



SBSI



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تعلیمات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند

نشریه علمی

چغندر قند

E-ISSN 2588-6010

P-ISSN 1735-0670

جلد ۳۷ شماره ۲ سال ۱۴۰۰

دوفصلنامه

فهرست مندرجات

ارزیابی تنوع ژنتیکی نمونه‌های *Beta vulgaris subsp. maritima* با استفاده از نشانگرهای مولکولی هسته و سیتوپلاسم..... ۱۳۹

عاطفه مصیری، اصغر میرزائی اصل، محسن آقایی زاده و علی دلجو

غربال لاین‌های اوتایپ چغندر قند از نظر مقاومت به پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه..... ۱۵۳

حمزه حمزه، مهدی حسینی و حامد منصوری

بررسی بهرموری و میزان آب‌ایاری چغندر قند در روش‌های آبیاری تحت فشار و سطحی در منطقه تربت-حیدریه..... ۱۶۷

محمد کریمی و محمد جلیلی

اثرات تنش شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندر قند..... ۱۷۹

سید مهدی رضوی، رضا آقاباری و پارسا نصرالهی

مقدار آب سمپاشی بهینه برای کاربرد تری‌فلوسولفورون-متیل علیه تاج‌خروس ریشه قرمز..... ۱۹۳

اکبر علی وردی و سرپین ژنده پاک

اثرات روشن کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در نظام‌های خرده مالکی..... ۲۰۷

ولی‌اله یوسف‌آبادی و محمدعلی جواهری

طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه سمپاشی خودکار به منظور تشخیصی برخط علف‌هرز-گیاه در مزارع چغندر قند..... ۲۲۳

هادی اورک، سامان ابدانان مهدی زاده، محمدمبین اسودار و الهام الهی فرد

تشدید بیان ژن‌های شبه‌تایوتین در گیاه ارابیدوسیس و مقاومت به نماتد *Heterodera schachtii*..... ۲۳۹

شیراحمد سارانی

تحلیل مؤلفه‌های اثرگذار بر واردات شکر با تأکید بر نقش بودجه‌های تحقیق و توسعه..... ۲۴۷

حسین نوروزی، حامد رفیعی، سید صفدر حسینی، سعید یزدانی و امیرحسین چیلری

مزارش کوتاه

مزارش کشت پاییزه چغندر قند کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰..... ۲۶۳

مصطفی حسین پور، محمدسعید حسینی، سعید یاراحمدی، علی جلیان، محسن بذرافشان و بابک بابائی

اعضاء هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

رجب جوگان (استاد)، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر - کرج

اباذر رجبی (دانشیار)، مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج

عباسعلی زالی (استاد)، دانشگاه تهران - دانشکده کشاورزی - کرج

سید یعقوب صادقیان مطهر (استاد)، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال - کرج

ایرج صالح (دانشیار)، دانشگاه تهران - دانشکده کشاورزی - کرج

داریوش طالقانی (دانشیار)، مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج

جواد گوهری (دانشیار)، مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج

اسلام مجیدی (استاد)، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی - کرج

محمود مصباح (استاد)، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال - کرج

محمد مقدم واحد (استاد)، دانشگاه تبریز - دانشکده کشاورزی - تبریز

دوران این شماره (به ترتیب حروف الفبا):

رحیم احمدوند، هرمز اسدی، مهدی اکبری، بابک بابایی، ارژنگ جوادی، عبدالمجید خورشید، افراسیاب راهنما، محسن رفعتی، اباذر رجبی، هادی سالک، مهیار شیخ الاسلامی، سعید صادقزاده حمایتی، محمد عبداللهیان نوقابی، محمدرضا غفاری، داریوش طالقانی، پرویز فصاحت، مژده کاکویی نژاد، جواد گوهری، رحیم محمدیان، سیدباقر محمودی، محمود مصباح، حسین نجفی، شهرام نوروززاده، و ولی‌اله یوسف‌آبادی.

