گیاه پزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ شماره ۳، پاییز ۹۱

ارزیابی مقاومت توده های مختلف چغندرقند نسبت به نماتد سیست چغندرقند (*Heterodera schachtii* Schmidt)

سعید واحدی[۱]*، اباذر رجبی[۲]، سید باقر محمودی[۳] و محسن آقایی زاده[۴]

۱*- **نویسنده مسئول:** عضو هیات علمی (مربی) موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج (Sdvahedi@yahoo.com)

۲و۳- استادیاران عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج

۴- مربی و دانشیار، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۱

چکیده

در این تحقیق تعداد ۳۰ توده اصلاحی جدید چغندرقند حاصل از تلاقی لاین های نر عقیم منوژرم و مولتی ژرم چغندرقند با دو منبع مقاوم W-1009 (حامل ژن مقاومت از منبع *Beta procumbens*) و W-1010 (حامل ژن های مقاومت از منبع *Beta maritima*) در سال های ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵ به همراه شاهدهای مقاوم و حساس در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه با آلودگی طبیعی (مشهد و خوی) از نظر مقاومت به نماتد و عملکرد مورد مقایسه قرار گرفتند. متوسط تعداد تخم و لارو قبل از کاشت در مزارع آزمایشی در سال های اول و دوم اجرای آزمایش به ترتیب ٤۲٤ و ٤۷٦ عدد در یکصد گرم خاک بود. نتایج آزمایش های مزرعه ای و گروه بندی خوشه ای ژنوتیپ ها بر مبنای عملکرد شکر نشان داد ژنوتیپ های 231*(MC2*W-1009)-p، FC709-2* (MSR*W-1009)231*، 231*(MSR*W-1010) و 231*(MS261*W-1010) از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار بوده و با شاهد مقاوم خارجی در یک خوشه قرارگرفتند. ژنوتیپ های 231*(MSR*W-1010) ، 231*(20447*W-1009)، 261*(MS20314*W-1009) و 231*(MC2*W-1009) در شرایط مزرعه پایین ترین شاخص تولید مثل نماتد را دارا بودند. به این ترتیب می توان از ژنوتیپ های فوق الذکر در تهیه ارقام مقاوم به نماتد استفاده نمود. ژنوتیپ 231*(MSR*W-1010) از نظر هر دو صفت از شاهد های مقاوم برتر و به عنوان یک ژنوتیپ مقاوم با پتانسیل عملکرد مناسب شناخته شد.

کلیدواژه ها : چغندر قند، نماتد مولد سیست، ارزیابی مقاومت

مقدمه

نماتد مولد سیست چغندر قند[۱] از مهمترین عوامل خسارت زای این محصول به حساب می آید و در غالب مناطق چغندرکاری دنیا از جمله اروپا، آمریکای شمالی، و آسیا یافت می شود (درایکوت[۲]، ۲۰۰۶). این نماتد اولین بار در سال ۱۳۴۷ از استان خراسان گزارش شد (امیداور و شهیدی، ۱۳۴۹) و هم اکنون در مزارع چغندرقند استان های خراسان، اصفهان، آذربایجان غربی و فارس خسارت وارد می کند. علائم مشخصه آلودگی به نماتد به صورت پژمردگی لکه ای بوته ها بویژه در اوقات گرم روز و برگشت به حالت شادابی در ساعات خنک شب می باشد. گیاهان آلوده دچار توقف رشد می شوند (جعفرپور و مهدیخانی، ۱۳۷۵). در گیاهان آلوده، ریشه اصلی کوتاه و ریشه های فرعی متعددی ایجاد می شود (ویتنی و دوفوس[۳]، ۱۹۸۶). معمولا برای مبارزه با آن روش هایی مانند تناوب، ضدعفونی خاک با نماتد

1- *Heterodera schachtii* (Schmdti)
2- Draycott
3- Whitmey & Duffus

کش ها، استفاده از گیاهان تله و استفاده از ارقام مقاوم چغندر قند توصیه شده است (ویتنی و دوفوس، ۱۹۸۶؛ ژانگ و همکاران[1]، ۲۰۰۸) اما از آنجائی که استفاده از ارقام مقاوم یکی از ساده ترین و در عین حال امن ترین روش های مبارزه است لذا ارقام تجاری مقاوم به نماتد در اروپا تهیه و در دسترس کشاورزان قرار گرفته است (ژانک و همکاران، ۲۰۰۸؛ کوک و اسکات ، ۱۳۷۷). در ایران تحقیقات زیادی در ارتباط با مناطق انتشار، زیست شناسی، نحوه خسارت نماتد و همچنین شناسایی قارچ های آنتاگونیست جهت مبارزه بیولوژیک صورت گرفته است (پاک نیت ، ۱۳۸۳؛ کریمی پور و همکاران، ۱۳۸۳).

چغندر قند در مقایسه با سایر گیاهان زراعی یک گیاه جوان بشمار می رود و از ظرفیت ژنتیکی محدودی نیز برخوردار است. اغلب ژن های مقاومت در رابطه با تنش های زنده و غیرزنده بیشتر در گونه های دیگر جنس *Beta* دیده شده است. به منظور بهبود خزانه ژنتیکی محدود چغندر قند تحقیقات گسترده ای در طول سال های اخیر صورت گرفته و محققان بسیاری تلاش نموده اند تا ژن های مفید را از سایر منابع مقاومت به چغندر قند انتقال دهند (ون گیت و همکاران[2]، ۱۹۹۰). معرفی ژن از منابع مقاومت به چغندر قند امری بس دشوار است زیرا در برخی موارد یا تلاقی امکان پذیر نبوده و یا در صورت انجام تلاقی، نتاج حاصل از تلاقی عقیم بودند. علاوه بر این در بسیاری موارد نیز محصول تلاقی و انتقال ژن قابل عرضه به بازار نبود زیرا به همراه ژن یا ژن های مورد نظر تعداد زیادی از صفات ناخواسته هم منتقل می گشت که حتی با چندین نسل تلاقی برگشتی اثرشان از جامعه حذف نمی شد (ون گیت و همکاران، ۱۹۹۰).

