

## ارزیابی مزرعه‌ای واکنش فامیل‌های نیمه خواهری چغندر قند به بیماری سفیدک سطحی

الهام معاون<sup>۱\*</sup>، اباذر رجبی<sup>۲</sup> و محسن آقایی زاده<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. محقق، دانشیار پژوهش و استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱)

### چکیده

در این تحقیق، واکنش ۱۳۸ ژنوتیپ چغندر قند شامل ۱۲۷ فامیل نیمه خواهری (HSF) و ۱۱ جمعیت والدینی آن‌ها به همراه دو شاهد مقاوم و حساس نسبت به بیماری سفیدک سطحی ناشی از قارچ *Erysiphe betae* (Weltzien Vanha) در شرایط مزرعه در ایستگاه تحقیقات چغندر قند مهندس مظهری کرج در سال ۱۳۹۲ تعیین شد. بر پایه روند شدت آلودگی در ۳۰ مرداد، شمار ۲۲ ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم (با شدت آلودگی کمتر از ۲/۵) شناسایی شدند. در این میان، فامیل‌های HSF-850، HSF-848 و HSF-853 به ترتیب با شدت آلودگی ۱، ۱/۲ و ۱/۳ به‌عنوان مقاوم‌ترین فامیل‌ها بودند. تجزیه رگرسیون نشان داد، با افزایش شدت بیماری، عملکرد شکر سفید و عیار قند کاهش می‌یابد. با انجام تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌های والدینی اولیه و فامیل‌های به‌دست‌آمده به ۷ گروه تقسیم شدند. در این میان، اغلب ژنوتیپ‌های متحمل/مقاوم در گروه ۵ قرار گرفتند که می‌توان از آن‌ها برای انتقال مقاومت بهره گرفت. در گروه ۲، ژنوتیپ‌های HSF-584، HSF-582، HSF-557، HSF-551، HSF-866، HSF-844، HSF-670، HSF-556، HSF-628، HSF-610، HSF-564، HSF-685، HSF-619، HSF-664 و HSF-558 قرار داشتند که وضعیت بسیار مطلوب از نظر عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، درصد قند قابل استحصال و عیار قند داشتند. لذا می‌توان از این فامیل‌ها به‌عنوان والد گرده‌افشان برای تهیه رقم‌های هیبرید (دورگ) استفاده کرد یا در چرخه بعدی گزینش، از آن‌ها فامیل‌های نیمه خواهری یا تمام خواهری جدید تهیه کرد.

واژه‌های کلیدی: *Erysiphe betae*، آسیب و زیان، رقم، ژنوتیپ، مقاومت.

## Field evaluation of sugar beet half-sib families' reaction to powdery mildew

Elham Moaven<sup>1\*</sup>, Abazar Rajabi<sup>2</sup> and Mohsen Aghaizadeh<sup>3</sup>

1, 2, 3. Researcher, Associate Professor and Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

(Received: Dec. 27, 2016 - Accepted: Feb. 20, 2018)

### ABSTRACT

In this research, the reaction of 138 sugar beet half-sib families and their 11 parental populations to powdery mildew (*Erysiphe betae* Weltzien Vanha) was studied in a randomized complete block design with three replications at Motahari Research Station, Karaj, Iran in 2013. A linear scale of 0-9 was used for disease rating. On the basis of disease scoring conducted in 10<sup>th</sup> September, 22 genotypes with a score lower than 2.5 were found to be disease resistant. The families HSF-850, HSF-853, and HSF-848 with the disease score of 1, 1.2, and 1.3, respectively, were the most resistant families. Regression analysis showed that white sugar yield and sugar content were decreased by increasing the disease. Cluster analysis classified the initial populations as well as their half-sib families into 7 groups. Among these, most of the tolerant/resistant genotypes were clustered in the group 5 which could be used for resistance transfer. The cluster 2 included the genotypes HSF-584, HSF-582, HSF-557, HSF-551, HSF-866, HSF-844, HSF-670, HSF-556, HSF-628, HSF-610, HSF-564, HSF-685, HSF-619, HSF-664, and HSF-558 which were considered as families with optimum root yield, white sugar yield, white sugar content and sugar content. Therefore, these families could be used as pollinator parents to develop hybrid varieties or they can be exploited in the next cycle of family selection to develop new half-sib or full-sib families.

**Keywords:** *Erysiphe betae*, genotype, loss, resistance, variety.

\* Corresponding author E-mail: e\_moaven@yahoo.com

### مقدمه

بیماری سفیدک سطحی که عامل آن، قارچ *Waltzien Erysiphe betae* (Vanha) است، در چغندرقد (*Beta vulgaris*) و برخی علف‌های هرز دیده می‌شود. در نتیجه رخداد این بیماری، برگ‌های چغندرقد شادابی و طراوت خود را از دست می‌دهند و بوته‌ها پژمرده شده و رشدشان کم می‌شود. میزان آسیب و زیان این بیماری بستگی به زمان و میزان آلودگی مزرعه دارد، بدین ترتیب که هر چه چغندرقد زودتر آلوده شود و میزان آلودگی بوته‌ها بیشتر باشد آسیب و زیان بیماری بیشتر است. پیدایش اولیه و مؤثر بیماری به‌طور عمده از مناطقی گزارش شده که در آن‌ها، دوره‌های خشک طی فصل رشد، غالب است. گرما و خشکی گسترش بیماری را شدت می‌بخشد. بر همین اساس، این بیماری با شرایط مناطق نیمه‌خشک با اقلیم گرم و خشک و نوسان گسترده دما و رطوبت سازش یافته است (Sheikholeslami, 2005). نخستین نشانه‌های بیماری در اواسط مرداد ظاهر می‌شود و در صورت حساسیت بالای رقم‌ها تا پایان مرداد ادامه می‌یابد. بهترین دما برای رشد قارچ عامل بیماری، ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس است. این بیماری سبب کاهش محصول و میزان قند در ریشه‌های چغندرقد می‌شود.

هرساله بخش قابل‌توجهی از شکر تولیدی در نتیجه فعالیت قارچ عامل بیماری از دست می‌رود (Weltezein, 1963; Grimmer et al., 2007; Kontradowitz & Verreet, 2009) و این بیماری حتی باعث کاهش عملکرد تا ۳۰ درصد نیز می‌شود (Grimmer et al., 2007). نتایج بررسی‌ها نشان داد، هنگامی ظهور نشانه‌های بیماری در اواخر جولای (اوایل مردادماه) مشاهده شد، حدود ۲۵ درصد از چغندرکاری‌ها در اوایل شهریورماه (پایان آگوست) آلوده شدند، حال آنکه در کشت‌های تأخیری، آلودگی کمتر بوده که علت آن حساسیت کمتر گیاهان جوان است. در صورت وقوع زودهنگام بیماری در تیرماه، رقم‌های حساس نابود می‌شوند (Asher, 2002). آسیب و زیان این بیماری در ایران به علت مساعد بودن شرایط محیطی بسیار زیاد است. البته شدت و ضعف

آن نسبت به تغییرات دما و رطوبت متفاوت است (Taleghani et al., 2010).

