نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۳ / سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۵۸-۱۴۹

Effect of Planting Density on Dry Matter Accumulation, Chlorophyll Index and Inulin Content in two Cultivars of Witloof Chicory (*Cichorium intybus* L.)

Jaber Panahandeh[1*], Shahla Abdollahi[2], Javid Emaratpardaz[3]

Received: 03 November 2021 Accepted: 01 January 2022
1- Assoc. Prof of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2- Graduate Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
3- PhD of Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: panahandeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Chicory (*Cichorium intybus* L.) is a perennial plant belong to the Asteraceae family. Chicory root as a vegetable crop can be forced in darkness to produce chicon. Also chicory roots have been reported to be the most abundant source of inulin and other oligofructoses.

Materials and Methods: in this experiment the effect of two factors including four plant densities (12, 17, 25 and 50 plants.m^{-2}) and two cultivars (Pagana, Yellow star) with three replications were evaluated based on the randomized complete block design. The experiment was conducted during 2018 in Khalat Pushan Agricultural Research Station (KPARS), University of Tabriz. During growth period, the chlorophyll index was assessed. After harvest the root yield recorded based on the yield of mean row with length of 1.5 m in each plot. In addition to root yield the foliage and root dry weight, root: foliage ratio and inulin content of roots were assessed via the colorimetric methods.

Results: the yellow star cultivar had the higher chlorophyll index and also roots: leaf ratio than Pagana. While about leaf and root dry weight yields, there were no significant differences between two cultivars. Results showed that the plant density and cultivar had not any significant effect on inulin content in chicory roots.

Conclusion: based on the results for inulin production the low and moderate plant densities (12-17 plant.m^{-2}) are advisable. The Pagana cultivar due to the low root: leaf ratio could be considered as a two purpose cultivar, roots for forcing in order to chicon production and foliage as forage crop.

Keywords: Chlorophyll Index, Colorimetry, Inulin, Plant Density, Root:Leaf Ratio , Witloof Chicory

تاثیر تراکم بوته بر تجمع ماده خشک، شاخص کلروفیل و مقدار اینولین ریشه در دو رقم شیکوره ویتلوف (*Cichorium intybus L.*)

جابر پناهنده[1]* ،شهلا عبدالهی[2]، جاوید عمارت پرداز[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱
۱-دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: Email: panahandeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

مقدمه و هدف: شیکوره با نام علمی *Cichorium intybus* L. گیاهی چند ساله از خانواده‌ی آستراسه است. ریشه‌های این گیاه علاوه بر تولید شیکون به عنوان سبزی ارزشمند از طریق فورسه کردن ریشه‌ها در محیط تاریک، مهمترین منبع مورد استفاده جهت استخراج اینولین و الیگوفروکتوزها است. با توجه به این که کشت و کار این گیاه در ایران رایج نشده و نظر به اینکه یکی از مهمترین مسائل برای ترویج کاشت یک محصول جدید تعیین تراکم کاشت و نوع رقم می‌باشد لذا پژوهش حاضر به منظور ارزیابی تراکم کاشت بر عملکرد ریشه و محتوی اینولین ریشه شیکوره صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها: طی این آزمایش تاثیر ۴ تراکم بوته (تراکم ۵۰، ۲۵، ۱۷ و ۱۲ بوته در مترمربع) و دو رقم شیکوه ویتلوف (پاگنا[1] و یلواستار[2]) به صورت آزمایش مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۸ و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. در طول دوره رشد گیاه، میزان کلروفیل برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پس از برداشت ریشه‌ها عملکرد ریشه‌ها به صورت نمونه‌برداری از ۱/۵ متر طولی ردیف گزارش شد. پس از برداشت محصول صفاتی نظیر وزن خشک بخش هوایی و ریشه، نسبت ریشه به برگ و نیز میزان اینولین ریشه‌ها به روش رنگ سنجی اندازه‌گیری شدند.

