



چغندرقد/ جلد ۳۹/ شماره ۲/ ۱۴۰۲



تهیه و بررسی صفات زراعی و کیفی هیبریدهای حاصل از کلون کشت بافت والد مادری نرعقیم در چغندرقد

Development and evaluation of agronomic and qualitative traits of hybrids derived from tissue culture clones of male sterile parent in sugar beet

پیمان نوروزی^{۱*}، روح‌اله جعفری^۲، داریوش طالقانی^۱ و پرویز فصاحت^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳ : تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/JSB.2024.365252.1352

پ. نوروزی، ر.ا. جعفری، د. طالقانی و پ. فصاحت. ۱۴۰۲. تهیه و بررسی صفات زراعی و کیفی هیبریدهای حاصل از کلون کشت بافت والد مادری نرعقیم در چغندرقد. چغندرقد، ۳۹(۲): ۱۵۴-۱۳۹.

چکیده

حفظ خصوصیات رگه‌های والدی تشکیل‌دهنده‌ی رقم هیبرید از طریق کشت بافت باعث ثبات و یکنواختی رقم هیبرید می‌گردد. در این پژوهش، در سال اول از قطعات ساقه گل‌دهنده‌ی گیاهان والد مادری نرعقیم در شرایط کشت درون شیشه، جوانه‌های رویشی یا کلونها تولید شد. سپس کلون‌های تکثیر شده به درون گلدان‌های بزرگتر در گلخانه و نیز مزرعه اشتکلینگ منتقل و در زمستان ورنالیزه شدند. در بهار سال دوم، کلون‌های ورنالیزه شده به مزرعه ایزوله در اردبیل منتقل و به همراه ریشه پایه پدری هیبرید که قبلاً تهیه و ورنالیزه شده بودند در خطوط جداگانه کشت و در تابستان بذر هیبرید از روی بوته‌های کلون کشت بافت برداشت و بوجاری شد. در پاییز سال دوم، بذر هیبرید حاصل از دو کلون مستقل پایه مادری به همراه ارقام شاهد در مزارع سه منطقه دزفول، داراب و گچساران در قالب طرح آزمایشی کشت و مراقبت‌ها و یادداشت‌برداری انجام گرفت. در خرداد سال سوم، ریشه‌ها برداشت و تجزیه کمی و کیفی در ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد انجام و داده‌ها تجزیه واریانس شدند. در پاییز سال سوم، مجدداً بذر هیبرید حاصل از دو نوع کلون پایه مادری به همراه ارقام شاهد در مزارع دو منطقه دزفول و گچساران در قالب طرح آزمایشی کشت و مراقبت‌ها و یادداشت‌برداری انجام گرفت. در خرداد سال چهارم، ریشه‌ها برداشت و تجزیه کمی و کیفی در ستاد مؤسسه اصلاح و تهیه بذر چغندرقد انجام و داده‌ها تجزیه واریانس شدند. نتایج آماری در طی دو سال آزمون عملکرد مذکور نشان داد که هیبرید کلون کشت بافت شماره SBSI-51-1 با میانگین عملکرد ریشه ۹۹/۱۰ تن در هکتار، عملکرد شکر سفید ۱۲/۸۲ تن در هکتار و ساقه‌روی ۱/۴۴ درصد نسبت به سایر ارقام آزمایشی برتری معنی‌داری دارد. در این تحقیق برای نخستین بار بذر یک هیبرید تجارتي از تلاقی والد کرده افشان آن با کلون کشت بافت پایه نرعقیم مادری آن تهیه شد که از عملکرد و یکنواختی مطلوبی در مزرعه برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آزمون عملکرد، چغندرقد، کشت بافت، کلون، هیبرید.

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. *- نویسنده مسئول norouzi1389@gmail.com



۲- محقق مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

چغندر قند یک گیاه دگرگشن و در بسیاری موارد خودنا بارور است و با ازدیاد یک بوته انتخاب شده از طریق غیرجنسی می توان بوته های مشابه بوته اولیه تولید نمود و به این ترتیب قدرت تشخیص و انتخاب ژنوتیپ ها را برای صفات مورد نظر در آزمایش های گوناگون به نژادی ارقام جدید افزایش داد (Yavari and Sadeghian 1996). به کارگیری کلون های حاصل از کشت بافت در اصلاح گرده افشان ها و تکثیر پایه های مادری نر عقیم در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند از اهمیت زیادی برخوردار است. با این روش اصلاح گر می تواند از کلون های مربوط به ژنوتیپ هایی که نتاج تست کراس برتری داشته اند استفاده نماید و دقیقاً همان ترکیب پذیری مورد انتظار را بدست آورد (Middelberg 2000-2004).

برای تکثیر کلون در چغندر قند به روش باززائی مستقیم از جداکشت های جوانه انتهایی و انتهای ساقه گل دهنده استفاده شده است که از پایداری ژنتیکی و یکنواختی مورفولوژیکی بیشتری در مقایسه با جداکشت های دیگر برخوردارند (Norouzi 2002; Mezei et al. 1993).

جهت ریشه زائی کلون های کشت بافت چغندر قند از ترکیبات هورمونی ۰/۵ تا یک میلی گرم در لیتر نفتالن استیک اسید (NAA) در محیط کشت (Jianfeng et al. 1997)، سه میلی گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید (IBA) در محیط کشت (Yavari et al. 2006) استفاده شده است. برای القاء ریشه زائی از جوانه های چغندر قند، هورمون های نفتالن استیک اسید و ایندول استیک اسید (IAA) استفاده شده است ولی اثر هورمون نفتالن استیک اسید از ایندول استیک اسید بیشتر بوده است و هر دو هورمون با غلظت کم در گیاه اثر دارند (Owens and Eberts 1992). از هورمون ایندول بوتیریک اسید به طور عمومی برای ریشه زایی چغندر قند در کشت بافت استفاده شده است (Toldi et al. 1996).

یآوری و همکاران (Yavari et al. 1996) از روش ریزازدیادی کلونی برای تکثیر پایه های نر عقیم چغندر قند استفاده نمودند و جوانه های حاصل را به دستگاه آب کشت مجهز به سیستم هوارسانی انتقال دادند. درصدی از کلون ها در این سیستم توانائی رشد اتوتروفیک را باز یافتند. نوروزی (Norouzi 2006) در زمینه تولید گیاهچه های حاصل از کلون کشت بافت موفق گردید جوانه های بدون ریشه حاصل از کشت بافت را پس از آغشته نمودن پایه جوانه با پودر حاوی هورمون اکسین مستقیماً به بستر جامد (ترکیبی از پیت ماس، سیلیس، خاک برگ، کود دامی و خاک مزرعه) اشباع شده با محلول غذائی به درون گلدان منتقل نماید و پس از چند هفته گیاهان سازگار شده به شرایط محیطی بدست آورد. بیانکاری و همکاران (Biancardi et al. 2005) به توانائی ریزازدیادی چغندر قند در تولید تعداد زیادی گیاه مشابه از گیاه منتخب اولیه با هزینه ای کم و زمانی کوتاه اشاره نموده اند. ایشان بر سودمندی به کارگیری ریزازدیادی کلونی در برنامه های اصلاحی چغندر قند تاکید داشته اند.

نوروزی و همکاران (Norouzi et al. 2009) سه روش ریشه زایی - سازگاری را با استفاده از کلون های کشت بافت چغندر قند مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تعداد کروموزوم کلون های حاصل از سه روش سازگاری بدون تغییر بود و تغییرات کروموزومی در سطوح پلوپیدی نیز مشاهده نگردید.

ژی کیانگ و همکاران (ZiQiang et al. 2017) جهت تکثیر یک لاین نر عقیم چغندر قند از ریزنمونه یا جداکشت دمبرگ که بیشترین میزان باززایی را داشت استفاده کردند. از محیط کشت موراشیگ و اسکوگ (MS) به همراه ۰/۷ میلی گرم در لیتر نفتالن استیک اسید و ۱/۲ میلی گرم در لیتر کینتین (Kinetin) برای تشکیل جوانه، از محیط کشت موراشیگ و اسکوگ به همراه ۰/۵ میلی گرم در لیتر نفتالن استیک اسید و ۰/۴ میلی گرم در لیتر کینتین برای تکثیر جوانه و از محیط کشت موراشیگ و اسکوگ حاوی ۱/۲ میلی گرم در لیتر

آمد تا در آزمون عملکرد منطقه ای در طی دو سال پایداری و ثبات عملکرد هیبرید کلون‌ها از نظر خصوصیات کمی و کیفی ریشه و مقاومت به ساقه‌روی با ارقام شاهد داخلی و خارجی مقایسه گردد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در آغاز تهیه کلون کشت بافتی گیاهچه‌های پایه مادری هیبرید مورد نظر، گیاهچه‌های منتخب از مزرعه اردبیل به گلخانه تحقیقاتی ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند منتقل و مراحل کشت و تقویت گیاهچه‌های گلدانی اعم از تغذیه و مبارزه با آفات و بیماری‌ها صورت پذیرفت. پس از استقرار گیاهچه‌ها در شرایط گلدان، مرحله ضد عفونی جدا کشت‌های جوانه جانبی ساقه گل‌دهنده در آزمایشگاه آغاز گردید.

تهیه کلون‌های کشت بافت از قطعات ساقه گل‌دهنده: برای این کار از روش تغییر یافته نوروزی و همکاران (Norouzi *et al.* 2009) به شرح ذیل استفاده شد. جوانه‌های ساقه گل‌دهنده از پنج بوته نرعیقیم والد هیبرید مورد نظر ابتدا با آب شستشو و بعد در وایتکس رقیق شده با ۲/۵ درصد کلر فعال به مدت ۱۵ دقیقه ضد عفونی و پس از سه بار شستشو با آب مقطر استریل هر بار به مدت ۵ دقیقه به محیط غذایی پایه MBP شامل املاح MS (Murashige and Skoog 1962) و ویتامین‌های B5 (Gamborg 1968) و اسید بوریک (PGoB) (De Greef and Jacobs 1979) حاوی سه درصد ساکارز، ۸ گرم در لیتر آگار با pH= ۵/۸ به همراه هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلیک اسید به ترتیب با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۱ و ۰/۱ میلی گرم در لیتر جهت القای جوانه و هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلیک اسید به ترتیب با غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ میلی گرم در لیتر جهت تکثیر جوانه‌ها و هورمون‌های اکسین با غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر جهت ریشه زائی کلون‌ها منتقل شدند. شرایط اتاقک رشد برای نگهداری ظروف کشت دارای ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و شدت نور سه تا چهار هزار لوکس با دمای ۲۲-۲۴ درجه سانتیگراد بود.

نفتالان استیک اسید برای ریشه‌زایی چغندر قند در شرایط درون شیشه استفاده کردند.

ژوزالوا و همکاران (Zhuzhzhhalova *et al.* 2019) روش‌های کشت بافت برای تولید سریع مواد گیاهی چغندر قند را در ایجاد صفات بهبود یافته بررسی و با گزینش بافت‌های کشت شده در محیط‌های غربالگری حاوی عوامل تنش مانند شوری و خشکی امکان تولید لاین‌های مقاوم در برنامه‌های اصلاحی چغندر قند را بررسی کردند.

ژوزالوا و همکاران (Zhuzhzhhalova *et al.* 2020) همچنین روش‌های زیست فناوری از جمله کشت بافت را برای اصلاح مؤثر چغندر قند معرفی کردند.

سابراوانیس ماری و گانتیت (Subrahmanyeswari and Gantait 2022) مروری بر پیشرفت‌های زیست فناوری چغندر قند داشتند و یافته‌های تحقیقاتی در خصوص عوامل فیزیکی-شیمیایی مؤثر بر باززائی مستقیم، غیرمستقیم، جنین زائی سماتیکی، کشت پروتوپلاست، کشت هاپلوئیدی، سازگاری گیاهچه‌های ریزازدیادی شده، خصوصیات ژنتیکی کلون‌های کشت بافت را بررسی کردند.

در شرکت تولید بذر KWS آلمان، فنون ریزازدیادی چغندر قند به صورت یک کار متداول انجام می‌شود. برای مثال، مریستم ژنوتیپ‌های منتخب از ساقه‌های گل‌دهنده و یا سایر بافت‌های مناسب جدا می‌شوند تا پس از جوانه‌زائی و القای ریشه، گیاهچه‌های حاصل ورنالیزه شوند و پس از سازگاری در گلخانه و مزرعه تولید گیاهانی با ساقه گل‌دهنده قوی نمایند. این گیاهان با گیاهان بذری قابل مقایسه می‌باشند. همچنین در این شرکت مریستم ژنوتیپ‌های با ارزش به روش کشت بافت تا چندین سال قابل نگهداری است (مکاتبات شخصی).

در این تحقیق برای نخستین بار در کشور، ازدیاد پایه نرعیقیم مادری یک رقم هیبرید چغندر قند برتر مؤسسه از طریق تکثیر کلونی در مقیاسی وسیع انجام گرفت و پس از تلاقی کلون‌ها با والد گرده‌افشان آن بذر هیبرید بدست

موردنظر موسسه و ۱۴ خط پایه مادری حاصل از کلون کشت بافت بین آنها و ۵ خط کشت نشده به عنوان فاصله بین پایه های پدری و مادری هر ایزوله در نظر گرفته و اقدام به کشت پایه های پدری و مادری مذکور شد. کلون های گلدانی پس از حذف پهنک برگ آنها با عمق کمتر در خاک مزرعه کشت شدند. ریشه های اشتکلینگی که حالت شلغمی داشتند بدون برش و پس از حذف قسمت باریک انتهایی ریشه با عمق بیشتری درون خاک مزرعه کشت شدند. مراقبت های مراحل داشت از جمله آبیاری، کوددهی، وجین علف های هرز و سمپاشی در طی بهار و تابستان انجام شد. کلون های گلدانی گل دهی سریع تری در مقایسه با کلون های ریشه اشتکلینگی و پایه های پدری داشتند. از این رو برای همزمانی گل دهی و گرده افشانی مناسب از روش سرزنی ساقه های گل دهنده کلون های گلدانی استفاده شد. برداشت بذر هیبرید از روی پایه های مادری در مرداد ماه و بوجاری بذر در شهریور ماه انجام گرفت. سپس میانگین تولید بذر بوجاری و استحصال شده از هر تک کلون کشت بافت با منشاء گلدانی و ریشه اشتکلینگی به شرح مندرج در بخش نتایج و بحث تعیین شد.

آزمون های عملکرد هیبریدهای کلون کشت بافت در مناطق مختلف در دو سال: دو هیبرید امیدبخش حاصل از کشت بافت تولید شده به روش اشتکلینگی تحت نام SBSI-51-1 و SBSI-51-2 به همراه یک شاهد خارجی متحمل به ساقه روی و یک شاهد حساس به شرح مندرج در جداول نتایج و بحث در فصل زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در سه منطقه دزفول، داراب و گچساران به ترتیب در داخل آزمایش های کشت پائیزه ۱۵ رقمی، شش رقمی و چهار رقمی و در فصل زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دو منطقه دزفول و گچساران به ترتیب در داخل آزمایش های کشت پائیزه ۱۷ رقمی و هفت رقمی، به همراه هیبرید شاهد (همان هیبریدی که از والد مادی آن کلون تهیه شده بود)، مقایسه عملکرد شدند. لازم به توضیح است براساس تصمیم مؤسسه تحقیقات چغندر قند مقرر شده بود که دو هیبرید کلون کشت بافت در آزمایشات مذکور در مناطق مختلف در طی دو سال به صورت نسبی با ارقام زیادی قابل مقایسه باشند. لذا بناچار

برای ریشه زایی از دو روش زیر استفاده شد. در روش اول (روش معمول اکثر آزمایشگاه ها) صدها جوانه ها به محیط پایه موراشیگ و اسکوک (MS) نصف غلظت حاوی ترکیب هورمونی اکسین با غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر منتقل و به مدت یک ماه در اتاقک رشد نگه داری و پس از ریشه دار شدن به درون بستر جامد (حاوی نسبتی از خاک، ماسه و پیت ماس) منتقل شدند. در روش دوم (Norouzi 2006) جوانه های بدون ریشه پس از آغشته شدن پایه جوانه آنها با پودر کائولین حاوی یک در هزار از هر یک از هورمون های اکسین نفتالن استیک اسید و ایندول بوتیریک اسید مستقیماً به درون بستر جامد مذکور درون گلدان ۱۰۰ میلی لیتری منتقل و در اتاقک رشد نگه داری شدند. با این روش نیاز به تولید ریشه از جوانه کشت بافت در شرایط درون شیشه مرتفع می گردد و زمان و هزینه نگه داری کلون های کشت بافت در اتاقک رشد کاهش می یابد. کلون های ریشه دار شده از هر یک از دو روش مذکور پس از دو هفته به گلخانه منتقل و به صورت متناوب با آب معمولی و محلول غذایی رقیق شده آبیاری شدند. کلون ها با فواصل زمانی یک ماه به گلدان یک لیتری منتقل و به دو روش زیر جهت ادامه رشد و سازگاری به شرایط محیطی تیمار شدند: در روش اول، کلون ها تا انتهای پاییز درون گلدان در گلخانه و سپس در زمستان در سردخانه در دمای ۶ تا ۸ درجه سانتیگراد نگه داری شدند (موسوم به کلون های گلدانی) و در روش دوم، کلون های گلدانی در اوایل شهریور به مزرعه منتقل و کشت شده و در طول زمستان در مزرعه بهاره سازی شدند (موسوم به کلون های ریشه اشتکلینگی).

انتقال و کاشت کلون های چغندر قند در مزرعه ایزوله: در فصل بهار کلون های گلدانی از سردخانه و کلون های ریشه اشتکلینگی از مزرعه ایستگاه مهندس مطهری کرج خارج شده و به مزرعه ایزوله اردبیل جهت تولید بذر هیبرید منتقل و کشت شدند. زمین مورد نظر در پاییز سال قبل شخم خورده بود و قبل از کشت پایه ها، ابتدا با تراکتور مجهز به خیش پنج ردیفه اقدام به تهیه ۲۸ خط کشت شد. در مجموع نه خط پایه پدری هیبرید

فهرست ارقام آزمایشی در مناطق و سال‌های مختلف متفاوت در نظر گرفته شد، زیرا هدف اصلی بررسی وضعیت عملکرد دو هیبرید کلون کشت بافت در مقایسه با هر رقم متصور دیگر داخلی و خارجی بود. در نتیجه در آزمایشات مختلف، ارقام تغییر یافته است. در هر منطقه، بذر ژنوتیپ‌های مورد نظر در نخستین فرصت ممکن از بازه زمانی مناسب در سه خط به طول ۵۰ متر کشت شد. عملیات داشت مطابق عرف منطقه و در موعد مقرر انجام گرفت. در فصل بهار نمره‌دهی بوته‌ها از نظر بیماری سرکوسپورا و نیز وضعیت ساقه‌روی انجام و پس از شمارش تعداد بوته کل و تعداد بوته به ساقه رفته در زمان برداشت، درصد ساقه‌روی محاسبه شد. در زمان برداشت، ریشه‌های هر نمونه شمارش، سرزنی، توزین و برای تجزیه کیفی از آنها نمونه خمیر تهیه شد. نمونه‌های خمیر ریشه به ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ارسال و تجزیه کمی و کیفی ریشه‌ها صورت گرفت. داده‌های حاصل با نرم افزار SAS تجزیه واریانس و میانگین تیمارها در هر منطقه با روش کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه آماری شدند.

نتایج و بحث

تکثیر، ریشه زایی و سازگاری کلون های کشت بافت: جداکشت های قطعات ساقه های گلدهنده گیاهان والد نر عقیم درون شیشه در محیط های القاء و تکثیر جوانه به کار رفته پاسخ مناسبی داده و از هر جداکشت پس از ۲ ماه تعداد زیادی (۳۰-۲۰) جوانه یا کلون مستقل بدست آمد. جوانه‌هایی با ارتفاع بیش از ۵ سانتیمتر که پایه آنها با پودر هورمونی دست ساز آغشته شده بود مانند کلون‌های ریشه‌دار شده در محیط کشت درون شیشه، نیز پس از انتقال به گلدان، تولید ریشه نموده و بیش از ۸۰ درصد آنها به شرایط محیطی گلخانه در طی مراحل انتقال به گلدان های بزرگتر سازگار شدند. این گیاهان به شرایط محیطی خارج از گلخانه منتقل شده و در آنجا نیز به رشد طبیعی خود ادامه دادند. بنابراین اثر توأم ارتفاع جوانه و پودر هورمونی به کار رفته در رشد بعدی و تطابق گیاه به شرایط محیطی از اهمیت خاصی برخوردار است. با استفاده از روش ریشه‌زایی با پودر هورمونی نیاز

به تولید ریشه از جوانه کشت بافت در شرایط درون شیشه مرتفع گردید و زمان تهیه کلون‌های کشت بافت از ابتدای کشت قطعه گیاهی مورد نظر در محیط درون شیشه تا تولید گیاهان ۱۲-۱۰ برگی طبیعی به شش ماه کاهش یافت. یکی دیگر از مزایای این روش ریشه‌زایی امکان انتقال کلون‌هایی بود که در شرایط درون شیشه به عوامل قارچی یا باکتریایی آلوده شده بودند. در این حالت با یک شستشوی مختصر پایه جوانه آلوده توسط آب شیر می‌توان جوانه را پس از آغشته نمودن با پودر هورمونی دست ساز به خاک منتقل نمود. در حالی که در روش‌های متداول کشت بافت، بایستی ابتدا جوانه آلوده با مواد ضد عفونی کننده شسته شده و در صورت موثر بودن روش استریل، جوانه‌ها به محیط ریشه‌زایی درون شیشه منتقل شوند. نوروزی و همکاران (Norouzi et al. 2009) سه روش ریشه‌زایی- سازگاری را به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از کلون‌های کشت بافت چغندر قند مورد بررسی قرار دادند. سه روش شامل الف: ریشه زایی کلون‌ها در محیط کشت درون شیشه‌ای، ب: آغشته نمودن پایه کلون‌های فاقد ریشه با پودر هورمونی دست ساز و ج: ریشه‌دار کردن جوانه‌ها در روش آب کشت و سپس انتقال گیاهچه‌های حاصل از هر روش به گلدان بود. درصد کلون‌های سازگار شده از هر روش با نرم افزار SAS تجزیه واریانس شد. نتایج نشان داد که بین روش الف و ب اختلاف معنی‌داری از نظر درصد کلون‌های سازگار شده وجود ندارد و هر دو نسبت به روش ج برتری داشتند. روش ب به دلیل آنکه در آن نیازی به ریشه‌زایی جوانه‌ها در درون شیشه نمی‌باشد، باعث صرفه‌جویی در زمان (یک تا دو ماه) و هزینه‌های کشت بافت (شامل هزینه‌های پرسنلی، محیط‌های کشت و مکان نگهداری کلون‌ها) می‌گردد.

بررسی وضعیت استقرار و ساقه روی کلون های پایه مادری و بذردهی هیبرید کلون ها: بررسی وضعیت استقرار و گل‌دهی کلون‌های پایه مادری هیبرید در بهار ۱۴۰۰ در اردبیل انجام گرفت. لازم به ذکر است که از حدود ۲۷۰۰ عدد کلون کشت شده در مزرعه بذرگیری اردبیل، حدود ۱۵۰۰ کلون در مزرعه استقرار یافته بودند و از این تعداد حدود ۹۰۰ کلون پایه مادری از پنج بوته‌ای که منشاء جوانه‌های کشت بافتی بودند پنج ژنوتیپ به اسامی SB-1 تا SB-5 از دو اریژین گلدانی و ریشه اشتکلینگی با درصد‌های مختلف به گل رفته بودند و تفاوت ظاهری از نظر میزان گل‌دهی و تشکیل جنین‌های بذری بررسی

تعداد کلون‌های به گل رفته قابل برداشت شمارش و به موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ارسال شد. همچنین، جهت جلوگیری از ریزش بذر هیبرید کلون‌ها، برداشت آنها به صورت تدریجی انجام و ساقه‌های بذری کلون‌های مختلف به صورت جداگانه به اداره اصلاح و تولید بذر اردبیل منتقل و پس از خشک شدن به ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ارسال و بوجاری بذر در ایستگاه کمال آباد به صورت دستی انجام گرفت تا حداکثر استحصال بذر بدست آید (جدول ۱). بنا به پیشنهاد مؤسسه از بذور هیبرید کلون‌های SB-1 و SB-2 (به ترتیب موسوم به SB-1-51 و SB-2-51) که بذر خیلی زیادی تولید کرده بودند برای آزمون‌های مقایسه عملکرد و مقاومت به ساقه‌روی در کشت‌های پاییزه استفاده شد.

شد. همچنین استقرار ریشه‌های اشتکلینگی نسبت به ریشه‌های گلدانی در مزرعه بیشتر بود. البته با توجه به هدف تحقیق که مقایسه عملکرد هیبریدهای حاصل از کلون کشت بافت با هیبرید بذری اولیه بوده است نیازی به تولید خود بذر هیبرید معمولی در مزرعه بذری کلون‌ها نبود و در مقایسات عملکرد مزرعه‌ای از بذر موجود هیبرید بذری که در سال‌های قبل تهیه شده بود استفاده شد. از نظر وضعیت ظاهری، کلون SB-1 با منشاء ریشه اشتکلینگی و کلون SB-2 با منشاء گلدانی بیشترین تعداد بوته به ساقه رفته را به خود اختصاص داده بودند و تعدادی از کلون‌های این شماره‌ها نیز پس از گرده‌افشانی تشکیل جنین‌های رسیده و بزرگی را داده بودند. البته در سایر ژنوتیپ‌ها نیز در گل‌های باز شده تشکیل جنین‌های رسیده و بزرگ مشاهده و

جدول ۱ وضعیت صفات مختلف کلون‌های پایه مادری کشت شده در مزرعه اردبیل - سال ۱۴۰۰

شماره کلون پایه مادری	تعداد واحد کلون کشت شده	درصد بوته مستقر شده و رشد یافته در زمین	درصد ساقه روی به نسبت کلون های رشد یافته در زمین	تعداد بوته های برداشت شده	وزن خالص بذر بوجاری شده (گرم)	قوه نامیه (درصد)	متوسط وزن بذر هر تک بوته در هر کلون (گرم)
ریشه اشتکلینگی SB1	۹۶۰	۶۲	۵۸	۳۴۰	۱۷۱۰۰	۷۹	۵۰
ریشه اشتکلینگی SB2	۲۱۰	۶۳	۳۴	۴۴	۱۵۹۸	۸۴	۳۶
ریشه اشتکلینگی SB3	۹۴	۶۸	۳۰	۱۸	۶۲۵	۸۰	۳۵
ریشه اشتکلینگی SB4	۳۵	۶۹	۲۵	۴	۱۷۱	۸۷	۴۳
ریشه اشتکلینگی SB5	۷۰	۶۳	۳۲	۱۴	۵۷۱	۸۳	۴۱
جمع / میانگین	۱۳۶۹	۶۳	۵۰	۴۲۰	۲۰۰۶۵	۸۳	۴۸
گیاه گلدانی SB1	۵۴۳	۴۴	۸۰	۱۵۷	۶۰۰۰	۵۸	۲۸
گیاه گلدانی SB2	۶۶۳	۵۲	۸۲	۲۷۰	۹۲۰۰	۶۴	۳۴
گیاه گلدانی SB3	۲۴	۸۳	۹۰	۱۰	۴۶۵	۵۰	۴۷
گیاه گلدانی SB4	۲۸	۸۶	۸۸	۱۸	۸۸۹	۷۲	۴۹
گیاه گلدانی SB5	۱۲۰	۴۲	۸۸	۲۷	۱۲۵۰	۶۰	۴۶
جمع / میانگین	۱۳۷۸	۴۹	۸۱	۴۸۲	۱۷۸۰۴	۶۱	۳۷

است چرا که در گیاهان گلدانی، عدم اندوخته غذایی و ریشه کافی باعث کاهش تشکیل شاخه‌های جانبی گل‌دهنده و تعداد کمتر گلچه‌های بذری می‌گردد. این موضوع باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی بذر حاصل از گیاهان ریشه اشتکلینگی در مقایسه با گیاهان گلدانی گردیده است. در تحقیقی دیگر برای نخستین بار تولید بذر حاصل از کلون کشت بافت از والد گرده‌افشان تیپ قندی ۱۹۱ و رگه اصلاحی S1-63 مقاوم به ریزوکتونیا

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد علی‌رغم اینکه درصد بولتینگ در گیاهان گلدانی به علت نگه‌داری در سردخانه در مقایسه با گیاهان ریشه اشتکلینگی ورنالیزه شده در مزرعه بیشتر بوده است ولی بطور میانگین، میزان بذر نهایی بدست آمده در گیاهان ریشه اشتکلینگی و نیز درصد قوه نامیه بذر حاصل از آنها بالاتر بود (جدول ۱) و این موضوع احتمالاً بدلیل اندوخته غذایی بیشتر گیاهچه‌های اشتکلینگی نسبت به گیاهان گلدانی بوده

در آزمایش سال اول دزفول، بین ژنوتیپ‌ها در خصوص صفات عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، درصد قند، و ضریب استحصال شکر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲).

در مقیاس وسیع در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند صورت گرفت ولیکن بذر هیبریدی از آنها تهیه نشد که آزمون عملکرد شوند (Norouzi 2010).
نتایج آزمون عملکرد سال اول

جدول ۲ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی هیبریدهای مورد بررسی در منطقه دزفول - سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر سفید	درصد قند	ضریب استحصال شکر
تکرار	۳	۷۳۲/۳۰**	۹/۲۰**	۰/۴۸ ^{NS}	۱/۷۳ ^{NS}
ژنوتیپ	۱۴	۴۶۹/۲۰**	۹/۶۰**	۲/۰۴**	۲۰/۶۲**
خطا	۴۲	۱۴۱/۲۰	۱/۸۴	۰/۳۰	۱/۸۲
ضریب تغییرات		۱۴/۸۹	۱۳/۳۴	۳/۶۰	۱/۶۱

*** و **: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، NS: عدم اختلاف معنی‌دار

در منطقه دزفول هر دو هیبرید امیدبخش حاصل کلون کشت بافت (SBSI-51-1 و SBSI-51-2) و شاهد متحمل خارجی فاقد ساقه‌روی بودند. در مقایسه با عملکرد ریشه شاهد خارجی پالما (۹۳/۵ تن در هکتار)، بیشترین عملکرد ریشه متعلق به هیبرید امیدبخش SBSI-51-1 به میزان ۱۰۲/۵۵ تن در هکتار بود. در حالی که میزان عملکرد ریشه هیبرید دوم (SBSI-51-2) معادل ۸۸/۶۳ تن در هکتار بدست آمد (جدول ۳). از نظر درصد قند، هر دو هیبرید نزدیک به یکدیگر و همچنین نزدیک به شاهد

متحمل خارجی بودند و تفاوت قابل ملاحظه‌ای با آن نداشتند. در این منطقه، عدم تفاوت درصد قند هیبرید SBSI-51-1 با شاهد خارجی و برتری عملکرد ریشه آن موجب شد که میزان عملکرد شکر خالص این هیبرید در واحد سطح در مقایسه با هیبرید دوم و همچنین شاهد خارجی بالاترین مقدار و معادل ۱۳/۳ تن در هکتار بدست آید. در حالی که عملکرد شکر شاهد خارجی و هیبرید دوم به ترتیب معادل ۱۲/۴۸ و ۱۱/۳۰ تن در هکتار محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳ مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای صفات کمی و کیفی در منطقه دزفول - سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	درصد قند	ضریب استحصال شکر (درصد)
۱	Arta	۸۳/۰۵	۱۱/۰۷	۱۵/۸۴	۸۴/۱۸
۲	Arya	۸۰/۷۳	۹/۵۲	۱۴/۴۹	۸۱/۴۵
۳	Asia	۷۶/۷۸	۱۰/۵۶	۱۶/۰۶	۸۵/۵۸
۴	Dena	۸۰/۲۵	۱۰/۰۷	۱۵/۱۹	۸۲/۵۲
۵	Ekbatan	۶۷/۴۸	۸/۲۲	۱۴/۵۸	۸۳/۵۵
۶	Homa	۷۷/۷۸	۷/۹۹	۱۳/۵۹	۷۷/۲۲
۷	Kimya	۶۹/۰۵	۹/۶۱	۱۶/۲۰	۸۵/۹۴
۸	Nika	۸۱/۷۳	۱۰/۰۹	۱۴/۸۴	۸۳/۵۴
۹	Palma (Check)	۹۳/۵۸	۱۲/۴۸	۱۵/۴۴	۸۶/۷۳
۱۰	SBSI-51-1	۱۰۲/۵۵	۱۳/۳	۱۵/۴۰	۸۴/۵۹
۱۱	SBSI-51-2	۸۸/۶۳	۱۱/۳۰	۱۵/۰۶	۸۴/۹۶
۱۲	Sharif (Check)	۷۴/۹۰	۹/۸۲	۱۵/۵۵	۸۴/۳۲
۱۳	Shokofa	۶۰/۳۸	۷/۷۵	۱۵/۲۵	۸۴/۰۰
۱۴	Sina	۷۱/۳۰	۹/۸۳	۱۶/۱۵	۸۵/۴۳
۱۵	Tara	۸۹/۱۵	۱۰/۹۱	۱۴/۷۱	۸۳/۴۶
	میانگین هیبریدها	۷۹/۸۲	۱۰/۱۷	۱۵/۲۲	۸۳/۸۳
	LSD 5%	۱۶/۶۹	۱/۹۴	۰/۷۸	۱/۹۲

متحمل خارجی پالما (۸۶/۳ تن در هکتار) برخوردار بودند و هیبرید SBSI-51-1 با عملکرد ریشه ۱۰۲ تن در هکتار دارای اختلاف بارز با رقم متحمل خارجی بود و کاملاً برتر از آن نشان داد. درصد قند شاهد خارجی معادل ۱۸/۰ درصد و هیبرید کلون شماره SBSI-51-1 (۱۸/۴ درصد) بود. باتوجه به عملکرد ریشه بالا و درصد قند مطلوب، عملکرد شکر سفید هیبرید کلون SBSI-51-1 معادل ۱۶/۲ تن در هکتار بود که بدین ترتیب برترین ژنوتیپ این آزمایش شد. درحالی که عملکرد شکر سفید شاهد متحمل خارجی معادل ۱۴/۲ تن در هکتار و هیبرید کلون شماره ۲ برابر با ۱۳/۶ تن در هکتار بدست آمد (جدول ۵).

در آزمایش سال اول داراب، بین ژنوتیپها در خصوص صفات عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید و ضریب استحصال شکر اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال یک درصد و برای درصد قند در سطح ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). در منطقه داراب، میزان ساقه‌روی شاهد حساس بیشتر از منطقه دزفول و برابر با ۴۳/۸ درصد بدست آمد. در این شرایط میزان ساقه‌روی شاهد متحمل خارجی معادل ۱۲/۴ درصد و دو هیبرید امیدبخش حاصل از کشت بافت زیر یک درصد بود که نشان از تحمل خوب این دو هیبرید به ساقه‌روی داشت. از نظر عملکرد ریشه، هر دو هیبرید کلون کشت بافت از عملکرد بیشتری نسبت به شاهد

جدول ۴ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی هیبریدهای مورد بررسی در منطقه داراب- سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد قند سفید	درصد قند	ضریب استحصال شکر
تکرار	۴	۳۴/۵۹ ^{ns}	۱/۲۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}
ژنوتیپ	۵	۱۷۵/۸۰ ^{**}	۴/۱۷ ^{**}	۱/۵۷ [*]	۲۸/۹۱ ^{**}
خطا	۲۰	۱۷/۰۲	۰/۸۳	۰/۴۹	۰/۷۷
ضریب تغییرات		۴/۴۵	۶/۲۲	۳/۸۵	۱/۰۰

*** و **: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns: عدم اختلاف معنی دار

جدول ۵ مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای صفات کمی و کیفی در منطقه داراب- سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	درصد قند	ضریب استحصال شکر (درصد)
۱	Arta	۹۷/۷	۱۴/۲	۱۷/۴	۸۳/۸
۲	Homa	۹۰/۶	۱۵/۰	۱۸/۸	۸۸/۰
۳	Palma (Check)	۸۶/۳	۱۴/۲	۱۸/۰	۹۱/۱
۴	SBSI-51-1	۱۰۲/۰	۱۶/۲	۱۸/۴	۸۶/۵
۵	SBSI-51-2	۸۹/۱	۱۳/۶	۱۷/۶	۸۶/۶
۶	Sharif (Check)	۹۰/۳	۱۴/۷	۱۸/۶	۸۷/۸
	میانگین هیبریدها	۹۲/۶۷	۱۴/۶۵	۱۸/۱۳	۸۷/۲۸
	LSD5%	۵/۴۴	۱/۲۰	۰/۹۲	۱/۱۶

در منطقه گچساران در مقایسه با دو منطقه دزفول و داراب شرایط برای بروز پدیده ساقه‌روی فراهم تر بود، به‌گونه‌ای که میزان ساقه‌روی شاهد حساس ۸۵/۳ درصد محاسبه شد اما در این شرایط نیز هر دو هیبرید کلون کشت بافت به‌همراه شاهد متحمل

در آزمایش سال اول گچساران، بین ژنوتیپها در خصوص صفات عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید، اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال یک درصد بدست آمد اما برای صفات درصد قند و ضریب استحصال شکر تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۶).

خالص شاهد متحمل خارجی بالاتر از دو هیبرید جدید و قریب به دو واحد بیشتر از آنها بود. میزان عملکرد شکر سفید شاهد خارجی در منطقه گچساران برابر با ۶/۸ تن در هکتار محاسبه شد که در مقایسه با آن، هر دو هیبرید حاصل از کشت بافت باتوجه به عملکرد ریشه بالا از برتری محسوس برخوردار بودند. در این آزمایش، میزان عملکرد شکر سفید دو هیبرید جدید به ترتیب ۱۰/۴۳ و ۱۰/۷۶ تن در هکتار بود (جدول ۷).

از میزان ساقه‌روی کم و قابل اغمازی برخوردار بودند. میزان ساقه‌روی شاهد خارجی معادل ۱/۹ درصد و دو هیبرید جدید حاصل از کشت بافت به ترتیب ۱/۸ و ۳/۷ درصد اندازه‌گیری شد. عملکرد ریشه شاهد خارجی معادل ۵۱/۳۵ تن در هکتار بدست آمد، درحالی که هر دو هیبرید کلون کشت بافت از عملکردی معادل دو برابر شاهد خارجی و به ترتیب ۹۲/۶۸ و ۹۳/۳۸ تن در هکتار برخوردار بودند. علی‌رغم عملکرد ریشه پائین، درصد قند

جدول ۶ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی هیبریدهای مورد بررسی در منطقه گچساران- سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر سفید	درصد قند	ضریب استحصالشکر
تکرار	۳	۳۹/۳۰ ^{NS}	۴/۸۶ ^{NS}	۵/۸۰ ^{NS}	۳۹/۱۳ ^{NS}
ژنوتیپ	۳	۱۸۹۲/۶۰ ^{**}	۱۴/۵۴ ^{**}	۳/۶۴ ^{NS}	۶۴/۳۲ ^{NS}
خطا	۹	۴۵/۹۱	۱/۳۳	۱/۵۳	۲۵/۰۷
ضریب تغییرات		۸/۰۸	۱۱/۹۷	۸/۰۸	۶/۵۵

** و *: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، NS: عدم اختلاف معنی دار

جدول ۷ مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای صفات کمی و کیفی در منطقه گچساران- سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	درصد قند	ضریب استحصالشکر (درصد)
۱	Homa	۹۷/۸۰	۱۰/۶۲	۱۴/۰۸	۷۶/۶۸
۲	Palma (Check)	۵۱/۳۵	۶/۸۰	۱۶/۱۸	۸۱/۸۵
۳	SBSI-51-1	۹۲/۶۸	۱۰/۴۳	۱۵/۰۳	۷۴/۷۵
۴	SBSI-51-2	۹۳/۳۸	۱۰/۷۶	۱۵/۹۳	۷۲/۴۳
	میانگین هیبریدها	۸۳/۸۰	۹/۶۵	۱۵/۳۰	۷۶/۴۲
	LSD5%	۱۰/۸	۱/۸۵	۱/۹۸	۸/۰۱

نتایج آزمون عملکرد سال دوم

در سال دوم آزمایش دزفول همانند سال اول، بین ژنوتیپ‌ها در خصوص تمامی صفات اختلاف آماری معنی دار در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۸). در این سال نیز، هر دو هیبرید امیدبخش فاقد ساقه‌روی بوده و هیبرید امیدبخش SBSI-51-1 با عملکرد ریشه ۸۱/۹۶ تن در هکتار با رقم آرتا (۸۳/۰۱ تن در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۹). از نظر عملکرد شکر سفید، هر دو هیبرید نزدیک به یکدیگر (۹/۱۳ و ۹/۱۹ تن

در هکتار) و همچنین نزدیک به شاهد متحمل خارجی آیریس (۸/۶۵ تن در هکتار) بودند و تفاوت معنی‌داری با آن نداشتند (در این آزمایش بجای پالما از شاهد مشابه دیگری موسوم به آیریس استفاده شده است). در این آزمایش، عملکرد شکر سفید هر دو هیبرید بالاتر از تمامی ارقام دیگر بود. از نظر ضریب استحصال شکر نیز هیبرید امیدبخش SBSI-51-2 با شاهد آیریس در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۹).

جدول ۸ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی هیبریدهای مورد بررسی در منطقه دزفول سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر سفید	درصد قند	ضریب استحصال شکر
تکرار	۳	۶۳۵/۷ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۰/۵۰*	۶/۴۴ ^{ns}
ژنوتیپ	۱۶	۱۹۹/۵۴ ^{**}	۴/۱۹ ^{**}	۱/۹۹ ^{**}	۶۱/۶۴ ^{**}
خطا	۴۸	۵۵/۵۱	۰/۸۰	۰/۱۷	۵/۰۸
ضریب تغییرات		۱۰/۳۲	۱۲/۰۵	۳/۰۸	۲/۹۷

*** و **: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns: عدم اختلاف معنی دار

جدول ۹ مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای صفات کمی و کیفی در منطقه دزفول سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	درصد قند	ضریب استحصال شکر (درصد)
۱	SB-14	۷۶/۸۲	۷/۴۴	۱۳/۰۰	۷۴/۶۳
۲	Arta	۸۳/۰۱	۸/۱۲	۱۳/۰۶	۷۴/۷۰
۳	Arya	۷۹/۷۷	۶/۷۰	۱۲/۴۱	۶۸/۳۵
۴	Asia	۶۵/۵۳	۷/۱۴	۱۴/۰۸	۷۷/۰۰
۵	Dena	۷۷/۸۵	۷/۹۸	۱۳/۳۱	۷۶/۸۷
۶	Homa	۶۹/۸۲	۶/۶۶	۱۳/۲۶	۷۱/۷۹
۷	Iris (Check)	۷۱/۵۶	۸/۶۵	۱۴/۴۳	۸۳/۷۶
۸	Kimya	۶۹/۸۷	۶/۵۷	۱۲/۷۵	۷۳/۴۷
۹	Nika	۶۱/۶۵	۵/۵۳	۱۲/۶۰	۷۱/۱۴
۱۰	SBSI-51-1	۸۱/۹۶	۹/۱۳	۱۳/۹۴	۷۹/۹۰
۱۱	SBSI-51-2	۷۶/۹۵	۹/۱۹	۱۴/۶۶	۸۱/۵۴
۱۲	SB-3	۷۸/۱۱	۸/۲۰	۱۳/۸۰	۷۶/۰۴
۱۳	SB-6	۷۰/۲۸	۷/۴۵	۱۳/۹۰	۷۶/۱۰
۱۴	SB-7	۶۱/۹۹	۷/۴۰	۱۴/۸۰	۸۰/۶۲
۱۵	Shokofa	۷۳/۷۷	۷/۴۶	۱۳/۲۹	۷۵/۹۹
۱۶	Sina	۶۷/۵۸	۶/۸۸	۱۳/۲۰	۷۶/۹۳
۱۷	Tara	۶۱/۲۹	۵/۹۸	۱۳/۲۰	۷۳/۴۰
	میانگین هیبریدها	۷۲/۲۲	۷/۴۴	۱۳/۵۱	۷۶/۰۱
	LSD 5%	۱۰/۵۹	۱/۳۷	۰/۵۹	۳/۲۱

درصدقند، بین هیبریدهای آزمایشی، بیشترین مقدار مربوط به هیبرید SBSI-51-2 با ۱۶/۸۹ درصد بود که با شاهدهای پالما و روبینا و هیبرید SBSI-51-1 اختلاف معنی داری را نشان نداد. از نظر صفت عملکرد شکر سفید، هر دو هیبرید به همراه ارقام شاهد پالما و روبینا در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۱).

در آزمایش سال دوم گچساران، بین ژنوتیپها در خصوص تمامی صفات مورد نظر اختلاف آماری معنی دار مشاهده شد (جدول ۱۰). همچنین، بر اساس مقایسه میانگین ژنوتیپها مشخص شد که از نظر صفت عملکرد ریشه، هیبریدهای SBSI-51-1 و روبینا به ترتیب با ۱۱۶/۱۳ و ۱۱۴/۴۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص دادند. از نظر صفت

جدول ۱۰ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی هیبریدهای آزمایشی در منطقه گچساران- سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر سفید	درصد قند	ضریب استحصال شکر
تکرار	۳	۷۲/۱۷ ^{ns}	۲/۳۵ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}	۵/۷۳ ^{ns}
ژنوتیپ	۶	۲۸۸/۲۹*	۶/۵۱*	۳/۱۴**	۳۶/۲۰**
خطا	۱۸	۸۸/۹۳	۲/۲۰	۰/۴۴	۲/۵۶
ضریب تغییرات		۸/۹۰	۱۰/۱۱	۳/۸۶	۱/۹۹

*** و **: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns: عدم اختلاف معنی دار

جدول ۱۱ مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای صفات کمی و کیفی در منطقه گچساران- سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	درصد قند	ضریب استحصال شکر (درصد)
۱	Arta	۱۰۷/۵۳	۱۳/۵۴	۱۶/۶۶	۷۵/۶۲
۲	Homa	۹۵/۶۰	۱۵/۰۵	۱۸/۷۹	۸۳/۸۵
۳	Palma (Check)	۱۰۰/۸۵	۱۴/۹۴	۱۷/۸۸	۸۲/۶۷
۴	Robina	۱۱۴/۴۵	۱۶/۳۳	۱۷/۴۵	۸۱/۷۶
۵	SBSI-139	۹۶/۱۵	۱۲/۴۳	۱۶/۷۸	۷۷/۰۱
۶	SBSI-51-1	۱۱۶/۱۳	۱۵/۰۵	۱۶/۱۵	۸۰/۲۲
۷	SBSI-51-2	۱۱۰/۹۵	۱۵/۲۶	۱۶/۸۹	۸۱/۴۰
	میانگین هیبریدها	۱۰۵/۹۵	۱۴/۶۶	۱۷/۲۳	۸۰/۳۶
	LSD 5%	۱۴/۰۱	۲/۲۰	۰/۹۹	۲/۳۸

ساقه روی دو هیبرید حاصل از کلون کشت بافت به همراه یک شاهد خارجی در جدول ۱۲ آمده است.

جمع بندی نتایج دو سال آزمایش مزرعه ای کشت پاییزه در چند منطقه برای برخی صفات مهم کمی و کیفی ریشه و درصد

جدول ۱۲ مقایسه میانگین چند منطقه در طی دو سال برای هیبریدهای کلون کشت بافت (شماره های SBSI-51-1 و SBSI-51-2)

ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	عیار قند	ضریب استحصال شکر	درصد ساقه روی
SBSI-51-1	۹۹/۱۰	۱۲/۸۲	۱۵/۷۸	۸۱/۱۹	۱/۴۴
SBSI-51-2	۹۱/۸۰	۱۲/۰۲	۱۶/۰۳	۸۱/۳۹	۱/۸۷
شاهد خارجی*	۸۰/۷۳	۱۱/۴۱	۱۶/۳۹	۸۵/۲۲	۳/۸۵

* منظور از شاهد خارجی در این جدول میانگین Palma و Iris می باشد که Palma در چهار آزمایش و Iris در یک آزمایش به عنوان شاهد مقاوم استفاده شده اند.

کرج، مشهد و همدان، هیبریدهای SC(7112*SB36)*S1-940751 و SC(7112*SB36)*S1-940655 به ترتیب با ۵/۱۳ و ۵/۲۲ تن در هکتار بالاترین عملکرد قند سفید را در بین هیبریدها به خود اختصاص دادند و لاین های پدری مربوط به این دو هیبرید نیز از مقاومت خوبی به ریزومانی برخوردار بودند. همچنین نوروزی و همکاران (Norouzi et al. 2019) در

در جدول ۱۲ مشاهده می شود هیبرید کلون کشت بافت SBSI-51-1 از نظر عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید بیشترین و از نظر درصد ساقه روی مقاوم ترین رقم در آزمایش های کشت پاییزه چغندر قند بوده است. رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2020) در تهیه و بررسی واکنش هیبریدهای دیپلوئید چغندر قند به تنش خشکی- ریزومانی نشان دادند که در مجموع سه منطقه

تجارتی چغندر قند از طریق تکثیر کلونی در مقیاس وسیع انجام گرفت. کلون‌های حاصل پس از ریشه‌دار شدن و سازگاری با شرایط محیطی به گلخانه و مزرعه منتقل شدند و با ادامه رشد تا انتهای پاییز و سپس بهاره‌سازی در طول زمستان در بهار سال بعد به مزرعه ایزوله منتقل و در مجاورت خطوط پایه‌های پدری گرده‌افشان با تولید ساقه گل‌دهنده بر روی کلون‌های کشت بافتی، بذر هیبرید تجارتی مورد نظر موسسه تولید شد که در آزمون‌های مقایسه عملکرد در مقایسه با ارقام شاهد داخلی و خارجی برتری نسبی مطلوبی از نظر مقاومت به ساقه‌روی و نیز خصوصیات کمی و کیفی ریشه داشت. در مجموع، ارزیابی مقدماتی دو هیبرید حاصل از کشت بافت در مناطق مستعد کشت پاییزه نشان داد که هیبرید کلون کشت بافت 1-51-SBSI از ویژگی‌های کمی و کیفی مطلوبی بعنوان هیبرید مناسب کشت پاییزه در مناطق نه چندان سرد کشور برخوردار است. این هیبرید تحمل خوبی نسبت به ساقه‌روی نشان داد و در عین حال از پتانسیل عملکرد بالایی در مقایسه با رقم شاهد خارجی برخوردار بود. به نظر می‌رسد در صورت صرفه اقتصادی تولید گیاهان گلدانی یا ریشه اشتکلینگی از طریق کشت بافت، این روش می‌تواند منتهی به ارقام هیبرید مطلوب با درجه خلوص ژنتیکی بالا شود. از این روش تولید بذر هیبرید مبتنی بر فنون کشت بافت می‌توان علاوه بر چغندر قند در سایر گیاهان زراعی که بذر

هیبرید در آنها اهمیت زیادی دارد بهره‌برداری کرد.

کلیه مراحل تهیه کلون کشت بافت در آزمایشگاه مؤسسه، سازگاری کلون‌ها در گلخانه و مزرعه کرج، ورنالیزه کردن در سردخانه و مزرعه کرج و تولید بذر هیبرید کلون کشت بافت در اردبیل در شکل‌های ۱ تا ۱۳ به تصویر کشیده شده‌اند...

تحقیقی دیگر به منظور ارزیابی مقاومت به نماتد مولد سیست در هیبریدهای جدید چغندر قند پس از تجزیه مرکب نشان دادند که در بین مناطق، منطقه مشهد نسبت به شیراز و خوی از نظر عملکرد قند سفید برتری معنی‌داری نشان می‌دهد. نوروزی و همکاران (Norouzi et al. 2020) در تحقیقی بر مبنای نتایج آزمون عملکرد هیبریدها در دو منطقه مشهد و شیراز در مزرعه آلوده به ریزومانیا و فراوانی ژن مقاومت به نماتد گره ریشه در آزمایشگاه، هیبرید تری وی کراس S1-(7112*SB36) 930620 را با بیشترین عملکرد قند سفید در هر دو منطقه انتخاب کردند.

استفاده از کلون‌های حاصل از کشت بافت در تهیه ارقام چغندر قند در حفظ خصوصیات لاین‌های والدی تشکیل‌دهنده هیبرید از اهمیت زیادی برخوردار است. تکثیر این لاین‌ها از طریق بذر باعث تغییراتی در ژنوتیپ و در نتیجه در ترکیب‌پذیری آنها می‌گردد. لذا فنون ریزازدیادی تا حدود زیادی این مشکلات را مرتفع می‌سازد. بنابراین از طریق ریزازدیادی کلونی می‌توان به مقدار مورد نیاز بذر استوک با حفظ خصوصیات آن جهت تهیه بذر الیت و سپس رقم هیبرید تجارتی دست یافت. با تولید بذور هیبرید حاصل از کشت بافت می‌توان با بذور خارجی رقابت کرد و حجم بذر وارداتی چغندر قند را کاهش داده تا از خروج مقادیر زیادی ارز همه ساله جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

با به کارگیری کلون‌های حاصل از کشت بافت، به‌نژادگر می‌تواند از کلون‌های مربوط به ژنوتیپ‌هایی که نتایج تست کراس برتری داشته‌اند استفاده نماید و تکرارپذیری عملکرد و یکنواختی هیبرید را تضمین و ماهیت رقم را حفظ نماید. در این تحقیق برای نخستین بار در کشور، ازدیاد پایه مادری نرعیم یک هیبرید

		
شکل ۳- کلون های کشت بافت تکثیر شده درون شیشه حاوی محیط کشت غذایی استریل	شکل ۲- جوانه های کشت بافتی چغندرقد روی ظرف پتری زیر هود لامینار	شکل ۱- هود لامینار جهت کشت بافت در شرایط استریل
		
شکل ۵- شیشه های حاوی کلون کشت بافت چغندرقد در شرایط کنترل شده اتاقک رشد	شکل ۴- کلون های ریشه دار شده جهت انتقال به گلدان	
		
شکل ۶- کلون های کشت بافت چغندرقد سازگار شده درون گلدان در شرایط گلخانه مکانیزه ستاد موسسه		
		
شکل ۹- نظارت مستمر بر کلون های کشت شده در مزرعه اشتکلینگ در ایستگاه مهندس مطهری موسسه	شکل ۸- کلون های کشت شده در مزرعه اشتکلینگ در ایستگاه مهندس مطهری موسسه جهت تولید ریشه	شکل ۷- کلون های گلدانی در سردخانه ستاد موسسه جهت ورنالیزه شدن
		
شکل ۱۲- ریشه های پایه پدری ورنالیزه شده تهیه شده در ایستگاه مهندس مطهری موسسه جهت انتقال به اردبیل به عنوان پایه پدری برای تولید بذر هیبرید	شکل ۱۱- ریشه های اشتکلینگی کلون های ورنالیزه شده در مزرعه ایستگاه مهندس مطهری موسسه پس از حذف برگ های آن جهت انتقال به اردبیل به عنوان پایه مادری برای تولید بذر هیبرید	شکل ۱۰- ریشه های اشتکلینگی کلون های ورنالیزه شده در مزرعه ایستگاه مهندس مطهری موسسه قبل از حذف برگ های آن



شکل ۱۳- نمای کلی از مزرعه ایزوله اردبیل- تهیه بذر هیبرید از روی پایه های مادری کلون کشت بافت چغندرقتند

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مقاله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقتند که شرایط انجام این تحقیق را فراهم کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

References

- Biancardi E, Campbell LG, Skaracis GN, Biaggi MD. Genetics and Breeding of Sugar Beet. Science publishers, Inc. U.S.A. 2005; 221-286. doi:10.1017/S0014479705283540.
- De Greef W, Jacobs M. In vitro culture of the sugar beet: Description of a cell line with high regeneration capacity. Plant Science Letters. 1979; 17(1): 55-61. doi:10.1016/0304-4211(79)90109-3.
- Gamborg OL, Miler RA, Ojima K. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cell. Experimental Cell Research, 1968; 50: 151-158. doi:10.1016/0014-4827(68)90403-5.
- Jianfeng Z, Tianran L, Xianglan D. Highly efficient induction of sugar beet plant regeneration. Chinese journal of biotechnology. 1997; 13: 185-191.
- Mezei S, Jelaska S, Kovacev L. 1993. Vegetative propagation of sugar beet from floral ramets. Journal of sugar beet research. 27:90-96.
- Middelberg MCG. Sugarbeet breeding methods (reports). 2000-2004. Sugar Beet Seed Institute. Karaj. Iran.
- Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 1962, 15: 473-497. doi:10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.
- Norouzi P. The effect of plant hormones on direct reproductive sprouts from sugar beet plant isolates. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 2002, 33: 240-233. [In Persian]
- Norouzi P. Direct transplanting of rootless sprouts obtained from sugar beet tissue culture into pots and adaptation of the plant to environmental conditions. Patent. Companies and Industrial Property Registration Office. 2006. Registration number 37313. [In Persian]
- Norouzi P. 2010. Colony propagation of selected improved strains of sugar beet through in vitro culture. Final report of the Sugar Beet Seed Institute. Registration number 852. [In Persian]
- Norouzi P, Zandieh I, Aghaiezhadeh M, Mohamadi A, Salari V. Investigation of adaptation procedures of tissue culture clones of sugar beet in greenhouse, stability of ploidy and seed production in field. Sugar Beet Journal, 2009; 25(1): 1-12. [In Persian]

- Norouzi P, Soltani M, Mehdikhani P, Darabi M. Evaluation of new hybrids of sugar beet against cyst nematode in infested fields. Sugar Beet Seed Institute (SBSI). Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO). The final report of research project. 2019. Registration No. 55994. [In Persian]
- Norouzi P, Mahmoudi SB, Taleghani D, Rajabi A, Sadeghzadeh Hemayati S, Aghaiezhadeh M, Soltani Idliki J, Darabi S, Babaee B, Fasahat P, Vahedi S. Development and phenotypic and molecular evaluation of sugar beet hybrids for resistance to rhizomania and root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). Sugar Beet Journal, 2020; 36(2): 117-128. [In Persian]
- Owens LD, Eberts DR. Sugar beet leaf disc culture: an improved procedure for inducing morphogenesis. Plant cell tissue organ culture. 1992; 41:165-170.
- Rajabi A, Ahmadi M, Hasani M. Development and evaluation of the response of sugar beet diploid hybrids to Drought stress and Rhizomania. Sugar Beet Seed Institute (SBSI). Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO). The final report of research project. 2020. Registration No. 56770. [In Persian]
- Subrahmanyeswari T, Gantait S. Advancements and prospectives of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) biotechnology. Applied Microbiology and Biotechnology. 2022; 106 (22):7417-7430. doi: **10.1007/s00253-022-12226-0**.
- Toldi O, Gyulai G, Kiss J, Tamas IA, Balazs E. Antiauxin enhanced microshoot initiation and plant regeneration from epicotyl-originated thin-layer explants of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Plant Cell Reports, 1996; 15: 851-854. doi: **10.1007/BF00233155**.
- Yavari N, Sadeghian SY. The application of in vitro tissue culture techniques in high-quality sugar beet. Technical report. Sugar Beet Seed Institute. 1996; 17 p. [In Persian]
- Yavari N, Sadeghian SY, Mesbah M, Ghafari-Jahromi A. Study on sugar beet micropropagation and production of photoautotrophic micro plants. 2006; 21(2): 165-178. [In Persian]
- ZiQiang Z, Chen B, HuiZhong Z, XiaoDong L, ZengJuan F, et al. Establishment of high efficiency tissue culture regeneration system for the male sterile line of sugar beet. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017; 45(20): 107-108. (In Chinese, abstract in English).
- Zhuzhualova TP, Kolesnikova EO, Cherkasova NN, Vasilchenko EN. Perspective Technologies of Isolated Tissue Culture in the Sugar Beet Breeding Process. Russian Agricultural Sciences. 2019; 45: 21-25. doi:**10.3103/S106836741901021X**.
- Zhuzhualova TP, Kolesnikova EO, Vasilchenko EN, Cherkasova NN. Biotechnological methods as a tool for efficient sugar beet breeding. Vavilov journal of Genetics and Breeding. 2020; 24(1): 40-47.

Development and evaluation of agronomic and qualitative traits of hybrids derived from tissue culture clones of male sterile parent in sugar beet

P. Norouzi*, R. A. Jafari, D. Taleghani¹ and P. Fasahat¹

(Received 13 Mar. 2024 ; Accepted 27 May. 2024)

P. Norouzi, R. A. Jafari, D. Taleghani and P. Fasahat. 2024. Development and evaluation of agronomic and qualitative traits of hybrids derived from tissue culture clones of male sterile parent in sugar beet. **J. Sugar Beet. 39(2): 139- 154. (in Persian).**

Abstract

Preservation of the characteristics of the parent lines forming the hybrid variety through tissue culture leads to the stability and uniformity of the hybrid variety. In this research, in the first year, flowering stem parts were cultivated in *in vitro* conditions and produced shoots or clones. Then the propagated clones were transferred to larger pots in the greenhouse and also in the steckling field and vernalized in winter in Karaj. In the spring of the second year, the vernalized clones were transferred to the isolated field in Ardabil and planted in separate lines along with the pollinator parent roots of the hybrid that had already been prepared and vernalized and the hybrid seeds were harvested from the plants of tissue culture clones and cleaned. In autumn of the second year, the hybrid seeds obtained from two types of maternal parent clones along with the control cultivars were planted in the fields of three regions of Dezful, Darab and Gachsaran in an experimental design and required care and recordings were done. In June of the third year, the roots were harvested and quantitative and qualitative analysis was done at SBSI and the data were analyzed by variance. In the autumn of the third year, again the hybrid seeds obtained from two types of maternal parent clones along with the control cultivars were planted in the fields of two regions of Dezful and Gachsaran in an experimental design and required care and recordings were done. In June of the fourth year, the roots were harvested and quantitative and qualitative analysis was done at SBSI and the data were analyzed by variance. The statistical results during the two years of the yield trials showed that the tissue culture clone hybrid No. SBSI-51-1 with an average root yield of 99.10 tons per hectare, white sugar yield of 12.82 tons per hectare, and 1.44 % bolting compared to other experimental varieties has a significant advantage. In this research, for the first time, the seed of a commercial hybrid was developed from the cross between its pollinator parent and maternal male sterile parent (tissue culture clone), which had good yield and uniformity in the field.

Key words: Clone, hybrid, sugar beet, tissue culture, yield trial.

¹Associate professor of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. *-Corresponding author contact information email: norouzi1389@gmail.com

²Expert of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Reserch, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran