



## گزارش کوتاه

### بررسی آلودگی‌های ویروسی در ارقام پر کاربرد تجاری ذرت در شمال استان خوزستان

محسن حسنی<sup>۱</sup>، مانده لطفی پور<sup>۲\*</sup>، محمد حسین طیب<sup>۳</sup> و محمد قاسمی نژاد<sup>۴</sup>

۱- کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، حفظ نباتات خوزستان، اهواز، ایران

۲- \* نویسنده مسوول: دکتری ویروس‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، جهاد کشاورزی استان خوزستان، اهواز، ایران (maedeh\_lotfipour@yahoo.com)

۳- کارشناسی ارشد علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد شوشتر، حفظ نباتات استان خوزستان، اهواز، ایران

۴- کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، شرکت توسعه کشت ذرت، دزفول، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۳

#### چکیده

ذرت به عنوان یکی از محصولات استراتژیک کشور از سطح کشت بالایی در استان خوزستان برخوردار است. در این مطالعه، آلودگی به سه ویروس مهم خسارت‌زای ذرت شامل ویروس موزاییک ایرانی ذرت (*Maize Iranian mosaic virus, MIMV*)، ویروس موزاییک کوتولگی ذرت (*Maize dwarf mosaic virus, MDMV*) و ویروس موزاییک مخطط گندم (*Wheat streak mosaic virus, WSMV*) در مزارع کشت این محصول در شمال استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰، از ۴۸ مزرعه کشت شده با هیبریدهای ذرت سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۰۳، جوین ۷۰۴، مغان ۷۰۴، فراز، آفرین، کوردونا، سینجتا و آاس ۷۱ در سه شهرستان دزفول، اندیمشک و شوش بازدید به عمل آمد. نمونه‌های بافت برگ از بوته‌های دارای علائم زردی، موزاییک و کوتولگی جمع‌آوری شد. آزمون الیزای غیرمستقیم با کمک آنتی‌بادی‌های چندهمسانه‌ای اختصاصی ویروس‌ها، انجام شد. نتایج نشان داد که از مجموع ۴۸۰ نمونه بررسی شده، ۴۲/۹٪ (۲۰۶ نمونه) به دو ویروس MIMV و MDMV آلوده بودند، اما آلودگی مخلوط از این دو ویروس در بین نمونه‌ها یافت نشد. بیشترین درصد آلودگی (۳۰٪، ۱۴۴ نمونه) مربوط به MIMV بود. دو ویروس MDMV و WSMV به ترتیب ۱۳/۳٪ (۶۴ نمونه) و ۳/۵٪ (۱۷ نمونه) آلودگی را نشان دادند. در بین هیبریدهای آلوده به ویروس‌ها، بیشترین درصد آلودگی مربوط به ویروس MIMV در هیبریدهای فراز و جوین ۷۰۴ به ترتیب با ۵۲/۸٪ (۷۳ نمونه آلوده از ۱۳۸ نمونه آزمایش شده) و ۴۰/۶٪ (۵۹ نمونه آلوده از ۱۴۵ نمونه آزمایش شده) آلودگی بود. کمترین درصد آلودگی نیز به ویروس WSMV تعلق داشت که در هیبرید سینگل کراس ۷۰۳ با ۲/۹٪ (۲ نمونه آلوده از ۶۸ نمونه آزمایش شده) آلودگی مشاهده شد. این مطالعه اولین گزارش از بررسی وقوع ویروس‌های مهم خسارت‌زای ذرت در بین هیبریدهای کشت شده در استان خوزستان است.

**کلیدواژه‌ها:** ویروس موزاییک ایرانی ذرت، ویروس موزاییک مخطط گندم، ویروس موزاییک کوتولگی ذرت، هیبریدهای ذرت

### مقدمه

بعد از گندم و برنج، ذرت (*Zea mays* L.) سومین گیاه مهم زراعی به حساب می‌آید که در شرایط اقلیمی مختلف در مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و معتدله کشت می‌شود (Birch-Thomsen et al., 2007). آلودگی به عوامل بیماری‌زای مختلفی از جمله ویروس‌ها کشت این محصول را با محدودیت مواجه کرده است. تاکنون آلودگی به بیش از ۵۰ ویروس مختلف در گیاه ذرت گزارش شده است که از میان آن‌ها برخی دارای پراکنش جهانی هستند و می‌توانند خسارت زیادی را به محصول وارد کنند (Signoret & Lapierre, 2004). ویروس موزاییک ایرانی ذرت (*Maize Iranian mosaic virus, MIMV*)، ویروس موزاییک کوتولگی ذرت (*Maize dwarf mosaic virus, MDMV*) و ویروس موزاییک مخطط گندم (*Wheat streak mosaic virus, WSMV*) از مهم‌ترین بیماری‌های ویروسی رایج در سراسر دنیا محسوب می‌شوند (Yu et al., 2014).

در ایران علایم موزاییک روی ذرت اولین بار در سال ۱۳۴۷ از یک مزرعه در شهرستان رامجرد استان فارس شناسایی و تحت عنوان MIMV نام‌گذاری شد (Izadpanah et al., 1983). این ویروس متعلق به تیره *Rhabdoviridae* و جنس *Alphanucleorhabdovirus* است که در طبیعت توسط زنجرک‌های *Unkanodes tanasijeveci* و *Laodelphax striatellus* به صورت پایا و تکثیری منتقل می‌شود (Izadpanah et al., 1983). ویروس موزاییک کوتولگی ذرت (MDMV) اولین بار در سال ۱۳۷۹ از مزارع ذرت دشت ناز ساری گزارش شد و سپس پراکنش گسترده آن در استان‌های فارس، گلستان و مازندران گزارش شد (Zakeri et al., 2014). این گونه متعلق به جنس *Potyvirus* و تیره *Potyviridae* است که به روش مکانیکی در آزمایشگاه و با بیش از ۵۰ گونه شته به صورت ناپایا و گردشی در طبیعت منتقل

می‌شود (Kannan et al., 2018). مزارع آلوده به این بیماری ویروسی ۱۰ تا ۴۵ درصد کاهش محصول را نشان داده‌اند. در شرایط بوم‌شناختی مناسب برای فعالیت ناقل، کشت هیبرید حساس و مهاجم بودن سویه ویروس، کاهش ۱۰۰ درصدی عملکرد نیز در اثر آلودگی به این گونه گزارش شده است (Scott & Rosenkranz, 1981). ویروس موزاییک مخطط گندم نیز یکی دیگر از ویروس‌های مهم در جنس *Tritimovirus* از تیره *Potyviridae* است که به عنوان رایج‌ترین بیماری ویروسی موزاییک در گندم شناخته شده است (Slykhuis, 1955). انتقال طبیعی آن در مزرعه توسط کنه پیچیدگی گندم به نام *Aceria tosichella* صورت می‌پذیرد (Sánchez-Sánchez et al., 2001). این ویروس در شرایط محیطی مناسب برای فعالیت ناقل و کشت ارقام حساس گندم زمستانه در امریکا بیش از ۵۸٪ خسارت وارد کرده است (Byamukama et al., 2014). ویروس موزاییک مخطط گندم اولین بار در سال ۱۳۶۵ در مزارع گندم استان فارس شناسایی شد و پس از آن در بیشتر مزارع گندم کشور یافت شده است (Foolad & Izadpanah, 1986). با اینکه WSMV اهمیت اقتصادی زیادی ندارد اما اگر شرایط برای فعالیت کنه مساعد شود، خسارت صد در صدی را به محصول وارد می‌کند. ارزیابی خسارت این ویروس بر روی گندم پاییزه در استان چهارمحال بختیاری ۲۰٪ برآورد شده است (Sahragard et al., 2010). با وجود اهمیت کشت ذرت در استان خوزستان، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص ردیابی این ویروس‌ها در بین هیبریدهای کشت شده ذرت در این استان صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق، بررسی اولیه در مورد وضعیت فراوانی ویروس‌های قید شده در استان خوزستان انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰، نمونه برداری از مزارع ذرت دارای علائم زردی، کوتولگی و موزاییک از مناطق شمالی استان خوزستان شامل شهرستان‌های شوش، اندیمشک و دزفول، که دارای بیشترین سطح زیر کشت ذرت هستند، صورت گرفت. تعداد ۴۸۰ نمونه بافت برگ دارای علائم ویروسی از ارقام مختلف کشت شده در استان شامل مغان ۷۰۴ (۱۲ نمونه)، فراز (۱۳۸ نمونه)، جوین ۷۰۴ (۱۴۵ نمونه)، سینگل کراس ۷۰۳ (۶۸ نمونه)، سینگل کراس ۷۰۴ (۹۳ نمونه) و کوردونا (۲۴ نمونه)، جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. شناسایی آلودگی‌ها با استفاده از آزمون الیزای غیرمستقیم و آنتی‌بادی‌های چندهمسانه‌ای اختصاصی ویروس‌های WSMV، MDMV و MIMV (تهیه شده از مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز) انجام شد (Converse, 1990).