یافته ها: رقم یلواستار دارای نسبت ریشه به برگ بیشتر و نیز دارای شاخص کلروفیل بالاتری نسبت به رقم پاگنا بود در حالیکه از نظر عملکرد ماده خشک برگ و ریشه بین ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تراکم بوته تاثیر معنی‌داری بر درصد اینولین ریشه نداشت. همچنین بین ارقام مورد بررسی نیز از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل برای تولید اینولین تراکم‌های پایین و متوسط (۱۷-۱۲ بوته در متر مربع) پیشنهاد می شود. رقم پاگنا به‌دلیل برخورداری از نسبت ریشه به برگ کمتر می‌تواند بصورت یک رقم دو منظوره هم برای تولید شیکون از طریق فورسینگ ریشه و هم بعنوان گیاه علوفه‌ای در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اینولین، تراکم بوته، شاخص کلروفیل، روش رنگ‌سنجی، نسبت ریشه به برگ

[1] Pagana
[2] Yellow star

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۳ / سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۵۸-۱۴۹

مقدمه

شیکوره .*Cichorium intybus* L گیاهی چند ساله متعلق به خانواده‌ی آستراسه است. رشد این گیاه در سال اول در مزرعه به صورت روزت بوده و ریشه‌های راست حاصل از رشد سال اول پس از برداشت، جهت تولید شیکون به عنوان محصول سبزی مورد استفاده قرار می-گیرند. علاوه بر این ریشه‌های این گیاه به دلیل درصد بالا و نوع اینولین (فرانک ۲۰۰۶و چاندرا و همکاران ۲۰۱۸) موجود و نیز سهولت استخراج اینولین (نافور و همکاران ۲۰۱۷) مهمترین منبع برای تولید اینولین به شمار می‌رود.

شیکوره دارای ترکیبات ارزشمندی نظیر فلاوونوئیدها، ویتامین‌ها، کومارین‌ها و کربوهیدرات ذخیره‌ای اینولین با محتوی بالایی از فروکتوز می‌باشد. از مصارف دارویی شیکوره می‌توان به کاربرد آن به عنوان سم‌زدای کبدی، اشتهاآور، افزایش ایمنی بدن و خصوصیات ضد التهابی اشاره کرد که در درمان بیماری‌هایی مانند ایدز، سرطان، دیابت، بی خوابی، زردی، روماتیسم و چندین بیماری دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد (مونتفسکو و همکاران ۲۰۱۵؛ لایوتام و همکاران ۲۰۰۶؛ فیگوئرا و همکاران ۲۰۰۴ و فتح الله ۲۰۱۵).

جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی بایستی تولید در واحد سطح افزایش یافته و حتی‌الامکان از گیاهان کارآمدتر و با تولید بیشتر در واحد سطح استفاده شود. همچنین یکی از مسائل مطرح در تولید شیکوره رسیدن به حداکثر عملکرد و کیفیت بوده و تراکم گیاهی بهینه در این گیاه بسته به نوع مصرف می‌تواند، متفاوت باشد. به عنوان مثال در شیکوره در صورتی‌که هدف تولید شیکون باشد، بایستی تراکمی انتخاب شود که در آن ریشه‌هایی با اندازه و یکنواختی و کیفیت مناسب، به منظور به دست آوردن حداکثر عملکرد و کیفیت شیکون، حاصل شود و چنانچه کشت این گیاه به منظور حصول ماده خشک ریشه برای مصارفی نظیر استخراج اینولین صورت گیرد، نیاز به تراکمی است که منجر به حداکثر وزن ریشه شود. طی تحقیق حاضر نیز نقش تراکم گیاهی بر رشد دو رقم شیکوره ویتلوف از نظر انباشت ماده خشک و نیز شاخص کلروفیل مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت بررسی تاثیر تراکم بوته و نوع رقم بر مقدار اینولین ریشه‌ها در تیمارهای مختلف مقدار اینولین ریشه‌ها از طریق رنگ سنجی اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

آزمایش مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و کارهای آزمایشگاهی در آزمایشگاه ژنتیک و اصلاح سبزی، گروه علوم باغبانی انجام گرفت.

عملیات مزرعه‌ای

کاشت بذور دو رقم شیکوره ویتلوف (پاگنا ، یلواستار) در ۸ و ۹ اردیبهشت ماه و با توجه به نقشه کاشتی که جهت انجام آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با ۸ تیمار شامل ۴ تراکم گیاهی ۵۰، ۲۵، ۱۷ و ۱۲ plants/m2 (یعنی فواصل روی ردیف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰cm) و دو رقم به اسامی یلواستار و پاگنا با ۳ تکرار تهیه شده بود، انجام گردید. هر واحد آزمایشی (کرت) با ابعاد ۳×۲/۵ m مشتمل بر ۷ ردیف کشت به طول ۲/۵ متر بوده و کاشت بذور با فواصل بین ردیفی ۴۰ سانتی‌متر و در عمق ۲-۳ سانتی‌متری خاک انجام گرفت. آبیاری در اوایل تا جوانه‌زنی بذور با فواصل نزدیک‌و پس از آن با فواصل یک هفته و بعد از استقرار با دوره‌های حدود ۱۰ روزه انجام شد. تنک کردن و تنظیم فواصل در اواخر خرداد ماه انجام شد (شکل۱). کوددهی اول، پس از تنک کردن و با استفاده از کودهای سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره و کوددهی دوم نیز در اواسط رشد با اوره و سولفات پتاسیم انجام شد. در طی دوره رشد گیاه شاخص کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta, Japan) تعیین شد، به این صورت که در هر کرت، به طور تصادفی ۷ بوته انتخاب شده و شاخص کلروفیل در سه