دونی و ویتنی[3] (۱۹۶۹) در امریکا و های بروک[4] (۱۹۷۷) در هلند با ارزیابی ژرم پلاسم چغندر قند و مواد اصلاحی آن معلوم نمودند که منبع مقاومت در گونه بتا ولگاریس[5] وجود ندارد. مسکن و لکرکرکر[6] (۱۹۸۸) نسبت به انتقال این مقاومت به چندین ژنوتیپ چغندر قند اقدام نموده و به دنبال چندین نسل گزینش برای مقاومت توانستند نسبت بوته های مقاوم و همچنین میزان مقاومت را در جوامع مورد نظر بالا ببرند. لانگ و دی باک[7] (۱۹۹۴) بیان داشتند که در حال حاضر دو منبع مقاومت در بین گونه های وحشی جنس بتا وجود دارد. یکی از گونه های موجود در گروه پرو کامبنتس[8]است که شامل سه گونه بتا پروکامبنس، بتا پاتلاریس و بتا وبیانا[9] می باشد (دونی و ویتنی ، ۱۹۶۹). مصباح (۱۹۹۷) در ارزیابی گروه های مونوسومی حاصله از تلاقی بتا پاتلاریس[8] با چغندر قند نشان داد که ژن یا ژن های مقاومت به نماتد روی کروموزوم شماره یک این گونه قرار دارد. دومین منبع مقاومت را چغندر وحشی ماریتیما[10] ذکر کردند. منبع مقاومت موجود در این گونه جمعیت نماتد روی ریشه چغندر قند را کاهش می دهد (ون گیت و همکاران، ۱۹۹۰).

در ایران برای اولین بار با استفاده از منابع مقاوم به نماتد شامل W-۱۰۰۹ (منبع مقاوم تک ژنی حاصل از قطعه ای از کروموزوم بتا پروکامبنس[11] دارای ژن Hs1pro1) و W -۱۰۱۰ (منبع مقاوم چند ژنی از منشا بتا ماریتیما[12]) ابتدا دو منبع مقاوم با لاین های نرعقیم مولتی ژرم NB1, R C2, تلاقی و سپس با منوژرم های نرعقیم ژنتیکی خوش محصول ۲۳۱ و ۲۶۱ چغندرقند تلاقی داده شدند تا مقاومت به آن ها منتقل شود. بعد از تلاقی مجدد توده های اولیه، مقاومت به

1- Zhang *et al.*
2- Van Geyt *et al.*
3- Doney & Whitney
4- Heijbrock
5- *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*
6 -Mesken & Lekkerkerker
7- Lang & De Bock
8- Section Procumbentes
9- *Beta. webbiana, B. procumbens, B. patellaris patellaris*
10- *Beta vulgaris* subsp. *maritima*
11- *Beta procumbens*
12- *Beta maritima*

نماتد به توده های منوژرم و مولتی ژرم چغندر قند منتقل شد (محمودی، ۱۳۸۶؛ واحدی و همکاران، ۱۳۸۷). بررسی مقاومت به نماتد توده های مذکور در شرایط مزرعه از اهداف اصلی این پژوهش بود و در کنار آن عملکرد کمی و کیفی توده های مذکور نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی مقاومت توده های چغندر قند نسبت به نماتد مولد سیست، دو مزرعه با سابقه آلودگی به نماتد در مشهد و خوی انتخاب و هر مزرعه آلوده به چهار بخش فرضی تقسیم شد. از هر بخش یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری تهیه شد. سیست های موجود در نمونه خاک به روش فنویک[1] (۱۹۴۰) استخراج و تعداد تخم و لارو موجود در یکصد گرم خاک شمارش شد. چون متوسط تعداد تخم و لارو قبل از کاشت در مزارع آزمایشی بالای ۴۰۰ عدد در یکصد گرم خاک بود، لذا مزرعه مناسب اجرای آزمایش تشخیص داده شد.

تعداد ۳۰ توده اصلاحی حاصل از تلاقی های دو منبع مقاوم W-۱۰۰۹ (منبع مقاوم تک ژنی حاصل از قطعه ای از کروموزوم بتا پروکامبنس دارای ژن Hs1pro1) و W-۱۰۱۰ (منبع مقاوم چند ژنی از منشا بتا ماریتیما) با لاین های نرعقیم مولتی ژرم و منوژرم به همراه سه رقم تجارتی شاهد مقاوم خارجی(آنما[2]، پائولینا[3] و نماکیل[4]) و یک رقم شاهد حساس تجارتی داخلی (رسول) در قالب دو آزمایش با ۲۰ و ۱۲ رقم بصورت طرح بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار طی دو سال ارزیابی شدند. هر کرت شامل سه خط به طول هشت متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر بود. جمعیت اولیه نماتد (Pi) (قبل از کاشت) و جمعیت نهایی نماتد (Pf) (در زمان برداشت)، در هر کرت آزمایشی با نمونه برداری خاک و شمارش تعداد تخم و لارو اندازه گیری شد. شاخص تولید مثلی[5](RF) طبق روش اوستن برینک[6] (۱۹۶۶) بر اساس فرمول RF = Pf /Pi برای هر کرت محاسبه شد.

در پایان فصل رشد، صفات کمی و کیفی ارقام شامل عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید و درصد قند نیز اندازه گیری و مبنای مقایسه ارقام قرار گرفت.

تجزیه تحلیل آماری

داده های حاصل از آزمایش های مزرعه ای پس از تبدیل، با استفاده از نرم افزار های MSTATC و SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند. برای دسته بندی ژنوتیپ ها به روش تجزیه خوشه ای از نرم افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

با توجه به اینکه این پژوهش در طی دو سال و در دو منطقه اجرا گردیده بود لذا قبل از تجزیه جداگانه آزمایش ها، اقدام به انجام آزمون یکنواختی واریانس ها از طریق آزمون بارتلت گردید. نتیجه این آزمون نشان داد واریانس خطاهای آزمایشی یکنواخت نیستند بنابراین اقدام به تجزیه جداگانه آزمایشات شد.

