

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

بررسی حساسیت لاین ها و ارقام چغندر قند به نماتد سیستی
(*Heterodera schachtii*)

به سفارش سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان

ابلاغ قرارداد شماره: ۴۰۰ / ۱۳۷۲۳

مورخ ۱۳۹۲/۰۱/۰۵

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

عنوان پروژه:

بررسی حساسیت و اجزای مقاومت لاین ها و ارقام چغندر قند به نماتد سیستی (*Heterodera schachtii*)

- شماره مصوب پروژه: ۴-۳۸-۱۶-۹۲۲۰۱
- نام و نام خانوادگی مجری: مهدی نصر اصفهانی: بخش تحقیقات گیاه پزشکی اصفهان
- نام و نام خانوادگی همکاران: حسن الماسی: بخش تحقیقات گیاه پزشکی اصفهان
- نام و نام خانوادگی ناظر: رسول شریفی: مدیریت حفظ نباتات اصفهان
- محل اجرا: اصفهان
- تاریخ شروع: فروردین ۱۳۹۳
- مدت اجرا: ۲ سال
- ناشر: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
- شمارگان (تیراژ):
- تاریخ انتشار:

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	مقدمه
۴	مواد و روش‌ها
۹	نتایج
۲۱	فهرست منابع
۲۴	چکیده انگلیسی

چکیده:

نماتد سیستمی چغندر قند *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 یکی از خسارت‌زاترین بیمارگرهای چغندر قند در اراضی تحت کشت این محصول به شمار می‌آید. به‌طوری‌که زمین‌های آلوده به این نماتد، کشت این محصول را به مخاطره انداخته است در این تحقیق، میزان حساسیت ۷۰ ژنوتیپ چغندر قند به نماتد سیستمی، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سطح مزرعه و طرح کامل تصادفی در سطح گلخانه بررسی شده‌اند. هم‌چنین، عیار قند ژنوتیپ‌های مورد آزمون، مورد ارزیابی قرار داده شد. داده‌های مربوط به جمعیت نهایی تعداد لارو و تخم سن دوم موجود در هر سیستم و در هر گرم خاک مبنای تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. هم‌چنین، فاکتور تولید مثل و درصد کاهش و یا افزایش جمعیت نماتد سیستمی چغندر قند، در هر تیمار نسبت به جمعیت اولیه همان تیمار محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری و خوشه‌ای داده‌ها، به ترتیب، با مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT)، با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و SPSS انجام پذیرفت. نتایج حاصله، ژنوتیپ‌های مربوطه را بر اساس میزان حساسیت و مقاومت به نماتد سیستمی در پنج طیف، مقاوم، نسبتاً مقاوم، متحمل، نسبتاً حساس و حساس قرار داد. در شرایط مزرعه، کمترین میزان تخم و لارو، به ترتیب، مربوط به ژنوتیپ‌های SB32-SB32، SB31-HSF-2، SB27-HSF-10، F-20747 و در شرایط گلخانه نیز مربوط به ژنوتیپ‌های SB32-SB32، SB31-HSF-2، SB27-HSF-10، F-20747، F-20656، (7112*SB36)*S1-11، S1-89074، SB34-HSF-10، SB31-HSF-7، SB33-HSF-1، SB-1 محسوب شدند. تجزیه‌ی خوشه‌ای نیز ژنوتیپ‌های مورد آزمون را در رابطه با صفات مورد بررسی، کماکان به پنج دسته متفاوت گروه‌بندی نمود که با نتایج آزمون دانکن نیز تشابه نزدیکی داشته و هم‌خوانی قابل توجهی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها، نشان داد که با بررسی توام در دو سطح مزرعه و گلخانه، می‌توان ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به نماتد مولد سیستم را تفکیک نمود.

کلمات کلیدی: چغندر قند، نماتد مولد سیستم، ژنوتیپ، مقاومت، اصفهان، *Heterodera schachtii*

مقدمه:

چغندر قند یکی از محصولات اساسی و ماده اولیه صنایع قند و شکر کشور می باشد این گیاه یکی از دو محصول مهم تامین کننده قند در جهان است که حدود یک چهارم شکر جهان در مناطق معتدل، یعنی مناطقی که نیشکر در آن ها کشت نمی شود، به وسیله آن تولید می شود (امیری، ۱۳۸۲).

بیماری های رایج چغندر قند: بیماری هایی نظیر ریزومانیا، پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از قارچ های بیماری زا، سفیدک پودری و آلودگی ناشی از نماتد همواره از تهدید کنندگان این محصول به شمار می روند. پوسیدگی قارچی ریشه هر ساله خسارت های فراوانی را متوجه محصول چغندر قند می کنند. از جمله مهم ترین پوسیدگی های ریشه ناشی از فایتوفتورا، پیتوم، ریزوپوس و ریزوکتونیا هستند. که در بین آن ها قارچ *Rhizoctonia solani* اهمیت ویژه ای دارد. بیماری های ریزوکتونیایی چغندر قند، در مراحل مختلف رشد تهدید جدی برای آن به حساب می آیند. پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه از جمله بیماری های مراحل اولیه رشد محصول (هر، ۱۹۹۶) و بلایت برگ (ناتیو، ۱۹۸۴) در مراحل بعدی رشد است. پوسیدگی های ریشه ناشی از بیمارگر ریزوکتونیا مشتمل بر پوسیدگی ریشه و طوقه، پوسیدگی شانکر خشک ریشه و پوسیدگی بنفش ریشه هستند که توسط گونه های مختلف ریزوکتونیا ایجاد می شود (ویتنی و دوفوس، ۱۹۸۶). خسارت این بیماری در ایران گاه به حدی است که برخی از زارعین تمایلی به کشت چغندر قند نشان نداده و این یکی از دلایل احتمالی کاهش سطح زیر کشت آن در کشور است (بهداد، ۱۳۷۵).

نماتد سیست چغندر قند: نماتد سیستی چغندر قند *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 یکی از خسارت زاترین بیمارگرهای چغندر قند در اراضی تحت کشت این محصول به شمار می آید. به طوری که زمین های آلوده به این نماتد، کشت این محصول را به مخاطره انداخته است (اخیانی و همکاران، ۱۳۷۴). این نماتد باعث ضعف، زردی، کاهش عملکرد و میزان قند در چغندر قند می شود و جزء انگل های اجباری بوده و از ریشه چغندر قند تغذیه می کند (ویتنی و دوفوس، ۱۹۹۱). این نماتد دامنه ی میزبانی وسیعی دارد و ۲۱۸ گونه از ۹۵ جنس متعلق به ۲۳ خانواده ی گیاهی، شامل گونه های زراعی، زینتی و علف های هرز به عنوان میزبان های آن شناسایی و معرفی شده اند. روش های کنترل، شامل به کارگیری روش های زراعی از جمله تناوب و استفاده از گیاهان تله، کاشت زود هنگام و استفاده از سموم نماتد کش است. به طور کلی، بهترین روش مبارزه با این نماتد تناوب سه تا هفت ساله با گیاهان غیر میزبان می باشد (استیل، ۱۹۸۱).

روش‌های مختلفی در مبارزه با نماتد سیست چغندر قند اعمال می‌گردد. ولی، هر روش مبارزه‌ای باید اقتصادی، قابل اجرا در سطح وسیع و با کمترین اثرات سوءزیست محیطی باشد. در این راستا، از جمله تناوب زراعی، کاشت زود هنگام، استفاده از گیاهان تله و استفاده از ارقام مقاوم چغندر قند برای کاهش خسارت کمی و کیفی توصیه شده است. ضد عفونی خاک و کاربرد نماتدکش‌ها در برخی از کشورها و در سطوح کوچک کاربرد دارد. استفاده از ارقام مقاوم در مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی و در این‌جا، بالاخص نماتد سیستی چغندر قند، از روش‌هایی است که کمترین هزینه را برای کشاورز داشته و قابل اجرا در سطح وسیع می‌باشد. هم‌چنین، فاقد اثرات سوءزیست محیطی با توجه به استانداردهای تولید محصولات است. ساده‌ترین، بهترین و در عین حال ایمن‌ترین روش مبارزه با بیماری‌های خاکزاد و از جمله نماتد سیستی چغندر قند محسوب می‌شود. مقاومت به نماتد در چغندر زراعی (*Beta vulgaris*) یافت نشده است. حال آن‌که در گونه‌های وحشی *B. procumbens*، *B. webbiana* و *B. patellaris* مقاومت به صورت کامل و غالب و در گونه *B. maritima* به صورت مغلوب به ارث می‌رسد (مولر ۱۹۹۸).

نماتدهای انگل گیاهی، یکی از گروه‌های عوامل بیماری‌زایی هستند که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی روی آن‌ها انجام شده است. با انتقال عوامل بیماری‌زای دیگر و شرکت در بیماری‌های مرکب، به صورت غیرمستقیم نیز در کاهش راندمان تولیدات کشاورزی نقش دارند. بنابراین، مدیریت این گونه از عوامل بیماری‌زا، در فهرست اهداف اصلی متخصصین این رشته از علم قرار گرفته است. استفاده از روش‌های مختلف زراعی و شیمیایی هر چند در موارد زیادی توانسته است خسارت این نماتدها را کاهش دهد. ولی، محدودیت و خطرات زیست محیطی، هر یک از روش‌های فوق باعث ادامه‌ی تلاش جهت جستجوی روش‌های مؤثرتر و کم‌خطرتر برای مدیریت این گروه از عوامل بیماری‌زای مهم، شده است. با توجه به گسترش روزافزون سطح آلوده به نماتد سیستی چغندر قند در کشور و ضرورت استفاده از ارقام مقاوم به عنوان یکی از بهترین روش‌های کاهش خسارت این بیمارگر و با توجه به مشکلات روش‌های ارزیابی مقاومت به نماتد در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای، اهداف این پژوهش در موارد زیر خلاصه شد:

- ۱) بررسی و مقایسه‌ی واکنش لاین‌ها و ارقام چغندر قند نسبت به نماتد سیستی در خاک سترون و خاک آلوده‌ی مزرعه.
- ۲) معرفی لاین‌ها و ارقام مقاوم به نماتد سیستی چغندر قند

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی سطوح مختلف مقاومت در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه چغندر قند، شامل ارقام و لاین‌ها به نماتد سیستی، بررسی‌هایی انجام گردید. این بررسی‌ها، در دو سطح مزرعه و گلخانه انجام شد. بررسی‌های مزرعه‌ای در منطقه‌ی خوراسگان، در اطراف کارخانه قند اصفهان و گلخانه‌ای در گلخانه‌های بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی اصفهان انجام شد.

ژنوتیپ‌های مورد آزمون: در این مطالعه ۷۰ ژنوتیپ چغندر قند که توسط موءسسسه‌ی تحقیقات چغندر قند کرج در اختیار قرار گرفته بود، مورد بررسی قرار گرفت. اسامی و شجره‌نامه ژنوتیپ‌های مورد آزمون در جدول ذیل ارائه شده است.