برگ میانی از هر بوته اندازه‌گیری و در نهایت میانگین شاخص کلروفیل برای هر کرت محاسبه شد.

عملیات برداشت و اندازه‌گیری پارامترهای رشدی

برداشت گیاهان در نیمه‌ی دوم مهر ماه انجام گرفت. به منظور حذف اثر حاشیه‌ای نیز گیاهان ردیف حاشیه در هر کرت، کنار گذاشته شده و برداشت از گیاهان ردیف‌های داخلی هر کرت انجام گرفت (شکل ۲-ب). پس از برداشت گیاه کامل، بخش هوایی از حدود ۲ سانتی-متری بالای ریشه‌ها جدا شد (شکل ۲-الف).

شکل ۱- بوته‌های شیکوره با فواصل مشخص در مزرعه

ب الف

شکل ۲- گیاه شیکوره در زمان برداشت و جدا کردن بخش هوایی از ریشه‌ها (الف) و بوته‌های حاشیه در زمان برداشت (ب)

به منظور برآورد عملکرد، برداشت از ۱/۵ متر طولی ردیف انجام و نمونه‌ها توزین شدند. تعداد ۵ عدد ریشه از هر تکرار ابتدا به خوبی با آب شسته و سپس به قطعات کوچکتر خرد شده و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک گردیدند. داده‌های حاصل در محاسبه عملکرد وزن خشک و نیز مقدار اینولین ریشه مورد استفاده قرار گرفت. از همین ریشه‌ها جهت آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری اینولین استفاده شد.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات ریشه-های برداشت شده به وسیله نرم افزار SPSS به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و مقایسات میانگین نیز به وسیله‌ی آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

اندازه‌گیری اینولین

به منظور اندازه‌گیری مقدار اینولین موجود در ریشه‌ها، نمونه‌برداری به این صورت انجام شد که از هر تیمار و در هر تکرار به تعداد ۴ عدد ریشه ابتدا بطور کامل با آب شسته شده و سپس این ریشه‌ها جهت سهولت و یکنواختی خشک شدن، به قطعات کوچکتر خرد شده و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. از روز دوم به بعد و تا زمان تثبیت وزن خشک ریشه‌ها روزانه با ترازوی دیجیتالی توزین شدند. در ادامه تمام

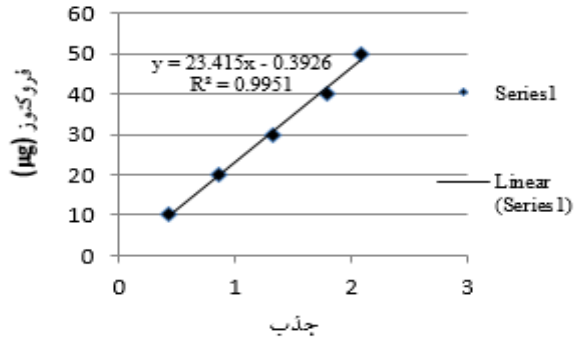
ریشه به طور کامل پودر شده و حدود ۲۰ mg از این پودر ریشه جهت اندازه‌گیری اینولین مورد استفاده قرار گرفت، به این ترتیب که ابتدا در هر نمونه، ریشه‌ی پودر شده با وزن مشخص (۲۰ mg) داخل لوله‌های آزمایش قرار گرفته و سپس عصاره‌گیری از نمونه ریشه، طبق روش ارائه شده توسط تیلور (۱۹۹۵) که به اختصار شامل مراحل ذیل بود انجام شد :

الف- یک ساعت جوش در اتانول مطلق ب- ۱/۵ ساعت جوش در EDTA (۰/۵٪ در آب) ج- ۲/۵ ساعت جوش در اسید سولفوریک ۱ نرمال

