



## Investigation on the resistance of different genotypes of sugar beet to the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), in north Khuzestan

P. Alahrahmzadeh <sup>1</sup>, M. Esfandiari <sup>\*2</sup>, M. Rezabeigi <sup>3</sup>, A. Rasekh <sup>2</sup>, M. Barzkar <sup>4</sup>

1. M.Sc. Graduate of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. **\*Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (esfandiari@scu.ac.ir)
3. Assistant Professor, Department of Plant Protection Research, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Dezful, Iran
4. Researcher, Department of Plant Protection Research, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Dezful, Iran

Received: 22 November 2024

Revised: 8 January 2025

Accepted: 18 January 2025

### Abstract

#### Background and Objectives

Beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) is a polyphagous species and an economically important pest that primarily damages various crops, including sugar beet, cotton, corn, and vegetables in Iran. The beet armyworm is known for developing resistance to various insecticides, making management increasingly challenging. The beet armyworm poses a considerable threat to agriculture, requiring ongoing research and adaptive management strategies to mitigate its impact on crops such as sugar beet. In recent years, the damage of the mentioned moth has been observed and reported in the north of Khuzestan. Due to the wide host range of this pest, less attention has been paid to the resistance of cultivars to this pest in sugar beet breeding programs.

#### Materials and Methods

In order to evaluate the resistance of 12 sugar beet cultivars (Ratna, Callas, Algar, Bifort, Portal, Sentinel, Brandon, Motor, Homa, Dena, Sharif and 061) to sugar beet armyworm, experiments were carried out in laboratory and experimental fields located at Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Safiabad, Dezful, during 2021-2022. Calculating percentage of preference of beet armyworm larvae to different sugar beet cultivars in the laboratory, and determining damage index of beet armyworm to different cultivars in the field with natural infestation (choice access), with artificial infestation (no-choice access), and percentage of yield (Kg/m<sup>2</sup>) reduction of the pest in the experimental field conditions included in this study. Damage index of larvae was defined in five groups, namely very sensitive, sensitive, semi-resistant, resistant, and very resistant.

#### Results

In the evaluations carried out in the field, significant difference was seen between the beet armyworm damage index of experimental cultivars by natural damage. In this experiment, the highest damage index was seen in Ratna cultivar and the lowest in Brandon, Callas, Sentinel, Algar and Homa cultivars. The yield reduction percentage was not significant at the 5% level. Damage

compensation in low larval densities and production of new leaves was one of the reasons for the non-significance of yield reduction due to larvae feeding. In laboratory evaluations, the preference percentage of beet armyworm larvae was significant for different sugar beet cultivars. The highest percentage of larvae prevalence was seen in Kalas, Portal, Brandon and Ratna cultivars and the lowest in Dena cultivar. Sentinel, Bifort and Homa cultivars also attracted less larvae after Dena. No significant difference was seen between sugar beet cultivars in terms of decreasing or increasing the survival period of the larvae, but the index of larval feeding on the leaves of the cultivars was significant in the second laboratory tests. The lowest amount of larval feeding was seen in Motor, Dena and Sharif cultivars and the highest amount was seen in 061 and Homa cultivars. The resistance indices/coefficients were calculated based on total evaluations, and according to that, Motor, Kalas and Sentinel cultivars are in the resistant group, Dena and Sharif cultivars are in the semi-resistant group, Algar, Bifort, Portal, Ratna and 061 cultivars are in the semi-resistant group. Brandon and Homa cultivars were grouped in the sensitive group. The calculated resistance index had a significant negative correlation with the damage index of beet armyworms in the field (no-choice test), the percentage of yield reduction by larvae, larval survival period, and the amount of larval feeding on leaves in the laboratory.

### **Discussion**

The results obtained indicated that, although the sugar beet armyworm is a pest with a very broad host range, the feeding rates and survival percentages of its larvae vary across different sugar beet cultivars. These variations can be utilized to enhance and develop resistant varieties of sugar beet. In further studies, the Sentinel, Motor, and Kalas cultivars, which showed relative resistance in the experiments, along with the Brandon and Homa cultivars, identified as sensitive, can serve as control groups. Additional studies related to the mechanisms of resistance and morphological and biochemical aspects which are effective in the resistance of sugar beet cultivars to the beet armyworm are recommended for use in breeding programs. The use of sugar beet cultivars resistant to the beet armyworm can be effective in reducing the use of pesticides against this pest, managing the resistance of the beet armyworm to pesticides and the integrated management of this pest.

**Keywords:** *cultivar, plant resistance, antixenosis, antibiosis, tolerance*

---

Associate editor: A. Rajabpour (Prof.)

**Citation:** Alahrahmzadeh, P., Esfandiari, M., Rezabeigi, M., Rasekh, A. & Barzkar, M. (2025). Investigation on the resistance of different genotypes of sugar beet to the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), in north Khuzestan. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 48(1), 1-17. <https://doi.org/10.22055/ppr.2025.48440.1777>.



## بررسی مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند به کرم برگ خوار چغندر، *Spodoptera exigua* (Hübner) در شمال خوزستان

پگاه اله رحم زاده<sup>۱</sup>، مهدی اسفندیاری<sup>۲\*</sup>، منوچهر رضاییگی<sup>۳</sup>، آرش راسخ<sup>۴</sup>، مریم برزکار<sup>۴</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- \* نویسنده مسوول: استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (esfandiari@scu.ac.ir)
- ۳- استادیار، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، دزفول، ایران
- ۴- محقق، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، دزفول، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۲

### چکیده

کرم برگ خوار چغندر قند (*Spodoptera exigua* (Hübner)) یکی از آفات مهم چغندر قند و دیگر گیاهان زراعی در خوزستان است. مقاومت ۱۲ رقم چغندر قند (Motor, Brandon, Sentinel, Portal, Bifort, Algar, Callas, Ratna) هما، دنا، شریف و ۰۶۱) نسبت به *S. exigua*، در مطالعات مزرعه‌ای در حالت آلودگی طبیعی و مصنوعی در صفی‌آباد (دزفول) مطالعه شد. ارزیابی درصد رجحان لاروها به ارقام فوق نیز در آزمایشگاه در دو حالت انتخاب آزاد و غیر آزاد بررسی شد. در ارزیابی‌های مزرعه‌ای، ابتدا شاخص خسارت (صدمه‌زنی) لاروها بطور نسبی در پنج گروه بسیار حساس، حساس، نیمه مقاوم، مقاوم و بسیار مقاوم تعریف شد. بیشترین شاخص خسارت در آلودگی طبیعی بطور معنی‌داری در رقم راتنا و کمترین آن در ارقام براندون، کالاس، سنتینل، آلگار و هما (بدون اختلاف معنی‌دار با هم) دیده شد. درصد کاهش عملکرد (کیلوگرم در متر مربع) در ارقام در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. در ارزیابی‌های آزمایشگاهی، بیشترین درصد معنی‌دار رجحان لاروها در ارقام کالاس، پورتال، براندون و راتنا و کمترین آن در رقم دنا دیده شد. تفاوت معنی‌داری بین ارقام چغندر قند از نظر کاهش و یا افزایش طول دوره بقای لاروها دیده نشد، اما شاخص مقدار تغذیه لارو از برگ ارقام در آزمایش دوم بررسی‌های آزمایشگاهی معنی‌دار بود. کمترین مقدار تغذیه لارو در ارقام موتور، دنا و شریف و بیشترین مقدار آن در ارقام ۰۶۱ و هما دیده شد. شاخص و یا ضریب مقاومت بر اساس مجموع ارزیابی‌های صورت گرفته محاسبه شد و بر طبق آن ارقام موتور، کالاس و سنتینل در گروه مقاوم، ارقام دنا و شریف در گروه نیمه مقاوم، ارقام آلگار، بی‌فورت، پورتال، راتنا و ۰۶۱ در گروه نیمه حساس و ارقام براندون و هما در گروه حساس گروه‌بندی شدند. شاخص و یا ضریب مقاومت محاسبه شده با شاخص صدمه‌زنی کرم برگ خوار در مزرعه (انتخاب غیر آزاد)، درصد کاهش عملکرد لاروها در مزرعه، طول دوره بقای لارو و مقدار تغذیه لارو از برگ در آزمایشگاه همبستگی منفی معنی‌داری داشت. مطالعات تکمیلی در رابطه با ساز و کارهای مقاومت و جنبه‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی موثر در مقاومت ارقام چغندر قند نسبت به کرم برگ خوار، برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: رقم، مقاومت گیاهان، آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز، تحمل

## مقدمه

در ایران چغندر قند همراه با پنبه بیشترین تولیدات در بین گیاهان صنعتی را دارند. این گیاه به دلیل قابلیت عملکرد بالای آن (بیش از ۲۴ میلیون تن تولید جهانی شکر) نه تنها به عنوان منبع شکر بلکه به عنوان یک واکنش‌گاز زیستی<sup>۱</sup> سبز برای ذخیره متابولیت‌های جدید در ریشه به طور قابل ملاحظه‌ای مورد توجه می‌باشد (Jafari et al., 2009). چغندر قند در حال حاضر در حدود پنجاه کشور جهان کشت و حدود یک چهارم از ۱۴۰ میلیون تن از شکر تولیدی جهان را شامل می‌شود. در ایران، به لحاظ شرایط آب و هوایی حاکم، نیمی از شکر تولیدی از زراعت چغندر قند و نیمی از نیشکر تهیه می‌شود. ریشه چغندر قند برای غذای انسان، تغذیه دام یا استفاده‌های صنعتی کاربرد دارد. کارخانه‌های قند علاوه بر فرآوری شکر خالص، محصولی جانبی به نام تفاله چغندر قند تولید می‌کنند که به عنوان خوراک دام استفاده می‌شود. دیگر محصول جانبی مهم، ملاس چغندر قند است. از ملاس چغندر قند در تولید الکل، مخمر، مواد شیمیایی، مواد دارویی و همچنین خوراک دام استفاده می‌شود (Ghanbari Shirsavar, 2024).

در سال ۲۰۲۱ در ایران سطح زیر کشت چغندر قند بیشتر از ۹۰ هزار هکتار و میزان کل تولید آن بیشتر از ۵ میلیون تن، با میانگین ۵۶ تن در هر هکتار بوده است (Faostat, 2022). خوزستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی ایران است. خاک حاصلخیز و آب کافی شرایط مناسبی را برای کشت بسیاری از گیاهان مختلف فراهم کرده است. در حال حاضر سالانه بیش از ۱۸ هزار هکتار از اراضی این استان به کشت چغندر قند اختصاص دارد که در این میان دزفول نقش قابل توجهی دارد (Anonymous, 2023).

چغندر قند توسط آفات مختلفی مورد حمله قرار می‌گیرد که باعث خسارت به برگ‌ها و ریشه (به طور مستقیم یا از راه انتقال پاتوژن‌ها) و کاهش اساسی محصول می‌شود (Zhang et al.,

2008). تعداد نسبتاً زیاد آفات مزارع چغندر قند در مقایسه با سایر گیاهان زراعی یکی از چالش‌های تولید چغندر قند در کشور ما می‌باشد (Pourrahim et al., 2016). سهم خسارت ناشی از آفات در مزارع چغندر قند ایران تا ۲۵ درصد برآورد شده است (Jafari et al., 2009).

دست کم ۲۶ آفت در میان آفات زراعی ایران برای چغندر قند فهرست شده است. برخی از این‌ها مانند کرم‌های برگ‌خوار و طوقه‌بر، زنجریک چغندر قند و کنه دولکه‌ای گونه‌هایی چندین خوار<sup>۲</sup> هستند که روی بیشتر گیاهان زراعی در اکثر نقاط ایران یافت می‌شوند. از جمله آفات مهم چغندر قند در ایران، کرم برگ‌خوار چغندر قند *Spodoptera exigua* (Hübner)، کرم‌های طوقه‌بر *Agrotis spp.*، شب‌پره گاما *Plusia gamma* L.، بید چغندر قند *Scrobipalpa* (Boyd) *ocellatella*، گونه سرخرطومی و سایر آفات خسارت‌زا می‌باشند (Khanjani, 2009).

شب‌پره *S. exigua* گونه‌ای چندین خوار است که به اکثر محصولات زراعی خسارت وارد می‌کند و در سال‌های طغیانی یکی از مهم‌ترین آفات محصولات زراعی از جمله چغندر قند، پنبه و سیب‌زمینی به شمار می‌آید. لاروهای جوان ابتدا از سطح زیرین برگ‌های میزبان و سپس از تمامی سطح برگ به جز رگبرگ‌ها تغذیه کرده و برگ‌ها را به صورت توری در می‌آورند (Khanjani, 2009; Rabieh et al., 2011). طغیان‌های شدید این آفت در بسیاری از مناطق آسیا، آفریقا، اروپا و آمریکا در دو دهه‌ی گذشته گزارش شده است (Fu et al., 2017). به دلیل اهمیت و خسارت‌زایی گونه‌های جنس *Spodoptera*، پژوهش‌های مختلفی روی مقاومت ارقام گیاهی به آنها در دنیا انجام شده است (Oliveira et al., 2018). در ایران نیز تحقیقاتی روی *S. exigua* بعنوان آفت چغندر قند انجام شده است. به عنوان مثال در یک پژوهش پراسنجه‌های جدول زندگی کرم برگ‌خوار چغندر قند *S. exigua*، روی

48°26'E) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تکرار کشت شدند. این ارقام در دو قطعه مجاور یکدیگر کشت شدند. قطعه اول به عنوان تیمار برای ایجاد آلودگی منظور گردید و قطعه دوم به عنوان شاهد (بدون ایجاد آلودگی) در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل دو خط یک‌متری (هر خط دارای ۸ بوته) از هر رقم بود. در قطعه دوم که به عنوان شاهد کشت شد، از همان ابتدای رشد چغندر قند با استفاده از سموم توصیه‌شده (آوانت و پرمترین) برای جلوگیری از خسارت لاروها هر ده روز یک بار سمپاشی شد. همزمان قطعه تیمار نیز با آب خالی محلول‌پاشی گردید.

پس از ماخار زمین، گاوآهن و دیسک زده و زمین تسطیح شد. کوددهی به صورت ۳۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۸۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۴۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار انجام شد. سپس فارو زده و پشته‌ها آماده و کشت به صورت دستی در تاریخ ۲۶ و ۲۷ مهرماه انجام شد. شش مرحله آبیاری در مراحل مختلف رشدی صورت گرفت.

#### ارزیابی میزان صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندر قند به ارقام مختلف در آلودگی طبیعی (انتخاب آزاد)

در مزرعه اول، در شرایطی که مزرعه دارای آلودگی طبیعی بود، میزان خسارت لاروهای کرم برگ‌خوار روی بوته‌ها در همه ارقام در مراحل دو برگگی تا چهار برگگی شدن شمارش و ثبت گردید. میزان خسارت لاروها روی هر رقم مبنای رجحان و عدم رجحان (سازوکار آنتی‌زنوز) قرار گرفت. نحوه‌ی محاسبه خسارت لاروها به برگ گیاه در قسمت ارزیابی میزان خسارت کرم برگ‌خوار با ایجاد آلودگی مصنوعی (قسمت بعدی) شرح داده شده است. تحلیل واریانس مقدار خسارت لاروها با تغذیه از ارقام مختلف در شرایط مزرعه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۹ تکرار صورت گرفت.

چهار رقم چغندر قند در شرایط آزمایشگاهی مطالعه شده و تفاوت معنی‌داری روی ارقام مختلف مشاهده شده است (Karimi-Malati et al., 2012). مقاومت القایی نیز توسط سالیسیک اسید، کلسیم سیلیکات و سدیم سیلیکات در گیاه چغندر قند در خوزستان مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج، سالیسیک اسید و کلسیم سیلیکات به طور معنی‌داری تراکم لاروهای آفت *S. exigua* را روی گیاه کاهش دادند (Yarahmadi et al., 2022). اگر چه تلاش‌هایی نیز در انتقال ژن Bt به چغندر قند علیه *S. littoralis* انجام شده (Jafari et al., 2009) و رشد و نمو *S. exigua* روی ارقام چغندر قند در کشور مطالعه شده است (Karimi-Malati et al., 2012; Golikhajeh et al., 2017)، اما در خصوص مقاومت ارقام چغندر قند در برابر برگ‌خوارها، تحقیقات زیادی در کشور ما صورت نگرفته است.