الف - نتایج آزمایش های سال ۱۳۸٤ مشهد

در آزمایش ۲۰ رقمی، شاخص تولید مثلی نماتد در ارقام شاهد حساس و مقاوم به ترتیب بالاتر و پایین تر از یک بود که آلودگی مزرعه به نماتد را تایید می نماید. در آزمایش مشهد توده ۲۳۱W*MSG*-۱۰۰۹ با شاخص تولید مثل ۰/۵۱ نسبت به سایر تیمارها از جمله ارقام شاهد مقاوم از تحمل بالایی برخوردار بود و توده های شماره ۲، ۶، ۱۷ و ۱۸ در ردیف های بعدی قرار گرفتند (جدول ۱). شاهد حساس آزمایش (رسول) با ۰/۲۶ تن در هکتار کمترین عملکرد شکر را به خود اختصاص داد و این امر نشان دهنده آلوده بودن قطعه

1- Fenwich
2- Anema
3- Paulina
4- Nemakil
5- Reproductive factor
6- Oostenbrink

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات در آزمایش ۲۰ رقمی مشهد در سال ۱۳۸٤

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح احتمال	
		عملکردقندخالص (تن درهکتار)	شاخص تولیدمثل
تکرار	۳	۰/۰۰۰	ns
رقم	۱۹	۰/۰۰۰	۰/۴۵
اشتباه	۵۷	۰/۳۳	۰/۶۹
ضریب تغییرات		۳۳/۲۷	۷۸/۹۸
میانگین آزمایش		۱/۹۲	۱/۰۶
میانگین شاهد های مقاوم		۲/۱۲	۰/۷۲
ژنوتیپ			
1- 261*(261*W-1009)*FC-709		۱/۵۸ DEFG	۱/۸۱ AB
2 - 231*(MSNB1*W-1009)*FC-709		۲/۸۶ BC	۰/۵۹ AB
3- 231*(MSR*W-1009)*FC-709		۲/۴۵ BCDE	۰/۷۷ AB
4- 231*(MSR*W-1010)		۲/۴۸ BCDE	۰/۷۲ AB
5- 231*(MSG*W-1009)		۱/۲۵ FGHI	۰/۵۱ A
6- 231*(MSC2*W-1010)		۱/۱۵ FGHI	۰/۶۷ AB
7- 231*(MSNB1*W-1010)		۱/۰۹ GHI	۱/۱۳ AB
8- 231*(MS261*W-1010)		۲/۵۶ BCD	۲/۰۰ B
9- 231*(9801*W-1009)		۰/۶۰ HI	۱/۵۷ AB
10- 231*(20447*W-1009)		۲/۴۷ BCDE	۰/۷۹ AB
11- 231*(20314*W-1009)		۱/۳۴ FGH	۱/۱۳ AB
12- 231*(MSNB1*W-1009) -P		۱/۴۵ EFG	۱/۳۲ AB
13- 231*(MSR*W-1009) -P		۳/۵۰ AB	۱/۴۵ AB
14- 231*(MSC2*W-1009) -P		۳/۸۹ A	۱/۱۵ AB
15- W-1009		۱/۶۶ DEFG	۱/۱۷ AB
16- 261*(20314*W-1009)		۲/۲۰ CDEF	۱/۱۴ AB
17- 231*(MSNB1*W-1009)*FC		۱/۳۵ FGH	۰/۶۵ AB
18- ANEMA (Resistant Check)		۱/۶۶ DEFG	۰/۶۹ AB
19 - PAULINA (Resistant Check)		۲/۵۸ BCD	۰/۷۶ AB
20 - RASUL (Susceptible Check)		۰/۲۶ I	۱/۲۳ AB

زمین مورد آزمایش به نماتد بود. میانگین کل آزمایش برای عملکرد شکر سفید برابر ۱/۹۲ تن در هکتار و میانگین شاهد های مقاوم و حساس به ترتیب برابر ۲/۳۵ و ۰/۲۶تن در هکتار بود این درحالی است که تیمار ۲۳۱*W*MSC2-۱۰۰۹ با ۳/۸۹ تن شکر سفید در هکتار بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد. تیمار ۱۳ با ۳/۵۰ تن درهکتار در ردیف بعدی قرار گرفت.

در آزمایش۱۲ رقمی، از نظر عملکرد شکر سفید در هکتار در بین تیمارهای آزمایش، رقم مقاوم نماکیل با عملکرد ۱/۸۰ تن درهکتار در ردیف اول و توده ۳-(W*MSNB1-۱۰۰۹)*۲۳۱ در رتبه دوم قرار گرفتند. کمترین مقدار عملکرد شکر به توده شماره ۸ با ۰/۲۲ تن در هکتار تعلق داشت. شاخص تولید مثلی نماتد، توده ۲۳۱*W*MSR-۱۰۰۹ با مقدار۰/۵۳ نسبت به سایر تیمارها از جمله شاهد های مقاوم از تحمل بالایی برخوردار بود و توده های شماره ۹، ۸، ۲ و ۱۰ در ردیف های بعدی قرار گرفتند (جدول ۲).

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات در آزمایش ۱۲ رقمی مشهد در سال ۱۳۸٤

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح احتمال	
		عملکردقندخالص (تن درهکتار)	شاخص تولیدمثل
تکرار	۳	۰/۰۰۹۳	ns
رقم	۱۱	۰/۱۴۶۱	۰/۰۰۱۶
اشتباه	۳۳	۰/۷۲	۰/۴۷
ضریب تغییرات		۸۹/۸	۵۶/۶
میانگین آزمایش		۰/۹۷	۱/۰۵
میانگین شاهد های مقاوم		۱/۷۰	۰/۸۰
ژنوتیپ			
1- 231*(MSNB1*W-1009)-3		۱/۶۵ AB	۲/۹۵ B
2- 231*(MSNB1*W-1009)-2		۱/۰۶ AB	۰/۷۱ A
3- 231*(MSR*W-1009)-3		۱/۱۸ AB	۰/۶۶ A
4- 231*(MSC2*W-1009)-1		۱/۰۷ AB	۱/۳۰ A
5- 231*(MSC2*W-1009)-2		۰/۷۳ AB	۱/۲۷ A
6- 231*(MSNB1*W-1009)		۰/۴۱ AB	۰/۹۸ A
7- 231*(MSR*W-1009)		۰/۵۰ AB	۰/۵۳ A
8- 231*(MSC2*W-1009)		۰/۲۲ B	۰/۶۶ A
9- W-1009		۰/۴۰ AB	۰/۵۸ A
10- PAULINA (Resistant Check)		۱/۶۱ AB	۰/۷۲ A
11- NEMAKIL (Resistant Check)		۱/۸۰ A	۰/۸۸ A
12- RASUL (Susceptible Check)		۰/۷۰ AB	۱/۳۱ A

