fijivirus. *Arch Virol.*, 1893-1898. [\[Link\]](#)
- Zhang, H. M., Chen, J. P., Cheng, Y., Lei, J. L., & Xue, Q. Z. (2001). Cloning and sequencing of the genome segment S9 of Rice black-streaked dwarf virus. *Wei Sheng Wu Xue Bao*, 467-471. [\[Link\]](#)
- Zhao, C., & Zhou, M. (2025). Effect of barley yellow dwarf virus (BYDV) on barley: A precise assessment of reductions in yield components under variable disease severities. *Plant Disease* (1), 37-42. [\[Link\]](#)
- Zinati, Z., Assad, M. T., & Masumi, M. (2008). Effect of elevated temperature on peroxidase activity of WSMV resistance and susceptible wheat cultivars. In *Proc. 18th Iran Plant Protec. Cong., Hamadan* (pp. 508). [\[Link\]](#)
- Zinati, Z., Assad, M. T., Masumi, M., & Alemzadeh, A. (2008). Effect of temperature on the expression of resistance gene and changes in total protein and phenol in bread wheat resistant to Wheat streak mosaic virus. In *Proceeding of the 10th Iranian Congress of Sciences. Karaj* (pp. 137). [\[Link\]](#)
- Zinati, Z., Assad, M. T., Masumi, M., Alemzadeh, A., & Razi, H. (2012). The effect of high temperature treatment on wheat streak mosaic virus resistance and certain resistance-related chemicals in bread wheat. *Iranian Journal of Virology*, 27-35. [\[Link\]](#)
- Zinati, Z., Assad, M. T., Masumi, M., Jamalian, J., & Almzadeh, A. (2008). The effect of temperature on changing Phenol compounds in a bread wheat resistant to Wheat streak mosaic virus. In *Proc. 18th Iran. Plant Protec. Cong., Hamadan* (pp. 471). [\[Link\]](#)