با توجه به مشاهده خسارت شب‌پره مذکور و گزارشات واصله به مرکز تحقیقات صفی‌آباد دزفول در این زمینه، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی مقاومت ۱۲ رقم چغندر قند و بررسی ساز و کارهای مقاومت آنها در برابر کرم برگ‌خوار چغندر قند ارائه گردید.

### مواد و روش‌ها

#### آزمایش‌های صورت گرفته در مزرعه

##### ارقام مورد مطالعه در آزمایش

تعداد ۱۲ رقم چغندر قند مناسب برای کشت پاییزه در استان خوزستان (شامل راتنا، کالاس، آلگار، بیفورت، پرتال، سنتینل، برندون، موتور، هما، دنا، شریف و ۰۶۱) به عنوان ارقام رایج منطقه برای انجام بررسی‌ها انتخاب گردیدند و در ۲۶ و ۲۷ مهر ماه سال ۱۴۰۰ در مزرعه آزمایشی گیاهپزشکی در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول (32°15'N)

- 6- Sentinel
- 7- Brandon
- 8- Motor
- 9- Choice test

- 1- Ratna
- 2- Callas
- 3- Algar
- 4- Bifort
- 5- Portal

### ارزیابی میزان صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندر قند به ارقام مختلف با ایجاد آلودگی مصنوعی (انتخاب غیر آزاد)

پس از انجام ارزیابی مزرعه‌ای، چون خسارت لاروها در آلودگی طبیعی چندان قابل توجه نبود، برای ایجاد آلودگی بیشتر از روش انتخاب غیر آزاد (رها سازی لاروهای پرورش یافته در آزمایشگاه) استفاده گردید. ایجاد آلودگی مصنوعی در اواخر بهمن‌ماه، با رها سازی چهار لارو سن یک و دو در هر کرت آزمایشی صورت گرفت. ارزیابی خسارت لاروها از ابتدای اردیبهشت به صورت هفتگی و در سه نوبت صورت گرفت. برای محاسبه شاخص صدمه‌زنی لاروها از رابطه‌ی ۱ استفاده شد و ارقام در گروه‌های بسیار حساس، حساس، نیمه مقاوم، مقاوم و بسیار مقاوم به شرح زیر گروه‌بندی شدند (Chiang & Talekar, 1980; Rezabeigi, 2000; Bayu et al., 2018).

$$P = \sum \frac{n_i \times v_i}{ZN} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

$P$  = شدت خسارت برگ،  $n_i$  = تعداد برگ‌های خسارت دیده دارای درجه خسارت  $i$ ،  $v_i$  = درجه خسارت  $i$  (بین صفر تا ۶)،  $Z$  = بالاترین درجه (۶)،  $N$  = تعداد کل برگ‌های ارزیابی شده.

برای ثبت ارزش عددی شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندر قند ( $i$ )، از شاخص‌های ۰ = بدون صدمه، ۱ = کمتر از ۱۵ درصد سطح برگ خورده شده، ۲ = ۱۶-۳۰ درصد سطح برگ خورده شده، ۳ = ۳۱-۴۵ درصد سطح برگ خورده شده، ۴ = ۴۶-۶۰ درصد سطح برگ خورده شده، ۵ = ۶۱-۷۵ درصد سطح برگ خورده شده و ۶ = ۷۶ تا ۱۰۰ درصد سطح برگ خورده شده توسط کاغذ مدرج (میلی متری) استفاده گردید. در زمان برداشت محصول چغندر قند، پس از توزین محصول هر کرت آزمایشی، مقدار کاهش عملکرد به ازای هر لارو محاسبه گردید. ارقامی که درصد کاهش عملکرد کمتری دارند، از تحمل بیشتری برخوردار هستند. در نهایت درصد کاهش عملکرد لاروها محاسبه شد (رابطه‌ی ۲).

رابطه ۲:

درصد کاهش عملکرد =

$$100 \times \left\{ \frac{\text{عملکرد در شاهد}}{\text{عملکرد در شاهد} - \text{عملکرد تیمار}} \right\}$$

### آزمایش‌های صورت گرفته در شرایط آزمایشگاه

#### پرورش لاروهای کرم برگ‌خوار چغندر قند

جمع‌آوری لاروهای کرم برگ‌خوار چغندر قند برای پرورش لاروهای آن، از مزارع یونجه آلوده در مرکز تحقیقات صفی آباد صورت گرفت. لاروها در داخل ظروف پرورش پلاستیکی به طول، عرض و ارتفاع ۳۱×۲۳×۶ سانتی متر در آزمایشگاه و در دمای اتاق نگهداری و با برگ کاهو تغذیه شدند.

تغذیه لاروها با کاهو اثر تغذیه‌ی قبلی لاروها در انتخاب میزبان را کاهش می‌داد. پس از شفیره شدن و خروج شب‌پره‌ها، تعداد دو تا سه جفت شب‌پره در داخل یک ظرف پلاستیکی به طول، عرض و ارتفاع ۲۲×۱۱×۴ سانتی متر که دیواره‌های آن با کاغذ سفید پوشیده شده بود، رها سازی شدند. در داخل ظرف، پنبه آغشته با آب-عسل ۱۰ درصد برای تغذیه شب‌پره‌ها قرار داده شد. تخم‌های گذاشته شده توسط شب‌پره‌ها روی کاغذهای سفید روی دیواره ظرف جمع‌آوری شدند. سپس برای استحصال لاروهای آن در ظروف پرورش دیگری نگهداری شدند (Bayu et al., 2018).

### آزمایش رجحان و عدم رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار به ارقام چغندر قند (انتخاب آزاد)

برای ارزیابی درصد رجحان و عدم رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار به ارقام مختلف چغندر قند، آزمایشی به صورت انتخاب آزاد در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ رقم و ۱۵ تکرار صورت گرفت. برای انجام این آزمایش از همان ارقام چغندر قند کشت شده در مزرعه استفاده شد. در هر تکرار آزمایش، قطعات برگ که به شکل دایره‌ای به قطر ۶ سانتی متر بریده شده بودند، به صورت دایره‌ای در داخل تشتی به قطر ۵۰ سانتی متر چیده شدند.

## نتایج

### نتایج آزمایش‌های صورت گرفته در مزرعه

#### ارزیابی شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندرقد با آلودگی طبیعی (انتخاب آزاد)

نتایج تجزیه واریانس برآورد شاخص صدمه کرم برگ‌خوار به ارقام مختلف چغندر در جدول ۱ آمده است. طبق نتایج بدست آمده از نظر شاخص صدمه زنی لاروها، تفاوت معنی‌داری بین ارقام آزمایشی در سطح ۵ درصد وجود داشت. میانگین شاخص صدمه زنی کرم برگ‌خوار در شرایط مزرعه با آلودگی طبیعی در جدول ۲ آمده است. میانگین این شاخص در تمام ارقام آزمایشی بین ۶ تا ۱۶/۵ بود. رقم راتنا با شاخص ۱۶/۵ بیشترین میزان صدمه و ارقام براندون، کالاس، سنتیل، آلگار به ترتیب با شاخص ۶/۱، ۶/۷، ۶/۸ و ۸/۹ صدمه یا آسیب کمتری داشتند.

#### ارزیابی شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندرقد با ایجاد آلودگی مصنوعی (انتخاب غیر آزاد)

نتایج تحلیل واریانس میزان تغذیه لاروهای کرم برگ‌خوار چغندرقد بعد از رهاسازی روی ارقام مختلف چغندرقد کشت شده در مزرعه در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج شدت خسارت لاروهای کرم برگ‌خوار چغندرقد از ارقام مختلف چغندرقد معنی‌دار نبود. در این ارزیابی‌ها، به دلیل رشد چغندرقد و ظهور برگ‌های جدید، فراوانی برگ‌های سالم در کرت‌های آزمایش به مراتب بیشتر بود و در نتیجه شدت خسارت لاروها کمتر از نوبت اول ارزیابی برآورد گردید.