## نتایج و بحث

در این بررسی، تعداد ۴۸۰ نمونه برگ از بوته‌های دارای علائم ویروسی همچون زردی، موزاییک و کوتولگی با آزمون الیزا بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده آلودگی ۱۴۴ نمونه به MIMV بود (۳۰٪ آلودگی)، که بیشترین نرخ وقوع آلودگی را به خود اختصاص داد (جدول ۱). این اولین گزارش از وقوع این ویروس در استان خوزستان است که آلودگی در هر سه شهرستان مورد بررسی شناسایی شد. هیبریدهای جوین ۷۰۴، سینگل کراس ۷۰۴، سینگل کراس ۷۰۳ و فراز به MIMV آلوده بودند که در این میان هیبرید فراز از بیشترین نرخ وقوع آلودگی برخوردار بود (جدول ۱). علائم موزاییک به شکل خطوط موازی زرد رنگ در پهنک برگ‌های این هیبرید به طور واضح مشاهده شد (شکل ۱). نتایج آزمون الیزا از هیبریدهای آفرین، آ اس ۷۱ و سینجنتا که فاقد هر گونه علائم ویروسی بودند نیز منفی شد. درصد

آلودگی ویروس‌های MDMV و SMV نیز به ترتیب ۳٪/۱۳ و ۵٪/۳ برآورد شد. ویروس موزاییک کوتولگی ذرت تنها در شهرستان اندیمشک و در بین هیبریدهای سینگل کراس ۷۰۳، سینگل کراس ۷۰۴ و جوین ۷۰۴ یافت شد که از میان آنها هیبرید جوین ۷۰۴ بیشترین نرخ وقوع آلودگی را نشان داد (جدول ۱).