Order (ردیف)	Seed no. (شماره بذر)	Origin (منشاء)	Pedigree (شجره نامه)	Type of breeding material (نوع مواد اصلاحی)	Germity (جوانه‌زنی)
1		SB27-HSF-1	P 818-438	Half sib-family	Multigerm
2		SB27-HSF-2	P 818-438	Half sib-family	Multigerm
3		SB27-HSF-10	P 818-438	Half sib-family	Multigerm
4		SB31-HSF-1	N 412	Half sib-family	Multigerm
5		SB31-HSF-2	N 412	Half sib-family	Multigerm
6		SB31-HSF-5	N 412	Half sib-family	Multigerm
7		SB31-HSF-6	N 412	Half sib-family	Multigerm
8		SB31-HSF-7	N 412	Half sib-family	Multigerm
9		SB31-HSF-8	N 412	Half sib-family	Multigerm
10		SB31-HSF-9	N 412	Half sib-family	Multigerm
11		SB31-HSF-10	N 412	Half sib-family	Multigerm
12		SB32-HSF-1	N 472	Half sib-family	Multigerm
13		SB32-HSF-2	N 472	Half sib-family	Multigerm
14		SB32-HSF-3	N 472	Half sib-family	Multigerm
15		SB32-HSF-4	N 472	Half sib-family	Multigerm
16		SB32-HSF-5	N 472	Half sib-family	Multigerm
17		SB32-HSF-8	N 472	Half sib-family	Multigerm
18		SB32-HSF-9	N 472	Half sib-family	Multigerm
19		SB32-HSF-10	N 472	Half sib-family	Multigerm
20		SB33-HSF-1	K402	Half sib-family	Multigerm
21		SB35-HSF-1	K404	Half sib-family	Multigerm
22		SB35-HSF-4	K404	Half sib-family	Multigerm
23		SB35-HSF-8	K404	Half sib-family	Multigerm
24	31967	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-3	W1009	Ful-sib family	Multigerm
25	31969	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-11	W1009	Ful-sib family	Multigerm
26	31970	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-16	W1009	Ful-sib family	Multigerm
27	31972	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-20	W1009	Ful-sib family	Multigerm
28	31976	(7112*SB36)*S1-3	W1009	Hybrid	Monogerm
29	31980	(7112*SB36)*S1-11	W1009	Hybrid	Monogerm
30	31982	(7112*SB36)*S1-16	W1009	Hybrid	Monogerm
31	31985	(7112*SB36)*S1-20	W1009	Hybrid	Monogerm
32	32003	SB31	N 412	Pollinatore	Multigerm

33	32004	SB32	N 472	Pollinatore	Multigerm
34	32005	SB33	K404	Pollinatore	Multigerm
35	32006	SB35	K404	Pollinatore	Multigerm
36	32008	(7112*SB36)*SB31	N 412	Hybrid	Monogerm
37	32009	(7112*SB36)*SB32	N 472	Hybrid	Monogerm
38	32166	S1-89074	6927-202	Ful-sib family	Multigerm
30	32167	S1-89134	6926-11-3-22	Ful-sib family	Multigerm
40	32168	SB28-HSF-2	P 807-413	Half-sib family	Multigerm
41	32169	SB28-HSF-14	P 807-413	Half-sib family	Multigerm
42	32170	SB34-HSF-1	K403	Half-sib family	Multigerm
43	32171	SB34-HSF-2	K403	Half-sib family	Multigerm
44	32172	SB34-HSF-5	K403	Half-sib family	Multigerm
45	32173	SB34-HSF-10	K403	Half-sib family	Multigerm
46	32174	SB34-HSF-13	K403	Half-sib family	Multigerm
47	32175	SB34-HSF-28	K403	Half-sib family	Multigerm
48	32178	NE-0910-HSF-21		Half-sib family	Multigerm
49	32179	NE-0910-HSF-38		Half-sib family	Multigerm
50	32180	NE-0910-HSF-43		Half-sib family	Multigerm
51	32181	NE-0910-HSF-46		Half-sib family	Multigerm
52		SB-1	4	commercial variety	Monogerm
53		SB-2	5	commercial variety	Monogerm
54		SB-3	6	commercial variety	Monogerm
55		SB-4	7	commercial variety	Monogerm
56	F-20656			commercial variety	Monogerm
57	F-20732			commercial variety	Monogerm
58	F-20710			commercial variety	Monogerm
59	F-20701			commercial variety	Monogerm
60	F-20747			commercial variety	Monogerm
61	F-20746			commercial variety	Monogerm
62	F-20583			commercial variety	Monogerm
63	F-20603			commercial variety	Monogerm
64		SB26	N812-446	Pollinatore	Multigerm
65		SB28	P 807-413	Pollinatore	Multigerm
66		SB29	6927-202	Pollinatore	Multigerm
67		SB30	6926-11-3-22	Pollinatore	Multigerm
68		SB34	K403	Pollinatore	Multigerm
69	28454	NE 0911		Pollinatore	Multigerm
70		191		Pollinatore	Multigerm

بررسی مزرعه‌ای

انتخاب زمین آلوده: جهت اجرای این تحقیق، در ابتدای آزمایش، مزرعه‌ای با سابقه کشت چغندر قند و آلودگی به نماتد سیستی چغندر قند در منطقه خوراسگان در اطراف کارخانه قند اصفهان انتخاب شد. جهت تایید آلودگی این مزارع ۱۰ نمونه به صورت تصادفی از نقاط مختلف مزارع مذکور انتخاب و طبق روش فنویک سیستم‌ها از خاک استخراج و سپس سیستم‌ها توسط سیستم خردکن خرد و در نهایت میزان جمعیت نماتد مذکور در گرم خاک مزرعه محاسبه گردید (پانلا و لولن، ۲۰۰۷؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸).

کشت ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه: تعداد ۷۰ ژنوتیپ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۲ به صورت خطی در منطقه خوراسگان در اطراف کارخانه قند اصفهان به اجرا درآمد. به منظور آماده سازی زمین، از اردیبهشت ماه اقدامات لازم از قبیل شخم زدن، کوددهی و ... صورت گرفت. عملیات کاشت در سطح مزرعه در ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۲ انجام گردید. زمین مورد آزمون به ۲۱۰ خط تقسیم شد که طول هر خط شش متر و در هر یک متر آن یک ژنوتیپ کشت شد. فواصل بین خطوط برای کشت ژنوتیپ بعدی نیم متر بود. هم‌چنین، فاصله بین هر پشته با پشته بعدی ۴۰ سانتی متر بود. بعد از سبز شدن بوته‌ها به علت وجود علف‌های هرز در دو مرحله عملیات از بین بردن علف‌های هرز و وجین کردن صورت گرفت. هم‌چنین، به علت وجود آفات و بیماری‌ها اقدامات کنترلی صورت پذیرفت. عملیات برداشت در آبان ماه ۱۳۹۲ صورت پذیرفت. و از هر کدام از خط‌ها نمونه‌های دو کیلو گرمی از خاک همراه با پنج غده چغندر قند که به صورت تصادفی انتخاب شد جمع آوری تا بررسی‌های لازم در آزمایشگاه از قبیل بررسی تعداد سیستم‌ها، تعداد تخم و لارو صورت گیرد. هم‌چنین، در پایان فصل رشد برای اندازه گیری در صد قند ۷۰ نمونه دو کیلو گرمی از غده‌های چغندر قند جمع آوری شد. پس از شستشو و زدودن خاک غده‌ها نمونه‌ها به آزمایشگاه تکنولوژی قند تحویل داده شد. از هر نمونه خمیر ریشه (پولپ) تهیه شد و پس از قرار گرفتن در سینی‌های مخصوص در فریزر نگهداری شد. سپس نمونه‌های یخ زده به آزمایشگاه تکنولوژی قند انتقال داده شد و صفات کیفی مورد نظر اندازه گیری شد (قلی زاده و همکاران، ۱۳۷۲).

تعیین جمعیت نهایی (PF): جهت تعیین جمعیت نهایی، پس از خارج کردن گیاهان از زمین، مقداری از خاک اطراف بوته برداشته شده و پس از مخلوط کردن به صورت یک نمونه واحد به آزمایشگاه منتقل شد. از هر نمونه به صورت جداگانه به میزان ۲۰۰ گرم خاک برداشته و سیستم‌های آن به روش فنویک استخراج شد. سیستم‌ها توسط سیستم خردکن خرد شده و تخم و لارو آن‌ها آزاد گردید. پس از آن حجم سوسپانسیون به ۲۰۰ میلی لیتر رسید و شمارش تخم و لارو در سه تکرار صورت گرفت. در نهایت جمعیت نهایی لارو و تخم موجود در سیستم‌های موجود در هر گرم خاک مزرعه مربوطه محاسبه شد (فنویک، ۱۹۴۰).

محاسبه فاکتور تولید مثل و درصد کاهش جمعیت نسبت به جمعیت اولیه: فاکتور تولید مثل بر اساس میانگین جمعیت نهایی و اولیه هر تیمار محاسبه شد و بر اساس آن درصد کاهش و یا افزایش جمعیت نماتد سیستمی چغندر قند، در هر تیمار نسبت به جمعیت اولیه همان تیمار مشخص شد. در نهایت میانگین فاکتور تولید مثل و درصد کاهش و یا افزایش جمعیت محاسبه شد. در نهایت تعیین میزان حساسیت و مقاومت ژنوتیپ‌های مورد آزمون بر اساس جمعیت نهایی تعداد سیستم و میزان لارو و تخم موجود در هر تکرار استوار است (دونی و همکاران، ۱۹۶۹؛ دی بوک، ۱۹۹۴). طبق فرمول ارائه شده توسط استنبرینک (۱۹۶۶)، محاسبه فاکتور تولید مثل برای هر کدام از تیمارهای حاوی نماتد بر اساس فرمول $R = P_f / P_i$ صورت گرفت که در آن P_i جمعیت اولیه (Initial population) و P_f جمعیت نهایی (Final population) می‌باشد. برای ارزیابی ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد آزمون، با تغییراتی از روش اسمیت و شانون در سال ۱۹۹۲ استفاده گردید. در این جا گروه بندی‌ها با شاخص ماده کمتر از ۱۰٪ به عنوان مقاوم، بین ۱۰ تا ۳۰٪ به عنوان نسبتاً مقاوم، بین ۳۰ تا ۶۰٪ نسبتاً حساس و بیشتر از ۶۰٪ به عنوان کاملاً حساس می‌باشد (اشمیت و شانون ۱۹۹۲). ولی، جهت سهولت و نتیجه قاطع‌تر تغییراتی به شرح ذیل در جدول (۲-۳) در آن ایجاد و ژنوتیپ‌ها ارزیابی گردید.

جدول ۲-۳ ارزیابی مقاومت بر اساس شاخص تعداد تخم و لارو

شاخص تعداد تخم و لارو	درجه مقاومت
۰-۵	مقاوم
۵-۱۰	نسبتاً مقاوم
۱۰-۲۵	متحمل
۲۵-۵۰	نسبتاً حساس
بیشتر از ۵۰	حساس

بررسی های گلخانه ای

کشت ژنوتیپ ها در شرایط گلخانه: این بررسی ها، در گلخانه های بخش تحقیقات گیاه پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در اوایل خرداد ماه ۱۳۹۲ با ۷۰ ژنوتیپ در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. برای انجام بررسی گلخانه ای از گلدان های یک کیلوگرمی که با وایتکس ضد عفونی شده، استفاده شد. خاک گلدان ها قبل از پر کردن گلدان ها با دستگاه سترون تهیه گردیدند. گلدان ها با خاک استریل (خاک + ماسه) پر و اطلاعات لازم برای هر ژنوتیپ روی اتیکت های مربوطه یادداشت گردید. در هر گلدان ۱۰ بذر چغندر قند مورد کشت قرار گرفت. گلدان ها در هفته اول کشت هر روز آبیاری شدند. پس از سبز شدن بوته ها هر دو روز یکبار آبیاری صورت گرفت. در هر گلدان چهار بوته نگهداری شد و بقیه بوته ها تنک شدند. در این تحقیق از گیاهانی که دارای رشد مناسب و خوبی بودند استفاده شد، زیرا گیاهانی که ضعیف بودند، بعد از آلودگی مصنوعی به شدت بیمار شده و غالباً قبل از اتمام آزمایش می مردند و یا این که به دلیل ضعیف بودن ریشه، لاروها نمی توانستند چرخه زندگی شان را کامل کنند و این موضوع باعث ایجاد خطا در آزمایش می شد. هم چنین، به علت وجود آفات و بیماری ها اقدامات کنترلی صورت پذیرفت. هر یک ماه یکبار گلدان ها با کود مایع به صورت پاشش روی برگ ها با غلظت سه در هزار کوددهی شد (مک فارن و همکاران، ۱۹۸۲).

نمونه برداری: به منظور تهیه مایه ی تلقیح نماتد، مزرعه ای با سابقه آلودگی به نماتد در منطقه خوراسگان در اطراف کارخانه قند اصفهان انتخاب و مزرعه آلوده به چهار بخش فرضی تقسیم شد. از هر بخش نمونه های مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک تهیه شد (فنویک، ۱۹۴۰).

خالص سازی نماتد: مقدار ۲۰۰ گرم از خاک هر نمونه (که در هوای معمولی خشک شده بود) با استفاده از روش فنویک و الک ۶۰ مش (۲۵۰ میکرون) شسته شد و سیستم های موجود در خاک با استفاده از نوارهای کاغذی مخصوص و الک جدا گردیدند (فنویک، ۱۹۴۰).

تهیه لارو نماتد جهت مایه زنی: جهت تهیه لارو نماتد، سیستم های جدا شده را با استفاده از سیستم خردکن خرد کرده و هر یک از گیاهچه های چغندر قند داخل گلدان ها در مرحله چهار تا شش برگی در چهار نوبت با ۱۰۰۰ لارو نماتد مایه زنی شدند (مصباح و همکاران، ۱۹۷۷).

تعیین جمعیت نهایی (PF): دو ماه پس از آخرین مایه‌زنی تعداد سیستم‌های داخل خاک گلدان‌ها مورد شمارش قرار گرفتند. سیستم‌های موجود در خاک براساس روش فنویک، از خاک استخراج و شمارش سیستم‌های پر (سیستم‌های حاوی لارو سن دوم و تخم) انجام شد. پس از خرد کردن سیستم‌ها به وسیله سیستم خردکن جمعیت نهایی لارو و تخم نماتد توسط اسلاید شمارش و در هر گرم خاک هر گلدان محاسبه شد. در نهایت تعیین میزان حساسیت و مقاومت ژنوتیپ‌های مورد آزمون بر اساس جمعیت نهایی تعداد سیستم و میزان لارو و تخم موجود در هر تکرار انجام شد (دونی و همکاران، ۱۹۶۹؛ دی بوک، ۱۹۹۴).

تجزیه و تحلیل آماری فاکتورهای بیماری: تجزیه واریانس برای صفات آلودگی به وسیله تجزیه ساده و مرکب در کلیه مراحل بررسی و انجام گردید. بررسی‌های آماری داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن DMRT در سطح اطمینان یک درصد انجام گردید. همچنین، برای گروه‌بندی داده‌ها از تجزیه آماری خوشه‌ای با ترسیم دندروگرام به روش وارد و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی با تشابهات موجود به به وسیله نرم‌افزار (SAS, SPSS) انجام شد (موسسه ساس، ۲۰۰۴).

نتایج: بررسی‌های انجام شده در جهت تعیین حساسیت ژنوتیپ‌های مورد آزمون چغندر قند در این آزمایش‌ها و نتایج حاصل به شرح ذیل و به ترتیب، ارائه و با منابع داخلی و خارجی مقایسه و مورد بحث قرار داده شده است. نتایج حاصله، نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمون که در دو شرایط مختلف مزرعه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفت، از اختلاف معنی‌دار برخوردار بوده است ($P=0/01$). تجزیه خوشه‌ای، ارقام و لاین‌های مورد آزمون را نسبت به نماتد سیستم چغندر قند، در رابطه با صفت شدت بیماری، به پنج دسته متفاوت گروه‌بندی نمود که با نتایج آزمون دانکن نیز تشابه نزدیکی دارد.

ارزیابی مرکب مزرعه و گلخانه

بررسی تعداد سیستم در گرم خاک مزرعه و گلخانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس مزرعه و گلخانه برای صفت تعداد سیستم در گرم خاک، نشان داد که اختلاف قابل توجه و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمون از نظر تعداد سیستم نماتد مربوطه وجود دارد (جدول ۱)

($P=0/01$). جمع بندی و تجزیه‌ی نتایج حاصله از داده‌های مزرعه و گلخانه، در خصوص میانگین تعداد سیست روی ژنوتیپ‌های مختلف مورد بررسی نشان داد که تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. در این خصوص، ژنوتیپ ۳۵ (SB35) با بیشترین تعداد سیست یعنی ۲/۴۸ عدد در راس قرار گرفت که در یک گروه مجزا و با اثر معنی‌دار واقع شده است. سپس، ژنوتیپ‌های ۵۰ (NE-0910-HSF-43) و ۶۳ (F-20603) به طور مشترک با ۱/۵۴ و ژنوتیپ ۲ (SB27-HSF-2) با ۱/۴۴ در گروه دوم و با اثر معنی‌دار و در یک گروه آماری جدا می‌باشند. هم‌چنین، ژنوتیپ‌های ۵۳ (SB-2)، ۶۹ (NE 0911) و ۵۴ (SB-3)، ۱۶ (SB32-HSF-5) به ترتیب با ۰/۱۷ و ۰/۱۸ عدد سیست کمترین تعداد سیست را در این بررسی‌ها داشتند (جدول ۲) ($P=0/01$). بررسی‌های تعداد سیست در این آزمایش‌ها روی ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد آزمون نتایج متفاوتی را برای ژنوتیپ‌های مربوطه نشان داد و آن‌ها را برحسب تعداد سیست تفکیک و متمایز نموده. ولی، آیا، شمارش تعداد سیست می‌تواند ملاک قطعی در تفکیک ژنوتیپ‌ها باشد؟ نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه‌ی چندان مستقیمی در این راستا وجود ندارد. چرا که، نتایج تفکیکی مزرعه و گلخانه به طور جداگانه و یا به طور مرکب نشان می‌دهد که ژنوتیپ ۳۵ (SB35) در این آزمایش‌ها بیشترین تعداد سیست را با ۲/۴۸ عدد داشته و پس از آن ژنوتیپ ۵۰ (NE-0910-HSF-43) با ۱/۵۴ عدد سیست در گرم خاک می‌باشد. در صورتی که از نظر تعداد تخم و لارو ژنوتیپ ۱۹ (SB32-HSF-10) با ۱۲۳ عدد لارو و تخم و سپس ژنوتیپ ۳۵ (SB35) با ۱۱۶/۲۶ عدد بوده است. هم‌چنین، ژنوتیپ‌های ۶۳ (F-20603)، ۲ (SB27-HSF-2) و ۱۹ (SB32-HSF-10) به ترتیب با ۱/۵۳، ۱/۴۴ و ۱/۴۳ عدد سیست بوده‌اند، در صورتی که از نظر تعداد لارو و تخم به ترتیب ۱۱۱/۶۱، ۵۳/۸۸ و ۱۲۳ عدد تخم و لارو داشته‌اند. این نتایج با گزارشات رحمانی و همکاران در سال ۱۳۸۵ در این که تعداد سیست نماتد چغندر قند را در ارزیابی ژنوتیپ‌ها یا ارقام مقاوم ملاک عمل قرار داده‌اند موافقت ندارد. ایشان بر این اساس ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد بررسی را در سه گروه مقاوم، حساس و بسیار حساس جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کرده‌اند و ژنوتیپ‌های w-1009، w-1010 و رقم تجاری نماکیل را با کمترین تعداد سیست مقاوم معرفی نموده‌اند. هم‌چنین، در همین راستا مصباح در سال ۱۹۹۷، کیم و همکاران ۱۹۹۵، مولر ۱۹۹۸، بام و همکاران ۲۰۰۰، بر همین اساس، ژنوتیپ‌های چغندر قند را در واکنش به نماتد سیستی ارزیابی نموده‌اند که بر اساس نتایج این تحقیق، نمی‌تواند ملاک درستی در ارزیابی باشد. چرا که بر اساس موارد فوق پوکی سیست‌ها، سائز آن‌ها و نیز تعداد لارو و تخم مورد بررسی واقع نگردیده است. بالاخص، تعداد لارو و تخم موجود در سیست‌ها که منبع اصلی آلودگی هستند و تعداد آن‌ها در زاد و ولد و جمعیت نماتد در خاک

و آلوده سازی گیاه چغندر قند و توسعه و شدت بیماری نقش اساسی و مهم دارند. در این راستا، نیز می توان به مکانیزم میزبان-بیماری و چگونگی تراکنش نماتد سیست چغندر قند و گیاه چغندر قند اشاره نمود که مکانیزم های فیزیکی و شیمیایی و چگونگی نقش آن در زاد و ولد نماتد سیست و نیز تکمیل چرخه و تشکیل لارو و تخم و یا حتی اندازه ی سیست اشاره نمود. این موارد در صفحات بعدی جهت جمع بندی و نتیجه گیری در تعداد لارو و تخم روی ژنوتیپ های مورد آزمون اشاره خواهد گردید.

بررسی تعداد لارو و تخم در گرم خاک مزرعه و گلخانه: بررسی های انجام شده در خصوص واکنش ژنوتیپ های مربوطه نشان داد که اختلاف قابل توجه و معنی دار در سطح احتمال یک در صد، در بین ژنوتیپ های مورد آزمون از نظر صفت تعداد لارو و تخم نماتد مربوطه وجود دارد (جدول ۱) ($P=0/01$). نتایج مرکب حاصل از داده های مزرعه و گلخانه در خصوص میانگین جمعیت نهایی تعداد لارو و تخم روی ژنوتیپ های مختلف مورد بررسی، نشان داد که تفاوت قابل توجه و معنی دار در این آزمایش ها در بین ژنوتیپ ها وجود دارد. در این خصوص، ژنوتیپ ۱۹ (SB32-HSF-10) با بیشترین مقدار تخم و لارو یعنی ۱۲۳ عدد در راس قرار گرفت که در یک گروه آماری مجزا و با اثر معنی دار واقع شده است. سپس ژنوتیپ ۳۵ (SB35) با ۱۱۶/۲۶ عدد لارو و تخم در گروه دوم و با اثر معنی دار و در یک گروه آماری جدا می باشند. پس از این دو، ژنوتیپ ۶۲ (F-20583) و ۶۳ (F-20603) به ترتیب با ۱۱۱/۶۱ و ۹۴/۴۴ عدد لارو و تخم با اثر معنی دار و به تفکیک در دو گروه آماری مجزا نسبت به سایر ژنوتیپ ها در این آزمایشات قرار گرفتند. ژنوتیپ ۱۶ (SB32-HSF-5) با ۲/۸۶ عدد لارو و تخم و سپس، ژنوتیپ ۵ (SB31-HSF-2)، ۳ (SB27-HSF-10) و ۶۰ (F-20747) به ترتیب با ۳/۳۸، ۳/۸۹ و ۴/۰۱ کمترین تعداد لارو و تخم را در این بررسی ها در شرایط مزرعه و گلخانه داشته اند که با اثر معنی دار و با اختلاف قابل توجه در مقایسه با ژنوتیپ های ۳۵ (SB31-HSF-2)، ۶۲ (F-20583)، ۱۹ (SB32-HSF-10) و ۶۳ (F-20603) کمترین مقدار لارو و تخم را داشته اند یعنی حدود ۴۳ و ۳۲ برابر کمتر نشان می دهد. که در واقع مقاوم ترین ژنوتیپ ها نسبت به سایر ژنوتیپ های مورد آزمون در این آزمایشات در این جا تلقی می گردد (جدول ۲) ($P=0/01$). نتایج حاصل از این آزمایش ها در خصوص تعداد لارو و تخم در گرم خاک در مزرعه و گلخانه و در مجموع هر دو مشخص نمود که واکنش لاین ها و ژنوتیپ های مورد آزمون در این جا با یکدیگر در خصوص تعداد لارو و تخم با یکدیگر متفاوت و قابل توجه بوده اند. هم چنین، واکنش ها از یک روند تقریباً مشابه در خصوص هر یک از ژنوتیپ های چغندر قند بوده اند.

این نتایج با گزارشات دونی و ویتنی (۱۹۶۹) در آمریکا و هایبروک (۱۹۷۷) در هلند در این که در ژرم پلاسماهای چغندر قند و مواد اصلاحی منبع مقاومت در گونه بتا ولگاریس و یا همان چغندر قند فعلی وجود ندارد، در تضاد بوده و مغایرت دارد. چرا که همان طوری که مشاهده گردید، در بین ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد بررسی در واکنش به نماتد سیستی، ژنوتیپ‌هایی هستند که کمترین آلودگی را نسبت به این نماتد داشتند چرا که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق از تلاقی‌ها و مواد اصلاحی جدید ایجاد شده‌اند که برخی از ژنوتیپ‌ها توانسته‌اند زن مقاوم را دریافت نمایند و در نتیجه مقاومت نشان دهند. به عنوان مثال ژنوتیپ ۱۶ (SB32-HSF-5) با ۲/۸۶ عدد لارو و تخم و یا ژنوتیپ‌های ۵ (SB31-HSF-2) و ۳ (SB27-HSF-10) به ترتیب با ۳/۳۸ و ۳/۸۹ کمترین تعداد لارو و تخم را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد آزمون داشته‌اند. یعنی در واقع با ۴۳ و ۳۲ برابر کاهش نسبت به ژنوتیپ‌های حساس در تعداد لارو و تخم تفاوت نشان می‌دهند. در همین راستا، مصباح در سال ۱۹۹۷ نشان داد که نتایج حاصل از تلاقی بین گونه‌ای چغندر قند با گونه‌های وحشی که مقاومت کامل و تک‌ژنی به این نماتد سیست داشتند، مشخص نمود که ژنوتیپ B883 مقاومت نشان داد. این نتایج با داده‌ها در این تحقیق هم‌خوانی و موافقت دارد. چرا که اکثر ژنوتیپ‌های مورد آزمون در اثر تلاقی‌های گوناگون ایجاد شده‌اند و توانسته‌اند زن مقاوم یعنی همان ژن HS^1PRO^1 را به برخی از ژنوتیپ‌ها انتقال و در آن‌ها تثبیت نمایند. هم‌چنین، در تحقیق دیگر توسط مصباح در سال ۱۳۸۴، در نتایج حاصل از انتقال مقاومت پلی‌ژنیک در تولید ارقام مقاوم به نماتد سیستی چغندر قند، ژنوتیپ‌های مقاوم به دست آمده‌اند. لذا، با توجه به ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش‌ها که شجره نامه‌ی آن‌ها نیز نسل‌های حاصل را نشان می‌دهد، وجود مقاومت در برخی ژنوتیپ‌ها بالاخص ژنوتیپ ۱۶ را حاصل نموده است. که در این جا، با نتایج حاصل از این بررسی‌ها هم‌خوانی و موافقت دارد. البته که تحقیقات رحمانی و همکاران روی چند ژنوتیپ چغندر قند نیز مقاومت را در برخی ژنوتیپ‌ها با معرفی ژنوتیپ‌های w-1009 ، w-1010 و رقم تجاری نماکیل مشاهده کرد، هر چند که مبنای کار روی تولید سیست بوده است که چندان ملاک عمل نیست، موافق و هماهنگ است. در این راستا اخیراً، Jajer در سال ۲۰۱۳ توانسته است ژن مقاوم $HS1PRO1$ را در ژنوتیپ‌های مقاوم به نماتد سیستی را توالی‌یابی و معرفی نماید. هر چند قبلاً Capistrano در سال ۲۰۱۱ آن را شناسایی و گزارش کرده است. هم‌چنین، پس از آن در نسل‌های بعدی نیز پایداری آن به اثبات رسیده بود (کاپیسترانو و همکاران 2010). رحمانی و همکاران در سال ۲۰۱۳ توانستند، نشانگر مربوط به ژن و ژن‌های مقاوم به نماتد سیستی چغندر قند را آغازگرهای انتخابی OP و Sat-121 ویژه را مشخص نموده و تعیین نمودند که آغازگرهای OP-

D-13 و Sat-121 قادر به تشخیص ژن‌های مرتبط با مقاومت به نماتد سیست چغندر قند می‌باشند. اخیراً نیز، در میشیگان آمریکا، دو رقم مقاوم به این نماتد با نام‌های B- 18RR4N و B- 19RR1N معرفی گردیده است (آنون 2013). هم‌چنین، در کشور آلمان، ژن مقاوم در دو ژنوتیپ چغندر قند تحت عنوان Hs1-2 شناسایی و انتقال یافته است (جاجر ۲۰۱۳، کاپیسترانو ۲۰۱۰ & ۲۰۱۱). رحمانی و همکاران نیز در سال ۲۰۱۳ ارقام مقاوم به نماتد سیستی چغندر قند را معرفی نمودند. هم‌چنین، Qiao و همکاران در سال ۲۰۱۳ توانسته‌اند ژن مقاوم به نماتد سیستی چغندر قند را از چغندر وحشی کلون نمایند. در این راستا، مارتین و همکاران نیز در سال ۲۰۰۱ حساسیت ارقام چغندر قند و چگونگی آن را بررسی نمودند و اتیلن را در این موضوع دخیل دانستند.

بررسی فاکتور تولیدمثل در گرم خاک مزرعه و گلخانه: تجزیه آماری داده‌ها در خصوص صفت

فاکتور تولیدمثل از نظر واکنش ژنوتیپ‌های مورد آزمون به نماتد سیستی چغندر قند نشان داد که اختلاف قابل توجه و معنی‌دار در سطح احتمال یک در صد، در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمون از نظر این صفت تولیدمثل نماتد مربوطه وجود دارد (جدول ۱) ($P=0/01$). نتایج مرکب حاصل از داده‌های مزرعه و گلخانه، در خصوص میانگین فاکتور تولیدمثل روی ژنوتیپ‌های مختلف مورد بررسی نشان داد که تفاوت قابل توجه و معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. در این خصوص، ژنوتیپ ۱۹ (SB32-HSF-10) با بیشترین مقدار فاکتور تولیدمثل یعنی ۲۹/۱۹ عدد در راس قرار گرفت که در یک گروه آماری مجزا و با اثر معنی‌دار نسبت به سایر ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد آزمون واقع شده است. سپس ژنوتیپ ۳۵ (SB35) و ۶۲ (F-20583) به ترتیب با ۲۷/۷۸ و ۲۶/۶۸ عدد فاکتور تولیدمثل در گروه دوم و با اثر معنی‌دار و در دو گروه آماری جدا می‌باشند. پس از این دو، ژنوتیپ ۶۳ (F-20603) با ۲۲/۵۶ عدد فاکتور تولیدمثل با اثر معنی‌دار و به تفکیک در گروه آماری مجزا نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در این آزمایشات قرار گرفتند. در همین رابطه، ژنوتیپ ۱۶ (SB32-HSF-5) با ۰/۶۹ عدد فاکتور تولیدمثل و سپس ژنوتیپ ۵ (SB31-HSF-2)، ۳ (SB27-HSF-10) و ۶۰ (F-20747) به ترتیب با ۰/۸۱، ۰/۹۳ و ۰/۹۶ کمترین فاکتور تولیدمثل را در این بررسی‌ها در شرایط مزرعه و گلخانه داشته‌اند که اثر معنی‌دار و قابل توجهی در مقایسه با ژنوتیپ‌های ۱۹ (SB32-HSF-10)، ۳۵ (SB35)، ۶۲ (F-20583) و ۶۳ (F-20603) نشان می‌دهد (جدول ۲) ($P=0/01$). بررسی فاکتور تولیدمثل نماتد سیستی چغندر قند در خاک نقش اساسی و مهمی را در تعیین تولید و توسعه نماتد روی گیاه دارد. از همه مهم‌تر که وضعیت شدت آلودگی را نیز نشان می‌دهد. چرا که دو فاکتور مهم جمعیت و پتانسیل نماتد را در آلوده سازی

در فصل رویشی روی گیاه چغندر قند به عهده دارد. لذا، در این جا، همان طور که مشخص گردید، ژنوتیپ‌های حساس از شدت بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های مقاوم نشان داده است. داده‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در این خصوص مشخص نمود که هم‌خوانی بین این دو مکان از نظر روند تولیدمثل نماتد سیستی وجود دارد. هم‌چنین، تجزیه مرکب داده‌های مزرعه و گلخانه نیز گویای همین مطلب است. به عنوان مثال، ژنوتیپ حساس ۱۹ (SB32-HSF-10) در این جا، بیشترین مقدار فاکتور تولیدمثل را با ۲۹/۱۹ داشته، در صورتی که ژنوتیپ‌های مقاوم ۵ (SB31-HSF-2) و ۳ (SB27-HSF-10) به ترتیب دارای ۰/۸۱ و ۰/۹۳ عدد فاکتور تولیدمثل بوده‌اند که بالای ۳۰ برابر محاسبه می‌شود. این اختلاف بسیار بالا نمایانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها نسبت به این نماتد سیستی بوده است. در این راستا، گزارشات Smith و همکاران در سال ۲۰۰۴ نشان داده است که ژنوتیپ‌های حساس به نماتد سیستی چغندر قند از میزان بسیار زیاد میزان فاکتور تولیدمثل نماتد نسبت به ژنوتیپ‌های مقاوم دارا بوده‌اند که در این جا کولتوارهای HH50 و HMA155 مورد مطالعه بودند. این گزارش با داده‌های این تحقیق هماهنگی و هم‌خوانی دارد. البته، در این خصوص، سایر منابع نیز صفت فاکتور تولیدمثل را در بررسی ارقام و یا لاین‌ها و ژنوتیپ‌ها به عنوان یک فاکتور مهم در تعیین واکنش و حساسیت آن می‌دانند. در این راستا می‌توان به گزارشات Jajer در سال ۲۰۱۳، مصباح ۱۳۸۴ نیز اشاره نمود که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. از جمله مکانیزم‌هایی که در واکنش ژنوتیپ‌ها به نماتد سیستی چغندر قند وجود دارند، تولید و ترشح اتیلن بوده که گیاهان و یا در این جا ژنوتیپ‌های حساس چغندر قند به نماتد سیستی می‌باشد. یعنی این که تولید و یا ترشح بیش از حد اتیلن موجب جذب بیشتر نماتد توسط ریشه ژنوتیپ‌های حساس گزارش شده است. ترشحات ریشه شامل آنزیم‌ها، آنتی بیوتیک‌ها و سایر مواد محلول در آب بوده که بعضاً موجب طرد نماتد می‌شوند. هم‌چنین، هورمون‌های گیاهی مثل ایندول استیک اسید (IAA) در سطح کوتیکول ریشه، میزان ترشحات موجب تغییرات در سطح ریشه شده و باعث جذب و یا طرد نماتد به ریشه می‌شوند (مارتین و همکاران ۲۰۰۱).

آنالیز خوشه‌ای تخم و لارو نماتد سیستی چغندر قند مربوط به مزرعه و گلخانه

تجزیه‌ی خوشه‌ای، نشان داد که گروه بندی ژنوتیپ‌های مورد آزمون با گروه بندی در آزمون دانکن که ژنوتیپ‌ها را به پنج گروه تقسیم بندی کرد هماهنگی دارد. و ژنوتیپ‌های مورد آزمون را بر اساس خط برش در روی دندروگرام به ۵ گروه متمایز بر حسب شدت آلودگی به نماتد سیستی چغندر قند تقسیم نموده است.

در این جا گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ۲۵ (261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-11)، ۴۹ (NE-0910-)، ۱۷ (SB32-HSF-8)، ۵۷ (F-20732)، ۵۳ (SB-2)، ۶۶ (SB29)، ۱۱ (SB31-HSF-10)، ۲۷ (HSF-38)، ۲۰ (261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-20)، ۵۴ (SB-3)، ۶۵ (SB28)، ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3)، ۶۹ (NE 0911)، ۷ (SB31-HSF-6)، ۱۴ (SB32-HSF-3)، ۱۰ (SB31-HSF-9)، ۶۸ (SB34)، ۳۲ (SB31)، ۴۶ (SB34-HSF-13)، ۲۱ (SB35-HSF-1)، ۱۲ (SB32-HSF-1)، ۱۵ (SB32-HSF-4)، ۱۸ (SB32-HSF-9)، ۵۹ (F-20701) و ۳۷ ((7112*SB36)*SB32) می‌باشد. که همگی از ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشند.

گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۳۰ ((7112*SB36)*S1-16)، ۴۴ (SB34-HSF-5)، ۶۴ (SB26)، ۱ (SB27-HSF-1)، ۶ (SB31-HSF-5)، ۲۶ (261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-16)، ۵۸ (F-)، ۴ (SB31-HSF-1)، ۳۱ ((7112*SB36)*S1-20)، ۳ (SB27-HSF-10)، ۲۹ ((7112*SB36)*S1-11)، ۵ (SB31-HSF-2)، ۱۶ (SB32-HSF-5)، ۳۸ (S1-89074)، ۵۶ (F-20656)، ۹ (SB31-HSF-8)، ۴۵ (SB34-HSF-10)، ۶۰ (F-20747)، ۶۱ (F-20746)، ۲۰ (SB33-HSF-1)، ۵۲ (SB-)، ۸ (SB31-HSF-7) و ۱) می‌باشد. این گروه، در این جا و در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در این آزمایش‌ها مقاوم و نسبتاً مقاوم می‌باشند.

گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های ۴۲ (SB34-HSF-1)، ۴۷ (SB34-HSF-28)، ۴۳ (SB34-HSF-2)، ۵۵ (SB4)، ۶۷ (SB30)، ۲۲ (SB35-HSF-4)، ۴۸ (NE-0910-HSF-21)، ۴۰ (SB28-HSF-2)، ۱۳ (SB32-)، ۳۶ ((7112*SB36)*SB31)، ۳۳ (SB32) و ۵۱ (NE-0910-HSF-46) است. که در واقع جزء گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً حساس تلقی شده‌اند.

گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های ۳۵ (SB35)، ۶۲ (F-20583) و ۱۹ (SB32-HSF-10) است. در این جا نیز این ژنوتیپ‌ها در مقایسه، ژنوتیپ‌های حساس تلقی می‌گردند.

گروه پنجم شامل ژنوتیپ‌های ۳۹ (S1-89134)، ۷۰ (191)، ۲۳ (SB35-HSF-8)، ۶۳ (F-20603)، ۴۱ (SB28-HSF-14)، ۵۰ (NE-0910-HSF-43)، ۲ (SB27-HSF-2)، ۳۴ (SB33) و ۲۴ (261*(20314*W-))، ۱۰۰۹ (F2-S1-11-S1-3) می‌باشد. در این گروه نیز ژنوتیپ‌های حساس قرار گرفتند. هم‌چنین، ژنوتیپ نسبتاً حساس ۲۴ (261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-3) در این گروه می‌باشد. در حالی که، با توجه به محل افتراق گروه‌ها در بالاترین سطح تفاوت، گروه پنجم دارای بیشترین تفاوت با سایر نمونه‌ها می‌باشد (شکل ۱).

تجزیه‌ی ریشه‌های آلوده ژنوتیپ‌های چغندر قند در تعیین میزان قند، عناصر، ضریب قلیائیت، میزان شکر قابل استحصال، راندمان و قند ملاس: نتایج حاصل از داده‌ها، در خصوص عیار قند ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند مورد بررسی، نشان داد که تفاوت قابل توجه در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. به طوری که ژنوتیپ‌های ۵۳ (SB-2)، ۶۰ (F-20747)، ۵۵ (SB-4) و ۵۴ (SB-3) با ۱۸/۷۳، ۱۸/۰۳، ۱۷/۶۳ و ۱۷/۵۹ در صد بیشترین میزان عیار قند را دارا بودند. هم‌چنین، کمترین میزان عیار قند، مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۷ (F-20732)، ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۷ (SB31-HSF-6) به ترتیب با میزان ۸/۶، ۹/۷۳ و ۱۰/۹۷ در صد بود. از نظر میزان عناصر مورد بررسی، شامل عناصر پتاسیم، سدیم و نیتروژن مشخص گردید، بیشترین میزان عنصر پتاسیم، مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۴ (SB34-HSF-5) و ۳۰ ((7112*SB36)*S1-16) به ترتیب با میزان ۱۰/۰۱ و ۸/۲۴ میلی اکری والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه و کمترین میزان پتاسیم، مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۴ (SB-3) و ۶۱ (F-20746) با میزان ۴/۰۹ و ۴/۳۷ میلی اکری والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود. هم‌چنین، بیشترین میزان عنصر سدیم، مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۵۷ (F-20732) با میزان ۹/۵۳ و ۸/۸۶ میلی اکری والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه می‌باشد. کمترین میزان عنصر سدیم مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۴ (SB-3) و ۵۳ (SB-2) به ترتیب با میزان ۲/۳۴ و ۲/۴۳ میلی اکری والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه و در مورد عنصر نیتروژن، بیشترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های ۶ (SB31-HSF-5) و ۲۳ (SB35-HSF-) با میزان ۷/۲۵ و ۶/۷۳ و کمترین میزان، مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۵۷ (F-20732) با میزان ۱/۰۵ و ۱/۲۸ میلی اکری والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه تعیین شد. هم‌چنین، بیشترین میزان ضریب قلیائیت، مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۵۷ (F-20732) با میزان ۱۴/۷۶ و ۱۱/۱۳ و کمترین آن، مربوط به ژنوتیپ‌های ۶ (SB31-HSF-5) و ۱۳ (SB32-HSF-2) به ترتیب با میزان ۱/۴۰ و ۱/۶۵ بود. از نظر میزان درصد شکر قابل استحصال، بیشترین میزان به ژنوتیپ‌های ۵۳ (SB-2) و ۵۴ (SB-3) به ترتیب با ۱۵/۵۵ و ۱۴/۹۳ درصد و کمترین میزان شکر قابل استحصال به ژنوتیپ‌های ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۷ (SB31-HSF-6) با میزان ۴/۰۲ و ۵/۸۲ مربوط می‌شود. هم‌چنین، بیشترین راندمان استحصال شکر مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۴ (SB-3)، ۵۳ (SB-2) و ۵۰ (NE-0910-HSF-43) به ترتیب با ۸۴/۸۹، ۸۳/۰۲ و ۸۱/۶۲ در صد و کمترین راندمان استحصال شکر، مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۴۴ (SB34-HSF-5) با میزان ۴۱/۳۶ و ۴۹/۹۱ در صد است. در مورد قند ملاس، بیشترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۴ (SB34-HSF-5)، ۲۸ ((7112*SB36)*S1-3) و ۵۷ (F-20732) با میزان ۶/۰۵، ۵/۷۱ و ۵/۲۹ و کمترین قند ملاس مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۴ (SB-3) و ۵۰ (NE-0910-HSF-) (43) با ۲/۶۶ و ۳/۱۲ تعیین شد (جدول ۳).

جدول ۱ تجزیه واریانس مرکب تعداد سیستم، تعداد تخم و لارو، فاکتور تولید مثل ژنوتیپ‌های مختلف

چغندر قند به نماتد سیستم در مزرعه و گلخانه

تعداد سیستم در گرم خاک مزرعه و گلخانه		تعداد تخم و لارو در گرم خاک مزرعه و گلخانه		فاکتور تولیدمثل در گرم خاک مزرعه و گلخانه	
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی
مکان	1	0/79**	1	2743/91**	1
تکرار	4	0/002 ^{ns}	4	25/67**	4
تیمار	69	1/04**	69	4858/51**	69
مکان * تیمار	69	0/004 ^{ns}	69	59/96**	69
خطا	276	0/009	276	2/93	276
ns و * * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد					
CV	14/76	6/43	7/69		

جدول ۲ مقایسه میانگین تعداد سیستم، تعداد تخم و لارو و فاکتور تولید مثل ژنوتیپ‌های مختلف

چغندر قند به نماتد سیستم در گرم خاک مزرعه و گلخانه

ردیف	ژنوتیپ	اسامی ژنوتیپ‌ها	تعداد سیستم	تعداد لارو و تخم	فاکتور تولیدمثل
1	19	SB32-HSF-10	1/43 ^{bc}	123 ^a	29/19 ^a
2	35	SB35	2/48 ^a	116/26 ^{b+}	27/78 ^b
3	62	F-20583	1/20 ^{de}	111/61 ^{c+}	26/68 ^c
4	63	F-20603	1/54 ^b	94/44 ^{d+}	22/56 ^d
5	23	SB35-HSF-8	0/89 ^h	80/46 ^{e+}	19/23 ^e
6	39	191	0/97 ^f	78/06 ^{ef+}	18/67 ^e
7	70	S1-89134	1/14 ^e	77/78 ^{f+}	18/58 ^e
8	41	SB28-HSF-14	0/77 ^{hl}	67/32 ^{g+}	16/09 ^f
9	50	NE-0910-HSF-43	1/54 ^b	66/66 ^{g+}	15/94 ^f
10	34	SB33	1/19 ^e	53/93 ^{h+}	12/86 ^g
11	2	SB27-HSF-2	1/44 ^{bc}	53/88 ^{h+}	12/83 ^g
12	24	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-3	0/77 ^{hl}	49/39 ⁱ⁺⁺	11/78 ^h
13	67	SB30	0/66 ^{kp}	39/69 ⁱ⁺⁺	9/48 ⁱ
14	55	SB-4	0/57 ^{ms}	37/04 ^{k++}	8/86 ^{ij}
15	47	SB34-HSF-28	1/22 ^{de}	36/07 ^{k++}	8/63 ^j
16	42	SB34-HSF-1	0/63 ^{lr}	35/99 ^{k++}	8/60 ^j
17	43	SB34-HSF-2	0/52 ^{pu}	35/09 ^{k++}	8/38 ^j
18	13	(7112*SB36)*SB31	0/56 ^{ns}	31/57 ^{l++}	7/55 ^k
19	36	SB32-HSF-2	0/87 ^h	31/46 ^{l++}	7/52 ^k
20	33	SB32	0/94 ^{lg}	30/18 ^{l++}	7/21 ^{kl}
21	51	NE-0910-HSF-46	0/97 ^f	30/01 ^{lm++}	7/17 ^{km}
22	22	SB35-HSF-4	0/82 ^{gj}	27/61 ^{mn++}	6/57 ^{lm}
23	48	NE-0910-HSF-21	0/63 ^{lq}	27/05 ⁿ⁺⁺	6/45 ^{mn}
24	40	SB28-HSF-2	0/43 ^{sx}	25/98 ⁿ⁺⁺	6/21 ⁿ
25	37	(7112*SB36)*SB32	0/72 ^{lm}	22/62 ^{o***}	5/42 ^o
26	59	F-20701	0/90 ^h	19/47 ^{p***}	4/63 ^p

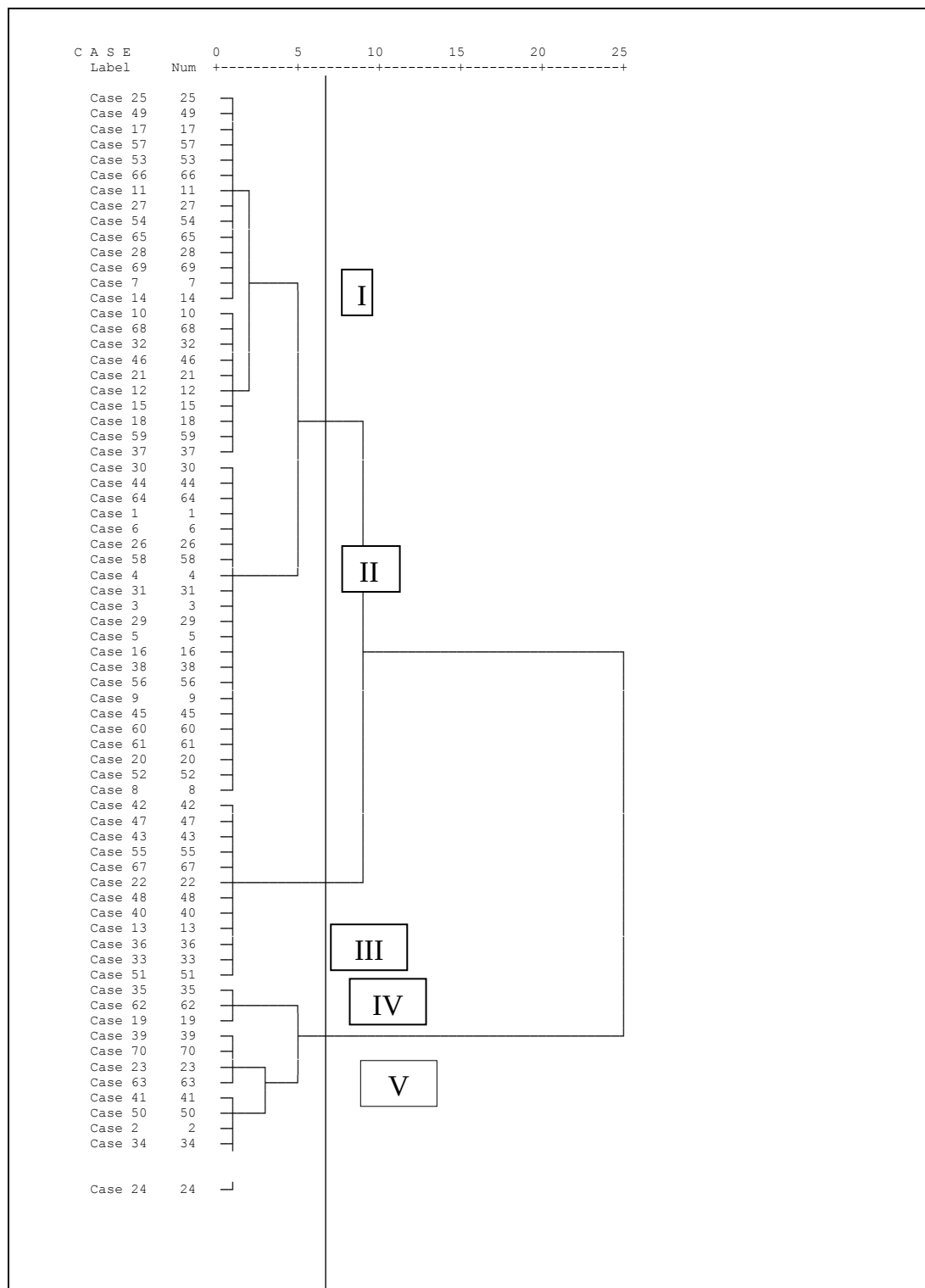
4/60 ^p	19/27 ^{p***}	0/89 ^h	SB32-HSF-4	15	27
4/55 ^{pq}	19/17 ^{p***}	1/34 ^{cd}	SB32-HSF-9	18	28
4/30 ^{pq}	17/93 ^{pq***}	0/54 ^{ot}	SB35-HSF-1	21	29
4/16 ^{pr}	17/42 ^{pr***}	0/68 ^{jo}	SB31-HSF-9	10	30
4/14 ^{pr}	17/41 ^{pr***}	0/36 ^{vz}	SB34	68	31
4/11 ^{ps}	17/19 ^{pr***}	0/36 ^{vz}	SB31	32	32
4/06 ^{pt}	17/01 ^{ps***}	0/35 ^{vz}	SB34-HSF-13	46	33
3/87 ^{qu}	16/21 ^{qt***}	0/22 ^{az}	SB32-HSF-1	12	34
3/56 ^{tv}	14/90 ^{tu***}	0/31 ^{az}	SB32-HSF-8	17	35
3/48 ^{tv}	14/59 ^{sv***}	0/65 ^{kq}	SB-3	57	36
3/41 ^{sw}	14/32 ^{tv***}	0/18 ^{ab}	SB28	54	37
3/39 ^{sw}	14/25 ^{tv***}	0/67 ^{ko}	SB29	65	38
3/38 ^{tw}	14/15 ^{tv***}	0/27 ^{az}	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-20	27	39
3/36 ^{tw}	14/09 ^{tw***}	0/32 ^{az}	SB31-HSF-10	11	40
3/31 ^{uw}	13/91 ^{tw***}	0/70 ^{kn}	SB29	66	41
3/29 ^{ux}	13/80 ^{tw***}	0/17 ^b	SB-2	53	42
3/20 ^{uy}	13/39 ^{uw***}	0/70 ⁱⁿ	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-11	25	43
3/19 ^{uy}	13/38 ^{uw***}	0/51 ^{qu}	NE-0910-HSF-38	49	44
2/93 ^{vy}	12/24 ^{vx***}	0/44 ^{sx}	SB31-HSF-6	7	45
2/74 ^{wz}	11/54 ^{wx***}	0/79 ^{gk}	SB32-HSF-3	14	46
2/56 ^{az}	10/79 ^{xy***}	0/17 ^b	NE 0911	69	47
2/51 ^{az}	10/54 ^{xy***}	0/94 ^{fg}	(7112*SB36)*S1-3	28	48
2/06 ^{az}	8/69 ^{yz**}	0/64 ^{lq}	NE-0910-HSF-38	64	49
2/05 ^{az}	8/56 ^{yz**}	0/23 ^{az}	(7112*SB36)*S1-16	44	50
2/01 ^{az}	8/46 ^{yz**}	0/48 ^{rv}	(7112*SB36)*S1-16	30	51
1/88 ^{ad}	7/86 ^{az**}	0/83 ^{fi}	SB31-HSF-1	4	52
1/81 ^{be}	7/61 ^{az**}	0/51 ^{qu}	(7112*SB36)*S1-20	31	53
1/74 ^{cf}	7/32 ^{az**}	0/30 ^{az}	F-20710	58	54
1/71 ^{cf}	7/18 ^{az**}	0/71 ^{lm}	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-16	26	55
1/62 ^{cg}	6/79 ^{az**}	0/33 ^{az}	SB27-HSF-1	1	56
1/57 ^{cg}	6/56 ^{az**}	0/30 ^{az}	SB31-HSF-5	6	57
1/46 ^{ch}	6/17 ^{az**}	0/68 ^{ko}	SB34-HSF-10	45	58
1/41 ^{ci}	5/87 ^{ah**}	0/33 ^{wz}	SB31-HSF-8	9	59
1/36 ^{ci}	5/76 ^{ah**}	0/27 ^{az}	F-20656	56	60
1/35 ^{ci}	5/66 ^{ah**}	0/33 ^{az}	S1-89074	38	61
1/21 ^{di}	5/09 ^{bi**}	0/47 ^{sw}	SB-1	52	62
1/20 ^{di}	5/04 ^{di**}	0/39 ^{ty}	SB33-HSF-1	20	63
1/17 ^{di}	4/90 ^{di*}	0/21 ^{az}	SB31-HSF-7	8	64
1/11 ^{fi}	4/66 ^{di*}	0/27 ^{az}	F-20746	61	65
1/08 ^{fi}	4/53 ^{ci*}	0/21 ^{az}	(7112*SB36)*S1-11	29	66
0/96 ^{gh}	4/01 ^{fi*}	0/68 ^{jo}	F-20747	60	67
0/93 ^{gi}	3/89 ^{gi*}	0/27 ^{az}	SB27-HSF-10	3	68
0/81 ^{hi}	3/38 ^{hi*}	0/39 ^{uy}	SB31-HSF-2	5	69
0/69 ⁱ	2/86 ^{i*}	0/18 ^{ab}	SB32-HSF-5	16	70

اعداد با حروف مشابه از نظر آماری فاقد اختلاف معنی دار هستند.

جدول ۳ بررسی و مقایسه ریشه‌های آلوده ژنوتیپ‌های چغندر قند از نظر میزان قند، عناصر، ضریب

قلیائیت، میزان شکر قابل استحصال، راندمان استحصال شکر و قند ملاس

ردیف	اسامی ژنوتیپ‌ها	عبار قند (POL)	پتاسیم (K)	سدیم (NA)	نیترژن (N)	ضریب قلیائیت (ALC)	میزان شکر قابل استحصال	راندمان استحصال شکر (Yield) (درصد)	قند ملاس (MS)
		(درصد)			(meq/100 gr beet)		(Sugar) (درصد)		
1	SB27-HSF-1	12/53	7/48	4/47	2/71	4/41	7/89	62/94	4/64
2	SB27-HSF-2	13/65	6/33	2/97	5/09	1/83	9/69	71/00	3/96
3	SB27-HSF-10	12/3	8/14	3/33	5/97	1/92	7/51	61/09	4/79
4	SB31-HSF-1	17/26	6/09	3/13	1/62	5/69	13/66	79/12	3/60
5	SB31-HSF-2	13/69	6/79	4/39	1/94	5/76	9/38	68/54	4/31
6	SB31-HSF-5	12/71	6/58	3/57	7/25	1/40	8/26	64/96	4/45
7	SB31-HSF-6	10/97	8	4/87	4/7	2/74	5/82	53/09	5/15
8	SB31-HSF-7	11/64	6/17	4/85	4/53	2/43	7/14	61/38	4/50
9	SB31-HSF-8	14/33	6/43	2/76	4/9	1/88	10/43	72/77	3/90
10	SB31-HSF-9	14/41	7/76	4/54	3/85	3/19	9/54	66/20	4/87
11	SB31-HSF-10	11/54	7/2	4/7	5/47	2/18	6/65	57/66	4/89
12	SB32-HSF-1	12/84	7/47	4/39	2/62	4/53	8/24	64/14	4/60
13	SB32-HSF-2	12/67	6/15	3/12	5/61	1/65	8/67	68/45	4/00
14	SB32-HSF-3	12/41	6/94	4/28	4/98	2/25	7/80	62/88	4/61
15	SB32-HSF-4	12/12	7/37	4/19	3/72	3/11	7/52	62/01	4/60
16	SB32-HSF-5	12/52	7/6	4/48	5/83	2/07	7/54	60/21	4/98
17	SB32-HSF-8	14/19	5/98	3/77	5/19	1/88	10/07	70/95	4/12
18	SB32-HSF-9	13/3	7/05	4/21	3/34	3/37	8/83	66/42	4/47
19	SB32-HSF-10	14/35	6/7	4/44	3/25	3/43	9/93	69/22	4/42
20	SB33-HSF-1	12/43	7/61	4/66	2/66	4/61	7/68	61/80	4/75
21	SB35-HSF-1	11/57	6/7	4/44	5/33	2/09	6/96	60/14	4/61
22	SB35-HSF-4	12/81	8/03	3/65	6/01	1/94	7/95	62/05	4/86
23	SB35-HSF-8	14/26	7/06	2/96	6/73	1/49	9/90	69/43	4/36
24	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-3	11/26	8/22	4/97	4/85	2/72	5/99	53/20	5/27
25	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-11	15/14	6/01	3/35	2/92	3/21	11/37	75/07	3/77
26	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-16	14/87	7/17	3/55	5/3	2/02	10/40	69/97	4/47
27	261*(20314*W-1009)-F2-S1-11-S1-20	15/07	6/89	4/1	1/67	6/58	10/85	72/02	4/22
28	(7112*SB36)*S1-3	9/73	5/97	9/53	1/05	14/76	4/02	41/36	5/71
29	(7112*SB36)*S1-11	13/08	7/67	4/99	2/05	6/18	8/25	63/11	4/83
30	(7112*SB36)*S1-16	12/34	8/24	4/62	2/01	6/40	7/45	60/37	4/89
31	(7112*SB36)*S1-20	13/71	8/05	4/2	4/85	2/53	8/76	63/91	4/95
32	SB31	14/34	6/11	5/53	1/7	6/85	9/90	69/02	4/44
33	SB32	14/75	5/7	3/93	2/5	3/85	10/92	74/05	3/83
34	SB33	14/3	7/44	3/21	2/46	4/33	10/13	70/81	4/17
35	SB35	14/97	5/94	2/93	3/91	2/27	11/27	75/28	3/70
36	(7112*SB36)*SB31	12/46	7/15	4/34	4/01	2/87	7/85	63/02	4/61
37	(7112*SB36)*SB32	16/66	7	3/99	1/41	7/79	12/47	74/84	4/19
38	S1-89074	13/82	6/36	4/33	3/3	3/24	9/55	69/13	4/27
39	S1-89134	13/86	7/23	4/87	2/12	5/71	9/22	66/53	4/64
40	SB28-HSF-2	11/71	7/45	5/79	3/41	3/88	6/56	56/00	5/15
41	SB28-HSF-14	11/78	7/62	4/8	3/15	3/94	6/93	58/86	4/85
42	SB34-HSF-1	16/04	6/54	3/47	3/93	2/55	11/95	74/48	4/09
43	SB34-HSF-2	12/97	8/21	4/5	2/21	5/75	8/11	62/55	4/86
44	SB34-HSF-5	12/07	10/01	5/05	6/28	2/40	6/02	49/91	6/05
45	SB34-HSF-10	13/06	7/11	3/94	3/9	2/83	8/61	65/95	4/45
46	SB34-HSF-13	15/04	6/27	4/03	3/34	3/08	10/90	72/49	4/14
47	SB34-HSF-28	16/36	5/67	2/67	3/4	2/45	12/89	78/79	3/47
48	NE-0910-HSF-21	16/66	5/4	2/61	2/29	3/50	13/41	80/48	3/25
49	NE-0910-HSF-38	16/03	6/31	2/64	2/14	4/18	12/47	77/79	3/56
50	NE-0910-HSF-43	16/98	4/92	2/76	2/09	3/67	13/86	81/62	3/12
51	NE-0910-HSF-46	15/21	5/41	3/24	3/19	2/71	11/65	76/62	3/56
52	SB-1	16/04	6/7	4/53	2/15	5/22	11/70	72/92	4/34
53	SB-2	18/73	5/02	2/43	3/57	2/09	15/55	83/02	3/18
54	SB-3	17/59	4/09	2/34	1/72	3/74	14/93	84/89	2/66
55	SB-4	17/63	5/97	2/69	2/36	3/67	14/15	80/25	3/48
56	F-20656	16/37	5/17	2/39	2/71	2/79	13/23	80/83	3/14
57	F-20732	8/6	5/38	8/86	1/28	11/13	3/31	38/43	5/29
58	F-20710	13/45	7/63	3/68	5/9	1/92	8/73	64/88	4/72
59	F-20701	14/15	5/44	3/31	3/4	2/57	10/54	74/48	3/61
60	F-20747	18/03	6/51	2/49	2/88	3/13	14/38	79/77	3/65
61	F-20746	15/03	4/37	4/36	1/67	5/23	11/59	77/10	3/44
62	F-20583	16/54	4/59	3/19	2/78	2/80	13/32	80/53	3/22
63	F-20603	17/28	6/57	3/3	3/64	2/71	13/26	76/75	4/02
64	SB26	14/47	7/32	3/29	4/53	2/34	10/11	69/90	4/36



شکل ۱ خوشه بندی مرکب ژنوتیپها بر اساس تعداد تخم و لارو نماتد سیستم چغندر قند

پیشنهادهات:

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص گردید که در بین ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد آزمون، ژنوتیپ‌های مقاوم شامل ۱۶ (SB32-HSF-5)، ۵ (SB31-HSF-2)، ۳ (SB27-HSF-10)، ۲۹ (S1-11)*(7112*SB36)، ۶۰ (F-20747)، ۶۱ (F-20746) و ۸ (SB31-HSF-7) وجود دارد. که در این جا می‌توان جهت کشت معرفی نمود. البته ذکر این نکته لازم و ضروری است، که در امر مبارزه، به طور قطعی نمی‌توان یک روش و یا یک ماده را استفاده نمود، چرا که ممکن است مسایل دیگری را در بروز بیماری ایجاد نماید و سایر بیماری‌ها را افزایش دهد پس در این جا پیشنهاد می‌گردد که سایر روش‌های مدیریت مثل تناوب زراعی، استفاده از گیاهان تله، کودهای آلی و ۰۰۰ نیز در تناوب و یا به صورت تلفیقی استفاده گردد. استفاده از مقاومت در این جا، موجب کاهش مدت تناوب خواهد گردید. البته از این ژنوتیپ‌های مقاوم در صورتی که از نظر اقتصادی پاسخگو باشند می‌توان در انتقال ژن مقاوم در ارقام مورد کشت و اقتصادی با عیار قند بالا در اصلاح آن‌ها استفاده شود. هم‌چنین، پیشنهاد می‌گردد که در خصوص ژنوتیپ‌هایی که از نظر آناتومیکی مقاومت فیزیکی داشته‌اند نیز بررسی‌های عمیق‌تر انجام گردد و از چگونگی آن‌ها بیشتر مطلع شده و در نهاده‌های اصلاحی به کار گرفته شود.

منابع:

- اخیانی ا. دامادزاده م. و احمدی ع. ۱۳۷۴. بررسی پراکندگی و شدت آلودگی نماتد چغندرقند در مزارع چغندرقند استان اصفهان. خلاصه مقالات دوازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، آموزشکده کشاورزی کرج، صفحه ۱۲۳.
- امیری ر. ۱۳۸۲. تعیین مارکرهای مولکولی پیوسته با ژن یا ژن‌های مقاومت به ریزومانیا جهت ارزیابی سریع ژرم پلاسما. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، صفحات ۳۲ تا ۴۰.
- بهداد ا. ۱۳۷۵. دایره‌المعارف گیاهپزشکی ایران. چاپخانه نشاط اصفهان.
- قلی زاده ر. شیخ اسلامی ر. نوریشاد ع. و کولیوند م. ۱۳۷۲. دستور العمل ایستگاههای عیار سنجی کارخانه‌های قند کشور. مجله صنایع قند ایران وابسته به سندیکای کارخانه‌های قند و شکر ایران. ۱۳۷۷. شماره ۱۳۳.

- Anon.2013.Sugarbeet Cyst Nematodes (SBCN) - Impact, Detection and Management Strategies. <http://www.michigansugar.com/wp-content/uploads/2013/12/Sugar-beet-Cyst-Nematodes-rev-5>.
- Capistrano G.G.G. 2010. A candidate sequence for the nematode resistance gene Hs1-2 in sugar beet. PhD thesis, Plant Breeding Institute, University of Kiel, Kiel, Germany.
- Capistrano G.G.G. 2011. A candidate sequence for the nematode resistance gene Hs1-2 in sugar beet. 2. Quedlinburger Pflanzenzüchtungstage und 15. Kurt von Rümker-Vorträge. March 28-29, 2011, Quedlinburg, Germany.
- De Bock M. and Lang W. 1994. Pre-breeding for nematode resistance in beet. Journal of Sugar Beet Research. 31:13–26.
- Dehdari A. Rezaei A. Mobli A. and Arzani A. 2007. Cytological variability's of Iranian domestic onion genotypes. Horticulture Science Congress. Shiraz University. Abstract. 34-35.
- Doney D. and Whitney E.D. 1969. Screening sugar beet for resistance to *Heterodera schachtii* Sch. Journal of the American Society of Sugar Beet Technologie. 15: 546-552.
- Fenwick D.W. 1940. Methods for recovery and counting of *H. schachtii* from soil. J. Helminth. 18: 155-177.
- Heijbroek W. 1977. Partial resistance of sugar beet to beet cyst eelworm. Euphytica 26: 257-262.
- Herr L.J. and Roberts D.L. 1980. Characterization of *Rhizoctonia solani* for populations obtained from sugar beet fields with different soil textures. Phytopathology, 70: 476-480.
- Jäger S. 2013. Hybrid Assembly of Whole Genome Shotgun Sequences of Two Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Translocation Lines Carrying the Beet Cyst Nematode Resistance Gene Hs1-2 and Functional Analysis of Candidate Genes, Doctoral Thesis, Christian-Albrechts University of Kiel.
- Martin J. Wubben E. Su H. Rodermeil S.R. and Baum T.J. 2001. Susceptibility to the Sugar Beet Cyst Nematode Is Modulated by Ethylene Signal Transduction in *Arabidopsis thaliana*. MPML. 14 (10) 1206-1212.
- McFarlane J.S. Savitsky H. and Steele A.E. 1982. Breeding for resistance to the sugar beet
- Mesbah M. 1997. Characterization of alien chromosomes in monosomic additions of Beta. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, the Netherlands. 106p.
- Muller J. 1998. New pathotypes of the beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) Nematology. 21(5): 519-526.
- Natio S. and Sugimoto T. 1981. Histopathological observation on root rot of sugar beet by different anastomosis group of *Rhizoctonia solani*. Hokkaido Nat. Agr. Exp. St. Bull., 131: 95-110.
- Panella L. and Lewellen R.T. 2007. Broadening the genetic base of sugar beet: introgression from wild relatives. Euphytica. 154:383–400.
- Qiao F. Jung C. and Defan B. 2013. Cloning of a beet cyst nematode resistance gene from the wild beet *Patellifolia procumbens* <http://www.plantbreeding.uni-kiel.de/de/forschung/cloning-of-a-nematode-resistance-gene-from-the-wild-beet-patellifolia-procumbens>.

- Rahmani N. Mesbah M. and Norouzi P. 2013. Identification of molecular markers linked to sugar beet cyst nematode resistance gene(s). J. Sugar Beet.; 28(2): 81-85.
- Schmitt D. P. and Shannon G. 1992. Differentiating soybean cyst nematode.
- Smith H.J. Fred A. Gray F.A. and Koch D.W. 2004. Reproduction of *Heterodera schachtii* Schmidt on Resistant Mustard, Radish, and Sugar Beet Cultivars. Journal of Nematology 36(2):123–130.
- Steele A.E. Savitsky H. 1981. Resistance of trisomic and diploid hybrids of *Beta vulgaris* and *B. procumbens* to the sugarbeet nematode, *Heterodera schachtii* Jorنال of Nematology. 13:352-257.
- Stirling G.R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes. CAB Int., Chichester, England.
- Whitney E.D. and Duffus J.E. 1986. Compendium of Beet Diseases and Insects. APS Press, USA.
- Zhang C.L. Xu D.C. Jiang X.C. Zhou Y. Cui J. Zhang C.X. Chen D.F. Fowler M.R. Elliott M.C. Scott N.W. Dewar A.M. and Slater A. 2008. Genetic approaches to sustainable pest management in sugar beet (*Beta vulgaris*). Annals of Applied Biology. 152: 143–156.

Abstract

Sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt, is considered as one of the important pathogen, damages the fields under sugar beet cultivation. Wherever, there is any infested field with the nematode, the cultivation of this crop is restricted. In this study, 70 sugar beet genotypes were screened for resistant to sugar beet cyst nematode in a randomized complete block design in the field and a randomized complete design in greenhouse conditions. Also, growth factors, including length, fresh and dry weight of roots and sugar content of the tested genotypes were measured. The data were assessed based on the final population for the numbers of eggs and second instar larvae, per gram of soil in each and every trail separately. Also, the reproductive factors and the percent decrease and or increase in sugar beet cyst nematode populations were calculated in each and every replicates, relative to their initial population accordingly. The data were subjected to statistical analysis with comparing the means by Duncan's multiple range test (DMRT), using SAS and SPSS statistical software. Based on the reactions, the genotypes were classified into five distinct groups of resistant, moderately resistant, tolerant, moderately susceptible and susceptible respectively. The lowest number of eggs and larvae in the field was of genotype SB32-HSF-5, SB31-HSF-2, SB27-HSF-10, F-20747, and in greenhouse conditions was related to genotype SB32-HSF-5, SB31-HSF-2, SB27-HSF-10, F-20747, F-20746, (7112 * SB36) * S1-11, F-20656, SB-1, SB33-HSF-1, SB31-HSF-7, SB34-HSF-10, S1-89074, which are the most resistant genotypes respectively. Also, the resistant genotypes in terms of growth indices of the length, fresh and dry weight of the roots, had the highest rates. The highest sugar content was of the genotypes of SB-2 and F-20747. The results of the anatomical characteristics of genotypes roots components, including priderm and parenchyma thickness, based on the sensitivity spectra to nematode were with highly significant effects. It was shown that, the priderm average thickness of resistant genotypes was of the highest in F-20747, F-20746, SB31-HSF-2 and SB27-HSF-10 with 480, 445/87, and 419/47, 436 microns respectively. Whereas, in case of the susceptible genotypes, SB35-HSF-8, F-20583 and SB35, was of 194/13, 258/67 and 319/47 microns, which was the lowest in comparison to the resistant ones respectively. The thickness of the cortex parenchyma showed a reverse result, indicating that, the susceptible genotypes, robust F-20746 and F-20747 with 438/93 and 403/20 microns had the highest amounts in comparison to the resistant ones respectively. Whereas, in the case of resistant genotypes of SB32-HSF-10 and F-20603 was with an average of 210/13 and 213/33 microns respectively. Also, the cluster analysis, based on the above factors, classified the genotypes into five distinct spectra of resistant, moderately resistant, tolerant, moderately susceptible and susceptible accordingly. These results suggest a direct relationship between these characteristics of anatomical features and the resistance of some genotypes which tested for the sugar beet cyst nematode disease. The results of these experiments showed that, by comparing both the greenhouse and field, can differentiate the resistant and susceptible genotypes to the sugar beet cyst nematode.

Keywords: Sugar beet, Cyst nematode, Genotype, Resistance, Anatomy, Isfahan, *Heterodera schachtii*

MINISTRY OF JAHAD – E- AGRICULTURE
RESEARCH AND EDUCATION ORGANIZATION
Agricultural and Natural Resources Research and
Education Center of Isfahan

RESEARCH TITLE:

**Susceptibility assessment of sugar beet line and varieties to cyst
nematode (*Heterodera schachtii*)**

RESEARCH NO: 04-41-16-92201

PROJECT/ RESEARCH LEADER:

RESEARCHER: Mehdi Nasre Esfahani

COWORKERS: Hassan Almasi

ADVISERS:

LOCATION: Agricultural and Natural Resources Research Center of
Esfahan

START DATE: 3/2012

DURATION: 2 years

PUBLISHER: Agricultural and Natural Resources Research Center of
Isfahan

TIRAGE:

DATE OF ISSUE: 2015

MINISTRY OF JAHAD-E-AGRICULTURE
RESEARCH AND EDUCATION ORGANIZATION

Agricultural and Natural Resources Research and
Education Center of Isfahan

FINAL PROJECT REPORT

**Susceptibility assessment of sugar beet line and varieties
to cyst nematode (*Heterodera schachtii*)**

Mehdi Nasr Esfahan