#### کاهش عملکرد ناشی از تغذیه‌ی کرم برگ‌خوار چغندرقد در ارقام مختلف

نتایج تحلیل واریانس کاهش عملکرد ارقام مختلف چغندرقد ناشی از تغذیه‌ی لاروهای کرم برگ‌خوار چغندرقد در مزرعه در جدول ۱ درج شده است. براساس این نتایج، کاهش عملکرد ارقام مختلف چغندرقد در اثر تغذیه‌ی کرم برگ‌خوار چغندرقد در مزرعه معنی‌دار نبود. میانگین شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندرقد به ارقام مختلف در مزرعه با آلودگی طبیعی (انتخاب آزاد) و با ایجاد آلودگی مصنوعی (انتخاب غیر آزاد) در جدول ۲ آمده است. معنی‌دار نبودن

در هر تکرار آزمایش تعداد ۳۶ لارو دو روزه سن دو کرم برگ‌خوار در مرکز دایره رها شدند و روی دایره رجحان (تشت) با توری نازکی پوشانده شد. پس از ۲۴ ساعت تعداد لاروهای مستقر شده روی هر قطعه برگ شمارش و ثبت گردید. آزمایش با ۱۵ تکرار صورت گرفت و در هر تکرار چیدمان ارقام متفاوت بود. در پایان درصد رجحان لاروها به هر رقم محاسبه شد و تحلیل واریانس داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۱۵ تکرار صورت گرفت.

#### ارزیابی مقدار تغذیه کرم‌های برگ‌خوار از برگ ارقام مختلف چغندرقد در آزمایشگاه (آزمایش انتخاب غیر آزاد)

ارزیابی مقدار تغذیه کرم‌های برگ‌خوار از برگ ارقام مختلف چغندرقد در آزمایشگاه (آزمایش انتخاب غیر آزاد) در دو آزمایش مجزا در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۱۰ تکرار صورت گرفت. آزمایش اول به طور کامل انجام شد و آنالیزها کامل صورت گرفت و برای اطمینان و دقت بیشتر، آزمایش مجدداً تکرار شد. در هر تکرار، یک لارو دو روزه سن دو در داخل یک لیوان پلاستیکی به قطر ۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر رها شد. روزانه و یا هر دو روز یک بار قطعه برگگی به مساحت ۹ سانتی‌متر مربع از هر رقم در اختیار لارو تا مرحله پیش شفیرگی قرار گرفت. به هنگام تعویض قطعات برگ، مساحت خورده شده با استفاده از یک کاغذ مدرج (میلی‌متری) محاسبه و ثبت شد. در پایان آزمایش (قبل از شفیرگی) مقدار کل برگ خورده شده توسط هر لارو محاسبه گردید.

علاوه بر ارزیابی مقدار کل برگ خورده شده، طول دوره‌ی بقا (زنده مانی) برای لاروهای تغذیه کرده از ارقام مختلف بر حسب روز نیز محاسبه شد. منحنی توزیع نرمال برای گروه‌بندی مقاومت ارقام چغندرقد بر اساس صفات ارزیابی شده نیز طراحی گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی با تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تکمیلی دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ صورت گرفت.

نشده است. میانگین کل عملکرد ارقام چغندر قند در قطعه رهاسازی شده و شاهد (بدون رهاسازی کرم‌های برگ‌خوار) نیز محاسبه شد (جدول ۲). این میانگین‌ها به ترتیب ۱۸/۸ و ۱۹/۱ کیلوگرم بود و مقایسه آنها نشان داد که بین این دو تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود نداشت.

کاهش عملکرد در اثر خسارت کرم برگ‌خوار چغندر قند می‌تواند به علت قدرت ترمیم بسیار زیاد چغندر قند از طریق تولید برگ‌های جدید در تراکم‌های پایین لارو این آفت باشد. همچنین، عملکرد در چغندر قند علاوه بر نوع رقم، تحت تأثیر عوامل دیگری قرار می‌گیرد که در این آزمایش به آنها توجه

جدول ۱- نتایج تحلیل واریانس صفات ارزیابی شده در آزمایش‌های انجام شده در مزرعه

Table 1. The results of analysis of variance of evaluated traits in field experiment

Experiments	Source of Variances	Degree of freedom	Mean of squares	F
Evaluating damage index of beet armyworm in the field - by natural damage	Treatment	11	78	1.9*
	Error	87	41.1	
	Total	107		
Evaluating damage index of beet armyworm in the field - by artificial damage	Treatment	11	43.9	1.6 <sup>ns</sup>
	Error	88	27.7	
	Total	108		
Evaluating yield reduction by beet armyworm in different cultivars	Treatment	11	191.8	0.6 <sup>ns</sup>
	Error	88	302.6	
	Total	108		

ns: non-significant, \*: significant at 5% probability level

جدول ۲- مقایسه میانگین (± خطای معیار) شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندر قند به ارقام مختلف در مزرعه با آلودگی طبیعی (انتخاب آزاد)، ایجاد آلودگی مصنوعی (انتخاب غیر آزاد) و درصد کاهش عملکرد ناشی از آفت در شرایط مزرعه آزمایشی

Table 2. Comparison of mean (± standard error) of damage index of beet armyworm to different cultivars in the field with natural infestation (choice access), with artificial infestation (no-choice access), and percentage of yield reduction of the pest in experimental field condition

Cultivars	Damage index (choice access)	Damage index (no-choice access)	% Yield reduction
Motor	11.7 ± 2.23 <sup>ab</sup>	7.4 ± 2.29 <sup>ab</sup>	15.3 ± 4.15 <sup>a</sup>
Callas	6.7 ± 1.41 <sup>b</sup>	4.2 ± 1.22 <sup>b</sup>	11.0 ± 7.36 <sup>a</sup>
Algar	8.9 ± 1.52 <sup>b</sup>	5.9 ± 2.54 <sup>ab</sup>	11.8 ± 3.66 <sup>a</sup>
Bifort	11.5 ± 2.54 <sup>ab</sup>	7.3 ± 2.25 <sup>ab</sup>	5.5 ± 2.59 <sup>a</sup>
Portal	12.4 ± 2.92 <sup>ab</sup>	4.4 ± 1.38 <sup>b</sup>	13.4 ± 3.5 <sup>a</sup>
Sentinel	6.8 ± 1.52 <sup>b</sup>	2.4 ± 0.54 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.58 <sup>a</sup>
Brandon	6.1 ± 1.20 <sup>b</sup>	8.2 ± 2.51 <sup>ab</sup>	15.7 ± 6.34 <sup>a</sup>
Ratna	16.5 ± 3.93 <sup>a</sup>	4.4 ± 1.02 <sup>b</sup>	15.8 ± 6.05 <sup>a</sup>
Homa	9.3 ± 2.32 <sup>b</sup>	10.2 ± 2.88 <sup>a</sup>	15.2 ± 7.74 <sup>a</sup>
Dena	11.8 ± 1.61 <sup>ab</sup>	4.3 ± 0.89 <sup>b</sup>	13.3 ± 6.63 <sup>a</sup>
Sharif	10.1 ± 1.93 <sup>ab</sup>	4.1 ± 0.75 <sup>b</sup>	9.0 ± 5.55 <sup>a</sup>
061	11.2 ± 2.72 <sup>ab</sup>	5.6 ± 0.90 <sup>ab</sup>	12.6 ± 8.37 <sup>a</sup>

Means in columns followed by the same small letter are not significantly different based on Duncan test ( $\alpha=0.05$ )



لاروهای کرم برگ‌خوار به ارقام مختلف چغندر قند معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که لاروهای کرم برگ‌خوار بیشترین درصد رجحان را به ارقام کالاس، پورتال، براندون و راتنا و کمترین درصد رجحان را به رقم دنا داشتند. ارقام سنتینل، بی‌فورت و هما نیز بعد از دنا لاروهای کمتری را به خود جلب کرده بودند. نتایج مقایسه میانگین درصد رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار چغندر قند به ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه در جدول ۴ نشان داده شده است.

#### نتایج طول دوره بقای کرم برگ‌خوار با تغذیه از ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه (انتخاب غیر آزاد)

نتایج تجزیه واریانس طول دوره بقای لاروها بر حسب روز با تغذیه از ارقام مختلف چغندر قند در جدول ۳ آمده است. نتایج بدست آمده نشان داد که در هر دو آزمایش تفاوت معنی‌داری بین ارقام چغندر قند از نظر کاهش و یا افزایش طول دوره بقای لاروها وجود ندارد. نتایج نشان داد که رقمی که اثرات آنتی‌زیزی شدید و یا آنتی‌بیوزی شدید برای کرم برگ‌خوار چغندر قند داشته باشد، در شرایط این آزمایش مشاهده نگردید.

#### همبستگی و معادله رگرسیونی بین ضریب صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار و درصد کاهش عملکرد

همبستگی بین ضریب صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار و درصد کاهش عملکرد در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. اما رابطه‌ی بین این دو از نوع نمایی<sup>۱</sup> برآورد گردید. ضریب تغییرات این معادله  $R^2=0/33$  است (رابطه‌ی ۳) و ۳۳ درصد کاهش عملکرد چغندر قند بر اساس ضریب صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار را توجیه می‌کند (شکل ۱).

(رابطه‌ی ۳)

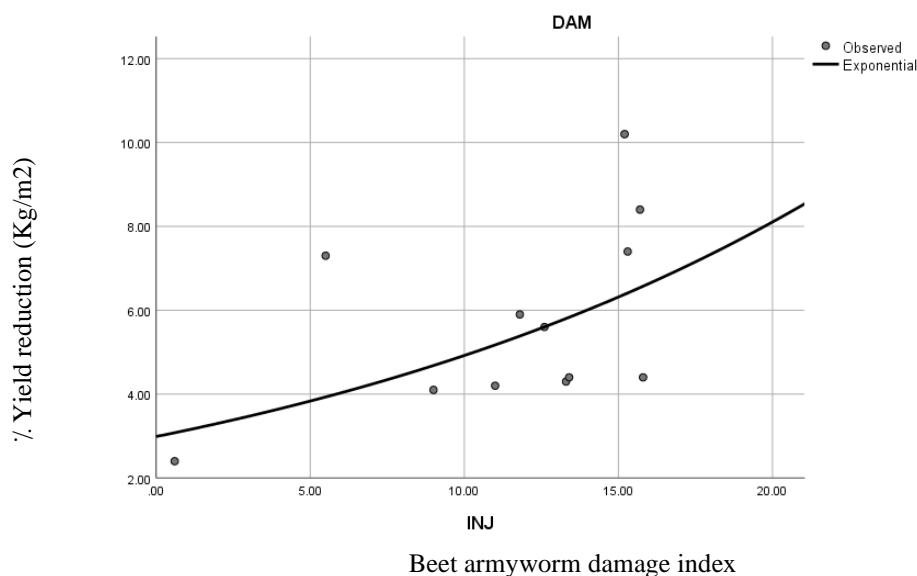
$$+0/05 \text{ (ضریب صدمه‌زنی)} e^{2/99} = \text{درصد کاهش عملکرد}$$

$$R^2=0/33$$

#### نتایج آزمایش‌های صورت گرفته در آزمایشگاه

#### نتایج درصد رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار به ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه (انتخاب آزاد)

نتایج تحلیل واریانس درصد رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار چغندر قند به ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه در جدول ۳ ذکر شده است. بر اساس نتایج، درصد رجحان



شکل ۱- رابطه‌ی نمایی بین ضریب صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار چغندر قند و درصد کاهش عملکرد (کیلوگرم در متر مربع)

Figure 1. Exponential relationship between beet armyworm damage rate and yield reduction percentage (Kilogram per square meter)

جدول ۳- نتایج تحلیل واریانس صفات ارزیابی شده در آزمایش‌های انجام شده در آزمایشگاه

Table 3. The results of the analysis of variance of the evaluated traits in the laboratory experiments

Experiments	Source of Variances	Degree of freedom	Mean of squares	F
Preference percentage of beet armyworm to different cultivars	Treatment	11	2.61	2.20**
	Error	168	1.18	
	Total	179		
Survival period (d) of the larvae by feeding on cultivars in 1 <sup>st</sup> experiment	Treatment	11	42.5	1.04 <sup>ns</sup>
	Error	99	41.04	
	Total	120		
Survival period (d) of the larvae by feeding on cultivars in 2 <sup>nd</sup> experiment	Treatment	11	25.13	1.38 <sup>ns</sup>
	Error	99	18.19	
	Total	120		
Amount of beet armyworm larval feeding (cm <sup>2</sup> ) in 1 <sup>st</sup> experiment	Treatment	11	152.5	1.02 <sup>ns</sup>
	Error	99	150.0	
	Total	120		
Amount of beet armyworm larval feeding (cm <sup>2</sup> ) in 2 <sup>nd</sup> experiment	Treatment	11	903.5	3.10**
	Error	99	294.7	
	Total	120		

ns: non-significant, \*\*: significant at 1% probability level

جدول ۴- مقایسه میانگین (± خطای معیار) درصد رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار چغندر قند به ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه

Table 4. Comparison of mean (± standard error) percentage of preference of beet armyworm larvae to different sugar beet cultivars in the laboratory

Cultivars	Preference percentage of larvae
Motor	4.62 ± 1.00 <sup>bc</sup>
Callas	10.18 ± 1.91 <sup>a</sup>
Algar	7.58 ± 1.25 <sup>abc</sup>
Bifort	5.36 ± 1.16 <sup>abc</sup>
Portal	9.44 ± 1.50 <sup>ab</sup>
Sentinel	4.99 ± 1.15 <sup>bc</sup>
Brandon	8.69 ± 1.60 <sup>ab</sup>
Ratna	8.51 ± 1.92 <sup>ab</sup>
Homa	5.55 ± 0.97 <sup>abc</sup>
Dena	3.33 ± 1.27 <sup>c</sup>
Sharif	7.58 ± 2.07 <sup>abc</sup>
061	7.21 ± 1.81 <sup>abc</sup>

Means followed by the same small letter are not significantly different based on Duncan test ( $\alpha=0.05$ )

آزمایشگاه (انتخاب غیر آزاد) در جدول ۳ آمده است. آزمایش اول تفاوت معنی‌داری در مقدار تغذیه هر لارو نشان نداد. در آزمایش دوم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. در این آزمایش کمترین مقدار تغذیه هر لارو در ارقام

نتایج مقدار تغذیه کرم برگ‌خوار از برگ ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه (انتخاب غیر آزاد)

نتایج تجزیه واریانس مقدار تغذیه هر کرم برگ‌خوار بر حسب سانتی‌متر مربع از برگ ارقام مختلف چغندر قند در

### محاسبه ضرایب یا شاخص‌های مقاومت بر اساس صفات ارزیابی شده

با توجه به این که صفات ارزیابی شده متنوع بودند و نتایج بدست آمده از ارزیابی آنها یکسان نبود، پس از محاسبه میانگین‌ها و انحراف معیار، با استفاده از منحنی توزیع نرمال ارقام در گروه‌های حساس، نیمه‌حساس، نیمه‌مقاوم و مقاوم گروه‌بندی شدند و برای آنها به ترتیب از ضرایب ۱، ۲، ۳ و ۴ استفاده گردید. ضرایب مقاومت و میانگین آنها برای ارزیابی‌های صورت گرفته در شرایط مزرعه و آزمایشگاه به ترتیب در جدول ۶ آمده است. طبق نتایج بدست آمده، در ارزیابی‌های صورت گرفته در مزرعه ارقام سنتینل و کالاس در گروه مقاوم و سایر ارقام در گروه‌های نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس قرار گرفتند. در ارزیابی‌های صورت گرفته در شرایط آزمایشگاه رقم موتور و دنا در گروه مقاوم، ارقام کالاس، سنتینل، راتنا، شریف و ۰۶۱ در گروه نیمه‌مقاوم، ارقام آلگار، بی‌فورت و پورتال در گروه نیمه‌حساس و ارقام براندون و هما در گروه حساس قرار گرفتند. بر اساس تمام ارزیابی‌های صورت گرفته ارقام موتور، کالاس و سنتینل در گروه مقاوم، ارقام دنا و شریف در گروه نیمه‌مقاوم، ارقام آلگار، بی‌فورت، پورتال، راتنا و ۰۶۱ در گروه نیمه‌حساس و ارقام براندون و هما در گروه حساس گروه‌بندی شدند (جدول ۶).