ویروس موزاییک کوتولگی ذرت قبلاً به عنوان سویه‌ای از ویروس موزاییک نیشکر (*Sugarcane mosaic virus*)، (SCMV) معرفی شده بود اما بعد به عنوان عضو جدیدی از جنس *Potyvirus* مورد تأیید قرار گرفت (Lesemann et al., 1992; Lübberstedt et al., 2006). ویروس موزاییک کوتولگی ذرت بیشتر در استان‌های شمالی کشور و در شرایط دمایی ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد یافت شده است به طوری که در یک بررسی طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴ که در استان گلستان انجام شد از بین ۳۵۰ نمونه جمع‌آوری شده از گیاهان ذرت، سورگوم و برخی علف‌های هرز با علائم زردی و کوتولگی، تعداد ۱۶۷ نمونه (۴۷٪) به این ویروس آلوده بودند (Zakeri et al., 2014). در استان خوزستان علاوه بر SCMV، ویروس موزاییک ایرانی قیاق (*Iranain Johnson grass mosaic virus*, IJMV) از قیاق و ویروس موزاییک جنوبی مرغ (*Bermuda grass southern mosaic virus*, BgSMV) (Masumi et al., 2011) نیز گزارش شده است (Farah Bakhsh et al., 2013). این ویروس‌ها به خصوص BgSMV، از لحاظ سرولوژیکی ارتباط قوی با MDMV دارند و بایستی در مطالعات تکمیلی، نمونه‌های آلوده با روش‌های مولکولی نیز مورد بررسی قرار بگیرند (Masumi et al., 2011). ویروس موزاییک مخطط گندم، گونه رایج در مزارع گندم است و تاکنون ردیابی آن در مزارع ذرت ایران صورت نگرفته است. در تحقیق حاضر برای اولین بار، وقوع این ویروس در هیبریدهای کوردونا، سینگل کراس ۷۰۳ و سینگل کراس ۷۰۴ ذرت در شهرستان اندیمشک گزارش شد.

جدول ۱- نرخ وقوع ویروس‌های آلوده‌کننده ذرت در شهرستان‌های مورد بررسی در این مطالعه

Table 1. Incidence rate of maize-infecting viruses in the counties surveyed in this study

Counties	Hybrid name	Number of			Total number of tested plants
		Infected plant by WSMV	Infected plant by MDMV	Infected plant by MIMV	
Shush	Moghan704	-	-	-	12
	Afarin	-	-	-	-
	Faraz	-	-	73	138
Andimeshk	AS71	-	-	-	-
	Jovin704	-	24	59	145
	S.C.703	2	18	8	68
	S.C.704	10	22	-	72
	Korduna	5	-	-	24
Dezful	S.C.704	-	-	4	21
	Syngenta	-	-	-	-
<b>Total</b>	-	17	64	144	480
<b>Infection rate (%)</b>	-	3.5%	13.3%	30%	-



شکل ۱- علائم زردی و موزاییک بر روی برگ‌های هیبرید فراز آلوده به ویروس موزاییک ایرانی ذرت در شهرستان شوش (A)، هیبرید جوین ۷۰۴ (B) و هیبرید سینگل کراس ۷۰۳ (C) آلوده به ویروس موزاییک کوتولگی ذرت در شهرستان اندیمشک، و علائم موزاییک مخطط در پهنک برگ‌های هیبرید کوردونا آلوده به ویروس موزاییک مخطط گندم در شهرستان اندیمشک (D).

Figure 1. Symptoms of yellowing and mosaic on Faraz hybrid leaves infected with Maize Iranian mosaic virus (MIMV) in Shush County (A), Jovin 704 hybrid (B) and Single-cross 703 hybrid (C) infected with Maize dwarf mosaic virus (MDMV) in Andimeshk county, and symptom of striated mosaic in Korduna hybrid leaves infected with Wheat streak mosaic virus (WSMV) in Andimeshk county (D).

### سپاس‌گزاری

لازم به ذکر است که از مدیریت حفظ نباتات جهاد کشاورزی استان خوزستان که تأمین اعتبار این پروژه را بر عهده داشته و همچنین امکانات آزمایشگاهی را در اختیار اینجانب قرار داده‌اند تشکر ویژه به عمل آید. همچنین از دیگر کارشناسان جهاد کشاورزی که ما را در انجام این تحقیق همراهی کردند قدردانی می‌شود.

با توجه به اهمیت استان خوزستان در تولید ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای کشور، اطلاعات در مورد وقوع این ویروس‌ها و فراوانی آنها در مزارع موجب شده است که تحقیقات گسترده‌تر در زمینه ارزیابی خسارت این ویروس‌ها در استان، بررسی واکنش ارقام مختلف کشت شده به صورت کرت‌های آزمایشی در مزرعه و مطالعات مولکولی تکمیلی در دستور کار قرار بگیرد.

### REFERENCES

- Birch-Thomsen, T., Elberling, B., Fog, B., & Magid, J. (2007). Temporal and spatial trends in soil organic carbon stocks following maize cultivation in semi-arid Tanzania, East Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 79(3), 291-302.
- Byamukama, E., Wegulo, S. N., Tatineni, S., Hein, G. L., Graybosch, R. A., Baenziger, P. S., & French, R. (2014). Quantification of yield loss caused by *Triticum mosaic virus* and *Wheat streak mosaic virus* in winter wheat under field conditions. *Plant disease*, 98(1), 127-133.
- Converse, R. H. (1990). ELISA methods for plant viruses. *Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens*. (pp. 179-196).
- Farah Bakhsh, F., Maesomi, M., Afshari Far, A., & Izadpanah, K. L. (2013). Genetic variation of Bermuda grass southern mosaic virus isolates based on sequence of 3' region of genome. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 49(1), 61-75.
- Foolad, P., & Izadpanah, K. (1986). Identification of *wheat streak mosaic virus* in Iran. *Iran Agricultural Research*, 5(2), 73-84.
- Izadpanah, K., Ahmadi, A., Parvin, S., & Jafari, S. A. (1983). Transmission, particle size and additional host of the Rhabdovirus causing maize mosaic in Shiraz, Iran. *Phytopathology*, 107(3), 283-288.
- Kannan, M., Ismail, I., & Bunawan, H. (2018). *Maize dwarf mosaic virus*: From genome to disease management. *Viruses*, 10(9), 492.
- Lesemann, D. E., Shukla, D. D., Tomic, M., & Huth, W. (1992). Differentiation of the four viruses of the sugarcane mosaic virus subgroup based on cytopathology. In *Potyvirus taxonomy* (pp. 353-361). Springer, Vienna.
- Lübberstedt, T., Ingvarsdson, C., Melchinger, A. E., Xing, Y., Salomon, R., & Redinbaugh, M. G. (2006). Two chromosome segments confer multiple potyvirus resistance in maize. *Plant breeding*, 125(4), 352-356.

Masumi, M., Zare, A., & Izadpanah, K. (2011). Biological, serological, and molecular comparisons of potyviruses infecting poaceous plants in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 47(1), 47-66 (In Farsi with English summary).

Sahragard, N., Izadpanah, K., Babaei, G., Eshaghe, R., Afsharifar, A. R., & Masumi, M. (2010). Integrated management of viral diseases of winter wheat in Chahar Mahal va Bakhtiari province. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 46(2), 135-152 (In Farsi with English summary).

Sánchez-Sánchez, H., Henry, M., Cárdenas-Soriano, E., & Alvizo-Villasana, H. F. (2001). Identification of *Wheat streak mosaic virus* and its vector *Aceria tosichella* in Mexico. *Plant Disease*, 85(1), 13-17.

Sanjabifard, Z., Rajabi Memary, H., & Mehrabi-Koushki, M. (2019). A study on the infection of Sugarcane Mosaic Virus in different cultivars of sugarcane in Khuzestan province. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 50(1), 41-48 (In Farsi with English summary).

Scott, G. E., & Rosenkranz, E. (1981). Effectiveness of resistance to *maize dwarf mosaic* and *maize chlorotic dwarf viruses* in maize. *Phytopathology*, 71(9), 937-941.

Signoret, P. A., & Lapierre, H. (2004). Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae). *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)*, 1-890.

Slykhuis, J. T. (1955). *Aceria tulipae* Keifer (*Acarina: Eriophyidae*) in relation to the spread of wheat streak mosaic. *Phytopathology*, 45(3), 116-128.

Yolken, R. H. (1980). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA): a practical tool for rapid diagnosis of viruses and other infectious agents. *The Yale journal of biology and medicine*, 53(1), 85.

Yu, C., Ai-hong, Z., Ai-jun, R., & Hong-qin, M. (2014). Types of Maize virus diseases and progress in virus identification techniques in China. *Journal of Northeast Agricultural University*, 21(1), 75-83.

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*, 9(2), 239-244 (In Farsi with English summary).



© 2022 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



Short communication

**Investigation of viral infections in commercially used cultivars of maize in the north of Khuzestan province**

M. Hasani<sup>1</sup>, M. Lotfipour<sup>2\*</sup>, M.H. Tabib<sup>3</sup> and M. Qasemi Nejad<sup>4</sup>

1. M.Sc. of Plant Pathology, College of Agriculture, Ilam University, Plant Protection of Agriculture Jihad of Khuzestan, Ahvaz, Iran
2. \*Corresponding Author: Ph.D. of Plant Virology, College of Agriculture, Shiraz University, Agriculture Jihad of Khuzestan, Ahvaz, Iran (Maedeh\_lotfipour@yahoo.com)
3. M.Sc. of Weed Science, College of Agriculture, Shoushtar University, Plant Protection of Agriculture Jihad of Khuzestan, Ahvaz, Iran
4. M.Sc. of Agriculture and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, College of Agriculture, Iranian Company for Maize Development, Dezful, Iran

Received: 4 November 2021

Accepted: 16 February 2022

---

**Abstract**

**Background and Objectives**

Maize (*Zea mays* L.) is the third most important crop after wheat and rice, restricted by various pathogens including viruses. So far, it has infected more than 40 species of viruses with the different genera of maize, some of which are globally distributed which can cause severe damage to the crop. *Maize Iranian mosaic virus* (MIMV), *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV) and *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) are some of the most common viral diseases worldwide and in Iran. The significance of Khuzestan province in the country's maize production necessitates research of the viral infection rates among planted hybrids in the area.

**Material and Methods**

Based on a survey was conducted during 2020-2021, 48 farms cultivated with different maize hybrids named Single Cross 704, Single Cross 703, Jovein 704, Moghan 704, Faraz, Afarin, Korduna, Syngenta and AS 71 in three counties of Dezful, Andimeshk and Shousha. The leaves of the plants that showed the signs of yellowing, mosaic and shortening were collected and transferred to the Jihad Agricultural Laboratory of Khuzestan province. In these samples, ELISA (Enzyme-linked immune sorbent assay, ELISA) was performed with specific polyclonal antibodies.

**Results and Discussion**

The results showed that among 480 samples examined, 43% of the samples were infected with MIMV and MDMV viruses, but no mixed infection of these two viruses was found among the

samples. The highest percentage of infection (30%) was related to MIMV. This is the first report of MIMV in Khuzestan province which was found in all three cities. Faraz hybrid showed the highest sensitivity to the MIMV. MDMV and WSMV showed 13% and 3% incidence rate, respectively. MDMV was found only in Andimeshk and among Single cross 703, Single cross 704 and Jovein 704 hybrids, among them Jovein 704 showed the highest sensitivity. MDMV has a strong serological relationship with *Bermuda grass southern mosaic virus* (BgSMV). Thus, in the future studies, the infected samples should be examined by PCR using specific primers. WSMV is a common virus in wheat fields which was not detected in Iranian maize fields. In this study, for the first time, the presence of this virus was found in Korduna hybrids, Single cross 703 and Single cross 704 in Andimeshk.

**Keywords:** *Maize Iranian mosaic virus, Wheat streak mosaic virus, Maize dwarf mosaic virus, Maize hybrids*

---

Associate editor: S. Tabein (Ph.D.)

**Citation:** Hasani, M., Lotfipour, M., Tabib, M.H., & Qasemi Nejad, M. (2022). Investigation of viral infections in commercially used cultivars of maize in the north of Khuzestan province. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 45(1): 39-44. <https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17364>.