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

www.ISC.gov.ir

۱- پایگاه استنادی علوم ایران و جهان اسلام (ISC)

www.fao.org/agris

۲- نمایه تخصصی فائو (FAO)

www.cabi.org

۳- نمایه تخصصی CAB

www.cabi.org/publishing-products/online-information-resources/crop-science-database

۴- نمایه تخصصی (Crop Science) Database

https://doaj.org

۵- پایگاه اطلاعاتی doaj

https://scholar.google.com/scholar

۶- پایگاه اطلاعاتی گوگل اسکولار

<https://independent.academia.edu/sugarbeetjournal>

۷- پایگاه اطلاعاتی آکادمیا

sugarbeetjournal

www.researchbib.com

۸- پایگاه اطلاعاتی Resource Index (ResearchBib)

https://www.linkedin.com/in/sugar-beet-61bab8236/

۹- پایگاه اطلاعاتی linkdin

www.ricest.ac.ir

۱۰- ایران ژورنال

www.sid.ir

۱۱- پایگاه اطلاعات جهاددانشگاهی

www.magiran.com

۱۲- بانک اطلاعات نشریات کشور

http://evaljournals.areeo.ac.ir/

۱۳- مرکز اطلاعات و مدارک علمی

کشاورزی (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی)

بسم الله الرحمن الرحيم



«چغندر قند»

دارای رتبه علمی - پژوهشی

تمدید اعتبار به استناد نامه شماره ۳/۱۸/۱۴۹۱۳۳ مورخ

۹۴/۷/۲۲ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۳۷ شماره ۲ سال ۱۴۰۰

ترتیب انتشار: دو فصلنامه

صاحب امتیاز و ناشر:

مؤسسه تحقیقات چغندر قند

مدیر مسئول:

داریوش طالقانی (رییس مؤسسه تحقیقات چغندر قند)

سر دبیر:

اسلام مجیدی هروان

مدیر داخلی:

فرحناز حمدی

ویراستار فارسی:

سیدباقر محمودی و علی صارمی راد

ویراستار انگلیسی:

پرویز فصاحت

مشاور آماری:

اباذر رجبی و سعید صادق زاده حمایتی

خدمات کامپیوتری و طراحی روی جلد:

سیدمرتضی عربزاده

نشانی مجله: کرج، صندوق پستی ۴۱۱۴-۳۱۵۸۵،

تلفن و نمابر: ۳۲۷۵۶۳۲۶ - ۰۲۶

پست الکترونیک:

E- mail: jsb.sbsi@areeo.ac.ir

E- mail: sugarbeet.journal@gmail.com

نشانی سامانه اینترنتی:

<http://jsb.areeo.ac.ir>

فهرست مندرجات

- ✓ ۱۳۹ ارزیابی تنوع ژنتیکی نمونه‌های *Beta vulgaris subsp. maritima* با استفاده از نشانگرهای مولکولی هسته و سیتوپلاسم
عاطفه نصیری، اصغر میرزائی اصل، محسن آقایی زاده و علی دلجو
- ✓ ۱۵۳ غربال لاین‌های اوتایپ چغندر قند از نظر مقاومت به پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه
حمزه حمزه، مهدی حسنی و حامد منصوری
- ✓ ۱۶۷ بررسی بهره‌وری و میزان آب‌آبیاری چغندر قند در روش‌های آبیاری تحت فشار و سطحی در منطقه تربت حیدریه
محمد کریمی و محمد جلیلی
- ✓ ۱۷۹ اثرات تنش شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندر قند
سید مهدی رضوی، رضا آقایی و پریسا نصرالهی
- ✓ ۱۹۳ مقدار آب سمپاشی بهینه برای کاربرد تری‌فلوسولفورون-متیل علیه تاج‌خروس ریشه قرمز
اکبر علی‌وردی و نسرین زنده پاک
- ✓ ۲۰۷ اثرات روش کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در نظام‌های خرده مالکی
ولی‌اله یوسف‌آبادی و محمدعلی جواهری
- ✓ ۲۲۳ طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه سمپاش خودکار به منظور تشخیص برخط علف‌هرز-گیاه در مزارع چغندر قند
هادی اورک، سامان آبدانان مهدی‌زاده، محمدامین آسودار و الهام الهی فرد
- ✓ ۲۳۹ تشدید بیان ژن‌های شبه‌تایونین در گیاه آرابیدوپسیس و مقاومت به نماتد *Heterodera schachtii*
شیراحمد سارانی
- ✓ ۲۴۷ تحلیل مؤلفه‌های اثرگذار بر واردات شکر با تأکید بر نقش بودجه‌های تحقیق و توسعه
حسین نوروزی، حامد رفیعی، سید صفدر حسینی، سعید یزدانی و امیرحسین چیذری
- گزارش کوتاه
- ✓ ۲۶۳ گزارش کشت پاییزه چغندر قند کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰
مصطفی حسین پور، محمدسعید حسوندی، سعید یاراحمدی، علی جلیلیان، محسن بذرافشان و بابک بابائی