ب-آزمایش های ۲۰ رقمی سال ۱۳۸٤ و ۸۵ خوی

نتایج آزمایش ۲۰ رقمی خوی در سال ۸۴ نشان داد (جدول ۳) که از نظر عملکرد شکر سفید در بین توده های آزمایش از نظر آماری اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ مشاهده می شود. تیمار شماره ۸ (۱۰۱۰-W*MS261)*۲۳۱ با ۸/۴۰ تن شکر در هکتار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و در رقابت با شاهد مقاوم پاولینا در یک سطح قرار گرفت. تیمار شماره ۷ نیز با عملکرد شکر ۸/۱۹ تن در هکتار در ردیف بعدی قرار گرفت. این امر نشان دهنده مقاومت این توده جدید اصلاحی به نماتد مولد سیست است. برای صفت شاخص تولید مثلی نماتد در بین ژنوتیپ های آزمایش، توده (۱۰۰۹-W*۲۰۴۴۷) *۲۳۱ با مقدار ۰/۳۹ نسبت به سایر توده ها از جمله شاهد های مقاوم از تحمل بالایی برخوردار بود و توده های شماره ۸ و ۱۱ در ردیف های بعدی قرار گرفتند. در آزمایش ۲۰ رقمی خوی در سال ۸۵ (جدول ۳) از نظر صفت شاخص تولید مثلی نماتد، توده ۱۰۱۰-W*MSR*۲۳۱ با مقدار ۱/۲۷ نسبت به دیگر توده ها از جمله شاهد های مقاوم از تحمل بالایی برخوردار بود و توده های شماره ۱۲، ۱۴ و ۱۰ در ردیف های بعدی قرار گرفتند. در بین توده های آزمایش از نظرعملکرد شکر سفید در هکتار اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ مشاهده می شود. میانگین کل آزمایش برای عملکرد شکر سفید برابر ۳/۵۳ تن در هکتار می باشد. بهترین توده از نظر عملکرد شکر سفید مربوط به ژنوتیپ P-(۱۰۰۹-MSC2*W*) ۲۳۱ با ۴/۴۰ تن در هکتار بود. توده های شماره ۱۰ و ۱۷ به ترتیب با ۴/۳۴ و ۴/۳۱ تن درهکتار در ردیف های بعدی قرار گرفتند.

ج- آزمایش های سال ۱۳۸٤ (۱۲ رقمی) و ۸۵ (۱٦رقمی) خوی

در آزمایش ۱۲ رقمی سال ۸۴ خوی، از نظر عملکرد شکر سفید توده شماره ۵ با ۵/۰۷ تن شکر سفید در هکتار بالاترین عملکرد شکر سفید را داشت، اگر چه نسبت به شاهد مقاوم اختلاف معنی داری را نشان نداد (جدول ۴). برای صفت شاخص تولید مثلی نماتد، توده (۱۰۰۹-MSC2)*W*۲۳۱ نسبت به دیگر توده ها از تحمل بالایی برخوردار بود و توده های شماره ۵ و ۱۰ در ردیف های بعدی قرار گرفتند.

نتایج آزمایش ۱۶ رقمی سال ۸۵ نشان داد (جدول ۴) برای صفت عملکرد شکر سفید، اختلاف معنی درای در سطح احتمال ۵٪ بین توده ها وجود دارد. رقم پاولینا با ۵/۰۹ تن در هکتار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و توده های شماره ۸ و ۵ به ترتیب با ۳/۷۴ و ۳/۵۳ تن درهکتار در ردیف های بعدی قرار گرفتند. میانگین کل آزمایش برای این صفت برابر ۳/۱۳ تن درهکتار می باشد. برای صفت شاخص تولید مثلی نماتد در بین ژنوتیپ های آزمایش ژنوتیپ ۲- (۱۰۰۹-MSNB1)*W*۲۳۱ با مقدار ۰/۸۵نسبت به دیگر تیمارها از جمله شاهد های مقاوم از تحمل بالایی برخوردار بود وتوده های شماره ۱۱ و ۸ در ردیف های بعدی قرار گرفتند.

د- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها در دو سال و دو منطقه

مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر شاخص تولید مثلی نماتد در طی دو سال و دو منطقه نشان داد که دامنه تغییرات شاخص تولید مثلی از ۷۳/. در ژنوتیپ (۱۰۰۹-W*MSC2)*۲۳۱ تا ۳/۶۸ در ژنوتیپ (۱۰۰۹- *W MSG)*۲۳۱ متغیر بوده است (جدول ۵). این امر نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی در بین ژنوتیپ ها از نظر مقاومت به نماتد می باشد. با توجه به موقعیت ژنوتیپ W-۱۰۰۹ که توده اولیه مورد استفاده در گزینش برای مقاومت به نماتد بوده و نمره ۱/۷۷را از نظر شاخص تولید مثلی مقاومت دریافت کرده است می توان اظهار داشت که گزینش برای این صفت موثر بوده و تعدادی از نتاج مقاومت بالاتری نسبت به توده اولیه مذکور داشته اند.

برای تجزیه خوشه ای و گروه بندی نهایی ژنوتیپ ها بر مبنای عملکرد شکر سفید در طی دو سال و دو منطقه ابتدا میانگین ارقام شاهد را ۱۰۰ گرفته و مقایسه میانگین بقیه ژنوتیپ ها به صورت درصد از شاهد مقاوم محاسبه شد. نتایج تجزیه خوشه ای نشان داد که ژنوتیپ های شماره ۳، ۸، ۱۴ و ۴ به همراه شاهد مقاوم پاولینا در یک خوشه قرار گرفتند (شکل ۱). ژنوتیپ شماره ۴ علاوه بر اینکه دارای پتانسیل عملکرد بالایی بود، از شاخص تولید مثلی پایین تری نیز برخوردار بود. این امر نشان می دهد که برای تهیه ارقام مقاوم به نماتد می توان از این ژنوتیپ استفاده کرد.

جدول ۳ - نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات در آزمایش ۲۰ رقمی خوی در سال ۱۳۸٤ و ۸۵

منابع تغییرات	درجه آزادی	۱۳۸٤		۱۳۸۵	
		سطح احتمال			
		عملکردقندخالص (تن درهکتار)	شاخص تولیدمثل	عملکردقندخالص (تن درهکتار)	شاخص تولیدمثل
تکرار	۳	۰/۰۴۹۳	۰/۸۴	۰/۰۴۹	۰/۰۸۷
رقم	۱۹	۰/۰۰۰	۰/۷۳	۰/۰۰۲	۰/۴۲۱
اشتباه	۵۷	۱/۲۱	۱۱/۷۶	۱/۰۰	۲۶/۷۶
ضریب تغییرات		۱۶/۷	۱۹۷/۲۵	۲۸/۴۹	۱۳۱/۵۷
میانگین آزمایش		۶/۵۸	۱/۷۴	۳/۵۳	۳/۹۳
میانگین شاهد های مقاوم		۷/۱۰	۰/۵۷	۴/۲۰	۳/۱۵
ژنوتیپ					
1- 261*(261*W-1009)*FC-709		۵/۷۴ DEFG	۵/۷۸ A	۳/ ۱۱ BC	۲/۲۷ BC
2 - 231*(MSNB1*W-1009)*FC-709		۵/۴۷ FG	۰/۷۴ A	۳/۲۹ BC	۱۴/۷۹ C
3- 231*(MSR*W-1009)*FC-709		۷/۸۸ ABC	۲/۹۹ A	۳/۸۲ BC	۲/۶۲ BC
4- 231*(MSR*W-1010)		۷/۱۸ ABCDE	۱/۱۳ A	۳/۹۶ BC	۱/۲۷ A
5- 231*(MSG*W-1009)		۴/۸۲ G	۲/۱۴ A	۲/۸۲ BC	۲۰/۸۰ BC
6- 231*(MSC2*W-1010)		۷/۳۸ ABCD	۱/۷۴ A	۲/۶۸ BC	۲/۶۷ BC
7- 231*(MSNB1*W-1010)		۸/۱۹ AB	۱/۳۰ A	۲/۹۴ BC	۳/۰۵ BC
8- 231*(MS261*W-1010)		۸/۴۰ A	۰/۴۹ A	۳/۱۳ BC	۴/۵۴ BC
9- 231*(9801*W-1009)		۷/۴۹ ABCD	۱/۴۰ A	۳/۰۶ BC	۲/۳۶ BC
10- 231*(20447*W-1009)		۵/۷۱ DEFG	۰/۳۹ A	۴/۳۴ B	۱/۸۹ BC
11- 231*(20314*W-1009)		۶/۷۷ ABCDEF	۰/۶۴ A	۳/۲۱ BC	۴/۱۳ BC
12- 231*(MSNB1*W-1009) -P		۶/۱۴ CDEFG	۵/۰۶ A	۴/۲۴ B	۱/۶۲ BC
13- 231*(MSR*W-1009) -P		۵/۲۸ GF	۰/۷۴ A	۲/۸۰ BC	۲/۶۳ BC
14- 231*(MSC2*W-1009) -P		۶/۹۲ ABCDEF	۲/۱۴ A	۴/۴۰ BC	۱/۵۹ BC
15- W-1009		۶/۰۴ DEFG	۱/۴۷ A	۳/۲۵ BC	۵/۵۵ BC
16- 261*(20314*W-1009)		۶/۵۳ BCDEFG	۳/۳۵ A	۳/۷۱ BC	۲/۲۴ BC
17- 231*(MSNB1*W-1009)*FC		۵/۲۵ FG	۰/۸۲ A	۴/۳۱ B	۱۰/۲۲ AB
18- ANEMA (Resistant Check)		۵/۷۳ DEFG	۰/۶۸ A	۲/۴۳ C	۳/۶۸ BC
19 - PAULINA (Resistant Check)		۸/۴۰ A	۰/۴۷ A	۵/۹۷ A	۲/۶۲ BC
20 - RASUL (Susceptible Check)		۶/۲۲ CDEFG	۱/۳۱ A	۳/۱۱ BC	۵/۲۴ BC

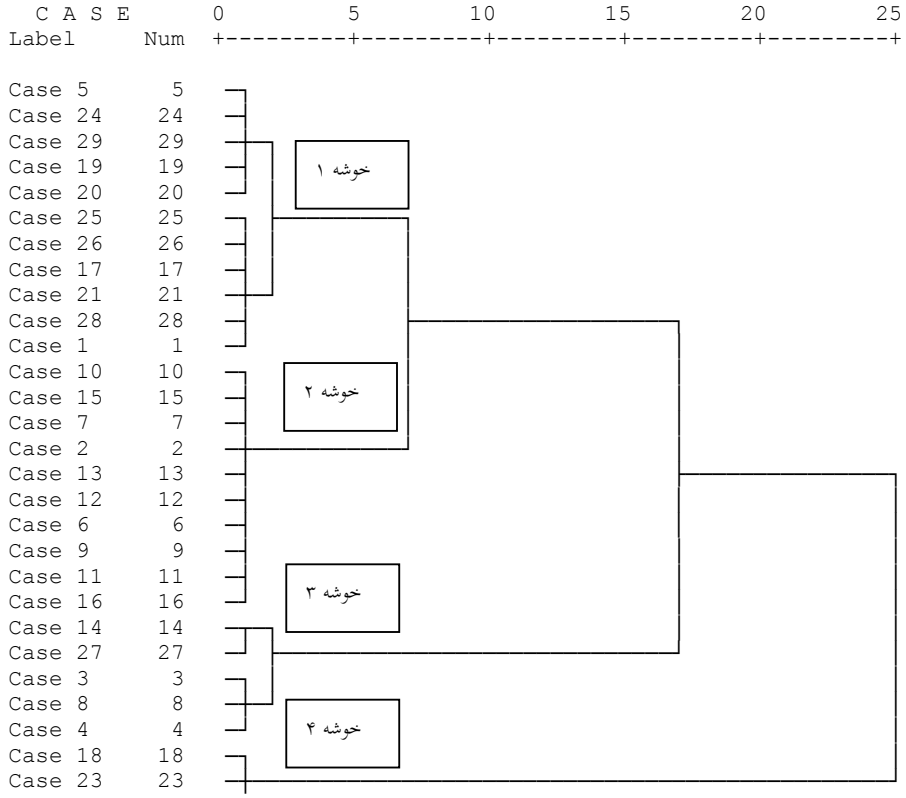
بر اساس جدول ۵ و شکل ۱ ژنوتیپ های خوشه ۱ و ۴ جزو ژنوتیپ هایی هستند که در شرایط تنش حاصل از نماتد قادر به تولید عملکرد مناسبی نیستند ولی ژنوتیپ های خوشه ۲ و ۳ جزو ژنوتیپ های امید بخش می باشند.

جدول ٤ - نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات در آزمایش ۱۲ و ١٦ رقمی خوی در سال های ١٣٨٤ و ٨٥

منابع تغییرات	درجه آزادی ٨٤	درجه آزادی ٨٥	١٣٨٤ عملکردقندخالص (تن درهکتار)	١٣٨٤ شاخص تولیدمثل	١٣٨٥ عملکردقندخالص (تن درهکتار)	١٣٨٥ شاخص تولیدمثل
			سطح احتمال			
تکرار	۳	۳	۰/۲۷۸۷	۰/۹۹۸	۰/۲۶۱	۰/۰۲
رقم	۱۱	۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۸
اشتباه	۳۳	۴۵	۱۷/۵	۹/۶۲	۲/۱۳	۲/۱۳۰
ضریب تغییرات			۰/۵۸	۹۵/۰۶	۷۹/۳۲	۷۹/۳۲
میانگین آزمایش			۴/۳۷	۳/۲۹	۳/۰۶	۱/۸۴
میانگین شاهد های مقاوم ژنوتیپ			۵/۵۳	۰/۹۳	۴/۴۶	۱/۱۶
1 - 231*(MSNB1*W-1009)-3			۴/۶۵ BCD	۲/۶۶ A	۳/۱۲ BC	۱/۸۱ AB
2 - 231*(MSNB1*W-1009)-2			۲/۲۱ E	۴/۵۴ A	۲/۶۹ BC	۰/۸۵ A
3 - 231*(MSR*W-1009)-3			۳/۴۶ D	۱/۶۴ A	۳/۲۷ BC	۱/۲۳ AB
4 - 231*(MSC2*W-1009)-1			۴/۱۳ BCD	۱/۶۱ A	۲/۵۶ BC	۱/۳۴ AB
5 - 231*(MSC2*W-1009)-2			۵/۰۷ AB	۱/۰۲ A	۳/۵۳ ABC	۴/۱۲ C
6 - 231*(MSNB1*W-1009)			۳/۹۱ BCD	۳/۲۲ A	۲/۱۲ BC	۲/۹۸ BC
7 - 231*(MSR*W-1009)			۳/۶۷ BCD	۴/۷۰ A	۱/۹۷ C	۲/۹۸ BC
8 - 231*(MSC2*W-1009)			۴/۸۸ BC	۱/۰۰ A	۳/۷۴ ABC	۱/۰۷ A
9 - W-1009			۴/۸۷ BC	۳/۴۶ A	۳/۵۳ ABC	۱/۰۹ A
10 - PAULINA (Resistant Check)			۶/۱۱ A	۱/۲۲ A	۳/۳۱ BC	۱/۳۹ B
11 - NEMAKIL (Resistant Check)			۴/۹۵ AB	۰/۶۵ A	۳/۸۳ BC	۰/۹۲ A
12 - RASUL (Susceptible Check)			۴/۵۲ BCD	۱۳/ ۴۱ B	۲/۰۸ BC	۳ BC
13- W-1009 –S1-16			–	–	۳/۶۶ ABC	۱/۰۹ AB
14- 261*(20314*W-1009)			–	–	۵/۰۹ A	۱/۳۹ AB
15- 231*(261*W-1009)			–	–	۳/۱۸ AB	۱/۰۸ A
16- 231*(MS261*W 1010)			–	–	۲/۸۲ BC	۱/۷۱ AB

جدول ۵- میانگین شاخص تولید مثلی نماتد و عملکرد شکر سفید ژنوتیپ ها در طی دو سال و دو منطقه

	ژنوتیپ	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	عملکرد قند خالص (درصد از میانگین شاهد مقاوم)	شاخص تولید مثلی	شاخص تولید مثل (درصد از میانگین شاهد مقاوم)
	میانگین آزمایش	۳/۵۴	۸۵/۹۴	۱/۶۲	۱۸۰/۹۳
	میانگین شاهدها ی مقاوم	۴/۱۲	۱۰۰/۰۰	۱/۰۸	۱۰۰/۰۰
۱	261*(261*W-1009)*FC-709-2	۳/۴۷	۸۴/۴۱	۱/۵۸	۱۸۴/۴۴
۲	231*(MSNB1*W-1009)*FC-709-2	۳/۸۷	۹۴/۱۳	۳/۱۵	۳۶۷/۷۰
۳	231*(MSR*W-1009)*FC-709-2	۴/۷۲	۱۱۴/۶۲	۱/۵۵	۱۸۰/۹۳
۴	231*(MSR*W-1010)	۴/۵۴	۱۱۰/۳۳	۰/۸۴	۹۸/۰۵
۵	231*(MSG*W-1009)	۲/۹۶	۷۱/۹۳	۳/۶۸	۴۲۹/۵۷
۶	231*(MSC2*W-1010)	۳/۷۴	۹۰/۸۰	۱/۰۷	۱۲۴/۹۰
۷	231*(MSNB1*W-1010)	۴/۰۷	۹۸/۹۶	۱/۳۵	۱۵۷/۵۹
۸	231*(MS261*W-1010)	۴/۷۰	۱۱۴/۱۴	۱/۲۰	۱۴۰/۰۸
۹	231*(9801*W-1009)	۳/۷۲	۹۰/۳۴	۱/۱۷	۱۳۶/۵۸
۱۰	231*(20447*W-1009)	۴/۱۷	۱۰۱/۴۳	۰/۸۰	۹۳/۳۹
۱۱	231*(20314*W-1009)	۳/۷۷	۹۱/۶۹	۱/۴۴	۱۶۸/۰۹
۱۲	231*(MSNB1*W-1009)-P	۳/۹۴	۹۵/۸۲	۱/۸۵	۲۱۵/۹۵
۱۳	231*(MSR*W-1009)-P	۳/۸۶	۹۳/۸۰	۳/۶۰	۴۲۰/۲۳
۱۴	231*(MSC2*W-1009)-P	۵/۰۷	۱۲۳/۱۸	۱/۳۸	۱۶۱/۰۹
۱۵	261*(20314*W-1009)	۴/۱۵	۱۰۰/۷۸	۰/۹۹	۱۱۵/۵۶
۱۶	231*(MSNB1*W-1009)*FC-709-2	۳/۶۴	۸۸/۳۹	۱/۵۴	۱۷۹/۷۷
۱۷	231*(MSNB1*W-1009)-3	۳/۱۴	۷۶/۳۱	۱/۹۷	۲۲۹/۹۶
۱۸	231*(MSNB1*W-1009)-2	۱/۹۹	۴۸/۲۸	۱/۰۱	۱۱۷/۹۰
۱۹	231*(MSR*W-1009)-3	۲/۶۴	۶۴/۰۷	۱/۰۹	۱۲۷/۲۴
۲۰	231*(MSC2*W-1009)-1	۲/۵۸	۶۲/۷۸	۱/۳۸	۱۶۱/۰۹
۲۱	231*(MSC2*W-1009)-2	۳/۱۱	۷۵/۵۸	۲/۰۵	۲۳۹/۳۰
۲۲	231*(MSNB1*W-1009)	۲/۱۵	۵۲/۱۷	۱/۷۰	۱۹۸/۴۴
۲۳	231*(MSR*W-1009)	۲/۰۵	۴۹/۷۴	۱/۸۶	۲۱۷/۱۲
۲۴	231*(MSC2*W-1009)	۲/۹۵	۷۱/۶۱	۰/۷۳	۸۵/۲۱
۲۵	W-1009	۳/۳۳	۸۰/۹۲	۱/۷۷	۲۰۶/۶۱
۲۶	ANEMA (Resistant Check)	۳/۲۷	۷۹/۴۷	۰/۹۸	۱۱۴/۴۰
۲۷	PAULINA (Resistant Check)	۴/۹۴	۱۲۰/۵۳	۰/۹۳	۱۰۸/۵۶
۲۸	NEMAKIL (Resistant Check)	۳/۱۹	۷۷/۵۲	۰/۶۶	۷۷/۰۴
۲۹	Rasul (Susceptible Check)	۲/۸۱	۶۸/۵۳	۱/۶۳	۱۹۰/۲۷



شکل ۱- تجزیه خوشه ای توده های چغندر قند بر مبنای درصد از میانگین عملکرد قند سفید ارقام شاهد طی دو سال و دو منطقه

بحث

با توجه به اینکه انتقال ژن یا ژن های مقاوم از منابع وحشی یا خویشاوند های زراعی باعث افزایش وسعت ژنتیکی می گردد، لذا به نظر می رسد ارزیابی اولیه به منظور دستیابی به توده های جدید اصلاحی که از لحاظ مقاومت به نماتد و صفات زراعی دارای برتری باشند الزامی است.

سه گونه موجود در گروه پاتلارس نسبت به نماتد بسیار مقاوم هستند اما در شرایط آلوده، ایمنی کامل ایجاد نمی کنند و در برخی مواقع تعداد کمی سیست روی ریشه رشد و نمو می کند (یو[1]، ۱۹۸۴). گیاهان حامل یک کروموزوم اضافی از هر سه گونه فوق تهیه شد که به عنوان منبع مقاومت برای انتقال ژن به ژنوتیپ های چغندر قند مورد استفاده قرار گرفتند و گیاهان دیپلوئید مقاوم بدست آمد (ساویتسکی[2]، ۱۹۷۸). تحقیقات بیشتر منجر به تهیه ژنوتیپ های دیپلوئیدی گردید که فقط بخشی از کروموزوم بیگانه را حمل می کردند این کروموزوم ژن Hs1pro1 را حمل می کرد اما چه ژنوتیپ های حامل کروموزوم اضافی و چه آنهائی که بخشی از کروموزوم به ژنوم آنها اضافه شده است در تقسیمات میوزی بسیار ناپایدارند و در نتیجه بازده انتقال مقاومت از نسلی به نسل دیگر از طریق جنسی بالا نیست (ساندال و همکاران[3]، ۱۹۹۷). به همین دلیل نتاج حاصل از یک ژنوتیپ حامل ژن مقاومت نیز

1- Yu

2- Savitsky
3- Sandal *et al.*

درجات متفاوتی از مقاومت را بروز می دهد. نتایج جدول ۵ در خصوص شاخص تولید مثل ژنوتیپ هایی که مقاومت خود را از منبع تک ژنی W- ۱۰۰۹ گرفتند، مبین این مطلب است که در ژنوتیپ ۵ این قطعه در تقسیمات میوزی حذف و مقاومت بروز نکرده است حال آنکه در ژنوتیپ ۲۴ عملکرد ژن Hs1pro1 مقاومت در خور توجهی در سطح رقم تجاری نماکیل که حاوی همین ژن است را از خود بروز داده است. علاوه بر مقاومت ناپایدار، صفات منفی دیگر از قبیل ایجاد غده بر روی برگ و ریشه نیز به ژنوتیپ های دریافت کننده منتقل می شود که دلیل آن پیوستگی ژن یا ژن های نامناسب با ژن مقاومت و انتقال آن به ژنوتیپ گیرنده است. به منظور حذف این صفات ناخواسته و دستیابی به گیاهان مقاوم حامل قطعه کوچکتری از کروموزوم بیگانه، دو ژنوتیپ اصلاحی که قبلا ژن به آنها منتقل شده بود با یک لاین حساس چغندر قند تلاقی برگشتی داده شدند. بررسی نتاج حاصل حاکی از آن بود که میزان انتقال مقاومت به نسل بعد به شدت کاهش یافته درحالی که همچنان صفات ناخواسته در نسل جدید خودنمائی می کرد. نتایج این بررسی حاکی از آن است که اصلاح ژنوتیپ های جدید و بهبود مقاومت از طریق تلاقی برگشتی چندان قرین موفقیت نخواهد بود (ساندال و همکاران، ۱۹۹۷). در تحقیق حاضر نیز نتاجی که از تلاقی منبع مقاومت حامل قطعه اضافی (W- ۱۰۰۹) با لاین های حساس بدست آمده بودند بسته به شرایط محیطی و شدت آلودگی درجات متفاوتی از مقاومت را نشان دادند که خود بیانگر این مطلب است که بیان ژن مذکور در نسل های تلاقی یکسان نبوده و از توده ای به توده دیگر و از نسلی به نسل دیگر متفاوت است. در تحقیق دیگری که بمنظور انتقال مقاومت به بیماری ریزومانیا از منابع مقاوم به پایه های حساس صورت گرفته بود، والدین گرده افشان حامل ژن مقاومت از نظر میزان انتقال مقاومت به نسل های تلاقی با یکدیگر اختلاف داشتند و هیبریدهای حاصل از تعدادی از این گرده افشان ها در بیان مقاومت بهتر از بقیه بودند (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۹).

مقاومت به نماتد در گونه بتا ماریتیما (وهای بروک، ۱۹۷۷) گزارش شده است. مقاومت موجود در گونه بتا ماریتیما ماهیت چندژنی و مغلوب دارد. با توجه به ماهیت چندژنی و مغلوب این مقاومت، انتظار بر این است که نسل های حاصل از تلاقی و یا گزینش درجات متفاوتی از مقاومت را بروز دهند و مدت زمان زیادی لازم باشد تا صفت مورد نظر در جامعه تثبیت شود. اما در تلاقی حاصل از منبع مقاومت W- ۱۰۱۰ ژنوتیپ شماره ۴ ضمن اینکه عملکرد خوبی دارد از سطح مقاومت بسیار خوبی نیز برخوردار است.

نهایتا آنچه که در این تحقیق می توان به آن اشاره کرد دستیابی به ژنوتیپ های ارزشمندی است که از هر دو منبع مقاومت حاصل شده اند (ژنوتیپ شماره۳، ۴، ۸، ۱۰، ۱۴و ۱۵ جدول ۵) با توجه به عملکرد خوب آنها تحت شرایط آلوده چه از نظر محصول شکر و چه از نظر میزان مقاومت، به نظر می رسد توانائی آن را داشته باشند که به عنوان مواد اصلاحی اولیه در برنامه های کوتاه مدت و یا میان مدت به نژادی مورد بهره برداری قرار گیرند.

منابع

۱. امیدوار، م. و شهیدی، ه. ۱۳۴۹. نماتد چغندر قند در خراسان و کارهایی که تاکنون در مورد بررسی این انگل صورت گرفته. خلاصه مقالات سومین کنگره گیاهپزشکی ایران، ص ۳۷.

۲. پاک نیت، م. ۱۳۸۳. تلفیق اثر تناوب و گیاه تله در کاهش جمعیت نماتد سیستی چغندرقند در استان فارس. خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاه پزشکی ایران، ص ۱۶۲.

۳. جعفر پور، ب و مهدیخانی مقدم، ع. ۱۳۷۵. مقدمه ای بر نماتد شناسی گیاهی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۶۳ ص.

۴. شهبازی، ح.، صادقیان مطهر، س.ی.، احمدی، م. و سلطانی، ج. ۱۳۸۹. قابلیت انتقال ژن مقاومت به ریزو مانیا از ارقام و توده هایی با ساختار ژنتیکی وسیع به رگه های چغندر قند. مجله چغندر قند، ۲۶ (۱): ۱۵-۳۰.

۵. کریمی پور فرد، ه.، دامادزاده، م.، احمدی، ع.، الماسی، ح. و حاتمی، ح. ۱۳۸۳. بررسی تاثیر چند گیاه تله در تناوبهای زراعی به منظور کاهش جمعیت نماتد سیستی چغندرقند و کاهش دوره تناوب در اصفهان. خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاه پزشکی ایران ، ص ۱۵۸.

۶. کوک، دی.ا. و آر.کی.، اسکات. ۱۳۷۷. چغندرقند از علم تا عمل (ترجمه) اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند). نشر علوم کشاورزی، ۷۳۱ ص.

۷. محمودی، س.ب. ۱۳۸۶. بیماری های مهم چغندر قند در ایران. مجموعه مقالات اولین همایش زراعت چغندر قند. صص: ۴۱ تا ۴۹.

۸. واحدی، س.، سلطانی، ج.، مهدیخانی، پ. و محمودی، س. ب. ۱۳۸۷. ارزیابی مقاومت تو ده های اصلاحی چغندر قند نسبت به نماتد مولد سیست. خلاصه مقالات هجدهمین کنگره گیاه پزشکی ایران. ۲ : ۵۶۲.

9. Doney, D., and E.D. Whitney. 1969. Screening sugar beet for resistance to *Heterodera schachtii* Sch. Journal of the American Society of Sugar Beat Technologies, 15: 546-552.

10. Draycott, A. P. 2006. Sugar Beet. Blackwell Publishing Co Ltd.UK, 514 p.

11. Fenwick,K.N.1940.Method for recovery and counting of cyst of *Heterodera schachtii* from soil. Journal of Helminth,18: 155-177.

12. Heijbrock, W. 1977. Partial resistance of sugar beet to beet cyst eelworm *(Heterodera schachtii* schm.). Euphytica, 26: 257-262

13. Lang, W., and. De Bock, M. 1994.Pre-breeding for nematode resistance in beet . Journal of Sugar Beet Research, 31:13–26.

14. Mesbah, M. 1997. Characterization of alien chromosomes in monosomic additions of Beta.Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, the Netherlands, 106 p.

15. Mesken, M. and B. Lekkerkerker, 1988. Selectie op partiele resistantie tegen het bietecystenaaltje in kruisingen van suiker-en voederbieeten met B. Maritima (selection of partial risistance to the beet cyst nematode in crosses between sugar and fodderbeets and B. Maritima). Prophyta: Bijllage Januari, 68-71 (in Dutch).

16. Sandal, N.N, Salentijn, E.M.J, Kleine, M., Caguangi, D., Reuver, M.A., Druten, M.V., Bock, T.S.M., Lange, W., Steen, P., Jung, C., Marcker, K., Stiekema, W.J., and Lankhorst, R.M.K. (1997) Backcrossing of nematode-resistant sugar beet: a second nematode resistance gene at the locus Hs1pro–1. Molecular Breeding, 3: 471-480.

17. Savitsky, H., 1978. Nematode *(Heterodera schachtii)* Resistance and meiosis in diploid from interspecific *Beta vulgaris* * *B. procumbens* hybrids. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 20: 177-186.

18. Oostenbrink, M., 1966.Major characteristics of the relation between nematods and plant. Maded. Landbouwhogesch.Wageningen, 66:1-46

19. Van Geyt, J.P.C, Lang, W., Oleo. M., and De Bock, T.S.M. 1990. Natural variatio within the genus Beta: Possible use for breeding sugar beet:A review. Euphytica, 49:57-76

20. Whitney, E.D., and Duffus, J.E. 1986. Compendium of Beet Diseases and Insects. American Phytopathological Society, Minnesota, 76 pp.

21. Yu, M.H., 1984.Resistance to *Heterodera schachtii* patellares section of the genus *Beta*. Euphytica, 33:633-640.

22. 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