نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.342178.2738
جلد ۳۶، شماره ۳، صفحه ۳۷۵-۳۵۹ (۱۳۹۹) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.36.359.101.3.1575.1585

ارزیابی میزان درجه پلیمریزاسیون و عملکرد اینولین ۱۵ توده و رقم کاسنی (*Cichorium intybus* L.) در اراضی جلگه‌ای شمال کشور

صادق پورمرادی[۱*]، علی اعلمی[۲] و مسعود اصفهانی[۳]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای رشته بیوتکنولوژی گیاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران، پست الکترونیک: Spour272@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳-استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸ | تاریخ اصلاح نهایی: فروردین ۱۳۹۹ | تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی میزان و درجه پلیمریزاسیون اینولین، عملکرد ریشه تر و اینولین ۱۵ توده و رقم کاسنی (*Cichorium intybus* L.) بومی و وارداتی، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات خشکه‌داران استان مازندران در سال‌های ۹۷-۱۳۹۵ اجرا شد. ماده گیاهی پژوهش، شامل ۱۳ توده داخلی و دو رقم وارداتی از جنس کاسنی بود. در سال دوم آزمایش، در انتهای مرحله رزت، ریشه‌ها برداشت، توزین و محاسبات مربوطه انجام شد. عصاره‌گیری نمونه‌ها به روش استخراج آبی انجام شد، سپس قند کل و قند احیاءکننده نمونه‌ها اندازه‌گیری و میزان و درجه پلیمریزاسیون اینولین نمونه‌ها محاسبه گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که توده‌های رشت، چمستان و رقم وارداتی Selenite، به‌ترتیب با ۱۵/۸، ۱۳/۹ و ۱۴/۳ درصد دارای بیشترین محتوای اینولین در بین ژنوتیپ‌های کاسنی بودند. یافته‌های تحقیق نشان داد که رقم Selenite با تولید ۳۵/۴۵۸ تن در هکتار ریشه تر و ۲۸۱۸/۹ کیلوگرم در هکتار اینولین، در بین رقم‌ها و نمونه‌های کاسنی مورد مطالعه بیشترین میزان ریشه و اینولین را دارا بوده و توده تنکابن به‌ترتیب با عملکرد ۱۲/۶۹۲ تن در هکتار ریشه تر و ۸۰۷/۵ کیلوگرم در هکتار اینولین، پس از آن در رتبه دوم قرار گرفت و از سایر توده‌ها و رقم‌های تحقیق برتر بود. نتایج این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های Selenite و تنکابن از نظر میزان و درجه پلیمریزاسیون اینولین در دو سال تحقیق پایداری مناسبی داشته و از نظر عملکرد ریشه و اینولین نیز از ژنوتیپ‌های برتر کاسنی بودند و برای منطقه غرب مازندران مناسب‌تر شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: توده، اینولین، درجه پلیمریزاسیون، عملکرد ریشه، کاسنی (*Cichorium intybus* L.).

مقدمه

کاسنی از جنس *Cichorium* و یکی از مهمترین گیاهان خانواده گل‌ستاره‌ای‌ها (Asteraceae) است. جنس کاسنی شامل گیاهانی علفی، یک‌ساله، دوساله یا چندساله، بدون کرک یا پوشیده از کرک‌های دراز یا کوتاه، ساقه‌های راست و منشعب و انشعابات متراکم و فشرده است (Safavi *et al.*,

2013). این جنس در ایران دو گونه گیاه علفی چندساله (*C. intybus* L.) و یک‌ساله (*C. pumilum* Jacq.) دارد (Mozaffarian, 1996). گونه *C. intybus* L. در ایران از مازندران، گیلان، گلستان، خوزستان، کرمان، فارس، کرمانشاه و خراسان گزارش شده است (Rechinger, 1969). ریشه کاسنی دارای ۱۱ تا ۱۵ درصد اینولین، ۱۰ تا ۲۲ درصد قندهای مختلف مانند گلوکز، ساکارز، یک ماده رزینی، موسیلاژ، مقدار کمی تانن، اسانس، پکتین، لوولین و شیکورین است (Zargari, 1989). در حال حاضر دو گونه کاسنی (*Cichorium intybus*) و سیب‌زمینی ترشی (*Helianthus tuberosus*) در صنایع برای تولید اینولین مورد استفاده قرار می‌گیرند و کاسنی بیشترین استفاده را با این هدف دارد (De Bruyn *et al.*, 1992). اینولین (Inulin) به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان جایگزین چربی و قند با مزایای مختلف ازجمله میزان کالری کمتر، غنی بودن از الیاف خوراکی و ویژگی‌های تغذیه‌ای بکار می‌رود (Kaur & Gupta, 2002). اینولین‌ها پلی‌ساکاریدهای طبیعی با ترکیب شیمیایی $C_{6n}H_{10n+2}O_{5n+1}$ هستند که توسط انواع زیادی از گیاهان تولید می‌شوند. اینولین استخراجی از گیاهان، حاوی مولکول‌های فروکتان خطی است که از واحدهای فروکتوزیل–فروکتوز با پیوند β(۱→۲) تشکیل می‌شود و اغلب شامل تعدادی از اولیگومرها و پلیمرهای با درجه پلیمریزاسیون ۶۰–۲ با میانگین ۱۲–۱۰ است (Meyer *et al.*, 2011؛ Tungland & Meyer, 2002). کاسنی مهمترین منبع گیاهی تولید و استخراج صنعتی اینولین در دنیاست. بیشتر محصولات پری‌بیوتیک تجاری حاوی فروکتان‌های از نوع اینولین هستند (Tungland & Meyer, 2002). از نظر متخصصان تغذیه، اینولین جزء الیاف غذایی محلول در آب طبقه‌بندی شده است (Frank, 2002). میانگین مصرف روزانه اینولین و الیگوفروکتوز در ایالات متحده آمریکا ۴–۱ گرم و در اروپا ۱۱–۳ گرم برآورد شده است (Van Loo *et al.*, 1995). مصرف اینولین سبب کاهش تری‌گلیسیریدها و کاهش تولید چربی‌ها در بدن انسان می‌شود (Roberfroid, 2005). نتایج تحقیقات حکایت از خواص پری‌بیوتیکی و بیفیدوژنیکی این ماده دارد که سبب شده از آن به‌عنوان یک ماده فراسودمند نام برده شود (Bernal *et al.*, 2005). اصطلاح پری‌بیوتیک به مواد غیرقابل هضم توسط قسمت‌های فوقانی دستگاه گوارش اطلاق می‌شود که به‌علت تحریک رشد و فعالیت دسته‌ای از باکتری‌های مفید موجود در روده بزرگ تأثیری مثبت در بهبود سلامت میزبان (انسان) دارند (Roberfroid, 2002). اینولین و الیگوفروکتوزها در روده کوچک عملاً غیر قابل هضم هستند، اما توسط باکتری‌های روده بزرگ تخمیر شده و تولید لاکتان‌ها و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه می‌نمایند که عامل تحریک رشد انتخابی بیفیدوباکترها می‌شوند. فلور طبیعی روده بزرگ انسان شامل بیفیدوباکترها و لاکتوباسیل‌ها و به‌طور کلی باکتری‌های پروبیوتیک است که در ایجاد شرایط مطلوب روده، سنتز برخی از ویتامین‌های گروه B، افزایش مقاومت سیستم ایمنی بدن در برابر عفونت‌های میکروبی و به‌دنبال آن حفظ سلامت جسمی و حتی روحی انسان تأثیر مهمی دارند. بیش از ۹۰٪ فلور میکروبی روده نوزادان را بیفیدوباکترها تشکیل می‌دهند که با افزایش سن تعداد این باکتری‌ها کمتر می‌شود. البته کاهش قابل توجه تعداد این باکتری‌ها در دوران کهنسالی از عوامل تضعیف سیستم ایمنی بدن در این دوران است (Biedrzycka & Bielecka, 2004). ترکیب‌های اینولین بدون تحمل هیچ‌گونه تغییر (آنزیمی) از قسمت فوقانی دستگاه گوارش وارد روده بزرگ شده و در آنجا به‌وسیله آنزیم بتا فروکتوزیداز (اینولیناز) تولید شده توسط بیفیدوباکترها تخمیر شده و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولید می‌نمایند که موجب افزایش توده باکتریایی روده می‌شود (Guarner, 2005). نتایج تحقیقات نشان داده است که مصرف حداقل پنج گرم اینولین در روز در مدت ۲۱ روز، سبب افزایش یک چرخه لگاریتمی در تعداد بیفیدوباکترها می‌شود (Rao, 2001). تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر توسط بیفیدوباکترها سبب کاهش pH، کاهش رشد و فعالیت عوامل بیماری‌زا در روده می‌شود که به‌دنبال آن عفونت‌های دستگاه گوارش به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر این اسیدهای چرب به‌عنوان منبع انرژی عضلانی روده بزرگ به‌حساب می‌آیند. ازاین‌رو تولید این مواد حرکات روده بزرگ را افزایش می‌دهد (Liong & Shah, 2005؛ Wada *et al.*, 2005). اینولین به علت غیر قابل هضم بودن توان

انرژی‌زایی بسیار کمی دارد و خواص الیاف تغذیه‌ای را دارد که به بهبود عملکرد روده کمک می‌کند (Flamm *et al.*, 2001). به ازای مصرف هر گرم اینولین حدود ۱/۵ کیلوکالری انرژی تولید می‌شود که این میزان فقط ۳۸٪ انرژی یک گرم قند شش کربنه هضم شده است (Paseephol, 2008). یافته‌ها نشان می‌دهد اینولین اثرهای سودمندی بر ترکیب فلور روده، جذب مواد معدنی، ترکیب چربی خون و جلوگیری از سرطان روده بزرگ دارد (Dominguez *et al.*, 2014). مصرف اینولین و فروکتوالیگوساکاریدها جذب یون کلسیم و منیزیم را در بدن افزایش می‌دهند (Abrams *et al.*, 2005). نتایج تحقیقات نشان‌دهنده اثر سینرژیستی و افزایش جذب املاح به‌ویژه کلسیم و منیزیم در رژیم‌های حاوی اینولین است. پژوهش‌ها نشان داده است، مصرف روزانه هشت گرم اینولین به همراه منابع و غذاهای حاوی کلسیم، میزان جذب این ماده را تا ۳۳٪ افزایش داده است (Griffin *et al.*, 2003). از نظر تکنولوژیکی اینولین به‌عنوان جایگزین قندها و چربی‌ها در تولید محصولات رژیمی و کم‌چرب کاربرد دارد و به‌دلیل دارا بودن ظرفیت نگهداری (محبوس کردن) آب، خواص قوام‌دهندگی و تولید ژل دارد (Bortnowska & Makiewicz, 2006). اینولین به‌عنوان یک ماده اولیه برای تولید شربت با محتوای فروکتوز بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این بابت در صنایع غذایی به‌ویژه در تولید نوشابه‌ها بکار می‌رود (Kikuchi *et al.*, 2009). کاهش شاخص گلایسمیک مواد غذایی از دیگر فواید اینولین است. از این خاصیت در تولید مواد غذایی مناسب برای مصرف افراد مبتلا به دیابت نوع دو و غذاهای رژیمی استفاده می‌شود (Brennan *et al.*, 2004). اینولین توسط سازمان غذا و دارو (FDA) به‌عنوان یک ماده سالم معرفی شده است (GRAS Notice No. GRN 000118). کمیته مشترک FAO/WHO در مورد مواد افزودنی خوراکی (JECFA) جذب روزانه اینولین را به میزان دو میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن و FDA مصرف آن را به‌عنوان مکمل غذایی مجاز دانسته است (Kroger *et al.*, 2006؛ Wallin, 2004).

در سطح بین‌المللی مطالعات گسترده‌ای توسط محققان مختلف در زمینه عملکرد ریشه تر ارقام کاسنی انجام شده و آمارهای متفاوتی در این مورد گزارش شده است. ازجمله می‌توان به تولید ریشه تر کاسنی در کشور بلژیک در دامنه ۶۱/۸-۴۸/۰، آلمان ۶۲/۷-۴۲/۶، اتریش ۴۲/۸-۳۴/۴ (Anonymous, 2014)، کانادا ۳۵/۶۸-۲۰/۰۸ (Chubey & Dorrell, 1978)، ایتالیا ۶۵/۶-۳۸/۷ (Baldini *et al.*, 2004) و دشت‌های مرتفع نواحی مرکزی آمریکا ۷۷/۵۹-۵۰/۴۱ (Smith & Wilson, 2006) تن در هکتار اشاره کرد. در تحقیق انجام شده در ایران، عملکرد ریشه تر ارقام خارجی Orchies و Tilda به‌ترتیب ۴۴/۵ و ۳۵/۶ تن در هکتار گزارش شد. در این پژوهش ژنوتیپ های ایرانی کازرون ۱ و کازرون ۲ به‌ترتیب با تولید ۵/۳ و ۵/۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد ریشه تر را در بین ژنوتیپ‌های ایرانی مورد تحقیق داشتند (Shoorideh *et al.*, 2015؛ Darjani *et al.*, 2015).

نظر به اهمیت تغذیه‌ای اینولین و اثرهای دارویی متعدد سایر ترکیب‌های موجود در کاسنی و در راستای کاهش هزینه واردات این محصول و نیز با هدف معرفی گیاه کاسنی به‌عنوان یکی از منابع مهم حاوی اینولین، این تحقیق به‌منظور ارزیابی قابلیت عملکرد ریشه تر و اینولین توده‌های کاسنی بومی استان‌های شمالی کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل ۱۳ توده و دو رقم از جنس کاسنی بود. بذر دو رقم خارجی با نام‌های تجاری Tilda و Selenite (با مبدأ فرانسه شرکت Florimond Desprez) به انضمام یک توده داخلی با مبدأ زنجان از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند تهیه شد. بذر ۱۲ توده داخلی دیگر نیز از منطقه پراکنش سه استان شمالی کشور، مازندران (تنکابن، رویان، چمستان، ساری و بهشهر)، گیلان (چابکسر، رودسر، رشت و ضیابر) و گلستان (نهارخوران، علی‌آباد و آزادشهر) توسط نگارنده جمع‌آوری و در آزمایش مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات گیاه‌پزشکی خشکه‌داران

(نشتارود) از توابع شهرستان تنکابن از استان مازندران در سال‌های ۹۷-۱۳۹۵ اجرا شد. محل آزمایش در طول جغرافیایی ۳۶/۷۴۰۹ و عرض جغرافیایی ۵۱/۰۵۶۹ و ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریای آزاد قرار دارد. نزدیکترین ایستگاه‌های هواشناسی (نوشهر و رامسر) به محل اجرای تحقیق دارای میانگین بلندمدت بارندگی سالیانه به‌ترتیب ۱۲۹۸/۹ میلی‌متر (دوره ۲۵ ساله) و ۱۱۶۹ میلی‌متر (دوره ۳۳ ساله) هستند. براساس مطالعه خاک‌شناسی، عرصه تحقیق دارای خاک لومی شنی، فاقد شوری و اسیدیته بین ۶/۷-۷/۹ بود.

جدول ۱- مشخصات ارقام و توده‌های مورد استفاده در تحقیق از جنس *Cichorium*

کد نمونه	منطقه جمع‌آوری	گونه	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	تنکابن (مازندران)	*Cichorium intybus*	-۵
۲	رویان (مازندران)	*C. intybus*	۱۵
۳	چمستان (مازندران)	*C. intybus*	۵۸
۴	ساری (مازندران)	*C. intybus*	۱۵
۵	بهشهر (مازندران)	*C. intybus*	۲۲
۶	چابکسر (گیلان)	*C. intybus*	۱۱
۷	رودسر (گیلان)	*C. intybus*	۱۸
۸	رشت (گیلان)	*C. intybus*	۱۵
۹	ضیابر (گیلان)	*C. intybus*	۱۸
۱۰	ناهارخوران (گلستان)	*C. intybus*	۳۰
۱۱	علی‌آباد (گلستان)	*C. intybus*	۱۵
۱۲	آزادشهر (گلستان)	*C. intybus*	۱۵
۱۳	زنجان (زنجان)	*C. pumilum*	مؤسسه تحقیقات چغندرقند
۱۴	Tilda	*C. intybus*	مؤسسه تحقیقات چغندرقند
۱۵	Selenite	*C. intybus*	مؤسسه تحقیقات چغندرقند

کرت‌های آزمایش به ابعاد ۱/۵×۱ متر شامل سه خط کاشت یک متری با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر بود. بین کرت‌ها و تکرارها به‌ترتیب ۰/۵ و ۱ متر فاصله منظور شد. بذرهای رقم‌ها و توده‌ها در نیمه اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۵ در گلدان‌های پاکت نایلونی کاشته شدند. گیاهچه‌ها در مرحله ۶-۴ برگی (۷۵ روز پس از کاشت) در فاصله زمانی ۲۳-۲۰ تیرماه ۱۳۹۵ به زمین اصلی منتقل و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم روی خطوط کاشت نشاء شدند. آبیاری بوته‌ها بلافاصله پس از نشاءکاری انجام و در ادامه در دو هفته اول هر چهار روز یک‌بار و پس از آن به‌صورت هفتگی انجام گردید. پس از گذشت ۶۰ روز از زمان نشاءکاری، به‌دلیل آغاز بارندگی‌های پاییزه آبیاری قطع شد و این روند تا زمان برداشت ادامه یافت. در سال اول هیچ‌گونه برداشت ریشه انجام نشد و در سال دوم در انتهای مرحله روزت (آغاز ساقه‌روی ۳۵۸ روز پس از کاشت)، برداشت ریشه و اندازه‌گیری‌های مربوطه انجام شد.

جدول ۲- میانگین حداقل، حداکثر و کل دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد)

ایستگاه‌های هواشناسی دارای شرایط مشابه محل اجرای تحقیق

	ایستگاه	سال	میانگین سال	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین
حداقل دما		۱۳۹۵	۱۳/۴	۷/۷	۳/۲	۵/۲	۶/۰	۷/۶	۱۵/۱	۲۰/۷	۲۳/۳	۲۲/۸	۲۰/۹	۱۷/۱	۱۱/۶
	نوشهر	۱۳۹۶	۱۴/۶	۹/۵	۶/۷	۶/۱	۷/۴	۱۲/۶	۱۴/۷	۲۱/۸	۲۴/۶	۲۳/۲	۲۱/۱	۱۷/۳	۱۰/۶
		۱۳۹۷	۱۷/۱				۹/۰	۱۱/۴	۱۵/۹	۲۱/۲	۲۳/۵	۲۵/۳	۲۰/۴	۱۶/۷	۱۰/۷
		۱۳۹۵	۱۳/۶	۷/۹	۲/۹	۵/۲	۶/۰	۸/۳	۱۵/۶	۲۱/۲	۲۴/۲	۲۳/۱	۲۱/۱	۱۶/۹	۱۱/۳
	رامسر	۱۳۹۶	۱۵/۰	۹/۵	۶/۹	۶/۵	۸/۳	۱۳/۱	۱۵/۸	۲۲/۳	۲۵/۲	۲۳/۹	۲۱/۱	۱۷/۲	۱۰/۵
		۱۳۹۷	۱۷/۴				۹/۴	۱۲/۰	۱۶/۵	۲۱/۹	۲۳/۹	۲۵/۹	۲۰/۵	۱۶/۶	۱۰/۴
حداکثر دما		۱۳۹۵	۱۹/۹	۱۳/۴	۹/۹	۱۱/۵	۱۲/۳	۱۴/۶	۲۰/۹	۲۷/۶	۳۱/۳	۲۸/۴	۲۸/۰	۲۲/۵	۱۸/۴
	نوشهر	۱۳۹۶	۲۱/۱	۱۵/۸	۱۱/۲	۱۱/۸	۱۴/۷	۱۹/۰	۲۲/۳	۲۸/۸	۳۲/۳	۳۰/۵	۲۷/۵	۲۳/۳	۱۶/۴
		۱۳۹۷	۲۳/۶				۱۴/۹	۱۷/۴	۲۳/۵	۲۷/۹	۲۹/۰	۳۲/۱	۲۷/۴	۲۴/۱	۱۶/۰
		۱۳۹۵	۱۹/۷	۱۲/۸	۹/۴	۱۱/۲	۱۲/۲	۱۴/۶	۲۰/۶	۲۷/۰	۳۱/۵	۲۸/۶	۲۸/۰	۲۲/۴	۱۷/۵
	رامسر	۱۳۹۶	۲۱/۰	۱۴/۹	۱۱/۰	۱۱/۹	۱۴/۹	۱۹/۳	۲۲/۳	۲۸/۵	۳۲/۵	۳۰/۴	۲۷/۴	۲۲/۶	۱۶/۰
		۱۳۹۷	۲۳/۷				۱۴/۷	۱۷/۲	۲۳/۴	۲۸/۰	۲۹/۸	۳۲/۵	۲۷/۴	۲۳/۸	۱۶/۱
میانگین دما		۱۳۹۵	۱۶/۳	۱۰/۳	۶/۳	۸/۰	۸/۷	۱۰/۴	۱۷/۶	۲۳/۵	۲۷/۴	۲۵/۳	۲۴/۳	۱۹/۷	۱۴/۵
	نوشهر	۱۳۹۶	۱۷/۶	۱۲/۲	۸/۹	۸/۷	۱۰/۷	۱۵/۲	۱۸/۲	۲۵/۰	۲۸/۳	۲۶/۷	۲۴/۲	۱۹/۹	۱۳/۲
		۱۳۹۷	۲۰/۱				۱۱/۶	۱۳/۹	۱۹/۰	۲۴/۲	۲۶/۰	۲۸/۶	۲۳/۹	۲۰/۴	۱۳/۱
		۱۳۹۵	۱۶/۴	۱۰/۲	۵/۹	۸/۰	۸/۸	۱۰/۹	۱۷/۸	۲۳/۵	۲۸/۰	۲۵/۶	۲۴/۵	۱۹/۶	۱۴/۱
	رامسر	۱۳۹۶	۱۷/۸	۱۱/۹	۸/۸	۸/۹	۱۱/۳	۱۵/۷	۱۸/۷	۲۵/۳	۲۸/۸	۲۷/۰	۲۴/۱	۱۹/۶	۱۳/۰
		۱۳۹۷	۲۰/۳				۱۱/۸	۱۴/۱	۱۹/۵	۲۴/۵	۲۶/۴	۲۸/۹	۲۴/۰	۲۰/۱	۱۳/۰

داده‌های عملکردی این سال از مجموع سه بوته مجاور در کرت بدست آمد. کشت سال دوم تحقیق به‌صورت گلدانی (قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) و در خاک (مخلوطی از ۶ خاک باغچه:۲ ماسه:۱ کود حیوانی) و در هوای آزاد انجام شد. ریشه تر بوته‌های این کشت در سال زراعی بعد در انتهای مرحله روزت برداشت و برای سنجش میزان اینولین استفاده گردید. از کاسنی این سال به‌دلیل کشت گلدانی، اندازه‌گیری عملکرد ریشه تر انجام نشد. داده‌های هر یک از صفات عملکرد ریشه تر و اینولین به‌صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه واریانس و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری میزان و درجه پلیمریزاسیون اینولین ریشه کاسنی‌های تحقیق از دو تکرار آزمایش، در سال دوم کشت و در انتهای مرحله روزت، در دو سال متوالی انجام شد. نمونه‌های ریشه کاسنی بلافاصله پاک، شسته و با دستمال خشک شد و در کیسه‌های نایلونی بسته‌بندی، در تانک نیتروژن به دانشگاه گیلان منتقل و تا زمان استخراج در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه مرکزی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان نگهداری شد. عملیات آزمایشگاهی تحقیق در آزمایشگاه فوق انجام و میزان اینولین هر رقم یا توده به روش زیر اندازه‌گیری گردید.

عصاره‌گیری

برای انجام آزمایش ابتدا نمونه‌ها را از حالت انجماد خارج و بعد به‌منظور افزایش سطح تماس نمونه با حلال و بهبود فرایند استخراج، ابتدا نمونه‌ها با استفاده از خردکن به قطعات ریز تبدیل شدند. سپس به روش استخراج آبی عصاره ریشه کاسنی استخراج شد (Miller, 1995؛ Milani *et al.*, 2010). بدین‌منظور از بن‌ماری استفاده شد. ابتدا یک گرم از نمونه‌های ریشه کاسنی خرد شده در فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته و به‌نسبت ۱ به ۱۲ (جامد به آب) به آن آب‌مقطر اضافه شد و بعد نمونه‌ها به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری قرار گرفت. نمونه‌ها پس از استخراج با استفاده از قیف بوخنر و کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ صاف و پس از محاسبه حجم استخراجی، در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۴۵۰۰g در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردیدند.

میزان قند کل

برای اندازه‌گیری قند کل موجود در نمونه‌ها از روش فنول- اسید سولفوریک استفاده شد. ابتدا به یک میلی‌لیتر نمونه رقیق شده (به نسبت یک به ۱۰۰ یعنی یک واحد از عصاره با ۱۰۰ واحد آب دوبار تقطیر رقیق شد)، یک میلی‌لیتر محلول فنول ۵٪ افزوده شد. سپس پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ به آن اضافه و به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و با دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom Libra S22 UV-Vis Spectrophotometer, Cambridge, UK) میزان جذب در طول موج ۴۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. به‌منظور رسم منحنی استاندارد قند کل، از محلول گلوکز با غلظت‌های مختلف (صفر تا صد میلی‌گرم در لیتر) به‌عنوان استاندارد استفاده گردید. قند کل نمونه‌ها از قرار دادن میزان جذب خوانده شده در رابطه خطی بدست‌آمده از نمونه‌های استاندارد محاسبه شد (Paseephol *et al.*, 2007).

میزان قندهای احیاءکننده

برای اندازه‌گیری قندهای احیاءکننده (Reducing Sugar) موجود در نمونه‌ها از معرف اسید دی‌نیترو سالیسیلیک استفاده شد. ابتدا به سه میلی لیتر از عصاره رقیق شده (به نسبت یک به دو یعنی یک واحد از عصاره با دو واحد آب دوبار تقطیر رقیق شد) در لوله آزمایش، سه میلی لیتر معرف اسید دی‌نیترو سالیسیلیک اضافه شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری قرار گرفت. آنگاه به هر نمونه یک میلی لیتر محلول تارتارات مضاعف سدیم پتاسیم ۴۰٪ افزوده

و نمونه‌ها سرد شد و میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۷۵ نانومتر اندازه گیری گردید. به‌منظور رسم منحنی استاندارد قند احیاکننده، از محلول فروکتوز با غلظت‌های مختلف (۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌عنوان استاندارد استفاده شد. میزان قند احیاکننده نمونه ها از قرار دادن میزان جذب خوانده شده در رابطه خطی بدست‌آمده از نمونه های استاندارد محاسبه شد (Paseephol *et al*., 2007 ؛Miller, 1995).

تعیین میزان اینولین

برای اندازه‌گیری میزان اینولین نمونه‌ها، میزان قندهای احیاکننده محاسبه شده را از میزان قند کل کسر نموده و درصد اینولین به روش زیر محاسبه شد (Baldini *et al*., 2004).

۱۰۰ × (وزن تر ریشه استفاده شده / مقدار اینولین × حجم محلول استخراجی) = اینولین (٪)

تعیین میانگین درجه پلیمریزاسیون اینولین استخراج شده

میانگین درجه پلیمریزاسیون اینولین استخراج شده از تقسیم درصد وزنی قند کل بر درصد وزنی قند احیاکننده بدست می‌آید و در تعیین کیفیت اینولین استخراج شده فاکتور مهمی است (Paseephol & Sherkat, 2009).

داده‌های هر سال به‌صورت جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شد و پس از تأیید یکنواختی واریانس خطای آزمایش سال‌های اول و دوم، تجزیه مرکب انجام و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند. برای تجزیه پایداری از روش‌های پارامتریک واریانس محیطی و ضریب تغییرات و روش‌های ناپارامتری میانگین و واریانس رتبه استفاده شد. در روش‌های پارامتریک تجزیه پایداری، ابتدا میانگین هر رقم یا توده مشخص و رتبه‌بندی گردید. در ادامه واریانس و ضریب تغییرات هر صفت برای هر رقم یا توده محاسبه شد، سپس به رقم یا توده دارای کمترین میزان، رتبه یک و به توده یا رقم دارای بیشترین مقدار رتبه ۱۵ اختصاص یافت. برای تجزیه پایداری به روش ناپارامتری رتبه، ابتدا میانگین هر رقم یا توده برای هر سال تعیین گردید. سپس به رقم یا توده دارای بیشترین میزان میانگین، رتبه یک و به توده یا رقم دارای کمترین میانگین رتبه ۱۵ اختصاص یافت. در ادامه برای هر توده یا رقم میانگین و واریانس رتبه تعیین و براساس آن رتبه‌بندی انجام شد. از نرم‌افزارهای Excel 2010 و Minitab 16 برای انجام محاسبات و تجزیه‌وتحلیل‌های آماری استفاده شد.

نتایج

تجزیه واریانس میزان اینولین و درجه پلیمریزاسیون (DP) ارقام و توده‌های کاسنی مورد مطالعه نشان داد که بین سال‌ها، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل سال در ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). این امر مؤید وجود تنوع بین توده‌ها و رقم‌های کاسنی مورد بررسی از نظر این صفات است. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سال در ژنوتیپ، داده‌های هر سال جداگانه تجزیه واریانس شدند و بعد بر مبنای آن مقایسه میانگین‌ها انجام شد.

نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد که در سال‌های اول و دوم بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات درصد و درجه پلیمریزاسیون اینولین تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۴) که مؤید وجود تنوع در کاسنی‌های تحقیق از نظر میزان و درجه پلیمریزاسیون اینولین است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب میزان اینولین توده‌ها و ارقام کاسنی مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		میزان اینولین	درجه پلیمریزاسیون (DP)
سال	۱	۵۳۱/۸۹۰**	۱۴۶۵/۴۴**
ژنوتیپ	۱۴	۵۱/۶۸۴**	۴۷۳/۳۸**
ژنوتیپ×سال	۱۴	۳۱/۲۰۶**	۸۱/۲۱**
خطای مرکب	۳۰	۲/۱۷۶	۱۵/۴۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۷۶	۱۳/۲۰

**: در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

جدول ۴- تجزیه واریانس ساده درصد و درجه پلیمریزاسیون اینولین توده‌ها و رقم‌های کاسنی مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	سال اول		سال دوم	
		درصد اینولین	DP	درصد اینولین	DP
ژنوتیپ	۱۴	۷/۹۸۷**	۱۶۸/۰۷**	۷۴/۹۰۳**	۳۸۶/۵۱**
خطا	۱۵	۰/۸۵۷۹	۸/۴۶	۳/۴۹۴	۲۲/۴۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۲۰	۱۱/۷۰	۱۴/۴۱	۱۳/۶۵

ns: غیرمعنی‌دار؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۵- دسته‌بندی میانگین‌های سالانه درصد و درجه پلیمریزاسیون اینولین توده‌ها و رقم‌های کاسنی مورد مطالعه

ردیف	توده (رقم)	سال اول		سال دوم	
		درصد اینولین	DP	درصد اینولین	DP
۱	تنکابن	۶/۴ abc	۳۱/۳ ab	۱۳/۱ cde	۳۲/۰ c-g
۲	رویان	۷/۳ abc	۳۵/۶ a	۱۰/۹ c-f	۳۹/۳ b-e
۳	چمستان	۵/۳ bcd	۲۶/۱ a-d	۲۲/۵ a	۴۴/۸ a-d
۴	ساری	۷/۸ ab	۳۳/۷ ab	۹/۱ efg	۳۳/۰ c-f
۵	بهشهر	۷/۴ abc	۳۵/۱ a	۱۷/۰ a-d	۵۵/۰ ab
۶	چابکسر	۴/۰ cd	۱۰/۶ e	۴/۳ fg	۱۳/۵ gh
۷	رودسر	۷/۳ abc	۲۴/۸ a-d	۱۴/۹ b-e	۳۹/۴ b-e
۸	رشت	۹/۶ a	۳۲/۵ ab	۲۲/۰ ab	۴۸/۲ abc
۹	ضیاءبر	۹/۳ a	۲۳/۱ bcd	۱۰/۳ d-g	۲۵/۸ e-h
۱۰	نهارخوران	۶/۱ abc	۱۸/۸ cde	۱۱/۸ cde	۳۱/۷ c-g
۱۱	علی‌آباد	۷/۵ abc	۱۷/۲ cde	۱۸/۳ abc	۴۰/۶ a-e
۱۲	آزادشهر	۸/۷ ab	۲۷/۶ abc	۹/۲ efg	۲۸/۴ d-h
۱۳	زنجان	۲/۲ d	۸/۰ e	۲/۹ g	۱۱/۹ h
۱۴	Tilda	۸/۵ ab	۱۴/۷ de	۷/۸ efg	۱۹/۰ f-h
۱۵	Selenite	۸/۰ ab	۳۳/۸ ab	۲۰/۶ ab	۵۸/۷ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۶- مقادیر پارامترهای مختلف پایداری برای میزان اینولین (درصد) در توده‌ها و رقم‌های کاسنی مورد مطالعه

توده یا رقم	درصد اینولین (میانگین دوساله)	R1	واریانس محیطی	R2	ضریب تغییرات (CV%)	R3	میانگین رتبه	R4	واریانس رتبه	R5
تنکابن	۹/۷	۸	۰/۰۰۰۵۰۲	۱	۰/۲۳	۱	۹	۹	۴	۵
رویان	۹/۱	۹	۷/۱۴۹۲۰۶	۱۴	۲۹/۳۴	۱۵	۹	۹	۰	۱
چمستان	۱۳/۹	۳	۵/۹۴۵۰۶۳	۱۳	۱۷/۵۶	۱۰	۷	۶	۳۶	۹
ساری	۸/۵	۱۲	۴/۷۱۵۸۹۰	۱۱	۲۵/۷۱	۱۳	۹	۹	۹	۶
بهشهر	۱۲/۲	۵	۱/۲۸۳۱۰۰	۹	۹/۲۹	۸	۶/۵	۵	۲/۲۵	۴
چابکسر	۴/۱	۱۴	۱/۲۶۰۸۳۷	۸	۲۷/۱۵	۱۴	۱۴	۱۱	۰	۱
رودسر	۱۱/۱	۶	۰/۴۷۴۱۸۴	۶	۶/۲۱	۳	۸	۷	۴	۵
رشت	۱۵/۸	۱	۰/۲۱۱۰۹۴	۳	۲/۹۰	۲	۱/۵	۱	۰/۲۵	۲
ضیاءبر	۹/۸	۷	۰/۸۰۸۷۹۴	۷	۹/۱۹	۷	۶	۴	۱۶	۷
نهارخوران	۸/۹	۱۰	۰/۴۲۰۲۲۸	۵	۷/۲۵	۶	۱۰	۱۰	۴	۵
علی‌آباد	۱۲/۹	۴	۵/۴۰۳۰۲۱	۱۲	۱۸/۰۲	۱۱	۵/۵	۳	۲/۲۵	۴
آزادشهر	۸/۹	۱۱	۲/۰۷۵۷۶۱	۱۰	۱۶/۱۲	۹	۷	۶	۱۶	۷
زنجان	۲/۵	۱۵	۰/۰۲۸۲۸۱	۲	۶/۶۴	۴	۱۵	۱۲	۰	۱
Tilda	۸/۲	۱۳	۰/۳۴۷۸۷۶	۴	۷/۲۳	۵	۸/۵	۸	۲۰/۲۵	۸
Selenite	۱۴/۳	۲	۷/۳۰۱۰۷۴	۱۵	۱۸/۹۴	۱۲	۴	۲	۱	۳

R1: رتبه بر مبنای میانگین دوساله درصد اینولین، R2: رتبه بر مبنای واریانس محیطی درصد اینولین، R3: رتبه بر مبنای ضریب تغییرات درصد اینولین R4: رتبه بر مبنای میانگین دوساله رتبه درصد اینولین، R5: رتبه بر مبنای واریانس رتبه درصد اینولین

نتایج تجزیه واریانس صفات عملکردی مورد مطالعه (عملکرد تر ریشه و اینولین) نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین توده‌ها و ارقام مورد بررسی کاسنی وجود داشت (جدول ۸). این امر مؤید وجود تنوع بین توده‌ها و رقم‌های مورد بررسی از نظر این صفات است.

بحث

مقایسه میانگین‌های میزان اینولین ژنوتیپ‌های کاسنی در سال اول پژوهش نشان داد که بجز سه ژنوتیپ چمستان، چابکسر و زنجان که کمترین میزان اینولین را داشتند، بقیه ژنوتیپ‌ها از نظر درصد اینولین در گروه اول دسته‌بندی میانگین‌ها قرار گرفتند و با ارقام وارداتی کاسنی تفاوتی نداشتند.

جدول ۷- مقادیر پارامترهای مختلف پایداری برای درجه پلیمریزاسیون اینولین (DP) در کاسنی‌های مورد مطالعه

توده یا رقم	درجه پلیمریزاسیون اینولین (میانگین دوساله)	R1	واریانس محیطی	R2	ضریب تغییرات (CV%)	R3	میانگین رتبه	R4	واریانس رتبه	R5
تنکابن	۳۱/۶۱	۸	۰/۰۵۹۴	۵	۰/۷۷	۵	۷/۵	۴	۲/۲۵	۴
رویان	۳۷/۴۵	۴	۲/۴۱۶۰	۱۱	۴/۱۵	۸	۴	۲	۹	۶
چمستان	۳۵/۴۴	۵	۰/۰۰۰۳	۱	۰/۰۵	۱	۶	۳	۴	۵
ساری	۳۳/۳۵	۶	۱۶/۴۴۶۵	۱۴	۱۲/۱۶	۱۴	۶	۳	۴	۵
بهشهر	۴۵/۰۵	۲	۰/۰۳۴۳	۳	۰/۴۱	۳	۲	۱	۰	۱
چابکسر	۱۲/۰۵	۱۴	۰/۰۰۰۵	۲	۰/۱۸	۲	۱۴	۱۰	۰	۱
رودسر	۳۲/۰۹	۷	۲/۲۸۳۶	۱۰	۴/۷۱	۹	۷/۵	۴	۲/۲۵	۴
رشت	۴۰/۳۴	۳	۴/۳۰۱۸	۱۲	۵/۱۴	۱۰	۴	۲	۱	۳
ضیاءبر	۲۴/۴۷	۱۲	۰/۱۵۱۰	۶	۱/۵۹	۶	۱۱	۸	۱	۳
نهارخوران	۲۵/۲۶	۱۱	۵/۴۸۷۶	۱۳	۹/۲۷	۱۳	۱۰/۵	۷	۰/۲۵	۲
علی‌آباد	۲۸/۹۰	۹	۳۲/۰۷۳۹	۱۵	۱۹/۶۰	۱۵	۸/۵	۵	۱۲/۲۵	۷
آزادشهر	۲۸/۰۰	۱۰	۰/۷۹۸۴	۷	۳/۱۹	۷	۹	۶	۴	۵
زنجان	۹/۹۲	۱۵	۰/۸۳۲۳	۸	۹/۲۰	۱۲	۱۵	۱۱	۰	۱
Tilda	۱۶/۸۶	۱۳	۱/۰۵۲۵	۹	۶/۰۸	۱۱	۱۳	۹	۰	۱
Selenite	۴۶/۲۶	۱	۰/۰۴۳۷	۴	۰/۴۵	۴	۲	۱	۱	۳

R1: رتبه بر مبنای میانگین دوساله درجه پلیمریزاسیون اینولین، R2: رتبه بر مبنای واریانس محیطی درجه پلیمریزاسیون اینولین، R3: رتبه بر مبنای ضریب تغییرات درجه پلیمریزاسیون اینولین، R4: رتبه بر مبنای میانگین دوساله رتبه درجه پلیمریزاسیون اینولین، R5: رتبه بر مبنای واریانس رتبه درجه پلیمریزاسیون اینولین

جدول ۸- تجزیه واریانس عملکرد تر ریشه و عملکرد اینولین در توده‌ها و رقم‌های کاسنی مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد تر ریشه	عملکرد اینولین
تکرار	۲	۰/۱۹ ns	۸۹۸ ns
تیمار	۱۴	۱۸۴/۷۷ **	۱۲۲۸۵۲۲ **
خطا	۲۸	۰/۵۵	۳۰۴۳
ضریب تغییرات (٪)		۸/۸۳	۹/۱۱

ns: غیرمعنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد ریشه تر و اینولین توده‌ها و رقم‌های کاسنی مورد مطالعه

توده (رقم)	عملکرد تر ریشه (تن در هکتار)	عملکرد اینولین (کیلوگرم در هکتار)	توده (رقم)	عملکرد تر ریشه (تن در هکتار)	عملکرد اینولین (کیلوگرم در هکتار)
تنکابن	۱۲/۶۹۲ b	۸۰۷/۵ b	ضیاءبر	۳/۸۲۵ gh	۳۵۶/۲ fg
رویان	۸/۵۷۴ c	۶۲۹/۲ cd	نهارخوران	۷/۴۱۳ c-e	۴۵۲/۹ ef
چمستان	۵/۲۶۰ e-g	۲۷۹/۹ gh	علی‌آباد	۵/۲۸۶ e-g	۳۹۳/۹ fg
ساری	۴/۴۹۴ f-h	۳۵۰/۴ fg	آزادشهر	۶/۵۰۲ c-f	۵۶۴/۶ cde
بهشهر	۷/۹۷۰ cd	۵۸۹/۳ cde	زنجان	۷/۵۱۱ c-e	۱۶۳/۲ hi
چابکسر	۲/۶۷۸ h	۱۰۶/۴ i	Tilda	۷/۶۹۲ cd	۶۵۲/۰ bc
رودسر	۶/۰۵۴ d-g	۴۴۱/۷ efg	Selenite	۳۵/۴۵۸ a	۲۸۱۸/۹ a
رشت	۴/۹۹۲ fg	۴۸۱/۲ def			

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

نتایج نشان داد در سال دوم تحقیق بیشترین میزان اینولین به ژنوتیپ‌های چمستان، رشت و Selenite، علی‌آباد و بهشهر تعلق داشت که به اتفاق گروه اول دسته‌بندی میانگین‌ها را تشکیل دادند و از این نظر از سایر ژنوتیپ‌های تحقیق برتر بودند (جدول ۵). در این جدول ژنوتیپ‌های رشت و Selenite، علی‌آباد و بهشهر در دو سال تحقیق از نظر درصد اینولین در گروه اول دسته‌بندی میانگین‌ها جای داشتند و از این لحاظ از سایر ژنوتیپ‌های پژوهش پایدارتر بودند.

نتایج حاصل از تجزیه پایداری میزان اینولین کاسنی‌های تحقیق نشان داد توده‌ها و رقم رشت، Selenite، چمستان، علی‌آباد و بهشهر به‌ترتیب با ۱۵/۸، ۱۴/۳، ۱۳/۹، ۱۲/۹ و ۱۲/۲ درصد حائز بیشترین میزان اینولین بین کاسنی‌های پژوهش بودند (جدول ۶). بر مبنای روش‌های پارامتریک واریانس و ضریب تغییرات محیطی، توده تنکابن از نظر میزان اینولین پایدارترین ژنوتیپ کاسنی طی دو سال تحقیق است. بر این اساس توده‌های رشت، زنجان و رقم Tilda نیز از پایداری خوبی برخوردارند. تجزیه پایداری میزان اینولین کاسنی‌های تحقیق به روش‌های ناپارامتری میانگین و واریانس رتبه نشان داد که توده رشت پایدارترین ژنوتیپ تحقیق و پس از آن رقم Selenite و توده بهشهر نیز دارای پایداری قابل قبولی بودند. بر مبنای تمامی روش‌های پارامتریک و ناپارامتری مورد استفاده در پژوهش، توده رشت با بیشترین میزان اینولین (۱۵/۸۴٪) پایدارترین ژنوتیپ تحقیق بود.

بنابراین در مجموع می‌توان ژنوتیپ‌های رشت، Selenite و بهشهر را به‌عنوان توده و رقم برتر تحقیق از نظر درصد اینولین معرفی نمود. بر مبنای اطلاعات بدست‌آمده از منابع مختلف، محتوای اینولین ریشه تر ارقام مختلف کاسنی مورد بررسی در دامنه ۱۵/۲-۲۰/۵٪ (Van Loo *et al.*, 1995)، ۱۵-۲۰٪ (Gupta & Kaur, 1997)، ۱۶٪ (Bubnik *et al.*, 1997) و ۱۱٪ (Mavumengwana, 2004) گزارش شده است که با نتایج اغلب ارقام و توده‌های این پژوهش مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهد با وجود درصد پایین اینولین بعضی از توده‌های تحقیق ازجمله چابکسر و زنجان، تعدادی از توده‌های شمال ایران (رشت و بهشهر) دارای قابلیت بالایی در زمینه درصد اینولین بودند. به‌طوری که با انجام کارهای اصلاحی ازجمله گزینش در توده‌های بومی سایر مناطق کشور و نیز تلاقی توده‌های موفق تحقیق با ارقام تجاری می‌توان به ارقام با درصد اینولین بالاتر دست یافت.

سایر نتایج نشان داد در سال اول تحقیق ژنوتیپ‌های رویان، بهشهر، Selenite، ساری، رشت، تنکابن، آزادشهر، چمستان و رودسر با تفاوت معنی‌دار از درجه پلیمریزاسیون بالاتری در مقایسه با سایر ارقام و توده‌های پژوهش برخوردار بودند (جدول ۵). دسته‌بندی میانگین‌های درجه پلیمریزاسیون اینولین سال دوم پژوهش نشان داد ژنوتیپ‌های Selenite، بهشهر، رشت، چمستان و علی‌آباد بیشترین مقدار درجه پلیمریزاسیون اینولین را بین کاسنی‌های تحقیق داشتند و از این نظر از سایر ژنوتیپ‌های تحقیق برتر بودند. بر مبنای نتایج دو سال تحقیق می‌توان ژنوتیپ‌های بهشهر، Selenite، رشت و چمستان را از نظر درجه پلیمریزاسیون اینولین از کاسنی‌های برتر تحقیق دانست.

نتایج نشان داد که رقم و توده‌های Selenite، بهشهر، رشت، رویان و چمستان بر مبنای میانگین‌های دوساله بیشترین میزان درجه پلیمریزاسیون اینولین را داشتند و به‌ترتیب در رتبه اول تا پنجم قرار گرفتند (جدول ۷). در تجزیه پایداری درجه پلیمریزاسیون اینولین کاسنی‌های پژوهش به روش‌های پارامتریک، نتایج نشان داد که توده چمستان دارای کمترین واریانس محیطی و ضریب تغییرات بود و پس از آن توده‌های چابکسر، بهشهر، Selenite و تنکابن پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. نتایج تجزیه پایداری به روش‌های ناپارامتری نشان داد توده بهشهر دارای کمترین مقدار میانگین و واریانس رتبه و پایدارترین ژنوتیپ از نظر درجه پلیمریزاسیون اینولین بود و پس از آن رقم Selenite و توده رشت پایدارترین ژنوتیپ‌های تحقیق از این نظر بودند. بر مبنای نتایج تجزیه پایداری به روش‌های پارامتریک و ناپارامتری، توده بهشهر و رقم Selenite پایدارترین ژنوتیپ‌های تحقیق از نظر درجه پلیمریزاسیون بودند. اینولین‌های با درجه پلیمریزاسیون بالای ۱۰ در محیط‌های حاوی آب به صورت میکروکریستال‌ها و یا تکه‌های کوچک ژل درمی‌آیند (Kim *et al.*, 2001). این میکروکریستال‌ها در دهان احساس چربی ایجاد می‌کنند. از این خاصیت برای تولید ماست بدون چربی، شکلات، پنیر، بستنی و سوسیس‌های کم‌چرب استفاده شده است. نتایج بدست‌آمده از عدم تغییر در خواص ارگانولپتیکی محصولات تولید شده حکایت دارد (Golob *et al.*, 2004؛ Hennelly *et al.*, 2006). بیشتر کاسنی‌های این تحقیق دارای درجه پلیمریزاسیون بالای ۱۰ بودند، بنابراین از این نظر حائز اهمیت هستند. ترکیب‌های اینولین با درجه پلیمریزاسیون کمتر از ۱۰ یا اینولو الیگوساکاریدها دارای شیرینی برابر ۳۰٪ شیرینی ساکارز هستند و میزان کالری آنها پایین (حدود ۱/۵ کیلوکالری در گرم) است. ازاین‌رو می‌توان از آنها در تولید فرآورده‌های غذایی و نوشیدنی‌های کم کالری استفاده نمود (Frank, 2002). در این تحقیق تنها توده زنجان دارای میانگین درجه پلیمریزاسیون کمتر از ۱۰ بود (۹/۹). البته این توده کمترین میزان اینولین (۲/۵٪) را در بین کاسنی‌های پژوهش داشت، بنابراین نمی‌تواند با این هدف مورد استفاده قرار گیرد. بر مبنای نتایج تجزیه پایداری به روش‌های پارامتریک و ناپارامتری، توده بهشهر و رقم Selenite پایدارترین ژنوتیپ‌های تحقیق از نظر درجه پلیمریزاسیون بودند که می‌توانند در صنایع غذایی به‌منظور تأمین اهداف بالا مورد استفاده قرار گیرند.

نتایج تجزیه پایداری به روش‌های مختلف پارامتریک و ناپارامتری نشان داد رقم Selenite و توده‌های رشت، بهشهر و تنکابن ژنوتیپ‌های پایدار تحقیق از نظر دو صفت میزان و درجه پلیمریزاسیون اینولین بودند (جدول‌های ۶ و ۷).

یافته‌های این تحقیق نشان داد که رقم Selenite با تولید ۳۵/۴۵۸ تن در هکتار ریشه تر و ۲۸۱۸/۹ کیلوگرم در هکتار اینولین، در بین رقم‌ها و نمونه‌های کاسنی مورد مطالعه بیشترین میزان ریشه و اینولین را تولید نمود و به تنهایی گروه اول دسته‌بندی میانگین‌ها را تشکیل داد (جدول ۹). پس از آن نیز توده تنکابن به‌ترتیب با عملکرد ۱۲/۶۹۲ تن در هکتار ریشه تر و ۸۰۷/۵ کیلوگرم در هکتار اینولین، از این نظر از سایر توده‌ها و رقم‌های تحقیق برتر بود و با تفاوت معنی‌دار از سایر توده‌ها محصول بیشتری تولید کرد. البته بین رقم Tilda و توده تنکابن از نظر عملکرد اینولین تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و تجزیه پایداری (روش‌های مختلف) نشان داد که ژنوتیپ‌های Selenite از نظر میزان و DP اینولین در دو سال تحقیق پایداری خوبی داشته و از نظر عملکرد ریشه و اینولین نیز از کاسنی‌های برتر پژوهش بودند و برای منطقه غرب مازندران مناسب شناخته شدند. توده تنکابن نیز در رتبه دوم قرار داشت.

البته در این تحقیق بین نتایج عملکرد ریشه تر توده‌های داخلی با ژنوتیپ‌های ایرانی پژوهش‌های Shoorideh و همکاران (۲۰۱۵) و Darjani و همکاران (۲۰۱۵) تطابق نسبی دیده می‌شود. با این تفاوت که رقم Tilda که در دو تحقیق مشترک بود، در شمال کشور ریشه تر کمتری تولید کرد و توده تنکابن (۱۲/۶۹۲ تن در هکتار) این تحقیق، از کلیه ژنوتیپ‌های ایرانی پژوهش‌های Shoorideh و همکاران (۲۰۱۵) و پژوهش Darjani و همکاران (۲۰۱۵) ریشه تر بیشتری تولید نمود. این مورد احتمالاً از شرایط اکولوژیک (آب و هوا، خاک و ...) و عملیات به‌زراعی متفاوت دو تحقیق ناشی شده است. سایر توده‌های این تحقیق در سطح ژنوتیپ‌های ایرانی تحقیق فوق عملکرد داشتند. نتایج این تحقیق از نظر دامنه عملکرد ریشه تر ارقام با نتایج تحقیقات انجام شده در سطح بین‌الملل (Anonymous, 2014؛ Chubey & Dorrell, 1978؛ Baldini *et al.*, 2004) مطابقت داشت. بکار بردن به‌ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پتاس موجب افزایش ۱۲/۰۹ و ۳/۳۳ درصدی عملکرد ریشه خشک کاسنی شد. کشت کاسنی در نوامبر حداکثر عملکرد ریشه خشک را به همراه داشت و کشت با تأخیر این گیاه عملکرد ریشه خشک را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Patel *et al.*, 2000). بنابراین به نظر می‌رسد با انجام عملیات به‌زراعی ازجمله تعیین زمان و تراکم مناسب کاشت، کودپذیری، آبیاری و زمان برداشت می‌توان به مقادیر بالاتر تولید ریشه تر کاسنی در شمال ایران دست یافت.

متوسط عملکرد اینولین ارقام کاسنی در کشور بلژیک ۹ تن در هکتار گزارش شده است (Anonymous, 2014). نتایج نشان داد که عملکرد اینولین توده‌ها و ارقام این پژوهش در مقایسه با کشور بلژیک بسیار پایین‌تر بود. درصد اینولین ارقام و توده‌های تحقیق در کشت سال دوم (گلدانی) بسیار بیشتر از کشت سال اول (مزرعه‌ای) بود. اولین کشت در تیرماه سال ۱۳۹۵ انجام و محصول ریشه آن در فروردین سال ۱۳۹۶ و دومین کشت در تیرماه سال ۱۳۹۶ انجام و محصول ریشه آن در فروردین سال ۱۳۹۷ برداشت و برای تعیین میزان اینولین استفاده شد.

داده‌های هواشناسی نشان می‌دهند که دمای هوا در سال ۱۳۹۶ بالاتر و هوای این سال گرم‌تر از سال ۱۳۹۵ بوده است (جدول ۲). بنابراین شرایط برای رشد و نمو کاسنی و همچنین سنتز و ذخیره‌سازی اینولین در سال ۱۳۹۶ بهتر از سال قبل بوده است. این مورد درصد بیشتر اینولین سال ۱۳۹۶ در مقایسه با سال قبل را توجیه می‌نماید. البته از این نظر نیز بین نتایج این پژوهش و تحقیقات سایر محققان در کشورهای دیگر تطابق خوبی مشاهده شد. محققان مشاهده کرده‌اند که رشد سیب‌زمینی ترشی در دوره‌هایی با درجه حرارت بالاتر (۲۱–۳۱ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند منجر به تولید ماده خشک کل بیشتر، محتوای اینولین و عملکرد اینولین بالاتر در کلیه ژنوتیپ‌ها شود (Puangbut *et al.*, 2012). تحقیقات قبلی نشان داد که درجه حرارت یکی از عوامل مهم و مؤثر بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی ترشی در مناطق معتدل (Kocsis *et al.*, 2007؛ Kocsis *et al.*, 2008) و مناطق گرمسیری (Pimsaen *et al.*, 2010) است. رشد و عملکرد سیب‌زمینی ترشی، در دوره‌های با دمای پایین، در مناطق گرمسیری (Pimsaen *et al.*, 2010) در مقایسه با مناطق معتدل (Kocsis *et al.*, 2007؛ Kocsis *et al.*, 2008) بسیار کمتر بوده است. به همین ترتیب، تحقیقات نشان دادند که مجموع درجه حرارت بالا در مناطق معتدله موجب افزایش عملکرد غده و اینولین در سیب‌زمینی ترشی شد (Kocsis *et al.*, 2007؛ Kocsis *et al.*, 2008).

علاوه‌براین، میانگین حداقل، حداکثر و کل دمای ماهیانه دو ایستگاه هواشناسی نزدیک محل اجرای تحقیق در تیرماه سال ۱۳۹۵ (تاریخ کشت سال اول) کمتر از ۱۳۹۶ (کشت دوم) بوده است (جدول ۲). بنابراین محتوای کمتر اینولین

کلیه ارقام و توده‌های تحقیق کشت سال اول در مقایسه با کشت سال دوم به‌دلیل دمای کمتر سال اول منطقی به نظر می‌رسد. به‌طوری که کاشت سیب‌زمینی ترشی (یار الماسی) در دوره‌های با دمای پایین‌تر (۱۶–۱۰ درجه سانتی‌گراد) وزن خشک کل و محتوای اینولین آن را کاهش داد، در حالی‌که محتوای اینولین هنگام کاشت در دوره‌های گرم‌تر (۳۱–۲۱ درجه سانتی‌گراد) افزایش یافت. در ضمن رابطه متوسط، مثبت و معنی‌داری بین مقادیر مجموع دما و محتوای اینولین در سیب‌زمینی ترشی مشاهده شد. نتایج نشان داد که در مناطق گرمسیری، در طول فصل خشک میزان دما برای تولید بیشتر غده و داشتن اینولین زیاد اهمیت دارد (Puangbut *et al.*, 2012).

شاید درصد بالاتر اینولین ارقام و توده‌های این کشت (در مقایسه با کشت اول) را بتوان به دمای بالاتر هوا در کشت دوم مرتبط دانست. آنچه مسلم است توده‌های تحقیق (به‌ویژه توده تنکابن) بسیار بیشتر از آنچه تاکنون در مورد عملکرد ریشه تر کاسنی‌های ایرانی گزارش شده است، عملکرد دارند و میزان اینولین بعضی از کاسنی‌های بومی تحقیق ازجمله توده‌های رشت، چمستان، علی‌آباد و بهشهر در حد ارقام اصلاح شده وارداتی است. البته هرگونه اظهارنظر دقیق‌تر در مورد عملکرد ریشه و اینولین توده‌های ایرانی نیازمند تحقیق بیشتر و انجام اقدامات به‌زراعی و به‌نژادی تکمیلی است.

منابع مورد استفاده

- Abrams, S.A., Griffin, I.J., Hawthorne, K.M., Liang, L., Gunn, S.K., Darlington, G. and Ellis, K.J., 2005. A combination of prebiotic short and long chain inulin type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. The American Journal of Clinical Nutrition, 82(2): 471-476.
- Anonymous, 2014. Chicory Details Of Quality Characteristics Biology Essay. http://www.ukessays.com/essays/biology /chicory details of quality characteristics biology essay.php.
- Baldini, M., Danuso, F., Turi, M. and Vannozzi, G.P., 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. Industrial and Crop Products, 19(1): 25-40.
- Bernal, B.H., Calle, J., Duarte, E.Q., Pinzon, R. and VelaSquez, M., 2005. Inulin from tubers of *Dahlia imperialis* Roetz. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 34(2): 122-125.
- Biedrzycka, E. and Bielecka, M., 2004. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. Trends in Food Science & Technology, 14(3-4): 170-175.
- Bortnowska, G. and Makiewicz, A., 2006. Technological utility of guar gum and xanthan for production of low fat inulin enriched mayonnaise. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 5(2): 135-146.
- Brennan, C.S., Kuri, V. and Tudorica, C.M., 2004. Inulin enriched pasta effects on textural properties and starch degradation. Food Chemistry, 86(2): 189-193.
- Bubnik, Z., Korčáková, I., Kadlec, P., Štarhová, H., Pour, V. and Uherek, M., 1997. Isolation of inulin from chicory root. Potravinarske Vedy-UZPI, 15: 49-67.
- Chubey, B.B. and Dorrel, D.G., 1978. Total reducing suger fructose and glucose concentrations and root yield of two chicory cultivars as affected by irrigation, fertilizer and harvest dates. Canadian journal of Plant Science, 58: 789-793.
- Darjani, P., Hosseini Nezhad, M., Shorideh, H., Abdollahian Noghabi, M., Kadkhodaee, R., Balandari, A. and Milani, E., 2015. Comparison of fructan yield of foreign cultivars and indigenous landrace of chicory and optimizing its extraction by response surface method (RSM). The Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 4(4): 343-354.
- De Bruyn, A., Alvarez, A.P., Sandra, P. and De Leenheer, L., 1992. Isolation and identification of O-beta-D-fructofuranosyl-(2-->1)-O-beta-D-fructofuranosyl-(2-->1)-D-fru ctose, a product of the enzymic hydrolysis of the inulin from *Cichorium intybus*. Carbohydrate Research, 235: 303-308.
- Dominguez, A.L., Rodrigues, L.R., Lima, N.M. and Teixeira, J.A., 2014. An overview of the recent developments on fructooligosaccharide production and applications. Food Bioprocess Technology, 7: 324-337.
- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L. and Roberfroid, M., 2001. Inulin and oligofructose as dietary fiber: A review of the evidence. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 41: 353-362.

fructooligosaccharide and inulin by a cholesterol removing *Lactobacillus acidophilus* Strain. Journal of Applied Microbiology, 99(4): 783-93.
- Meyer, D., Vermulst, J., Tromp, R.H. and Hoog, E.H.A., 2011. The effect of inulin on tribology and sensory profiles of skimmed milk. Journal of Texture Studies, 42: 387-393.
- Milani, E., Poorazarang, H., Vatan Khah, Sh. and Vakilian, H., 2010. Optimization of inulin extraction from *Helianthus tuberosus* using response surface methodology (RSM). Iranian Food Science and Technology Research Journal, 6(3): 176-183.
- Miller, G.L., 1995. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31(3): 426-428.
- Mavumengwana, V.B., 2004. Isolation, Purification and Characterization of Inulin and Fructooligosaccharides from Chicorium Intybus and Inulinase from Aspergillus Niger. Rhodes University, 224p.
- Mozaffarian, V., 1996. A Dictionary of Iranin Plant Names, Latin, English, Persian. Farhang Moaser, Tehran, 671p.
- Paseephol, T. and Sherkat, F., 2009. Probiotic stability of yoghurts containing *Jerusalem artichoke* inulins during refrigerated storage. Journal of Functional Foods, 1: 311-318.
- Paseephol, T., 2008. Characterization of prebiotics compounds fromplant, sources and food industry wastes. Ph.D. Theseis, RMIT University.
- Paseephol, T., Small, D. and Sherkat, F., 2007. Process optimization for fractionating *Jerusalem artichoke* fructans with ethanol using response surface methodology. Journal of Food Chemistry, 104: 73-80.
- Patel, J.R., Patel, J.B., Upadhyay, P.N. and Usadadia, V.P., 2000. The effect of various agronomic practices on the yield of chicory (*Cichorium intybus*). The Journal of Agricultural Science, 135(3): 271-278.
- Pimsaen, W., Jogloy, S., Suriharn, B., Kesmala, T., Pensuk, V. and Patanothai, A., 2010. Genotype by environment (G x E) interaction for yield components of Jerusalem artichock (*Helianthus tuberosus* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 9: 11-19.
- Puangbut, D., Jogloy, S., Vorasoot, N., Srijaranai, S., Kesmala, T., Holbrook, C.C. and Patanothai, A., 2012. Influence of planting date and temperature on inulin content in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Australian Journal of Crop Sciences, 6(7): 1159-1165.
- Frank, A., 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition, 87(2): 287-291.
- Golob, T., Micovic, E., Bertoncelj, J. and Jamnik, M., 2004. Sensory acceptability of chocolate with inulin. Acta Agriculturae Slovenica, 221-231.
- Griffin, I.J., Hicks, P.M.D., Heaney, R.P. and Abrams, S.A., 2003. Enriched chicory inulin increases calcium absorption mainly in girls with lower calcium absorption. Nutrition Research, 23(7): 901-909.
- Guarner, F., 2005. Inulin and oligofructose: impact on intestinal diseases and disorders. British Journal of Nutrition, 93(1): 61-65.
- Gupta, A.K. and Kaur, N., 1997. Fructan storing plants-A potential source of high fructose syrups. Journal of Scientific and Industrial Research, 56: 447-452.
- Hennelly, P.J., Dunne, P.G., Sullivan, M.O. and Riordan, E.D.O., 2006. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. Journal of Food Engineering, 75(3): 388-395.
- Kaur, N. and Gupta, A.K., 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of Biosciences, 27(7): 703-714.
- Kikuchi, H., Inoue, M., Saito, H., Sakurai, H., Aritsuka, T. and Tonita, F., 2009. Industrial production of fructose anhydride from crude inulin extracted from chicory roots using arthrobacter sp. H65-7 fructosyl transfrase. Journal of Bioscience and Bioengineering, 107(3): 262-265.
- Kim, Y., Faqih, M.N. and Wang, S.S., 2001. Factors affecting gel formation of inulin. Carbohydrate Polymers, 46(2): 135-145.
- Kocsis, L., Liebhard, P. and Praznik, W., 2007. Effect of seasonal changes on content and profile of soluble carbohydrates in tubers of different varieties of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(23): 9401-9408.
- Kocsis, L., Liebhard, P. and Praznik, W., 2008. Influence of harvest date on tuber growth, tuber dry matter content, inulin and sugar yield of different Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars in the semiarid production area of Austria. German Journal of Agronomy, 12: 8-21.
- Kroger, M., Meister, K. and Kava, R., 2006. Low calorie sweeteners and other sugar: A review of the safety issues. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 5: 35-47.
- Liong, M.T. and Shah, N.P., 2005. Production of organic acids from fermentation of mannitol,

Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. http://digitalhtp://digitalcommons.unl.edu/extension hist/4789.
- Tungland, B.C. and Meyer, D., 2002. Non-digestible oligo-and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 1(3): 90-109.
- Van Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H. and Smits, G., 1995. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 35(6): 525-552.
- Wada, T., Sugatani, J., Terada, E., Ohguchi, M. and Miwa, M., 2005. Physicochemical characterization and biological effects of inulin enzymatically synthesized from sucrose. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1246-1253.
- Wallin, H., 2004. Steviol Glycosides, Chemical and Technical Assessment. FAO. 63rd The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Geneva.
- Zargari, A., 1989. Medicinal Plants (Vol. 3). Tehran university Press, 916p.
- Rao, V.A., 2001. The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels. Nutrition Research, 21(6): 843-848.
- Rechinger, K.H., 1969. Flora Iranica Vol. 66, AkademischeDruck- U. Verkagsanstalt Graz-Austria.
- Roberfroid, M., 2002. Functional food concept and its application to prebiotics. Digestive and Liver Disease, 34(2): 105-110.
- Roberfroid, M.B., 2005. Inulin-type fructans: functional food ingredients. CRC Press, New York, 353p.
- Safavi, R., Naseh, Y., Jafari, A., Tavakoli, Z. and Vahidarnia, N., 2013. Flora of Iran: Composite: ichorieae. Research Institute of Forests and Rangelands, No. 77.
- Shoorideh, H., Peyghambari, S.A., Omidi, M., Naghavi, M.R., Maroufi, A. and Balandari, A., 2015. Investigation on morphological traits and root yield of Iranian chicory genotypes. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 23(2): 226-236.
- Smith, J.A. and Wilson, R.G., 2006. EC06-161 Chicory Production Guide with Emphasis on Field Production Practices for the Central High Plains.

Evaluation of percentage and degree of inulin polymerization and yield in 15 cultivars and accessions of chicory (*Cichorium intybus* L.) in northern plains of Iran

S. Pourmoradi[1*], A. Aalami[2] and M. Esfahani[3]

1*- Corresponding author, Ph.D. student of Biotechnology in University of Guilan, Rasht, Iran; Scientific Board member of Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran E-mail: Spour272@yahoo.com
2- Departemant of Plant Biotechnology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3- Departemant of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: March 2020 Revised: April 2020 Accepted: May 2020

Abstract

To evaluate the percentage and degree of polymerization and yield of inulin, and also root fresh yield of 13 native accessions and two imported cultivars of chicory (*Cichorium intybus* L.), an experiment was conducted using randomized complete block design with three replications in Khoshkedaran Research Station of Mazandaran province, Iran, in three consecutive years (2016-2018). The roots were harvested at the end of the rosette stage in the second year of cultivation, then weighed and relevant calculations were performed. Samples were extracted by using aqueous extraction method, and their total sugar content and reducing sugar and the percentage and degree of polymerization of inulin were calculated. Means comparison showed that accessions "Rasht" and "Chamestan" and imported cultivar "Selenite" had the highest percentage of inulin (15.8, 13.9, and 14.3%, respectively) among the chicory genotypes. Findings showed that cultivar "Selenite" and accession "Tonekabon" were more superior to other genotypes in terms of fresh root yield and inulin and ranked first (35.458 t ha^{-1} fresh root and 2818.99 kg ha^{-1} inulin yield) and second (12.692 t ha^{-1} fresh root and 807.5 kg ha^{-1} inulin yield), respectively. In addition, "Selenite" and "Tonekabon" had good stability in terms of percentage and degree of inulin polymerization in two years of research and were found to be more suitable for the western region of Mazandaran province than other genotypes.

Keywords: Accession, inulin, degree of polymerization, root yield, Chicory (*Cichorium intybus* L.).