بنام خدا راهنمای تهیه مقاله برای نشریه چغندرقد

این نشریه مقالاتی را که به طور مستقیم یا غیرمستقیم از تحقیقات چغندرقد در زمینه‌های مختلف که به فارسی یا انگلیسی نوشته شده و جهت چاپ به سایر مجلات ارسال نشده باشد، می‌پذیرد. ضمناً مقالات مروری با ارزش در رشته‌های مرتبط با تحقیقات چغندرقد نیز پذیرفته می‌شود.

هیئت تحریریه نشریه چغندرقد، رعایت دقیق دستورالعمل زیر را به عنوان یکی از شرایط اصلی پذیرش مقاله تلقی نموده و مقالاتی را که در این چارچوب تنظیم شده باشد می‌پذیرد.

۱- روش نگارش

کلیه قسمت‌های مقاله باید در اندازه کاغذ A4 و با فاصله سطرهای یک سانتی‌متر و حاشیه سه سانتی‌متر از هر طرف و برای متن فارسی با قلم میترا ۱۳ و لاتین Times New Roman 11 تایپ شده باشد. تا آن جا که ممکن است از به کار بردن کلمات نامأنوس خارجی در متن مقاله خودداری شود. نام نگارندگان خارجی و همچنین نام محل‌ها، ترکیب‌های شیمیایی، علائم اختصاری و هر نوع اصطلاح خارجی که در متن مقاله به آن‌ها اشاره می‌شود، بار اول به فارسی و در داخل پرانتز به لاتین نوشته و در تکرار بعدی فقط به فارسی نوشته شوند. **تعداد صفحات مقاله حداکثر ۱۵ صفحه باشد.** مقالات از طریق سایت نشریه: <http://jsb.areeo.ac.ir> به صورت آنلاین ارسال و رهگیری می‌شود.

۲- برگ مشخصات مقاله

به همراه هر مقاله یک صفحه جداگانه که در آن عنوان کامل مقاله، نام، نام خانوادگی، رتبه علمی نگارنده(گان)، نام سازمان یا مؤسسه محل اشتغال نگارنده(گان)، پست الکترونیکی نویسنده مسئول، محل انجام تحقیق مربوط به مقاله به فارسی و انگلیسی به طور کامل نوشته و ارسال شود. ضمناً افرادی که در پروپوزال مربوط به تحقیق منتهی به مقاله شرکت داشته‌اند و افرادی که اسامی‌شان جزء نگارندگان می‌باشند باید با امضاء این برگه اطلاع خود را از محتوای مقاله اعلام نمایند.

۳- ترتیب بخش‌های مقاله

قسمت‌های مختلف مقاله به ترتیب عبارت است از عنوان، چکیده، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث، سپاسگزاری و منابع مورد استفاده می‌باشد. نتایج و بحث می‌توانند توأم و یا به صورت جداگانه ارائه شوند. ضمناً در مقالات انگلیسی چکیده فارسی و در مقالات فارسی چکیده انگلیسی پیوست مقاله خواهد بود.

۳-۱- عنوان

عنوان مقاله باید خلاصه و روان بوده و از ۲۵ کلمه تجاوز نکند. ترجمه انگلیسی عنوان (با حروف کوچک) نیز باید زیر عنوان فارسی نوشته شود. نام و نام خانوادگی نویسنده (نویسندگان) در زیر عنوان قید و در زیرنویس همان صفحه رتبه علمی(مربی پژوهشی، استادیار، ...)، آدرس و پست الکترونیکی نویسنده مسئول و محل کار سایر نویسندگان آورده شود.

۳-۲- چکیده و واژه‌های کلیدی

چکیده مجموعه فشرده و گویایی از مقاله با تاکید بر هدف، روش کار، نتایج و بحث بوده و حداکثر در **۲۵۰ کلمه** و در یک پاراگراف ارائه شود (از ذکر منبع در چکیده خودداری شود).

واژه‌های کلیدی مهم‌ترین کلمات اختصاصی مقاله خواهد بود که جهت جستجو و دسترسی به مقاله انتخاب و درج می‌شوند.

۳-۳- مقدمه

مقدمه شامل معرفی و توجیه موضوع مورد بررسی است که در آن به تحقیقات انجام یافته سایرین در زمینه موردنظر به اندازه کافی پرداخته شده، اهمیت و هدف بررسی را به وضوح توجیه می‌نماید.

۳-۴- مواد و روش‌ها

این قسمت شامل شرح کامل مواد، روش اجرای تحقیق، قالب طرح آزمایشی، زمان، محل اجرا و روش‌های آماری مورد استفاده می‌باشد. از شرح کامل روش‌های کلاسیک و متون کتابی (text) استفاده شده در تحقیق خودداری و فقط به ارائه عنوان و خلاصه روش‌ها، اصول و منابع اکتفا شود.

۳-۵- نتایج

نتایج حاصل از تحقیق به صورت متن، جداول و اشکال ارائه شود. اطلاعات متن جداول نباید به صورت شکل، نمودار و یا به هر نحو دیگری تکرار شود.

در بالای جداول پس از کلمه جدول، شماره آن و سپس عنوان نوشته شود. عنوان جدول باید مختصر بوده ولی گویای صفات مهم و اعداد متن جدول باشد. هر ستون جدول باید دارای عنوان سرستون و واحد مربوط به آن ستون باشد. جداول باید از سمت راست به چپ و با متن فارسی تنظیم گردند. تمام اعداد متن جدول و توضیحات آن به زبان مقاله ارائه شود. چنانچه واحد تمام اعداد متن جدول یکسان باشند، می‌توان واحد را در سمت چپ عنوان اصلی جدول ذکر کرد. توضیحات اضافی عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه شده و ارتباط زیرنویس با جدول به صورت اعداد یا حروف فارسی در بالا و سمت چپ اعداد، ارقام و غیره مشخص شود.

نتایج بررسی‌ها صرفاً به صورت خلاصه شد، مگر در موارد خواهد آماری با استفاده از روش‌های علمی مناسب در جداول منعکس‌های که ذکر اطلاعات خام ضروری باشد. جداول بلافاصله پس از اشاره به شماره آن در متن ارائه می‌شود معدودی

شکل‌ها شامل عکس و کارهای ترسیمی (نمودارها، منحنی‌ها) است. اشکال حتی‌الامکان به صورت سیاه و سفید، واضح، گویا و در صورت امکان دارای مقیاس باشند. عنوان شکل‌ها در زیر آن به طوری که پس از کلمه شکل، شماره آن و سپس مشخصات اصلی شکل به صورت گویا و مختصر ارائه شود. حتی‌الامکان عکس‌ها به صورت فایل کامپیوتری با توضیحات ارسال شود. درخصوص عکس نیز پس از کلمه عکس شماره آن و مشخصات آن بصورت گویا و مختصر نوشته شود.

چنان چه نتایج در چند قسمت ارائه شده است هر قسمت با عدد مشخص گردد.

۳-۶- بحث

بحث مهم‌ترین بخش مقاله بوده که کلیه نتایج به دست آمده، توصیه‌های لازم و کاربردی با در نظر گرفتن هدف تحقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و لازم است:

- نتایج تحقیقات مشابه دیگران با نتایج به دست آمده در مقاله مقابله و مورد مقایسه قرار گیرد.
- در صورت امکان از نتایج به دست آمده پیشنهادات کاربردی ارائه گردد. پیشنهادات کاملاً روشن بوده و نباید به صورت احتمالی و تردیدی باشند.

۳-۷- سپاسگزاری

در صورت نیاز، از تأمین کنندگان بودجه، امکانات، اشخاص و سازمان‌هایی که در انجام تحقیق مساعدت کرده ولی جزء مؤلفین نباشند می‌توان حداکثر در چهار سطر سپاسگزاری نمود.

۳-۸- منابع مورد استفاده

ارجاع به منبع مورد استفاده پس از بیان مطلب قید می‌شود. طرز نوشتن ارجاع در متن براساس نام نگارنده و سال انتشار منبع به انگلیسی خواهد بود. مراجعی که دو نویسنده دارند، هر دو اسم و مراجعی که بیش از دو نفر نویسنده دارند، ابتدا اسم نفر اول و پس از آن واژه همکاران و در داخل پرانتز به انگلیسی پس از اسم نفر اول (et al.) استفاده شود.

فهرست منابع مورد استفاده در آخر به صورت پیوسته و براساس روش ونکوور (References Vancouver Style) تنظیم گردد. منابع مورد استفاده به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نگارنده، زیر هم آورده شوند. چنانچه از یک نگارنده چندین منبع مورد مراجعه قرار گرفته باشد، ترتیب درج آن‌ها بر حسب سال انتشار، از قدیم به جدید خواهد بود. در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، براساس ترتیب سال تنظیم شود.

در مورد معرفی مقاله به ترتیب نام خانوادگی و حرف اول اسم کوچک نگارنده، عنوان مقاله، عنوان نشریه، سال انتشار، شماره جلد، شماره انتشار در داخل پرانتز، شماره اولین و آخرین صفحه مقاله خواهد آمد. در موارد مختلف به صورت مثال آورده شود.

در مورد گزارش‌های نهایی طبق رعایت فرمت، باید شماره ثبت نیز ذکر شود.

مثال

Book: Munshower FF. Disturbed land revegetation, Lewis Publishers, Boca Raton, FL., 1994; pp. 265.

Article: Rodrigues MA, Pereira A, Cabanas JE, Dias L, Pires J, Arrobas M. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy. 2006; 25(4): 328-35.

Published conference paper: Bengtsson S, Solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security in medical informatics. In: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7th World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland. Amsterdam: North Holland; 1992. P. 1561-5

Thesis: Kay JG, Intracellular cytokine trafficking trafficking and phagocytosis in macrophages (PhD thesis). St Lucia, Qld: University of Queensland; 2007.

Journal Article on the Internet: Collinge DB, Kragh KM, Mikkelsen JD, Nielsen KK, Rasmussen U, Vad K. Plant chitinases. Plant Journal. 1993 Jan, 3 (1), 31-40. doi:10.1046/j.1365-313X.1993.t01-1-00999.x

Electronic article: Lemanek K. Adherence issues in the medical management of asthma. Journal of Pediatric Psychology [Internet]. 1990 [cited 2010 Apr 22]; 15(4): 437- 58. Available from: <http://jpepsy.Oxfordjournals.org/cgi/reprint/15/4/437>

Report: Page E, Harney JM. Health hazard evaluation report. Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health (US); 2001 Feb. 24 p. Report. No.:HETA 2000-0139-2824

اگر منبع فارسی است باید به شکل زیر به انگلیسی برگردانده شود:

حبیبی، د. نورمحمدی، ق. کریمی آبادچی، م.م. مجیدی هروان، ا و درویش، ف. ۱۳۸۳. اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد ریشه و عیار چغندر قند. علوم کشاورزی، ۱۰(۱):۲۲-۳۳.

Habibi D, Nourmohammadi Gh, Karimi Abadchi MM, Majidi Harvan E, Darvish F. The effects of sowing date and density on sugar beet root yield and sucrose content. