

## بررسی بیوانفورماتیکی پروتئین همولوگ شوک حرارتی جدایه‌های ایرانی ویروس زردی کلروتیک کدوئیان (*Cucurbit chlorotic yellows* *virus*) در افزایش تفاوت ژنتیکی

### Bioinformatics study on the role of homolog heat shock protein 70 gene of Iranian isolates of *Cucurbit chlorotic yellows virus* in increasing genetic variation

زهرا صادقی<sup>۱</sup>، سعید نصرالله نژاد\*<sup>۱</sup>، میلاد لگزیان<sup>۲</sup>، سید اسماعیل رضوی<sup>۱</sup>، مجید جعفری<sup>۳</sup>

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استادیار، گروه گیاهپزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان زاهدان

۳- استادیار، گروه گیاهپزشکی، مجتمع عالی سراوان

Sadeghi Z<sup>1</sup>, Nasrollanejad S\*<sup>1</sup>, Lagzian M<sup>2</sup>, Razavi SE<sup>1</sup>, Jafari M<sup>3</sup>

1. PhD Student, Associate Professor, Assistant Professor, Department of Plant Protection, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Biology, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Higher Educational Complex of Saravan, Iran.

\* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Snasrollanejad1967@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۰۴ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۲۷)

#### چکیده

پروتئین شوک حرارتی در کلستروویروس‌ها نقش‌های متعددی به‌ویژه حرکت سلول به سلول را برای ایجاد آلودگی سیستمیک بر عهده دارد. در پژوهش حاضر، تفاوت ژنتیکی ژن همولوگ پروتئین شوک حرارتی (*HSP70h*) جدایه‌های ایرانی ویروس زردی کلروتیک کدوئیان و همچنین فشار انتخاب وارد شده بر آن‌ها بررسی شد. به این منظور تعداد ۱۹۵ نمونه با علایم زردی، کوتولگی و بدشکلی برگ‌ها از مزارع کدوئیان استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری و با استفاده از آغازگرهای اختصاصی، از منطقه ژنتیکی پروتئین همولوگ شوک حرارتی ویروس CCYV قطعه‌ای به طول ۶۲ جفت‌باز برای ۱۵ نمونه توسط روش RT-PCR تکثیر شد و ۷ جدایه مورد بررسی فیلوژنتیکی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشانگر آلودگی ۷ درصد نمونه‌ها به ویروس زردی کلروتیک کدوئیان در مناطق مورد بررسی بود. آنالیز فیلوژنی توالی‌های نوکلئوتیدی و اسید آمینه‌ای جدایه‌های CCYV را به دو گروه ایرانی و شرق آسیا تقسیم نمود و جدایه‌های سیستان و بلوچستان در دو شاخه مجزا قرار گرفتند. هم‌ردیفی توالی اسید آمینه فرضی پروتئین همولوگ شوک حرارتی و مطالعات فشار انتخاب بر روی ۷ جدایه موجود در تحقیق با ۳ جدایه ایرانی و جدایه‌های خارجی این ویروس نشان داد که ژن *HSP70h* در جدایه‌های ایرانی و سایر جدایه‌های این ویروس تحت فشار انتخاب مثبت در کدون ۸۲ قرار دارند که منجر به تغییر یک اسید نوکلئیک (CTC به TTC) به ترتیب برای جدایه‌های مرکزی و جدایه‌های زابل، هیرمند و نیمروز در موقعیت ۲۴۴ شده و اسید آمینه لوسین به فنیل آلانین در پروتئین همولوگ شوک حرارتی تغییر نموده است. نتایج نشان‌دهنده وجود جدایه‌های متنوع ویروس CCYV در کشور بوده و تفاوت در توالی نوکلئوتیدی و اسید آمینه‌ای می‌تواند حاکی از تفاوت در منشا میزبانی باشد بنابراین فشار انتخاب در تنوع ژنتیکی جدایه‌ها دخالت داشته است.

#### واژه‌های کلیدی

اسید آمینه فنیل آلانین  
پروتئین همولوگ شوک حرارتی (*HSP70h*)  
فیلوژنی  
فشار انتخاب مثبت  
CCYV

استان سیستان و بلوچستان پس از استان کرمان به‌عنوان دومین استان پهناور کشور در جنوب شرقی ایران واقع است. این استان با حدود ۱۸۰,۷۲۶ کیلومتر مربع وسعت کمابیش اندازه کشور سوریه بزرگی دارد و بیش از ۱۱ درصد وسعت ایران را دربرمی‌گیرد و با سطح زیرکشت ۲۳۸۹۴ هکتار و میزان تولید ۵۳۲۹۸۱ تن رتبه پنجم را از نظر تولید محصولات جالیزی و مقام اول تولید هندوانه خارج فصل را در کشور را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al. 2017).

ویروس زردی کلروتیک کدوئیان (*Cucurbit chlorotic yellows virus, CCYV*) عضو جنس *Crinivirus* خانواده *Closteroviridae* می‌باشد (Okuda et al. 2010). در ابتدا در خربزه در ژاپن و همراه با بیماری زردی کدوئیان گزارش شد (Gyoutoku et al. 2009). ژنوم آن دو بخشی شامل ۸۶۰۷ و ۸۰۴۱ عدد نوکلئوتید به ترتیب برای RNA1 و RNA2 می‌باشد. RNA1 پروتئین‌های دخیل در تکثیر را رمزگذاری می‌کند، در حالی که RNA2 ژن‌های دخیل در حرکت و انتقال توسط سفید بالک *Bemisia tabaci* را کدگذاری می‌کند (Orfanidou et al. 2017). این ویروس به روش نیمه پایا توسط بیوتیپ‌های Q و B سفید بالک *B. tabaci* منتقل می‌شود (Li et al. 2016). ویروس CCYV در کشورهای خاورمیانه (لبنان) و آسیایی (چین، ژاپن و تایوان) و همچنین در منطقه مدیترانه گزارش شده است (Gu et al. 2015; Bananej et al. 2013; 2011; Hamed et al. 2010; Huang et al. 2010; Okuda et al. 2010). علائم بر روی کدوئیان شامل: شکنندگی، ضخامت و زردی میانی برگ‌ها که معمولاً بر روی برگ‌های پایین مشخص‌تر است اما به تدریج در شاخ و برگ‌های جدید گسترش می‌یابد و علائم آن قابل تشخیص از سایر کرابینی ویروس‌ها مانند CYSDV و BPYV و یا پولروویروس‌ها (CABYV و PABYV) نیست. در ایران این ویروس اولین بار در سال ۱۳۹۲ از کدوئیان مناطق مرکزی ایران گزارش شد (Bananej et al. 2013). این ویروس نه تنها قادر به آلوده کردن اعضاء خانواده کدوئیان است بلکه گونه‌های حداقل چهار خانواده *Asteraceae*، *Chenopodiaceae*، *Solanaceae* و *Convolvulaceae* میزبان‌های آزمایشی این

ویروس هستند (Okuda et al. 2010). ویروس CCYV در اکثر مناطق مرکزی (تهران و سمنان) و جنوبی کشور شناسایی شده (Bananej et al. 2013; Keshavarz et al. 2013) اما در منطقه جنوب شرق تاکنون بررسی جامعی صورت نگرفته است.

### مواد و روش‌ها

طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۶، از ۵۳ مزرعه جالیز مربوط به محصولات مختلف کدوئیان شامل: هندوانه، خربزه، طالبی، کدو حلوائی و کدو مسمایی در دوازده شهرستان استان سیستان و بلوچستان با شرایط آب و هوایی متفاوت و وسعت زیاد مانند: هامون، نیمروز، زابل، زهک، هیرمند، زاهدان، سراوان، ایرانشهر، کنارک، چابهار، سرباز و نیکشهر تعداد ۱۹۵ نمونه برگ با علائم شبیه به آلودگی‌های ویروسی شامل: زردی، شکنندگی، تردی، زردی رگبرگ و کوتولگی بوته‌ها، جمع‌آوری و برای آزمایش‌های مولکولی به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های برگ با استفاده از کیت NucleoSpin<sup>®</sup> RNA (شرکت Macherey-Nagel، آلمان) و مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده استخراج شد. برای سنتز cDNA از آغازگر عمومی شش نوکلئوتیدی تصادفی و مستر میکس cDNA (SuPrimeScript RT Premix) (شرکت GeNet Bio، کره) در واکنشی با حجم نهایی ۳۰ میکرولیتر استفاده شد. واکنش سنتز cDNA برای هر نمونه، ۱ میکرولیتر از آغازگر (Random Hexamer) (10 pmol) با ۲ میکرولیتر از آر ان ای کل (200 ng/μl) و ۱۵ میکرولیتر از مستر میکس به همراه ۱۲ میکرولیتر آب دیونیزه تهیه شد. برنامه سنتز cDNA شامل یک چرخه دمای ۲۵°C به مدت ۱۰ دقیقه، یک چرخه ۵۰°C به مدت یک ساعت برای فعالیت آنزیم نسخه بردار معکوس و یک چرخه در درجه حرارت ۷۰°C به مدت ده دقیقه برای غیر فعال کردن این آنزیم اجرا شد. در مرحله بعد تکثیر PCR در حجم ۲۵ میکرولیتر حاوی ۱۲/۵ میکرولیتر مستر میکس (شرکت سیناکلون، ایران)، یک ماکرولیتر از هر کدام آغازگرهای CCYV-F پیش رونده و پس رونده CCYV-R با غلظت (۱۰ pmol) منطبق بر بخشی از ژن پروتئین همولوگ شوک حرارتی به ترتیب با توالی‌های 5'-TGCGTATGTCAATGGTGTATG-3' و

جدایه‌های مختلف ویروس CCYV صورت گرفت (جدول ۱). درخت فیلوژنتیک این جدایه‌ها با استفاده از روش Maximum likelihood و مدل Tamura 3-parameter در نرم‌افزار (Kumar et al. 2016) Mega 7.0 و براساس ۱۰۰۰ تکرار (bootstrap)، ترسیم شد. از نرم‌افزار Dna SP version 6.12.03 برای محاسبه پارامترهای ژنتیک جمعیت استفاده شد. همچنین فشارهای انتخابی در سطح کدون بخشی از ژن HSP70h ویروس CCYV با استفاده از نرم‌افزار Hyphy version 2.2.4 و وبگاه Datamonkey به آدرس [www.datamonkey.org](http://www.datamonkey.org) با روش‌های (Fixed Effects Model of Evolution) FEL (Likelihood) و MEME (Single-Likelihood Ancestor Counting) SLAC تخمین زده شد.

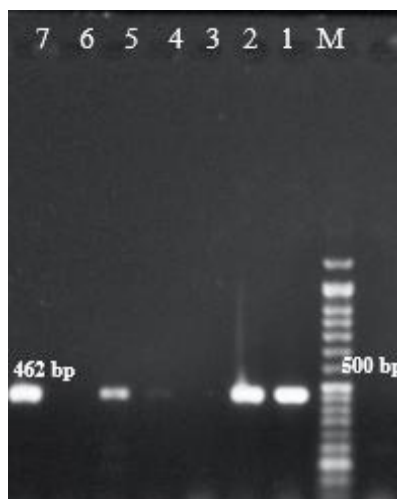
(Zeng et al. 2011) - 5'- ATCCTTCGCAGTGAAAAACC - 3'، آب‌مقطر دیونیزه ۸/۵ میکرولیتر و دن ان ای مکمل ۲ میکرولیتر انجام شد. واکنش PCR با چرخه حرارتی شامل واسرشته‌سازی در دمای ۹۵°C به مدت ۵ دقیقه، اتصال در دمای ۵۸°C به مدت ۴۵ ثانیه و بسط در دمای ۷۳°C به مدت ۴۵ ثانیه و به تعداد ۳۵ چرخه در دستگاه ترموسایکلر (شرکت Biorad، آمریکا) انجام شد. قطعه تکثیر شده در الکتروفورز ژل آگارز یک درصد رویت و از اندازه باند ۴۶۲ جفت‌باز اطمینان حاصل شد. محصول PCR مستقیماً همراه با آغازگرها برای تعیین توالی به شرکت بایونیر (کره جنوبی) ارسال شد. داده‌های نوکلئوتیدی حاصل، در پایگاه اطلاعاتی NCBI با برنامه BLASTn با ترادف‌های موجود در GenBank مقایسه و با استفاده از نرم‌افزار Clustal X (Thompson et al. 2002) هم‌ردیف‌سازی چندگانه

جدول ۱- شماره دسترسی، منشا (کشور) و میزبان‌های جدایه‌های مختلف CCYV موجود در بانک ژن NCBI و مورد استفاده برای تجزیه‌های تبارزایی و فشار انتخاب

| میزبان                                 | منشا                    | شماره دسترسی در NCBI | میزبان                 | منشا            | شماره دسترسی در NCBI |
|--|-------------------------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------------|
| <i>Cucumis melo var. canaloupensis</i> | Zabol (In this study)   | MH939359             | <i>Cucumis melo</i>    | China           | KY400633             |
| <i>Cucumis melo var. canaloupensis</i> | Hirmand (In this study) | MH939358             | Cucumis                | China: Beijing  | JQ904629             |
| <i>Cucumis melo var. canaloupensis</i> | Hamon (In this study)   | MH939357             | <i>Cucumis sativus</i> | Iran: Semnan    | KC559449.1           |
| Watermelon                             | Nimruz (In this study)  | MH939356             | <i>Cucumis sativus</i> | Iran: Tehran    | KC559451.1           |
| <i>Cucumis melo</i>                    | Hirmand (In this study) | MH939355             | <i>Cucumis melo</i>    | Iran: Semnan    | KC559450.1           |
| <i>Cucumis melo var. canaloupensis</i> | Zahak (In this study)   | MH939360             | <i>Cucumis sativus</i> | China: Ningbo   | HM581659.1           |
| <i>Cucumis melo var. cantalupo</i>     | Konark (In this study)  | MH660532             | <i>Cucumis melo</i>    | China           | HQ148667.1           |
| -                                      | China: Henan            | KU507602             | <i>Cucumis melo</i>    | Taiwan: Yunlin  | HM120250.1           |
| <i>Cucumis melo</i>                    | Taiwan: Yilan           | JF502222.1           | <i>Cucumis melo</i>    | Japan: Kumamoto | NC_018174            |
| muskmelon                              | Taiwan: Yilan           | JN126046.1           | <i>Cucumis sativus</i> | Japan: Kumamoto | AB523789             |
| <i>Cucumis sativus</i>                 | Lebanon                 | JX014263.1           | <i>Cucumis sativus</i> | China: Ningbo   | GU721110.1           |
|  |                         |                      | melon                  | China           | KY400632.1           |

نتایج

جدایه‌های از چین، ژاپن، تایلند و جدایه‌ی ایران (کنارک) می‌باشد، در حالی‌که گروه دوم تنها شامل جدایه‌هایی از مناطق جنوب شرق و مرکزی ایران بود. جدایه‌های ایران به دو زیرگروه مرکزی (جدایه‌های که قبلاً گزارش شده بودند) و جنوب شرق (جدایه‌های تعیین توالی شده در این تحقیق) تقسیم شدند.



شکل ۱- نتایج آزمون پی سی آر در ژل آگارز ۱ درصد مربوط به بخشی از ناحیه ژن رمزکننده پروتئین همولوگ شوک حرارتی ویروس زردی کلروتیک کدویان (CCYV) (۶۲۲ bp)، چاهک ۱، ۲، ۵ و ۷ باند حاصل از آغازگرهای (CCYV R/ CCYVF)، چاهک M مربوط به نشانگر اندازه Gene ruler DNA ladder 50 bp (شرکت فرمتاس، لیتوانی).

نتایج بررسی‌های مولکولی روی نمونه‌های گیاهی (هندوانه، خربزه، طالبی، کدومسمایی و کدو حلوائی) مشکوک به بیماری ویروسی نشان داد؛ ۱۱۶ نمونه از ۱۹۵ نمونه آلوده به ویروس‌های شایع کدویان از قبیل: ویروس شته زاد کدویان (CABYV)، ویروس اختلال کوتولگی زردی کدویان (CYSDV)، ویروس زردی رگبرگ خیار (CVYV) و ویروس کوتولگی سبزرده هندوانه (WmCSV) بودند و قطعه‌ای به اندازه‌ی ۶۲۲ جفت‌باز از ناحیه HSP70h در ۱۵ نمونه (جدول ۲) با استفاده از آغازگرهای اختصاصی CCYV تکثیر شد (شکل ۱). پس از تعیین توالی و نتایج BLASTn، مشخص شد؛ قطعات تکثیر شده در آر تی- پی سی آر مربوط به بخشی از ژن HSP70h ویروس CCYV می‌باشند و جدایه MH939357 جداشده از گیاه طالبی بیشترین شباهت در سطح نوکلئوتیدی و آمینو اسیدی (۱۰۰ درصد) با جدایه‌های (MH939360 و MH939358) که میزبان آن‌ها طالبی می‌باشد، داشت و با جدایه‌های دیگر سیستان و بلوچستان (MH939355، MH939359 و MH939356) دارای ۹۹/۷۶ درصد تشابه نوکلئوتیدی دارد و دو جدایه‌ی هیرمند (MH939355) و نیمروز (MH939356) نیز دارای تشابه نوکلئوتیدی ۱۰۰ درصدی می‌باشند. براساس تجزیه کلاستر توالی‌ها به روش Maximum likelihood، کلیه جدایه‌های مورد مطالعه از مناطق مختلف دنیا در ۲ گروه فیلوژنتیکی قرار گرفتند (شکل ۴). گروه اول شامل

جدول ۲- وضعیت آلودگی ویروس CCYV در مزارع استان سیستان و بلوچستان

| محل نمونه‌برداری | میزبان                      | تعداد نمونه‌های آلوده به ویروس CCYV | تعداد نمونه‌های آلوده به ویروس‌های کدویان | تعداد نمونه‌های مورد آزمایش |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------|
| زاهدان           | طالبی                       | -                                   | ۳   | ۶                           |
| سراوان           | هندوانه و طالبی             | -                                   | ۶   | ۷                           |
| ایرانشهر         | هندوانه                     | -                                   | ۶   | ۱۲                          |
| نیکشهر           | کدومسمایی، طالبی و هندوانه  | -                                   | ۱۴  | ۲۱                          |
| کنارک            | طالبی و هندوانه             | ۱                                   | ۹   | ۲۰                          |
| چابهار           | کدو حلوائی و هندوانه        | -                                   | ۱۲  | ۱۸                          |
| سریاز            | کدو مسمایی، طالبی و هندوانه | -                                   | ۶   | ۱۵                          |
| هامون            | خربزه و هندوانه             | ۲                                   | ۱۲  | ۱۵                          |
| زابل             | خربزه و هندوانه             | ۲                                   | ۵   | ۱۵                          |
| هیرمند           | خربزه و هندوانه             | ۶                                   | ۸   | ۲۰                          |
| زهک              | خربزه و هندوانه             | ۲                                   | ۲۵  | ۳۰                          |
| نیمروز           | خربزه و هندوانه             | ۲                                   | ۱۰  | ۱۶                          |

ایران به آسیای شرقی کم و تفاوت ژنتیکی زیاد می‌باشد. تاکنون توالی از استان سیستان و بلوچستان از ویروس زردی کلروتیک کدوئیان در بانک ژن ثبت نشده بود توالی‌های مزبور با رس شماره‌های MH939357, MH939355, MH939358, MH939360, MH939356, MH939359 و MH660532 در بانک ژن ثبت شده است.

| Species/Abbrev | 50   | 60 | 70 | 80 | 82 | 90 | 100 |
|----------------|--|----|----|----|----|----|-----|
| 1. MH660532.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 2. MH939355.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIIVRGGTGWQ*CGIDWN*SRFFVHVHS*TVDFIVR*DSGGTIFKS |    |    |    |    |    |     |
| 3. MH939359.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIIVRGGTGWQ*CGIDWN*SRFFVHVHS*TVDFIVR*DSGGTIFKS |    |    |    |    |    |     |
| 4. MH939351.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIIVRGGTGWQ*CGIDWN*SRFFVHVHS*TVDFIVR*DSGGTIFKS |    |    |    |    |    |     |
| 5. MH939357.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIIVRGGTGWQ*CGIDWN*SRFFVHVHS*TVDFIVR*DSGGTIFKS |    |    |    |    |    |     |
| 6. MH939360.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIIVRGGTGWQ*CGIDWN*SRFFVHVHS*TVDFIVR*DSGGTIFKS |    |    |    |    |    |     |
| 7. MH939358.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIIVRGGTGWQ*CGIDWN*SRFFVHVHS*TVDFIVR*DSGGTIFKS |    |    |    |    |    |     |
| 8. KC999510.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 9. GU721111.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 10. J014263.1  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 11. KC597623.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 12. GU721109.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 13. JF807055.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 14. KY409633   | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 15. JQ904629   | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 16. KC559449.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 17. KC559451.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 18. KC559450.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 19. HM581659.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 20. HQ148697.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 21. JN120250.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 22. NC_018174  | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 23. AB523789.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 24. GU721110.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 25. JQ904629.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 26. JN120250.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 27. JF502222   | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |
| 28. KU507602.1 | EMGRCR*NOF**NKRKNKTIICGGVRW**CGIDWN*SWFLMYVHS*TADFIVR*DSGGTIFKS  |    |    |    |    |    |     |

شکل ۲- هم‌ردیفی توالی‌های اسید آمینه بخشی از ژن پروتئین همولوگ شوک حرارتی (HSP70h) جدایه‌های CCYV مورد بررسی در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Mega 7.0، اسید آمینه در موقعیت ۸۲ جدایه‌های مرکزی ایران و سه جدایه‌ی سیستان و بلوچستان به اسید آمینه فنیل آلانین تغییر یافته است.

| Species/Abbrev | Group Name | Sequence   |
|----------------|------------|--|
| 1. MH660532.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 2. MH939355.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 3. MH939359.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 4. MH939351.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 5. MH939357.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 6. MH939360.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 7. MH939358.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 8. KC999510.1  |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 9. JQ904629    |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 10. KC559449.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 11. KC559451.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 12. KC559450.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGAGGTTTTCGTGCACGTACACAGTTAAACAGTTGATTTTATTGT |
| 13. HM581659.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 14. HQ148697.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 15. HM120250.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 16. NC_018174  |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 17. AB523789.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 18. GU721110.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 19. JQ904629.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 20. JN120250.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 21. JF502222   |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |
| 22. KU507602.1 |            | AATTGACTGGAATTGATCGTGGTTTCATGTACGTACACAGTTAAACAGCTGATTTTATTGT  |

شکل ۳- هم‌ردیفی توالی‌های اسید نوکلئوتید بخشی از ژن همولوگ پروتئین شوک حرارتی (HSP70h) جدایه‌های CCYV مورد بررسی در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Mega 7.0، اسید نوکلئیک در موقعیت ۲۴۴ جدایه‌های مرکزی ایران و سه جدایه‌ی سیستان و بلوچستان به باز تیمین (T) تغییر یافته است.

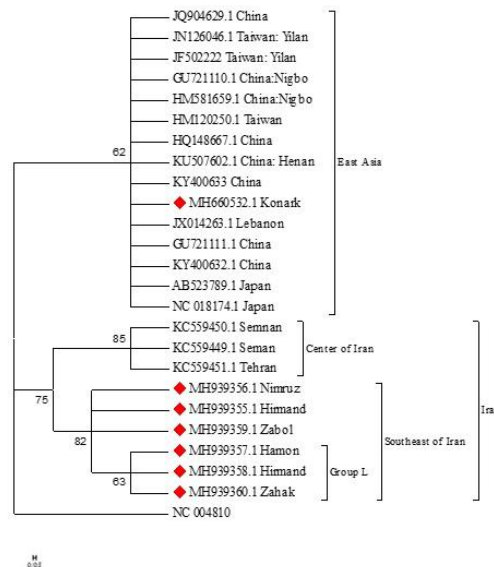
نتایج حاصل از تجزیه فیلوژنتیکی نشان داد که جدایه‌های سیستان و بلوچستان در دو شاخه قرار گرفتند، جدایه‌های (MH939355)، MH939359 و MH939356 در یک شاخه مجزا و از روی میزبان‌های مختلف جمع‌آوری شدند و جدایه‌های (MH939357) MH939358، و MH939360 در گروه L قرار گرفتند و فقط از روی طالبی جداسازی شدند.

نتایج آنالیزهای فشار انتخاب براساس بخشی از ژن پروتئین همولوگ شوک حرارتی نشان داد؛ از ۲۱ (۵۳) جدایه در روش FEL کدون ۸۲ به‌عنوان مثبت انتخاب شد، در حالی‌که در روش MEME یک کدون اضافی (کدون ۳) شناسایی شد که در تنوع نقش دارد. در نهایت، ۲ کدون شناسایی شد که همه در نیمه ابتدایی ۵' ژن Hsp70h قرار داشتند. موقعیت‌های منفی توسط این روش‌ها شناسایی نشد. (جدول ۳). مشخص شد که کدون ۸۲ در جدایه‌های مرکزی و سه جدایه‌ی از هیرمند، زابل و نیمروز اسید آمینه فنیل آلانین (F) را کد می‌کنند و در موقعیت ۲۴۴ اسید نوکلئوتید به باز تیمین تغییر یافته در حالیکه این کدون در جدایه‌های دیگر از این استان و آسیای شرقی اسید آمینه لوسین (L) را کد می‌کند احتمالاً این موضوع سبب قرار گرفتن جدایه‌های ایرانی در زیر گروه‌های جدا و تقسیم شدن جدایه‌های شمال سیستان و بلوچستان به دو شاخه مجزا می‌باشد (شکل ۲ و ۳).

جدول ۳- نتایج آنالیزهای انتخاب کدون با استفاده از روش‌های انتخاب (MEME و FEL, SLAC) بر روی ژن شوک حرارتی ویروس CCYV

| موقعیت موتیف  | مثبت       | خنثی      | منفی       | روش    |
|---------------|------------|-----------|------------|--------|
| اسید آمینه‌ای | (Positive) | (Neutral) | (Negative) | method |
| ۸۲            | ۱          | -         | ۰          | FEL    |
| ۳ و ۸۲        | ۲          | -         | ۰          | MEME   |
| -             | ۰          | ۰         | ۰          | SLAC   |

میزان Fixation index ( $F_{ST}$ ) شاخص جریان ژنی (Gene flow) برابر با ۰/۹۴ و نشان‌دهنده این است که جریان ژنی بین جمعیت



شکل ۴- نمودار درختی رسم شده به روش Maximum Likelihood بر اساس توالی نوکلئوتیدی قطعه ۶۲ جفت‌بازی ژن همولوگ پروتئین شوک حرارتی جدایه ویروس CCYV و جدایه‌های موجود در بانک ژن NCBI. ویروس اختلال کوتولگی زرد کدوئیان (با رس شمار NC\_004810) به‌عنوان عضو برون گروه انتخاب شد. جدایه‌های مورد بررسی در این تحقیق با ♦ نشان داده شده‌اند.

### بحث

L مشاهده شد و احتمالاً در حرکت بین سلولی ویروس نقش دارد و باعث تنوع ژنتیکی بالای این جدایه‌ها شده است. همچنین با توجه به تفاوت نوکلئوتیدی زیاد جدایه‌های ایران با جدایه‌های شرق آسیا این طور به نظر می‌رسد که فشار انتخاب مثبت روی جدایه‌های ایرانی زیاد است چرا که باعث تغییرات آمینواسیدی زیادی شده است.

جدایه‌های CCYV بر اساس توزیع جغرافیایی و تخصص میزبانی مورد بررسی فیلوژنی قرار گرفتند. طبیعی است که تنوع جغرافیایی و میزبانی می‌تواند رابطه مستقیم با تغییرات نوکلئوتیدی و آمینواسیدی داشته باشد و فشار انتخاب میزبانی در تنوع ژنتیکی آن‌ها دخالت داشته است (Nourinejad Zarghani et al. 2017).

بنابراین سه جدایه توالی‌یابی شده از روی طالبی در گروه L تفاوت زیادی با جدایه‌های دیگر داشتند. در نتیجه تغییر در موتیف آمینواسیدی فنیل آلانین در جدایه‌های ایران نسبت به جدایه‌های شرق آسیا نشان می‌دهد که فشار انتخاب مثبت روی ژن *HSP70h* زیاد است چرا که باعث تغییرات آمینواسیدی شده است.

از آنجا که ارقام مختلفی از کدوئیان در ایران کشت می‌شوند، بنابراین قرار گرفتن جدایه‌های ایران در دو شاخه مجزا (مرکزی و جنوب شرق) می‌تواند دلیل بر سازگاری تخصصی واریانت‌های

تنوع ژنتیکی CCYV به طور دقیق مورد مطالعه قرار نگرفته است، شاید به علت تعداد کم توالی‌های کامل و جزئی موجود در بانک ژن، مطابق با نتایج این تحقیق، جدایه‌های ایران تفاوت قابل توجهی را نسبت به جدایه‌های مناطق جغرافیایی مختلف (غیر ایرانی) نشان دادند که با نتایج بررسی (Keshavarz et al. 2013) مطابقت داشت. این احتمال وجود دارد که جدایه‌های CCYV هم دارای یک گروه‌بندی ژنتیکی (زیرگروه‌های غربی و شرقی) اما با نام‌گذاری متفاوت، مشابه با ویروس *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (Abrahamian and Abou-Jawdah. 2014).

توالی آمینواسیدی بخشی از ژن *HSP70h* جدایه‌های سیستان و بلوچستان از ۱۴۳ آمینواسید تشکیل شده است و این پروتئین در حرکت سلول به سلول ویروس‌ها از طریق پلاسمودسماتا از طریق فعالیت ATPase نقش دارد و در واقع یک نوع پروتئین حرکتی ویژه محسوب می‌شود. دارای دو دامنه می‌باشد، دامنه ATPase N-terminal و دامنه C-terminal که حاوی گیرنده‌های پیپتیدی است (Alzhanova et al. 2001). موتیف آمینواسیدی در موقعیت ۸۶ در ترادف‌های آمینواسیدی جدایه‌های مرکزی و گروه

(2013) و نیز یافته‌های حاصل از این تحقیق در استان سیستان و بلوچستان حاکی از گسترش و پراکنش سراسری ویروس CCYV در جنوب کشور است.

بنابراین با توجه به کشت فراوان جالیز در جنوب کشور به‌کارگیری ارقام مقاوم از مؤثرترین راه کنترل این بیماری ویروسی می‌باشد و با توجه به اینکه توصیه ارقام مقاوم در هر منطقه، با آگاهی از نوع جدایه‌های ویروس موجود در آن منطقه امکان پذیر است پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری در زمینه شناسایی جدایه‌های این ویروس، تعیین مشخصات مرتبط با بیماری‌زایی و تنوع ژنتیکی آن‌ها در جهت درک بهتر از وضعیت جدایه‌های ایرانی CCYV به‌دست آورد.

ویروسی با ارقام مختلف باشد. از سوی دیگر وجود فشار انتخاب مثبت در نیمه ابتدایی 5 ژن پروتئین همولوگ شوک حرارتی با نقش حرکت سیستمیک در گیاه در جدایه‌های ایرانی نشان از تثبیت برخی جهش‌ها در این ناحیه و افزایش کارایی پروتئین شوک حرارتی و سازگاری بیشتر این پروتئین با میزبان در ایران شده است و نشان‌دهنده قدمت طولانی این ویروس بومی در ایران است و به احتمال زیاد جدایه‌هایی از این ویروس از ایران به سایر نقاط جهان توسط داد و ستدهای بین‌المللی از طریق دریا انتقال یافته و در آنجا با شرایط محیطی سازگار شده باشند چرا که جدایه‌های جنوب شرق آسیا در کلاستر مجزا قرار گرفته‌اند. از طرفی تحقیقات گذشته در استان هرمزگان ( Keshavarz et al.

### منابع

Abrahamian PE, Abou-Jawdah Yusuf (2014) Whitefly-transmitted criniviruses of cucurbits: current status and future prospects. *Virus Disease* 25:26-38.

Al-Saleh MA, Al-Shahwan I, Amer MA, Shakeel MT, Abdalla AO, Orfanidou C, Katis NI (2015) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* in cucumber in Saudi Arabia. *Plant Disease* 99:734.

Ahmadi K, Ebadzadeh HR, Abdi Shah H, Kazemian A, Rafiei M. (2017). Agricultural statistics crop year 2016-2017. Ministry of Agriculture jahad, Iran.

Alzhanova DV, Napuli AJ, Creamer R, Dolja VV (2001) Cell-to-cell movement and assembly of a plant closterovirus: roles for the capsid proteins and Hsp70 homolog. *EMBO Journal* 20:6997-7007.

Bananej K, Menzel W, Kianfar N, Vahdat A, Winter S (2013) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* infecting cucumber, melon and squash in Iran. *Plant Disease* 97:1005.

Gu QS, Liu YH, Wang YH, Huangfu WG, Gu HF, Xu L, Song FM, Brown JK (2011) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* in cucumber, melon, and watermelon in China. *Plant Disease* 95:73.

Gyoutoku Y, Okazaki S, Furuta A, Etoh T, Mizobe M, Kuno K, Hayashida S, Okuda M (2009) Chlorotic yellows disease of melon caused by *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a new crinivirus. *Japanese Journal of Phytopathology* 75:109-111.

Hamed K, Menzel W, Dafalla G, Gadelseed AMA, Winter S (2011) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* infecting muskmelon and cucumber in Sudan. *Plant Disease* 95:1321.

Huang LH, Tseng HH, Li JT, Chen TC (2010) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* infecting cucurbits in Taiwan. *Plant Disease* 94:1168.

Keshavarz T, Shams-Bakhsh M, Izadpanah K, Malboobi MA (2013) Occurrence and Genome Analysis of *Cucurbit chlorotic yellows virus* in Iran. *Journal of Phytopathology* doi: 10.1111/jph.12212.

Kumar S, Stecher G, Tamura K (2016) MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33:1870-1874.

Li J, Liang X, Wang X, Shi Y, Gu Q, Kuo YW, Falk BW, Yan F (2016) Direct evidence for the semipersistent transmission of *Cucurbit chlorotic yellows virus* by a whitefly vector. *Scientific Reports* 6:36604.

Okuda M, Okazaki S, Yamasaki S, Okuda S, Sugiyama M (2010) Host range and complete genome sequence of *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a new member of the genus *Crinivirus*. *Phytopathology* 100:560-566.

Orfanidou CG, Baltzi A, Dimou NA, Katis NI, Maliogka VI (2017) *Cucurbit chlorotic yellows virus*: Insights into Its Natural Host Range, Genetic Variability, and Transmission Parameters. *Plant Disease* 101:2053-2058.

Thompson JD, Gibson T, Higgins DG (2002) Multiple sequence alignment using ClustalW and ClustalX. *Current Protocols in Bioinformatics* 2:3-22.

Zeng R, Dai FM, Chen WJ, Lu JP (2011) First Report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* Infecting Melon in China. *Plant Disease*. 95: 354.