موتور، دنا و شریف و بیشترین مقدار تغذیه هر لارو در ارقام ۰۶۱ و هما دیده شد. گروه‌بندی میانگین تیمارهای آزمایشی از نظر میزان تغذیه هر لارو بر حسب سانتی‌متر مربع در ارقام مختلف در جدول ۵ آمده است.

**همبستگی و معادله رگرسیونی بین طول دوره بقای کرم برگ‌خوار و مقدار تغذیه آن از برگ ارقام مختلف چغندر قند**  
ضریب همبستگی پیرسون بین طول دوره بقای کرم برگ‌خوار و مقدار تغذیه آن از برگ ارقام مختلف چغندر قند مثبت و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود ( $r=0/66$ ). به این معنا که در ارقامی که مقاومت کمتری داشته‌اند، شانس بقای لارو بیشتر بوده و مقدار تغذیه لارو از برگ آن نیز به همین نسبت بیشتر بوده است. معادله رگرسیونی بین طول دوره بقای کرم برگ‌خوار و مقدار تغذیه آن از برگ ارقام مختلف چغندر قند در شکل ۲ نشان داده شده است. این معادله از نوع خطی<sup>۱</sup> بوده و می‌توان بر اساس بقای هر لارو در شرایط آزمایشگاه ۴۳ درصد مقدار تغذیه هر لارو برگ‌خوار (سانتی‌متر مربع) را پیش‌بینی کرد ( $R^2=0/43$ ).

(رابطه‌ی ۴):

= مقدار تغذیه کرم برگ‌خوار بر حسب سانتی‌متر مربع

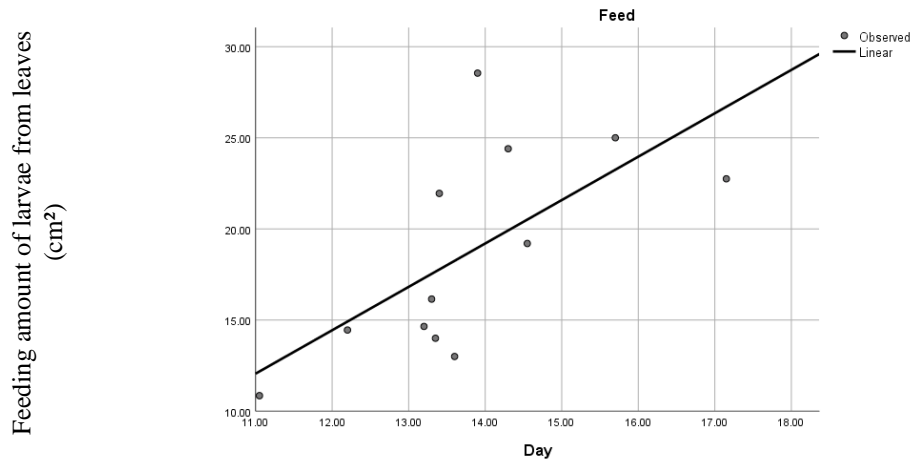
(بقای هر لارو بر حسب روز) ۱۴/۱-۲/۳۸

$R^2=0/43$

جدول ۵- مقایسه میانگین ( $\pm$  خطای معیار) مقدار تغذیه (سانتی‌متر مربع) هر کرم برگ‌خوار از ارقام مختلف چغندر قند در آزمایشگاه (انتخاب غیر آزاد)  
Table 5. Comparison of mean ( $\pm$  standard error) of feeding amount (square centimeter) of each beet armyworm larva on different varieties of sugar beet in the laboratory (no-choice access)

Cultivars	Amount of larval feeding (cm <sup>2</sup> )
Motor	17.9 $\pm$ 4.63 <sup>b</sup>
Callas	20.1 $\pm$ 5.62 <sup>b</sup>
Algar	29.6 $\pm$ 4.99 <sup>ab</sup>
Bifort	29.9 $\pm$ 6.09 <sup>ab</sup>
Portal	26.6 $\pm$ 5.74 <sup>ab</sup>
Sentinel	20.0 $\pm$ 5.48 <sup>b</sup>
Brandon	33.5 $\pm$ 6.43 <sup>ab</sup>
Ratna	21.2 $\pm$ 6.29 <sup>b</sup>
Homa	36.6 $\pm$ 5.45 <sup>ab</sup>
Dena	16.5 $\pm$ 4.16 <sup>b</sup>
Sharif	17.7 $\pm$ 5.84 <sup>b</sup>
061	47.9 $\pm$ 6.36 <sup>a</sup>

Means followed by the same small letter are not significantly different based on Duncan test ( $\alpha=0.05$ )



The survival period of beet armyworm (days)

شکل ۲- رابطه‌ی بین طول دوره بقای کرم برگ خوار (روز) و مقدار تغذیه آن از برگ ارقام مختلف چغندر قند (سانتی‌متر مربع)  
 Figure 2. The relationship between the survival period of beet armyworm (days) and its feeding amount from the leaves of different sugar beet cultivars (square centimeter)

جدول ۶- شاخص‌ها یا ضرایب مقاومت ارقام مختلف چغندر قند نسبت به کرم برگ خوار چغندر قند بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته در مزرعه و آزمایشگاه

Table 6. Indices or coefficients of resistance of different sugar beet cultivars to the beet armyworm based on the field and laboratory evaluations

Cultivars	Laboratory evaluations						Field evaluations				Total mean of resistant indices
	Mean resistance indices in laboratory	Amount of larval feeding (2nd)	Amount of larval feeding (1st)	Larval survival period (2nd experiment)	Larval survival period (1st experiment)	% Larval preference	Mean resistance indices in field	% Yield reduction	Damage index (no-choice test)	Damage index (choice test)	
Motor	3.8	3	4	4	4	4	2.3	2	3	2	3.1
Callas	2.6	3	4	2	3	1	3.3	3	3	4	3
Algar	2.4	2	2	3	3	2	2.3	2	2	3	2.4
Bifort	2.2	2	1	3	2	3	2.7	4	2	2	2.4
Portal	2	2	2	3	2	1	2.3	2	3	2	2.2
Sentinel	2.8	3	2	3	3	3	4	4	4	4	3.4
Brandon	1.4	2	1	1	1	2	2.3	2	1	4	1.9
Ratna	2.6	3	3	2	3	2	2	2	3	1	2.3
Homa	1.8	1	3	1	1	3	2	2	1	3	1.9
Dena	3.2	4	2	3	3	4	2.3	2	3	2	2.8
Sharif	2.8	3	2	4	3	2	3	3	3	3	2.9
061	2	1	3	1	3	2	2.3	2	3	2	2.2

ارقام با رنگ زرد، نارنجی، آبی و سبز به ترتیب حساس، نیمه‌حساس، نیمه‌مقاوم و مقاوم می‌باشند.

Yellow, orange, blue and green cultivars are sensitive, semi-sensitive, semi-resistant and resistant respectively.

معرفی این ارقام، کمتر به مقاومت این ارقام در برابر آفات مهم آن توجه شده است. در کشورهای دیگر، جمع آوری ژرم پلاسم‌های چغندر قند به منظور ارزیابی فراسنجه‌های متعدد از جمله مقاومت به آفات و بیمارگرها و عملکرد به منظور اصلاح پایدار ارقام چغندر قند انجام شده است (Zhang et al., 2008). در معرفی ارقام مقاوم چغندر قند به گونه‌های جنس *Spodoptera*، بیشترین تمرکز بر انتقال ژن باسیلوس تورنجینسیس (*BtVSTI*) به ارقام زراعی آن بوده است (Smigocki et al., 2013) و کمتر به روش‌های کلاسیک ارزیابی و معرفی ارقام مقاوم توجه شده است. در کشور ما نیز تحقیقات مرتبط با مقاومت ارقام چغندر قند نسبت به کرم برگ‌خوار صورت نگرفته و ارزیابی‌ها بر اثر ارقام بر فراسنجه‌های زیستی و شاخص‌های تغذیه این آفت متمرکز بوده است.

نتایج ارزیابی‌های ما که در شرایط مزرعه با آلودگی طبیعی و مصنوعی صورت گرفت، نشان داد که کاهش عملکرد ارقام مختلف چغندر قند در اثر تغذیه کرم برگ‌خوار چغندر قند، در آلودگی‌های کم در مزرعه چندان معنی دار نیست. معنی دار نبودن کاهش عملکرد در اثر خسارت کرم برگ‌خوار چغندر قند می‌تواند به علت جبران صدمه از طریق تولید برگ‌های جدید در تراکم‌های پایین لارو این آفت باشد.

در ارزیابی‌های آزمایشگاهی، درصد رجحان لاروهای کرم برگ‌خوار به ارقام مختلف چغندر قند معنی دار بود. نتایج نشان داد که لاروهای کرم برگ‌خوار بیشترین درصد رجحان را به ارقام کالاس، پورتال، براندون و راتنا و کمترین درصد رجحان را به رقم دنا داشتند. ارقام سنتینل، بی‌فورت و هما نیز بعد از دنا لاروهای کمتری را به خود جلب کرده بودند.

در رابطه با مقدار تغذیه هر لارو از برگ ارقام در آزمایش دوم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. در این آزمایش کمترین مقدار تغذیه هر لارو در ارقام موتور، دنا و شریف و بیشترین مقدار تغذیه هر لارو در ارقام ۰۶۱ و هما دیده شد. همبستگی بین ضریب مقاومت و درصد رجحان لاروها معنی دار نبود.

## ارزیابی اولیه‌ی ساز و کارهای مقاومت ارقام چغندر قند نسبت به کرم برگ‌خوار

ضرایب همبستگی بین شاخص کل مقاومت محاسبه شده و صفات ارزیابی شده در جدول ۷ آمده است. شاخص کل مقاومت با شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار در مزرعه (انتخاب آزاد)، درصد رجحان لاروها در مزرعه و مقدار تغذیه لارو از برگ در آزمایش اول در آزمایشگاه همبستگی معنی‌داری نداشت، اما با شاخص صدمه‌زنی کرم برگ‌خوار در مزرعه (انتخاب غیر آزاد)، درصد کاهش عملکرد لاروها در مزرعه، طول دوره بقای لاروها با تغذیه از برگ ارقام در آزمایش‌های اول و دوم و مقدار تغذیه لارو از برگ همبستگی منفی معنی‌داری داشت. نتایج این همبستگی‌ها نشان داد که ارزیابی‌های مبتنی بر انتخاب آزاد که دلالت بر وجود ساز و کار آنتی‌زئوز دارد، چندان در مقاومت ارقام چغندر قند نسبت به کرم برگ‌خوار موثر نیست. طول دوره بقای لاروها و مقدار تغذیه لاروها از برگ در ارقام مقاوم کمتر بوده است. این صفات مبتنی بر ساز و کار آنتی‌بیوز هستند که در ارقام موتور، دنا و سنتینل دیده می‌شود. وجود ساز و کار تحمل که صرفاً به خصوصیات گیاه مرتبط می‌شود، در ارقام سنتینل، کالاس و بی‌فورت دیده شد. این ارقام علیرغم رهاسازی لاروها روی آنها در مزرعه، خسارتی ندیدند و یا خسارت وارده را جبران کرده و از عملکرد خوبی برخوردار بودند. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در ارقام مقاوم طول دوره بقای لارو که از جمله ارزیابی‌های صورت گرفته بر اساس انتخاب غیر آزاد در شرایط آزمایشگاه می‌باشد، می‌تواند در گزینش اولیه ارقام مقاوم چغندر قند موثر باشد. رابطه‌ی بین طول دوره بقای کرم برگ‌خوار (روز) و مقدار تغذیه آن از برگ ارقام چغندر قند به صورت خطی به دست آمده است (شکل ۲).

## بحث

اصلاح و معرفی ارقام پرمحصول چغندر قند در ایران از دیرباز توسط موسسه تحقیقات اصلاح چغندر قند صورت گرفته است. در

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص کل مقاومت و صفات ارزیابی شده در مزرعه و آزمایشگاه

Table 7. Correlation coefficients between total resistance index and traits evaluated in the field and laboratory

Indices	Field evaluations				Laboratory evaluations				
	Total mean of resistant indices	Damage index (choice test)	Damage index (no-choice test)	% Yield reduction	% Larval preference	Larval survival period (1st experiment)	Larval survival period (2nd experiment)	larval feeding (1st experiment)	larval feeding (2nd experiment)
Total mean of resistant indices	1								
Damage index (choice test)	-0.16	1							
Damage index (no-choice test)	-0.63*	-0.09	1						
% Yield reduction	-0.60*	0.34	0.49	1					
% Larval preference	-0.33	-0.11	-0.15	0.24	1				
Larval survival period (1st experiment)	-0.64*	-0.21	0.59*	0.10	0.03	1			
Larval survival period (2nd experiment)	-0.64*	-0.28	0.32	0.23	0.30	0.46	1		
Amount of larval feeding (1st experiment)	-0.32	-0.22	0.10	0.38	-0.05	0.51	0.10	1	
Amount of larval feeding (2nd experiment)	-0.73**	-0.11	0.52	0.19	0.16	0.36	0.73**	0.24	1

\* & \*\* are significant at 5 & 1% probability level, respectively

صفات در آزمایشگاه، می‌توان ارقام مقاوم را انتخاب کرد و برای انجام آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه از آنها استفاده کرد. Karimi-Malati et al. (2012) نیز فراسنجه‌های جدول زندگی کرم برگ‌خوار چغندر قند *S. exigua*، را روی چهار رقم چغندر قند (Dorothea, FD0005, Renger و شیرین) در آزمایشگاه مطالعه و مشاهده کردند که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره رشدی به ترتیب در ارقام FD0005 و Renger به دست آمده است. نتایج بررسی‌های نامبردگان نشان داده است که رقم Renger برای تغذیه‌ی کرم برگ‌خوار چغندر قند نسبت به سایر ارقام در شرایط آزمایشگاهی نامناسب‌تر می‌باشد. ارقام مورد مطالعه توسط نامبردگان در آزمایش‌های ما وجود نداشتند. (Mehrkhoh 2015) نیز در ارزیابی پارامترهای زیستی روی جدول زیستی چهار رقم چغندر قند، نشان داده است که در بین ارقام آزمایشی، رقم آناکوندا مناسب‌ترین میزان برای کرم برگ‌خوار چغندر قند

معنی‌دار نبودن این همبستگی نشان‌دهنده‌ی آن است که ارزیابی‌های مبتنی بر انتخاب آزاد لاروها که دلالت بر وجود ساز و کار آنتی‌زوز دارد، در مقاومت نهایی ارقام مختلف چغندر قند نسبت به کرم برگ‌خوار چندان موثر نیست. انتخاب میزان توسط کرم برگ‌خوار چغندر قند توسط حشرات کامل آن صورت می‌گیرد و رجحان کمتر لاروها به ارقام دنا، سنتینل، بی‌فورت و هما در آزمایشگاه نشان‌دهنده‌ی آن است که این ارقام برای لاروهای کرم برگ‌خوار چغندر قند اثرات آنتی‌زوزی و یا آنتی‌بیوزی شدید دارند و می‌توان ارقام دارنده‌ی این ویژگی‌ها را وارد آزمایش‌های تکمیلی کرد. طول دوره بقا (زنده مانن) در لاروها و مقدار تغذیه لاروها از برگ در ارقام موتور، دنا و سنتینل کمتر بود. این صفات مبتنی بر ساز و کار آنتی‌بیوز هستند که گیاهان واجد آن اثرات منفی بر خصوصیات زیستی ارقام می‌گذارند. همبستگی معنی‌دار بین ضریب مقاومت و شاخص‌های فوق نشان داد که با مطالعه‌ی این

که در آزمایش‌های صورت گرفته از مقاومت نسبی برخوردار بودند و از ارقام براندون و هما که حساس ارزیابی شدند، به عنوان شاهد استفاده کرد. از آنجا که کرم برگ‌خوار چغندر قند از جمله آفات است که گزارش‌های متعددی در خصوص مقاومت آن در برابر آفت کش‌ها منتشر شده است. کاشت ارقام مقاوم به کرم برگ‌خوار چغندر قند در قالب برنامه مدیریت تلفیقی آفات، می‌تواند کاهش عملیات کنترل شیمیایی علیه این آفت و مدیریت مقاومت آن در برابر آفت‌کش‌ها را به همراه داشته باشد. از طرف دیگر یکی از روش‌های مناسب برای کنترل کرم برگ‌خوار چغندر قند در استان خوزستان، پرورش و رهاسازی زنبور (*Habrobracon hebetor* (Say) (Hym.: Braconidae) است و چند انسکتاریوم برای تولید انبوه این زنبور در استان وجود دارد. با توجه به این که این زنبور لاروهای سنین بالای کرم برگ‌خوار چغندر قند را پارازیت می‌کند، کاشت ارقام چغندر قند با مقاومت نسبی در ابتدای فصل رویش برای کاهش سمپاشی‌ها علیه کرم برگ‌خوار چغندر قند، می‌تواند در حفظ زنبور مذکور و کنترل تلفیقی این آفت بسیار موثر باشد.

### سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی و امکانات معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (گرت شماره SCU.AP1401.671) تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از مدیریت و کارکنان مرکز تحقیقات صفی آباد دزفول بابت در اختیار گزاردن کلیه امکانات لازم برای انجام تحقیق در آن مرکز صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

است. دسترسی به رقم آناکوندا برای استفاده در آزمایش‌های ما و انجام ارزیابی مقاومت آن در مقایسه با دیگر ارقام امکان‌پذیر نشد. در ارزیابی‌های Talae et al. (2017) نیز که روی شاخص‌های تغذیه ۱۰ ژنوتیپ مختلف چغندر قند صورت گرفته است، ژنوتیپ 5-HSF-1-Sh\*(SB36)\*7112 میزبان مناسبی برای کرم برگ‌خوار چغندر قند گزارش شده است. نامبردگان توصیه کرده‌اند که در برنامه‌های اصلاح چغندر قند به موضوع مناسب بودن یک رقم برای تغذیه کرم برگ‌خوار و یا حساسیت آن توجه گردد. مقایسه‌ی نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر با نتایج بدست آمده از مطالعه شاخص‌های تغذیه و فراسنجه‌های زیستی کرم برگ‌خوار چغندر قند با تغذیه از ارقام مختلف توسط سایر محققان، نشان‌دهنده‌ی آن است که این شاخص‌ها در ارقام مختلف چغندر قند متفاوت بوده و با مطالعه‌ی دقیق‌تر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی موثر بر تغذیه‌ی کرم برگ‌خوار چغندر قند، می‌توان ارقام مقاوم را انتخاب و در برنامه‌های اصلاح ارقام مقاوم چغندر قند از آنها استفاده کرد. در پایان باید اذعان نمود که نتایج بدست آمده نشان داد، علیرغم آن که کرم برگ‌خوار چغندر قند آفتی با دامنه‌ی میزبانی بسیار زیاد است، اما شاخص‌های تغذیه و درصد بقای لاروهای آن در ارقام مختلف چغندر قند متفاوت است. از این تفاوت‌ها می‌توان در اصلاح و معرفی ارقام مقاوم چغندر قند استفاده کرد. همچنین مطالعات تکمیلی در رابطه با سازوکارهای مقاومت و شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی موثر در مقاومت ارقام چغندر قند نسبت به کرم برگ‌خوار چغندر قند توصیه می‌گردد. در مطالعات تکمیلی می‌توان از ارقام سنتینل، موتور و کالاس

### References

- Anonymous. (2023). Agricultural statistics, volume 1: crops. deputy for statistics, center for statistics, information technology and communications, Ministry of Agriculture Jihad. 95 p.
- Bayu, M. S. Y. I., Krisnawati, A., & Adie, M. M. (2018). Response of soybean genotypes against armyworm, *Spodoptera litura* based on no-choice test. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 102, No. 1, p. 012033). IOP Publishing. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012033>

Chiang, H. S., & Talekar, N. S. (1980). Identification of Sources of Resistance to the Beanfly and Two Other Agromyzid Flies in Soybean and Mungbean. *Journal of Economic Entomology*, 73(2), 197–199. <https://doi.org/10.1093/jee/73.2.197>

FAOSTAT. (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *FAOSTAT Database*, <http://www.fao.org/fao.org/faostat/en/data>

Fu, X., Feng, H., Liu, Z., & Wu, K. (2017). Trans-regional migration of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), in North-East Asia. *PLoS One*, 12(8), e0183582. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0183582>

Ghanbari Shirsavar, A. (2024, November 21). Research interview, examining the status of sugar beet production in the country (solutions to increase production). Publications of the news department of the political deputy of the Islamic Republic of Iran Broadcasting (IRIB), [https://sbsi.areeo.ac.ir/\\_choghondar/documents/272/pdfs/all/dr\\_hesady.pdf](https://sbsi.areeo.ac.ir/_choghondar/documents/272/pdfs/all/dr_hesady.pdf)

Golikhajeh, N., Naseri, B., & Razmjou, J. (2017). Geographic origin and host cultivar influence on digestive physiology of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Insect Science*, 17(1), 12. <http://doi.org/10.1093/jisesa/iew104>

Jafari, M., Norouzi, P., Malboubi, M. A., Gharahyazi, B., Valizadeh, M., Mohammadi, S. A. (2009). Transformation of cry1Ab gene to sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by Agrobacterium and development of resistant plants against *Spodoptera littoralis*. *Journal of Sugar Beet*, 24 (2), 37-55.

Karimi-Malati, A., Fathipour, Y., Talebi, A. A., & Bazoubandi, M. (2012). Comparative life table parameters of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lep.: Noctuidae), on four commercial sugar beet cultivars. *Journal of Entomological of Iran*, 32(1), 109-124.

Khanjani, M. (2009). Field crop pests in Iran. Bu-Ali Sina University Press. 719 pp.

Mehrkhoh, F. (2015). Comparative demographic parameters of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lep.: Noctuidae) on four commercial sugar beet cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran*, 35(1), 11-18.

Oliveira, N. C. D., Suzukawa, A. K., Pereira, C. B., Santos, H. V., Hanel, A., Albuquerque, F. A. D., & Scapim, C. A. (2018). Popcorn genotypes resistance to fall armyworm. *Ciência Rural*, 48, e20170378. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170378>

Pourrahim, R., Najafi, H., Farzadfar, Sh., Ardeh, M. J., Sheikholeslami, M., Fatemi, B., Ghasemi, A., Arbabi, M. (2016). Handbook of Sugar beet plant protection. Iranian Research Institute of Plant Protection, 161 pp.

Rabieh, M. M., Seraj, A. A., Talae Hassanlouei, R., & Rahimi, H. (2011). A laboratory investigation on the effect of MbNPV and indoxacarb against the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Lep., Noctuidae) larvae. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 34(1), 81-89.

Rezabeigi, M. (2000). Investigation on resistance mechanism of wheat cultivars to the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put., based on HMW- glutenin subunits and measurement of starch granules in kernel endosperm. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Smigocki, A.C., Ivic-Haymes, S., Li, H., D., & Savic, J. (2013). Pest protection conferred by a *Beta vulgaris* serine proteinase inhibitor gene. *PLoS one*, 8(2):e57303.



<https://doi.org/10.1371/Journal.pone.0057303>. Epub 2013 Feb 26. PMID:23468963; PMCID: PMC3582505.

Talae, L., Fathipour, Y., Talebi, A. A., & Khajehali, J. (2017). Screening of potential sources of resistance to *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in 24 sugar beet genotypes. *Journal of economic entomology*, 110(1), 250-258.

Yarahmadi, F., Dinarvand, N., & Farkhari, M. (2022). Induction of Sugar Beet Resistance to *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) Under Field Conditions. *Sugar Tech*, 24(6), 1845-1850. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01156-w>

Zhang, C. L., Xu, D. C., Jiang, X. C., Zhou, Y., Cui, J., Zhang, C. X., ... & Slater, A. (2008). Genetic approaches to sustainable pest management in sugar beet (*Beta vulgaris*). *Annals of Applied Biology*, 152(2), 143-156. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00228.x>



© 2025 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/>).