تشخیص و استفاده از منابع جدید مقاومت در چغندرقد در آمریکا موجب کاهش و یا حذف کنترل (مه‌پاشی شیمیایی سفیدک سطحی شد و تأثیر منفی سم‌پاشی شیمیایی روی محیط‌زیست و انسان در آن کشور باعث شد صنعت قند، مقاومت به بیماری را در رقم‌های چغندرقد به‌کار ببرد (Luterbacher et al., 2000). بنابراین، برای کنترل این بیماری در مزرعه، ارزیابی ژنوتیپ (نژادگان)‌ها از لحاظ میزان مقاومت و تحمل آن‌ها و معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم و متحمل امری ضروری است. تحقیقاتی که در مورد تنوع ژنتیکی جدایه‌های سفیدک سطحی با استفاده از روش مولکولی انجام گرفته، تفاوت‌های ژنتیکی اندکی را در جدایه‌های این بیماری نشان داده است (Shiekhosslami, 2005). بنابراین، در صورت تهیه رقم‌های مقاوم در برابر جدایه‌های سفیدک که مربوط به یک منطقه اکولوژیکی (بوم‌شناختی) از کشور باشد، می‌تواند در دیگر نقاط کشور هم استفاده شود.

پیش‌نیاز تهیه رقم‌های مقاوم، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به‌عنوان والد پدری گرده‌افشان یا والد مادری است. برای این منظور لازم است تنوع ژنتیکی مواد اصلاحی از نظر مقاومت به بیماری ارزیابی شود. Luterbutcher et al. (2004) شمار ۶۰۰ نمونه به‌دست‌آمده از جنس *Beta* را از نظر مقاومت به سفیدک سطحی در شرایط گلخانه و مزرعه ارزیابی و تنوع ژنتیکی معنی‌داری را برای مقاومت به این بیماری گزارش کردند. سپس آنان با انجام تلاقی، ژن‌های مقاومت را از ژنوتیپ‌های مقاوم به رگه (لاین)‌های حساس چغندرقد منتقل کردند. همچنین، نتایج بررسی Sheikholeslam & Basati (1998) منجر به شناسایی ژنوتیپ دیپلوئید و مولتی ژرم 14442 شد که مقاوم به سفیدک سطحی و صفات مطلوب زراعی داشت. افزون بر آن، آزمایشی که توسط Basati et al. (2009)، برای ارزیابی تحمل ۹ رقم و ژنوتیپ چغندرقد در کرمانشاه انجام شد، نشان داد، ژنوتیپ‌های Sanetta و BTS792 کمترین درصد بیماری و بیشترین درصد قند و ژنوتیپ شماره ۷

۱۲۷ فامیل نیمه خواهری (HSF) و ۱۱ جمعیت والدینی اولیه به همراه رقم تجاری خارجی F-20777 و رقم ایرانی اکباتان به ترتیب به‌عنوان شاهد‌های مقاوم و حساس (جدول ۱) از لحاظ میزان مقاومت و حساسیت به بیماری سفیدک سطحی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج ارزیابی شدند. به‌منظور انتشار بیماری، رقم شاهد حساس به‌صورت حاشیه دورتادور مزرعه کشت شد.

در فروردین‌ماه ۱۳۹۲، پس از آماده‌سازی زمین، بذره‌های مربوط به هرکدام از تیمارها در یک کرت که شامل یک خط ۵ متری بود کشت شد. فاصله بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها پس از تنک ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. شمار بوته‌ها پس از تنک و وجین در هر تیمار مشخص شد. در فرایند مرحله داشت، مراقبت‌های زراعی شامل عملیات تنک، آبیاری، کوددهی و مبارزه با علف‌های هرز و سم‌پاشی علیه آفات در زمان‌های مقتضی و بر پایه عملیات رایج در ایستگاه انجام شد.

یادداشت‌برداری میزان آلودگی به بیماری در ۳۰ مرداد انجام و شدت آلودگی بوته‌ها برای هر تیمار تعیین شد. برای تعیین شدت آلودگی، از مقیاس ۰ تا ۹ استفاده شد. در این مقیاس، هر واحد نشان‌دهنده ۱۰ درصد افزایش شدت بیماری است. نمره ۰ نیز نشان‌دهنده نبود نشانه‌های بیماری است (Lewellen, & Schrandt, 2001).

در آبان ماه ۱۳۹۲، ریشه‌های همه بوته‌های هر کرت برداشت، شمارش و توزین شد و خمیر آن‌ها توسط دستگاه ونما (Venema) تهیه شد. صفات کیفی نمونه‌های خمیر شامل عیار قند و درصد قند قابل استحصال توسط دستگاه بتالایزر (Betalyzer) و صفات کمی شامل عملکرد ریشه و عملکرد شکر در آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند با روش Abdollahian Noghbi *et al.* (2005) تعیین شد. عملکرد ریشه از وزن ریشه‌های برداشت‌شده از هر کرت پس از شستشو (وزن خالص) برحسب تن در هکتار به دست آمد. درصد قند ناخالص یا عیار قند شامل درصد قند قابل

(BTS853) کمترین درصد بیماری و بیشترین عملکرد ریشه را داشتند. مقاومت به بیماری یادشده، در دو رگه چغندر قند (WB97 و WB242) از منشأ *Beta vulgaris* (L.) Arcange sub. sp. *Maritima* شده است. این رگه‌ها با رگه‌های چغندر قند تلاقی برگشتی داده شدند. رگه‌های اصلاح‌شده به‌عنوان منبع‌هایی از مقاومت به سفیدک سطحی برای تعیین وراثت مقاومت استفاده شدند (Lewellen & Schrandt, 2001). بررسی این دو رگه نشان داد، از هر دو منبع، یک ژن اصلی غالب به ارث می‌رسد (Lewellen & Schrandt, 2001). اگرچه گزارش شده است که ژن‌های *Pm2* تا *Pm6* در کنترل مقاومت به این بیماری نقش دارند اما در این میان، ژن *Pm3* مقاومت کامل و ژن‌های دیگر مقاومت جزئی ایجاد می‌کنند (Grimmer *et al.*, 2007). Basati *et al.* (2005) نیز در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، سفیدک سطحی با یک ژن اصلی با اثر غالب کنترل می‌شود. در تحقیق دیگری که توسط Basati *et al.* (2013) انجام شد برای تهیه والد گرده‌افشان مقاوم از جمعیت به نسبت مقاوم 14442 استفاده شد. از میان فامیل‌های نیمه خواهری تهیه‌شده از درون جمعیت یادشده، سه فامیل HSF.13، HSF.24 و HSF.35 که شاخص آلودگی کمتر از ۲/۵ داشتند انتخاب و از آن‌ها برای تهیه رگه‌های  $S_1$  جدید استفاده شد که نسبت به جمعیت اولیه 14442 به میزان ۷۲/۶ درصد پیشرفت‌گزینش نشان دادند. بنابراین، با توجه به ژنتیک مقاومت به بیماری سفیدک سطحی در چغندر قند، گزینش برای تهیه رقم مقاوم می‌تواند مؤثر باشد.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تحمل فامیل‌های نیمه خواهری چغندر قند (Half-sib family, HSF) (افرادی که یک والد مشترک دارند، فامیل نیمه خواهری نامیده می‌شوند و بذر هر فامیل از روی یک بوته برداشت می‌شود) به بیماری سفیدک سطحی و همچنین تعیین روند تغییرپذیری‌های عملکرد و کیفیت در گروه‌های چغندر قند بود.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش شمار ۱۳۸ ژنوتیپ چغندر قند شامل

به دست آمد (Abdollahian Noghbi *et al.*, 2005). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار V.9.1 SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۱ درصد انجام گرفت. همچنین، برای انجام تجزیه خوشه‌ای و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر پایه صفات کمی و کیفی از نرم‌افزار SPSS V.16 استفاده شد. با بررسی نتایج به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای، روش واریانس مینیمم وارد (Ward's minimum variance) برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها مناسب تشخیص داده شد. بنابراین، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر پایه این روش انجام گرفت و نمودار درختی (دندروگرام) آن رسم شد.

استحصال افزون بر این درصد قند موجود در ملاس است. در این تحقیق، عیار قند به روش پلاریمتری و با واحد گرم شکر در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه چغندر قند اندازه‌گیری شد. پایه کار در این روش بر میزان انحراف نور پلاریزه استوار است. برای اندازه‌گیری عیار قند، خمیر ریشه و سواستات سرب به نسبت ۲۶ گرم خمیر و ۱۷۷/۷ میلی‌لیتر سواستات سرب، به‌طور کامل و با استفاده از مخلوط‌کن اتوماتیکی (خودکار) با همدیگر مخلوط شد. آنگاه با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف و عصاره آن جدا شد. سپس درصد قند، به روش پلاریمتری تعیین شد (Reinefeld *et al.*, 1974). عملکرد شکر از حاصل‌ضرب عملکرد ریشه در عیار قند

جدول ۱. اسامی جمعیت‌های اصلاحی اولیه (جمعیت‌های والدینی) و فامیل‌های نیمه خواهری حاصل از آن‌ها

Table 1. Original breeding (parental) populations and half-sib families derived from them

| number    | Genotype                      | number    | Genotype                         | number     | Genotype                         | number     | Genotype                         |
|-----------|-------------------------------|-----------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|
| 1         | HSF-661                       | 36        | HSF-802                          | 71         | HSF-623                          | 106        | HSF-673                          |
| 2         | HSF-754                       | 37        | HSF-678                          | 72         | HSF-790                          | 107        | HSF-584                          |
| 3         | HSF-626                       | <b>38</b> | B8652<br>(Primary population)    | 73         | HSF-766                          | 108        | HSF-752                          |
| 4         | HSF-772                       | 39        | HSF-861                          | 74         | HSF-783                          | 109        | HSF-868                          |
| 5         | HSF-747                       | 40        | HSF-674                          | 75         | HSF-774                          | 110        | HSF-760                          |
| 6         | HSF-568                       | 41        | HSF-773                          | 76         | HSF-781                          | 111        | HSF-794                          |
| 7         | HSF-656                       | 42        | HSF-685                          | <b>77</b>  | S1-89134<br>(Primary population) | 112        | HSF-564                          |
| 8         | HSF-875                       | 43        | HSF-585                          | 78         | HSF-846                          | 113        | HSF-842                          |
| 9         | HSF-866                       | 44        | HSF-811                          | 79         | HSF-832                          | 114        | HSF-812                          |
| 10        | HSF-848                       | 45        | HSF-579                          | 80         | HSF-569                          | 115        | HSF-582                          |
| 11        | HSF-670                       | 46        | HSF-872                          | 81         | HSF-797                          | 116        | HSF-785                          |
| 12        | HSF-867                       | 47        | HSF-841                          | <b>82</b>  | F-8724<br>(Primary population)   | 117        | HSF-671                          |
| 13        | HSF-854                       | 48        | HSF-563                          | 83         | HSF-782                          | 118        | HSF-805                          |
| 14        | HSF-749                       | <b>49</b> | S1-88081<br>(Primary population) | 84         | HSF-757                          | 119        | HSF-604                          |
| 15        | HSF-859                       | 50        | HSF-860                          | 85         | HSF-838                          | 120        | HSF-835                          |
| 16        | HSF-833                       | 51        | HSF-744                          | 86         | HSF-813                          | 121        | HSF-850                          |
| 17        | HSF-608                       | 52        | HSF-779                          | 87         | HSF-600                          | 122        | HSF-655                          |
| 18        | HSF-741                       | 53        | HSF-852                          | 88         | HSF-801                          | 123        | HSF-555                          |
| 19        | HSF-574                       | 54        | HSF-776                          | 89         | HSF-803                          | 124        | HSF-873                          |
| 20        | HSF-857                       | 55        | HSF-762                          | 90         | HSF-624                          | 125        | HSF-619                          |
| 21        | HSF-648                       | 56        | HSF-610                          | 91         | HSF-865                          | <b>126</b> | F-8725<br>(Primary population)   |
| 22        | HSF-639                       | <b>57</b> | S1-88045<br>(Primary population) | 92         | HSF-780                          | 127        | HSF-834                          |
| 23        | HSF-627                       | 58        | HSF-686                          | 93         | HSF-800                          | 128        | HSF-849                          |
| 24        | HSF-616                       | 59        | HSF-864                          | 94         | HSF-664                          | <b>129</b> | S1-89016<br>(Primary population) |
| <b>25</b> | B8627<br>(Primary population) | 60        | HSF-858                          | 95         | HSF-788                          | 130        | HSF-853                          |
| 26        | HSF-634                       | 61        | HSF-809                          | 96         | HSF-837                          | 131        | HSF-792                          |
| 27        | HSF-847                       | 62        | HSF-784                          | 97         | HSF-544                          | 132        | HSF-855                          |
| 28        | HSF-836                       | 63        | HSF-613                          | 98         | HSF-806                          | 133        | HSF-777                          |
| 29        | HSF-845                       | 64        | HSF-851                          | 99         | HSF-771                          | <b>134</b> | B8662<br>(Primary population)    |
| 30        | HSF-874                       | 65        | HSF-593                          | <b>100</b> | S1-88089<br>(Primary population) | 135        | HSF-665                          |
| 31        | HSF-558                       | 66        | HSF-814                          | 101        | HSF-871                          | 13.6       | HSF-628                          |
| 32        | HSF-870                       | 67        | HSF-856                          | 102        | HSF-556                          | 137        | HSF-659                          |
| 33        | HSF-551                       | <b>68</b> | S1-88221<br>(Primary population) | 103        | HSF-557                          | 138        | HSF-862                          |
| 34        | HSF-778                       | 69        | HSF-844                          | 104        | HSF-798                          | 139        | F-20777<br>(Resistant check)     |
| 35        | HSF-815                       | 70        | HSF-751                          | 105        | HSF-680                          | 140        | EKBATAN<br>(Sensitive check)     |

### نتایج و بحث

عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید، عیار قند و درصد قند قابل استحصال نیز در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد، فامیل‌های شماره ۶۴ (HSF-851)، ۷۱ (HSF-623)، ۷۸ (HSF-846)، ۹۱ (HSF-865)، ۱۲۸ (HSF-849) و ۱۳۰ (HSF-853)، که عملکرد ریشه بالای ۶۰ تن در هکتار داشتند با رقم شاهد مقاوم (با میانگین عملکرد ۶۳/۶ تن در هکتار) در یک گروه قرار گرفتند و به‌عنوان فامیل‌های متحمل با عملکرد مطلوب شناسایی شدند (جدول ۴). در این میان، فامیل‌های شماره ۱۲۱ (HSF-850)، ۲۰ (HSF-857) و ۱۱۱ (HSF-794) که عیار قند بالای ۱۵ درصد نیز داشتند با رقم شاهد متحمل (با عیار ۱۵/۲۰ درصد) هم‌گروه شدند (جدول ۴). در آمریکا در نتیجه کشت رقم‌های حساس چغندر قند، آسیب و زیان به محصول تا ۳۰ درصد برآورد شده است (Lewellen & Schrandt, 2001). کاهش عملکرد ریشه تا حدود ۲۵ تن و کاهش درصد قند حدود یک واحد ناشی از آلودگی به این بیماری در انگلستان نیز گزارش شده است (Asher & Williams, 1992).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین تیمارها (ژنوتیپ‌ها) از لحاظ شدت آلودگی به بیماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). این امر نشان‌دهنده وجود تنوع واکنش بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مقاومت به بیماری است. مشاهده نمره‌های ۱ تا ۸/۳ بین ژنوتیپ‌ها (جدول ۳)، نشان‌دهنده دامنه گسترده آلودگی در مزرعه است. تنوع همسانی (شدت آلودگی بین ۱ تا ۸) بین فامیل‌های نیمه خواهری چغندر قند پیشتر نیز گزارش شده است (Whitney *et al.*, 1983). در این تحقیق، برابر منبع‌های موجود (Liatukas & Ruzgas, 2008; Marchesan *et al.*, 2009)، ژنوتیپ‌های با نمره آلودگی کمتر از ۲/۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری سفیدک سطحی در نظر گرفته شدند. بر پایه میزان شدت آلودگی، شمار ۲۲ ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی شدند (جدول ۴). در این میان، فامیل‌های HSF-850، HSF-848 و HSF-853 به ترتیب با شدت آلودگی ۱، ۱/۲ و ۱/۳ به‌عنوان مقاوم‌ترین فامیل‌ها بودند (جدول ۴). در این تحقیق، بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های آزمایشی چغندر قند

Table 2. Analysis of variance for the studied traits in sugar beet experimental genotypes

| S.O.V  | df  | Mean Squers |                            |                           |               |                    |
|--------|-----|-------------|----------------------------|---------------------------|---------------|--------------------|
|        |     | Root yeild  | White sugar yeild (ton/he) | Percent extractable sugar | Sugar contant | Infection severity |
| Repeat | 2   | 308.17      | 28.7                       | 108.87                    | 12.41         | 1.2                |
| Treat  | 138 | 139409**    | 11.4**                     | 1354**                    | 5.25**        | 6.05**             |
| Eror   | 276 | 69639       | 3.01                       | 594                       | 1.10          | 1.2                |

\*\* : Significantly difference at 1% probability level.

\*\* : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۳. میانگین عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، درصد قند قابل استحصال، عیار قند و شدت آلودگی در گروه‌های هفتگانه فامیل‌های نیمه خواهری چغندر قند

Table 3. Mean of root yield, white sugar yield, white sugar content, sugar content, and disease severity in sugar beet half-sib families

| Group | Root yeild (ton/he) | White sugar yeild (ton/he) | Percent Extractable sugar | Sugar contant | Infection severity | Domain disease severity |
|-------|---------------------|----------------------------|---------------------------|---------------|--------------------|-------------------------|
| 1     | 53.8                | 6.2                        | 11.7                      | 14.8          | 1.4                | 1-1.7                   |
| 2     | 57.1                | 6.1                        | 10.7                      | 14.14         | 2.4                | 2-2.7                   |
| 3     | 64.2                | 6.3                        | 9.9                       | 13.53         | 3.3                | 3-3.7                   |
| 4     | 72.1                | 6.8                        | 9.4                       | 13.06         | 4.3                | 4-4.7                   |
| 5     | 80.2                | 7.1                        | 8.8                       | 12.73         | 5.3                | 5-5.7                   |
| 6     | 57                  | 4.8                        | 8.3                       | 12.41         | 6.6                | 6-6.7                   |
| 7     | 46                  | 3.5                        | 7.36                      | 11.65         | 7.8                | 7.3-8.3                 |

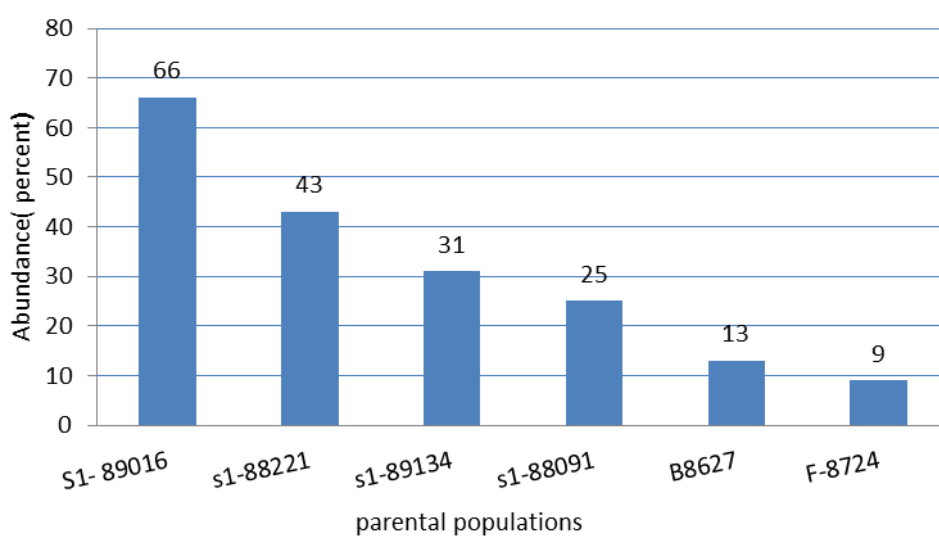
جدول ۴. مقایسه میانگین صفات جمعیت‌های والدینی و فامیل‌های نیمه خواهری مربوطه با شدت آلودگی کمتر از ۲/۵

Table 4. Mean comparison for traits of parental populations and their half-sib families with less than 2.5 disease severity

| Number | Genotype                  | Root yeild (ton/he) | White sugar yeild (ton/he) | Percent extractable sugar | Sugar contant (Percent) | Infection severity |
|--------|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| 78     | HSF-846                   | 67                  | 7                          | 10.6                      | 13.97                   | 2                  |
| 27     | HSF-847                   | 55.1                | 5.4                        | 9.9                       | 13.56                   | 2.3                |
| 10     | HSF-848                   | 44.5                | 5.5                        | 12.2                      | 15.18                   | 1.3                |
| 128    | HSF-849                   | 60.4                | 6.8                        | 11.3                      | 14.52                   | 2.3                |
| 121    | HSF-850                   | 45.7                | 5.9                        | 12.4                      | 15.37                   | 1                  |
| 64     | HSF-851                   | 65.3                | 7.7                        | 11.7                      | 14.82                   | 2.3                |
| 130    | HSF-853                   | 69.1                | 6.8                        | 9.9                       | 13.65                   | 1.2                |
| 13     | HSF-854                   | 50.5                | 6.1                        | 12.1                      | 15.03                   | 2.3                |
| 132    | HSF-855                   | 45.7                | 5.0                        | 11                        | 13.78                   | 1.7                |
| 20     | HSF-857                   | 51                  | 6.5                        | 12.6                      | 15.72                   | 2                  |
| 68     | S1-88221                  | 51.5                | 4.8                        | 10                        | 13.63                   | 2                  |
| 72     | HSF-790                   | 44                  | 4.6                        | 10.7                      | 14.18                   | 2.3                |
| 111    | HSF-794                   | 42.1                | 5.4                        | 12.7                      | 15.50                   | 2                  |
| 39     | HSF-861                   | 45.1                | 4.5                        | 10.3                      | 13.98                   | 2                  |
| 138    | HSF-862                   | 48.7                | 4.3                        | 8.5                       | 11.82                   | 2                  |
| 91     | HSF-865                   | 65.1                | 7.7                        | 11.8                      | 15.10                   | 1.7                |
| 12     | HSF-867                   | 60.2                | 6.2                        | 10.3                      | 13.7                    | 2.3                |
| 24     | HSF-616                   | 46                  | 4.8                        | 10.5                      | 13.93                   | 2.3                |
| 71     | HSF-623                   | 83.5                | 7.4                        | 8.7                       | 12.8                    | 2                  |
| 84     | HSF-757                   | 23.5                | 2.3                        | 10.1                      | 14.12                   | 2.3                |
| 118    | HSF-805                   | 42.3                | 3.8                        | 9.4                       | 12.62                   | 2                  |
| 67     | HSF-856                   | 48.7                | 5.6                        | 12                        | 13                      | 2                  |
| 139    | F-20777 (Resistant check) | 63.6                | 7.12                       | 12.34                     | 15.20                   | 1                  |
|        | LSD (1%)                  | 42.6                | 3.6                        | 3.9                       | 2.85                    | 3.05               |

به جمعیت‌های والدینی S<sub>1</sub>-89016 و F-8724 بود. لذا، احتمال بیشتری وجود دارد که در نسل بعدی گزینش بتوان از جمعیت S<sub>1</sub>-89016، فامیل‌های مقاوم به بیماری انتخاب کرد (شکل ۱).

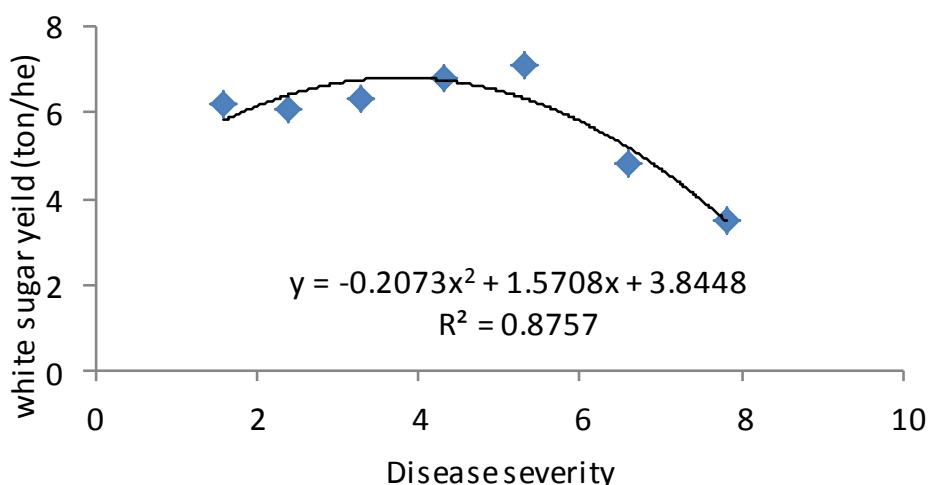
بررسی شمار (درصد) فامیل‌های نیمه خواهری مقاوم مربوط به جمعیت‌های والدینی، نشان داد که بیشترین و کمترین درصد فراوانی فامیل‌هایی که شاخص بیماری کمتر از ۲/۵ داشتند، به ترتیب مربوط



شکل ۱. درصد فراوانی فامیل‌های نیمه خواهری با شاخص بیماری کمتر از ۲/۵، منتخب از جمعیت‌های والدینی  
Figure 1. Percent frequency of half-sib families with less than 2.5 disease severity, selected from the parental populations

بررسی رابطه رگرسیونی بین عملکرد شکر سفید (که از حاصل ضرب عملکرد ریشه و درصد قند قابل استحصال به دست می‌آید) و شدت بیماری در فامیل‌های مورد بررسی نشان داد، رابطه بین این دو صفت از نوع درجه ۲ است (شکل ۲). همان‌گونه که در جدول ۳ و شکل ۲ مشاهده می‌شود، در ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر (گروه‌های ۱ تا ۴)، با افزایش شدت بیماری، کاهش چندانی در عملکرد شکر سفید دیده نمی‌شود در حالی که در ژنوتیپ‌های حساس‌تر (گروه‌های ۵ تا ۷)، با افزایش شدت بیماری، عملکرد به‌طور زیادی کاهش می‌یابد. بر پایه این رابطه، ژنوتیپ‌هایی که حساس‌ترند، عملکرد شکر کمتری دارند و برعکس. رابطه همسانی توسط دیگر محققان از جمله Whitney *et al.* (1983) و Basati *et al.* (2006 & 2009) گزارش شده است. Konradowitz & Verreet (2009) نیز رابطه منفی و معنی‌داری بین عملکرد شکر سفید و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری سفیدک سطحی در رقم‌ها و رگه‌های چغندر قند گزارش کردند. رابطه رگرسیونی بین عملکرد ریشه و شدت بیماری همانند رابطه یادشده بوده و از رابطه درجه ۲  $y = -4.238x^2 + 41.97x - 27.53$  با ضریب تبیین ۹۰ درصد ( $R^2 = 0.902$ ) پیروی می‌کرد. بین عیار قند و شدت بیماری نیز رابطه خطی و معکوس

در این تحقیق، جمعیت‌های والدینی اولیه و فامیل‌های ناشی از آن‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) بر پایه صفات کمی و کیفی شامل عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، عیار قند، درصد قند قابل استحصال و همچنین شدت آلودگی به سفیدک سطحی گروه‌بندی شدند (شکل ۳). دندروگرام به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای، از فاصله ۲/۷ در مقیاس اقلیدسی برش داده شد و بنابراین ۷ گروه (خوشه) ایجاد شد. در میان این خوشه‌ها، دو گروه ۲ و ۵ ویژگی‌های مشخصی دارند. در گروه ۵ که شامل ۲۹ ژنوتیپ است، ۱۴ ژنوتیپ (ژنوتیپ‌های شماره ۶۴، ۹۱، ۱۳۹ (شاهد مقاوم)، ۶۷، ۲۰، ۱۳، ۱۱۱، ۱۰، ۲۷، ۶۸، ۲۴، ۷۲، ۳۹، ۱۳۲ و ۸۴) شدت آلودگی کمتر از ۲/۵ داشتند. بنابراین، این ۱۴ ژنوتیپ می‌توانند به‌عنوان منابع مقاومت به این بیماری در نظر گرفته شوند. عملکرد شکر و درصد قند قابل استحصال در این گروه نیز به نسبت بالا بود.



شکل ۲. ارتباط بین شدت بیماری و عملکرد شکر سفید در هفت گروه ژنوتیپی مورد بررسی

Figure 2. Relationship of disease severity with white sugar yield in seven groups of the genotypes studied

(Lewellen & Schrandet; 2001). به عبارت دیگر، با گزینش تک بوته‌های مقاوم می‌توان انتظار داشت که مقاومت به نتاج آن‌ها نیز منتقل خواهد شد. با انتقال ژن‌های مقاومت به سفیدک سطحی، از فامیل‌های مقاوم شناسایی شده در این تحقیق می‌توان میزان مقاومت به این بیماری را در رقم‌های تجارتهای چغندرقد به‌طور قابل توجهی افزایش داد.

چنانچه گزینش برای افزایش مقاومت درون ژرم پلاسما (ذخایر توارثی) زراعی چغندرقد منجر به افزایش مقاومت نشود، و همچنین به‌منظور افزایش پایداری مقاومت می‌توان از ژرم پلاسما وحشی چغندر از جمله *B. maritima* و دیگرگونه‌های وحشی جنس *Beta* (Whitney et al., 1989; Janssen et al., 2003; ) و همچنین از چغندرهای (Luterbutcher et al., 2004) و هم‌چنین از چغندرهای برگ‌گی که تلاقی‌پذیری خوبی با چغندرقد دارند (Asher et al., 2001; Luterbutcher et al., 2000) نیز بهره گرفت.

بیشترین تنوع ژنتیکی بین رگه‌ها از نظر واکنش به سفیدک سطحی در مزرعه زمانی مشاهده می‌شود که رگه‌های حساس، بالاترین شدت بیماری را نشان دهند و پس از آن، تفاوت‌ها کمتر می‌شود (Whitney et al., 1983). بنابراین، دامنه گسترده شدت آلودگی (۱ تا ۸/۳) که در این تحقیق مشاهده شد، نشان می‌دهد که یادداشت‌برداری شدت بیماری در زمان مناسب صورت گرفته است و این امر با یافته‌های دیگر محققان همخوانی دارد (Whitney et al., 1983; ) (Luterbutcher et al., 2004).