پس از انجام عمل عصاره‌گیری، از هر نمونه عصاره، ۴۰ مایکرولیتر به وسیله مایکروپیپت به داخل لوله‌های آزمایش دیگری ریخته و بعد به مقدار ml ۳، اسید کلریدریک (۱۲ نرمال) جهت انجام عمل هیدرولیز (هیدرولیز اینولین به فروکتوز) اضافه شد. همچنین ۱۰۰ مایکرولیتر تریپتامین هیدروکلراید[۳] (۱۰ میلی مولار در اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار) نیز به عنوان شناساگر به نمونه‌های داخل لوله آزمایش اضافه شد. سپس این لوله-های آزمایش به مدت ۱۵ دقیقه در بنماری با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس بلافاصله در بنماری دیگری تا رسیدن به دمای اتاق سرد شده و به مدت ۴۰ دقیقه در این دما نگهداری شد. پس از گذشت این زمان نیز، با توجه به اینکه تریپتامین با یک قند و در حضور اسید قوی تشکیل ترکیب رنگی می‌دهد (دالارو کونزاک، ۲۰۱۴). میزان جذب هر یک از این نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتری و در طول موج ۵۱۸ نانومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از منحنی کالیبراسیون (شکل ۳) که قبلا با بکارگیری نمونه‌های مشخص فروکتوز به دست آمده بود، در هر مورد مقادیر فروکتوز با توجه به نتایج جذب حاصل از نمونه‌های مجهول به دست آمد.

با توجه به اینکه اینولین دارای ۹۴ درصد فروکتوز می‌باشد، در هر مورد مقدار اینولین محاسبه شد. سپس درصد اینولین به ازای وزن خشک ریشه‌ها و نیز به ازای وزن خشک ریشه در هر بوته و در واحد سطح محاسبه شد.

تجزیه آماری داده‌های حاصل به وسیله‌ی نرم افزار SPSS و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.



شکل ۳- منحنی استاندارد جذب فروکتوز

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که نوع رقم و نیز تراکم بوته بطور معنی‌داری (به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪) شاخص کلروفیل برگ را تحت تاثیر قرار دادند. مطابق نتایج حاصل از مقایسات میانگین (جدول ۲) رقم یلواستار دارای میزان شاخص کلروفیل بیشتری (۴۶/۸۸) نسبت به رقم پاگنا (۴۱/۸) بود. همچنین از بین تراکم‌های گیاهی نیز کمترین میزان شاخص کلروفیل برگ (۴۲/۶۲) در بالاترین تراکم کاشت (۵۰ بوته در واحد سطح) مشاهده شد. بین سایر تراکم‌ها از نظر شاخص کلروفیل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. از علل کم بودن شاخص کلروفیل در کاشت متراکم می‌توان به رقابت بیشتر بین بوته‌ها و کمبود عناصر غذایی اشاره کرد (دینو و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر رقم و تراکم بوته بر شاخص کلروفیل و وزن خشک برگ در شیکوره ویتلوف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		شاخص کلروفیل	وزن خشک برگ ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک برگ ($g.m^{-2}$)
بلوک	۲	۵/۷۷۰^{ns}	۱۰۳/۸۳^{ns}	۳۹۰۴۹/۵۴۱^{ns}
رقم	۱	۱۵۵/۰۴۲**	۱۱۸/۲۸^{ns}	۸۱۱۵۶/۲۵۷^{ns}
تراکم بوته	۳	۹/۸۲۵*	۱۷۲۶/۰۴**	۷۷۳۵/۳۹۴^{ns}
رقم×تراکم بوته	۳	۰/۴۸۶^{ns}	۶۷/۱۸^{ns}	۲۸۲۶۵/۵۴۳^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۴	۲/۵۳۶	۹۵/۲۲	۲۲۱۷۲/۵۲۹

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص کلروفیل برگ و وزن خشک برگ در شیکوره ویتلوف

تیمار		شاخص کلروفیل برگ	وزن خشک برگ ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک برگ ($g.m^{-2}$)
رقم	یلواستار	۴۶/۸۸۷^{a}	۲۹/۷۳^{a}	۵۸۳/۱۵۳^{a}
	پاگنا	۴۱/۸۰۴^{b}	۵۸/۸۷^{a}	۶۹۹/۴۵۵^{a}
تراکم بوته	۵۰	۴۲/۶۲۵^{b}	۱۳/۳۵^{c}	۶۶۷/۹۱۷^{a}
	۲۵	۴۴/۱۸۳^{ab}	۲۵/۴۷^{b}	۶۳۶/۸۷۵^{a}
	۱۷	۴۵/۵۶۲^{a}	۳۵/۵۲^{b}	۵۹۲/۱۷۴^{a}
	۱۲	۴۵/۰۱۳^{a}	۵۳/۴۶^{a}	۶۶۸/۲۵۰^{a}

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

وزن خشک برگ

تجزیه واریانس مقادیر وزن خشک حاصل از دو رقم در ۴ تراکم گیاهی مختلف نشان داد که بین ارقام مورد بررسی شیکوره از نظر وزن خشک برگ در بوته اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱). بین مقادیر وزن خشک برگ حاصل از ۴ تراکم گیاهی (گیاهان با فواصل روی ردیفی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ cm) اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) مشاهده شد (جدول ۱)، به این ترتیب که بیشترین میزان وزن خشک برگ به ازای یک بوته (۵۳/۴۶ g) در کمترین تراکم گیاهی (۱۲ بوته در مترمربع) و کمترین مقدار نیز (۱۳/۳۵ g) در حداکثر تراکم (۵۰ بوته در مترمربع) به دست آمد. بین مقادیر حاصل از گیاهان با تراکم ۲۵ و ۱۷ بوته نیز از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

از نظر وزن خشک برگ در واحد سطح تفاوت معنی-داری بین ارقام و تراکم‌های مختلف مشاهده نشد هر چند رقم پاگنا دارای مقدار وزن خشک برگ بیشتری نسبت به یلواستار بود (جدول ۲). بدین ترتیب مشاهده می‌شود که بر اثر افزایش تراکم بوته در واحد سطح، وزن خشک برگ در واحد سطح افزایش و وزن خشک تک بوته کاهش می-یابد. طاهری و همکاران (۲۰۰۹) طی آزمایشی با بررسی تراکم‌های کاشت ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ گیاه در مترمربع در شیکوره نشان دادند که بالاترین عملکرد بیولوژیکی در تراکم بالاتر یعنی ۱۵ گیاه در مترمربع به دست آمد. نتایج آزمایش مذکور نشان داد که تراکم گیاهی عامل تأثیرگذار مهمی بر کمیت و خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان می-باشد که می‌تواند عملکرد کمی شیکوره را به شدت تحت تأثیر قرار دهد که با نتایج کام و قنبر اوغلو (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

وزن خشک ریشه

از نظر وزن خشک ریشه در بوته، بین دو رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما تراکم گیاهی، بطور معنی-داری ($p<۰/۰۱$) این کمیت را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک ریشه در هر بوته (۵۹/۳۲ g)، در تراکم پایین (۱۲ بوته در مترمربع) به دست آمد. کمترین مقدار نیز (۱۷/۳۹ g) مربوط به گیاهان تحت تراکم ۵۰ بوته بود (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر رقم و تراکم بوته بر وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به برگ در شیکوره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک ریشه در بوته	وزن خشک ریشه در واحد سطح	نسبت ریشه به برگ
بلوک	۲	۳/۵۶۶^{ns}	۱۰۱۱۰/۴۶۳^{ns}	۰/۷۱۶*
رقم	۱	۰/۰۱۳^{ns}	۱۹۶/۰۴۹^{ns}	۲/۰۲۴**
تراکم بوته	۳	۱۹۹۵/۶۲۱**	۲۰۶۱۴/۲۶۲^{ns}	۰/۱۱۸^{ns}
رقم×تراکم بوته	۳	۷۸/۰۴۹^{ns}	۳۰۶۶۷/۷۵۴^{ns}	۰/۰۷۸^{ns}
خطا	۱۴	۸۲/۳۰۰	۲۷۷۸۶/۰۹۹	۰/۱۷۴

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

از نظر وزن خشک ریشه در واحد سطح نیز، با اینکه بین دو رقم از نظر میزان وزن تر در واحد سطح اختلاف معنی‌داری مشاهده شده و رقم پاگنا دارای عملکرد بالاتری بود، اما از نظر وزن خشک ریشه در واحد سطح بین دو رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

ویلسون و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشات خود گزارش کردند که نوع رقم شیکوره عملکرد ریشه را تحت تاثیر قرار می‌دهد بطوریکه در آزمایش این محققین ارقام کاسل[۳]، مادونا[۴] و اورکیس[۵] عملکرد ریشه‌ی بیشتری نسبت به ارقامی نظیر روبیس[۶] یا کاترین[۷] نشان دادند.

با توجه به نتایج بدست آمده، از نظر وزن خشک ریشه در واحد سطح، اختلاف بین تراکم‌های مختلف کشت در آزمایش حاضر معنی‌دار نبود (جدول ۳) به این ترتیب به نظر می‌رسد در ارقام شیکوره مورد بررسی، گیاه تحت تراکم کمتر به واسطه‌ی تولید بیشتر وزن تر و وزن خشک به ازای هر بوته، جبران تعداد کم بوته را نسبت به تراکم‌های بالاتر نموده است.

برام و رائول (۱۹۹۷) گزارش کردند که تراکم ۱۲ گیاه در مترمربع (کمترین تراکم اعمال شده در این آزمایش) در شیکوره باعث افزایش معنی‌دار در عملکرد ریشه نشد. همچنین گل (۲۰۱۵) دو فاصله کشت ۰/۵×۰/۵ m و ۰/۵×۰/۲۵ m را در شیکوره مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که در فاصله ۰/۵×۰/۲۵ m (حدود فاصله ۰/۲×۰/۴ m یعنی تراکم ۱۲ بوته در متر مربع در این آزمایش) محصول ریشه در واحد سطح دو برابر شد. در بررسی تراکم‌های گیاهی ۵، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ گیاه در یک متر ردیف در شیکوره نیز بیشترین عملکرد ریشه در تراکم ۱۱ یا ۱۳ گیاه در یک متر طولی ردیف بدست آمد (ورگانو و کازمیک ۲۰۰۰).

۳ Cassel
۴ Madona
۵ Orchies
۶ Rubis
۷ Katrien

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر رقم و تراکم بوته بر درصد، محتوا و عملکرد اینولین ریشه در شیکوره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		درصد اینولین ریشه	محتوای اینولین ریشه	عملکرد اینولین
رقم	۱	۰/۱۳۲^{ns}	۰/۳۶۷^{ns}	۲۷/۹۶۵^{ns}
تراکم بوته	۳	۳/۱۶۹^{ns}	۷/۹۹۳**	۵۷۰/۰۶۹^{ns}
بلوک	۲	۲/۵۲۰^{ns}	۱/۳۱۲^{ns}	۳۱۹/۱۸۳^{ns}
رقم × تراکم بوته	۳	۵/۸۲۹^{ns}	۰/۷۰۹^{ns}	۷۹۱/۵۴۳^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۴	۳/۵۲۶	۰/۷۵۷	۲۷۲/۴۹۷

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه، نسبت ریشه به برگ، درصد و محتوای اینولین ریشه در شیکوره ویتلوف

تیمار		وزن خشک ریشه ($g.plant^{-1}$)	نسبت ریشه به برگ	درصد اینولین ریشه	محتوای اینولین ریشه ($g.plant^{-1}$)
رقم	یلواستار	۳۸/۱۹۹^{a}	۱/۶۵۶^{a}	۷/۷۸۳^{a}	۳/۰۲۴^{a}
	پاگنا	۳۸/۱۵۲^{a}	۱/۰۷۵^{b}	۷/۹۳۲^{a}	۲/۷۷۷^{a}
تراکم بوته	۵۰	۱۷/۳۹۰^{d}	۱/۳۶۲^{a}	۸/۶۰۳^{a}	۱/۴۸۶^{c}
	۲۵	۳۰/۲۹۸^{c}	۱/۵۴۷^{a}	۸/۳۵۷^{a}	۲/۵۷۰^{b}
	۱۷	۴۵/۶۹۲^{b}	۱/۲۰۵^{a}	۷/۱۹۰^{a}	۳/۳۴۶^{ab}
	۱۲	۵۹/۳۲۳^{a}	۱/۳۴۸^{a}	۷/۲۸۰^{a}	۴/۲۰۰^{a}

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

نسبت ریشه به برگ

مطابق نتایج حاصل مشاهده شد که تراکم بوته تاثیری بر نسبت ریشه به برگ نداشت در حالیکه این نسبت به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) تحت تاثیر نوع رقم قرار گرفت (جدول ۳). به عبارت دیگر عملکرد بخش هوایی (برگها) و ریشه بطور یکسان تحت تاثیر تراکم کاشت قرار گرفته است. بنابراین حداقل در دامنه تراکم های مورد بررسی در مطالعه حاضر نمی‌توان انتظار تغییر کاربری رقم از طریق تراکم را داشت.

بیشترین نسبت ریشه به برگ (۱/۶۵۶) در رقم لواستار حاصل شده و رقم پاگنا دارای نسبت ریشه به برگ کمتری (۱/۰۷) بود. به این ترتیب مشاهده می‌کنیم که در رقم پاگنا نسبت به رقم یلواستار سهم بیشتری از مواد حاصل از فتوسنتز به بخش هوایی اختصاص یافته است (جدول ۵). بنابراین با توجه به مصارف مختلف می بایست در گزینش ارقام شیکوره دقت شود مثلا برای استفاده ریشه ارقام مشابه به یلواستار و برای مصرف علوفه ارقامی که واکنشی مثل رقم پاگنا داشته باشند مناسب خواهند بود البته در این بین برای اهداف فورسینگ و تولید شیکون در کنار این موارد توجه به خصوصیات کمی و کیفی شیکون نیز بسیار مهم خواهد بود.

تاثیر تراکم گیاهی بر محتوای اینولین

درصد اینولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد اینولین ریشه شیکوره نشان داد که نوع رقم و همچنین تراکم بوته تاثیر معنی‌داری بر درصد اینولین در ریشه نداشت (جدول ۴).

محتوای اینولین ریشه

این کمیت نیز تحت تاثیر نوع رقم قرار نگرفت ولی با افزایش تراکم بوته و به واسطه‌ی کاهش ماده خشک ریشه در بوته بطور معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین مقدار اینولین در بوته (۴/۲ و ۳/۳۵ گرم) به ترتیب مربوط به تراکم ۱۲ و ۱۷ و کمترین مقدار نیز (۱/۴۹ گرم) مربوط به تراکم ۵۰ بوته بود (جدول ۵). رهنمائیان و فتح اله طالقانی (۱۳۸۵) در ارزیابی عملکرد ریشه و محتوی قند در چغندر بیشترین عملکرد ریشه وقند را در فاصله کاشت ۲۰ ۵۰ سانتیمتر به عبارت دیگر تراکم کاشت ۱۰ بوته در متر مربع بدست آوردند که بسیار نزدیک به تراکم ۱۲ بوته در آزمایش حاضر می باشد.

عملکرد اینولین در واحد سطح

مطابق نتایج حاصل مشاهده شد که نوع ارقام مورد بررسی و نیز تراکم بوته تاثیری بر عملکرد اینولین در واحد سطح نداشت (جدول ۴).

دانوسو و همکاران (۱۹۹۹) نیز با بررسی تراکم گیاهی ۵ الی ۱۵ گیاه در مترمربع بر تولید اینولین در شیکوره گزارش کردند که تراکم گیاهی تأثیری در عملکرد اینولین نداشته و نیز بین ارقام مورد بررسی از نظر محتوای وزن خشک و عملکرد ریشه اختلافی مشاهده نشد. همچنین خلف و همکاران (۲۰۱۸) در آزمایشی دو فاصله کشت ۰/۵×۰/۵ m و ۰/۲۵×۰/۵ m را در شیکوره مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که بین تیمارها از نظر محتوای اینولین ریشه اختلاف معنی-داری وجود ندارد.

با اینکه بین ارقام مورد بررسی در این آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر محتوای اینولین مشاهده نشد اما ویلسون و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که عملکرد ریشه، قند کل و توزیع کربوهیدرات در ریشه‌ها تحت تاثیر رقم بوده و بیشترین میزان قند کل در رقم کاترین و پس از آن در رقم اورکیس مشاهده شد. همچنین ارقام کاترین و کاسل دارای درصد بالاتری از فروکتان نسبت به ارقام روبیس و و اورکیس بودند.

نتیجه‌گیری کلی

مطابق نتایج حاصل از آزمایش در رقم یلواستار شاخص کلروفیل بالاتری نسبت به رقم پاگنا مشاهده شد. همچنین مطابق نتایج حاصل، گیاهان تحت کاشت متراکم (۵۰ بوته در مترمربع) دارای کمترین میزان شاخص کلروفیل بوده و بین سایر تراکم‌ها از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. از نظر عملکرد ماده خشک برگ و ریشه بین ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین با افزایش تراکم گیاهی میزان وزن خشک برگ و همچنین ریشه در بوته کاهش یافت. بیشترین نسبت ریشه به برگ نیز در رقم یلواستار حاصل شده و رقم پاگنا دارای نسبت کمتری بود و تراکم گیاهی تاثیری بر نسبت ریشه به برگ نشان نداد. از نظر درصد اینولین و عملکرد اینولین ریشه، بین تراکم‌های مختلف کاشت و ارقام شیکوره‌ی مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

سپاسگزاری

از ریاست وپرسنل محترم ایستگاه تحقیقاتی، آموزشی خلعت‌پوشان که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

منابع مورد استفاده

Bramm A and Ruhl G. 1997. Influence of crop density and nitrogen supply on yield, quality and nutrient uptake of chicory. Proceeding of the 5th Symposium on Renewable Resources, 22:160-166.

Chandra K, Khan W, Jettey S, Ahmad S and Jain S. 2018. Antidiabetic, toxicological, and metabolomic profiling of aqueous extract of *Cichorium intybus* seeds. Pharmacognosy Magazine, 14:377–383.

Dalar A and Konczak I. 2014. Cichorium intybus from Eastern Anatolia: phenolic composition antioxidant and enzyme inhibitory activities. Industrial Crops & Products, 60: 79–85.

Danuso F, Sandona M and Turi M. 1999. Chicory for inulin production: results of agronomic research. Notiziario ERSA, 12: 11-15.

Denev P, Petkova N, Ivanov I, Sirakov B, Vrancheva Rand Pavlov A. 2014. Determination of biologically active substances in taproot of common chicory (*Cichorium intybus* L.). Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, XVIII.

Fathalla N, Bishr M, Singab A N and Salama O. 2015. Phytochemical and biological evaluation of (*Cichorium intybus* L.) seeds. Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 10(1): 70–76.

Figueira GM, Jin K, Brod RPF and Honorío, S. L. 2004. Evaluation of desorption isotherms, drying rates and inulin concentration of chicory roots (*Cichorium intybus* L.) with and without enzymatic inactivation. Journal of Food Engineering, 63: 273–280.

Franck A. 2006. Inulin. In Food Plysaccharides and their Applications. Stephen, A. M., G. O. Phillips and P. A. Williams (eds), 335-349.

Gol NR, Noghani RZ and Chamsaz M. 2014. A comparative study of the chemical composition and antioxidant activities of roots, seeds and aerial parts of chicory (*Cichorium intybus* L.). International Journal of Biosciences, 5(12): 250–257.

Kam N and Kanberoglu GS. 2019. Chemical analysis and fatty acid composition (*Cichorium intybus* L.) by GC-MS. Journal of Engineering Technology and Applied Sciences, 4(2): 51–62.

Khalaf AH, El-Saadani RM, El-Desouky AI, Abdeldaiem, HM and Elmehy EM. 2018. Antioxidant and antimicrobial activity of gamma-irradiated chicory (*Cichorium intybus* L.) leaves and roots. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(3): 1843–1851.

Montefusco A , Semitaio G , Marrese PP, Iurlaro A, Caroli MD, Piro G, Dalessandro G, Lenucci MS. 2015. Antioxidants in varieties of chicory (*Cichorium intybus* L.) and wild poppy (*Papaver rhoeas* L.) of Southern Italy. Hindawi, 42: 1–8.

Nwafor IC, Shale K and Achilonu MC. 2017. Chemical composition and nutritive benefits of chicory (*Cichorium intybus* L.) s an ideal complementary and/or alternative livestock feed supplement. Hindawi, 15:1–11.

Rahnemaeian, M and Fathollah taleghani, D. 2006. Effect if planting arrangement and density on quality and quantity of sugar beet. 9th Iranian Plant Breeding and Crop Production.

Taheri Asghari, M, Daneshian J and Aliabadi Farahani H. 2009. Effects of drought stress and Planting Density on Quantity and Morphological Characteristics of Chicory. Asian Journal of Agricultural Sciences, 1(1): 12-14.

Taylor KACC. 1995. A colorimetric fructose assay. Applied Biochemistry and Biotechnology. 53: 215-227.

Velayutham P, Ranjithakumari BD and Baskaran, P.2006. An effitient in vitro plant regeneration system for *Cichorium intybus* L. an important medicinal plant. Journal of Agricultural Technology, 2(2): 287-298.

Vergunov VA and VN. Kuzmich. 2000. How to increase the yield of chicory root. Sakharnaya Svekla, 2:16-17.

Wilson R G , Smith JA and Dean Yonts C. 2004. Chicory root yield and carbohydrate composition is influenced by cultivar selection, planting, and harvest date. Crop Science, 34:748-75.