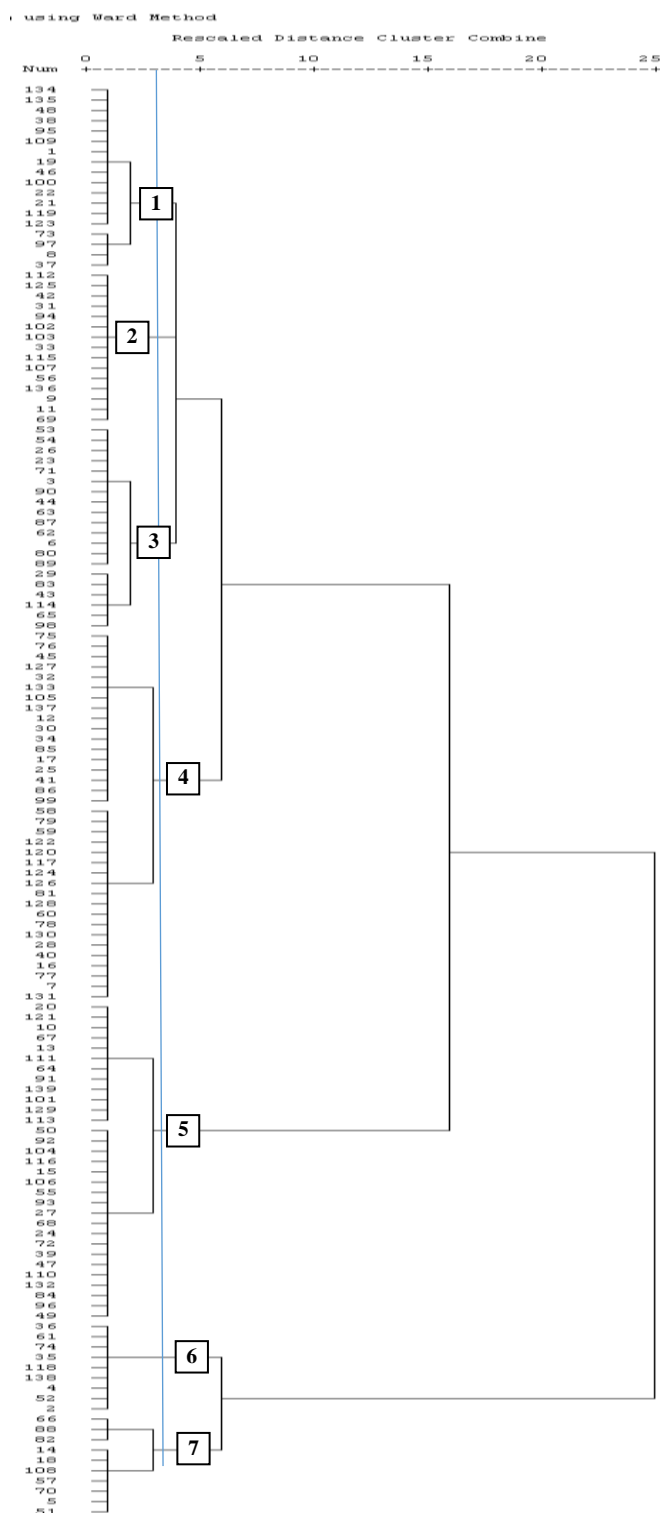
#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد، بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع ژنتیکی زیادی از نظر واکنش به بیماری سفیدک سطحی وجود دارد. بر پایه روند شدت آلودگی در تاریخ ۳۰ مرداد، شمار ۲۲ ژنوتیپ با شدت آلودگی کمتر از ۲/۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی شدند. با انتقال ژن‌های مقاومت به سفیدک سطحی از ژنوتیپ‌های یادشده به رگه‌های الیت چغندرقد می‌توان میزان مقاومت به این بیماری را در رقم‌های تجارتهای به‌طور قابل توجهی افزایش داد.

گروه ۲ که شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۰۷ (HSF-584)، ۱۱۵ (HSF-582)، ۱۰۳ (HSF-557)، ۳۳ (HSF-551)، ۹ (HSF-866)، ۶۹ (HSF-844)، ۱۱ (HSF-670)، ۱۰۲ (HSF-556)، ۱۳۶ (HSF-628)، ۵۶ (HSF-610)، ۱۱۲ (HSF-564)، ۴۲ (HSF-685)، ۱۲۵ (HSF-619)، ۹۴ (HSF-664) و ۳۱ (HSF-558) بود، وضعیت بسیار مطلوب از نظر عملکرد شکر، عملکرد ریشه، درصد قند قابل استحصال و عیار قند داشتند. بنابراین، ژنوتیپ‌های این گروه را می‌توان جزو ژنوتیپ‌های با عملکرد و کیفیت مطلوب به شمار آورد. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان برای تهیه هیبرید یا در چرخه بعدی گزینش فامیلی از جمله تهیه فامیل‌های نیمه خواهری یا تمام خواهری جدید استفاده کرد.

میزان تنوع ژنتیکی درون ژرم‌پلاسما زراعی چغندرقد و وراثت‌پذیری مقاومت به بیماری سفیدک سطحی در چغندرقد در آزمایشگاه، مزرعه و گلخانه توسط برخی محققان بررسی شده است (Whitney et al., 1983; Janssen et al., 2003). به‌عنوان مثال، Whitney et al. (1983) تنوع ژنتیکی زیادی بین رگه‌های نسل اول خودگشنی ( $S_1$ ) و فامیل‌های نیمه خواهری چغندرقد از نظر شدت آلودگی به سفیدک سطحی مشاهده کردند. Luterbutcher et al. (2004) نیز تنوع ژنتیکی زیادی برای مقاومت به این بیماری گزارش و با انجام تلاقی، ژن‌های مقاومت را از ژنوتیپ‌های مقاوم به رگه‌های حساس چغندرقد منتقل کردند. نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داده است، بیشترین تنوع در واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به این بیماری ناشی از تأثیر عامل‌های ژنتیکی است (Lewellen & Schrandet, 2001). وجود تنوع ژنتیکی در واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به این بیماری، وراثت‌پذیری به نسبت بالای مقاومت (۷۵-۵۴ درصد) و کنترل مقاومت توسط یک ژن غالب اصلی نشان می‌دهد که انتخاب برای ارتقاء مقاومت به این بیماری مؤثر است و در این زمینه، هم انتخاب بر مبنای ارزیابی تک بوته و هم انتخاب بر مبنای ارزیابی فامیلی می‌تواند موجب افزایش میزان مقاومت به این بیماری شود (Basati et al., 2013; Whitney et al., 1983; )





شکل ۳. دندروگرام به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای بر پایه صفات کمی (عملکرد ریشه و عملکرد شکر)، کیفی (درصد قند قابل استحصال و عیار قند) و شاخص بیماری در ۱۳۹ ژنوتیپ چغندر قند. خطی که از فاصله ۲/۷ در مقیاس اقلیدسی از روی کلاسترها عبور کرده است نشان دهنده محل برش دندروگرام است که بنابراین، ۱۳۹ ژنوتیپ به ۷ گروه تقسیم شدند که شماره این گروه‌ها درون مستطیل‌ها نشان داده شده است. اسامی ژنوتیپ‌ها نیز در جدول ۱ بیان شده است.

Figure 3. Dendrogram derived from cluster analysis based on quantitative (root yield and sugar yield) and qualitative traits (sugar content and white sugar content) and disease severity in 139 sugar beet genotypes. The dendrogram was cut off at 2.7 distance on Euclidean scale; so, the genotypes were divided into 7 groups whose numbers are shown inside the boxes. The name of the genotypes is given in Table 1.

شدند. همچنین، بیشترین درصد فراوانی فامیل‌های نیمه خاوه‌ری که شاخص بیماری کمتر از ۲/۵ داشتند متعلق به جمعیت والدینی 32165 (S1-89016) بود. لذا، احتمال بیشتری وجود دارد که بتوان از این جمعیت، فامیل‌های مقاوم جدیدی انتخاب کرد.

### سپاسگزاری

از مشاوره آقایان دکتر محمدعلی چگینی و دکتر سید باقر محمودی و همکاری پژوهشگران، کارشناسان و تکنسین‌های بخش‌های تحقیقاتی ستاد مؤسسه و ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج، آقایان مهندس سعید واحدی، مهندس بابک بابایی و مهندس عبدالرضا کرمانی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

بررسی رابطه رگرسیونی بین عملکرد شکر سفید و شدت بیماری در فامیل‌های مورد بررسی نشان داد، ژنوتیپ‌هایی که حساس‌ترند عملکرد شکر کمتری دارند و برعکس. تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های والدینی اولیه و فامیل‌های نیمه خاوه‌ری حاصل از آن‌ها بر پایه صفات کمی و کیفی و واکنش به بیماری، نشان داد، ژنوتیپ‌های گروه ۵، جزو منابع مقاومت به این بیماری بوده و میزان شدت آلودگی در آن‌ها پائین بوده و عملکرد شکر و درصد قند قابل استحصال به نسبت بالایی داشتند که می‌توان از آن‌ها، به‌ویژه از ۱۴ ژنوتیپ این خوشه، برای انتقال مقاومت به ژنوتیپ‌های دیگر بهره گرفت. ژنوتیپ‌های گروه ۲، با بالاترین مقادیر صفات کمی و کیفی جزو ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب شناخته

### REFERENCES

1. Abdollahian Noghabi, M., Shekholeslami, R. & Babaei, B. (2005). Terms and definitions of yield and technological quality of sugarbeet. *Journal of Sugar Beet*, 21(1), 101-104.
2. Abrinbana, M., Babai-Ahary, A. & Majidi Heravan, I. (2007). Assessment of resistance in sugarbeet lines to damping-off caused by *Pythium ultimum* Trow var. *ultimum* under greenhouse conditions. *Plant Pathology Journal*, 6, 266-270.
3. Asher, M. (2002). Disease in 2001 and their control. *British Sugar Beet Review*, 70, 30-33.
4. Asher, M. & Williams, G. (1992). Controlling leaf disease: powdery mildew. *British Sugar Beet Review*, 60, 35-37.
5. Asher, M. J. C., Luterbacher, M. C. & Frese, L. (2001). Wild Beta species as a source of resistance to sugar-beet pests and diseases. In: *Comptes-Rendus des congrès de l'institut international de recherches betteravieres (Belgium)*.
6. Basati, J., Zareii, J., Zarrabi, M. R. & Fazli, H. (2003). Effect of powdery mildew disease on quantity and quality of sugare beet yield in Kermanshah province. *Journal of Sugar Beet*, 19, 97-108. (in Farsi with English abstract).
7. Basati, J., Mesbah, M., Karimzadeh, Gh. & Sadeghian, S. Y. (2005). Analysis of genetic resistance to powdery mildew disease in sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 21(2), 105-122. (in Farsi with English abstract)
8. Basati, J. & Roshani, Kh. (2006). *Investigation of tolerance in commercial variety of sugar beet to powdery mildew disease*. Final Report. (in Farsi with English abstract)
9. Basati, J., Shekholeslami, M., Babai, B. & Roshani, Kh. (2009). *Investigation of tolerance in commercial variety of sugar beet to powdery mildew disease*. Final Report. (in Farsi with English Abstract)
10. Basati, J., Shekholeslami, M., Jalilian, A., Nemati, A. & Khodai, A. H. (2013). Development of diploid pollinator for resistance to powdery mildew disease in sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 29(1), 1-13. (in Farsi with English Abstract)
11. Gado, E. A. M. (2013). Impact of treatment with some plant extracts and fungicides on sugar beet powdery mildew and yield components. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(1), 468-472
12. Grimmer, M. K., Bean, K. M. R. & Asher, M. J. C. (2007). Mapping of five resistance genes to sugar-beet powdery mildew using AFLP and anchored SNP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 115, 67-75.
13. Janssen, G. J. W., Nihlgard, M. & Kraft, T. (2003). Mapping of resistance genes to powdery mildew (*Erysiphe betae*) in sugar beet. *1st Joint IIRB-ASSBT Congress*, 26th Feb -1st March 2003, San Antonio, USA.
14. Konradowitz, L. & Verreet, J. A. (2010). Assessment of resistance and virulence in the pathosystem sugar beet (*Beta vulgaris*)/powdery mildew (*Erysiphe betae*)-development of basics for an effective powdery mildew resistance breeding. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 117(2), 49-54.

15. Lewellen, R. T. & Schrandet, J. K. (2001). Inheritance of powdery mildew resistance in sugar beet derived from *Beta vulgaris* subsp. *maritima*. *Plant Disease*, 85, 627-631.
16. Liatucas, Z. & Ruzgas, V. (2008). Powdery mildew resistance of winter wheat cultivars registered in Lithuania. *Zemdirbyste-Agriculture*, 95, 327-335.
17. Luterbacher, M. C., Asher, J. M., Asher, M. J. C. & Frees, L. (2000). Disease resistance in collection of *Beta* species. *Sugar Beet Research*, 37, 39-47.
18. Luterbacher, M. C., Asher, M. J. C., DeAmbrogio, E., Biancardi, E., Stevenato, P. & Frese, L. (2004). Sources of resistance to diseases of sugar beet in related *Beta* germplasm: I. Foliar diseases. *Euphytica*, 139, 105-121.
19. Marchesan, C. B., Melo, A. M. & Paterniani, M. E. A. (2009). Combining ability in sweet pepper for resistance to powdery mildew. *Horticultura Brasileira*, 27(2), 189-195.
20. Oliver, T. N. & Gallian, J. J. (2013). Powdery mildew on sugar beet: importance, identification, and control. Pacific North-West Extension Publication, 1-5, p. 4.
21. Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. & Beiss, U. (1974). Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. *Zucker*, 27, 2-15.
22. Sheikholeslami, M. (2005). *Genetic diversity of Iranian Isolates of sugar beet powdery mildew in Iran*. Ph. D. Thesis. Faculty of Agriculture, Tehran University. (in Farsi with English Abstract)
23. Sheikholeslami, M. & Basati, J. (1998). Preliminary study on the selection of resistant sources of the genus *Beta* resistant to powdery mildew in sugar beet. Final Report. (in Farsi with English Abstract)
24. Taleghani, D. F., Sadeghzadeh Hemayati, S. & Mesbah, M. (2010). *Strategic framework for sugar beet research*. Publication of Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran. 520 pp.
25. Ćurčić, Ž., Nagl, N., Taški-Ajduković, K., Danojević, D., Stojaković, Ž. & Kovačev, L. (2013). Genetic diversity and combining abilities for root traits of sugar beet pollinators. *Genetika*, 45(2), 361-368.
26. Weltzien, H. C. (1963). *Erysiphe betae* (vanha), the powdery mildew of beets. *Phytopathology*, 47, 123-123.
27. Whitney, E. D. (1989). *Beta maritima* as a source of powdery mildew resistance in sugar beet. *Plant Disease*, 73, 487-489.
28. Whitney, E. D., Lewellen, R. T. & Skoyen, I. O. (1983). Reaction of sugar beet to powdery mildew: genetic variation, association among testing procedure and resistance breeding. *Phytopathology*, 73, 183-185.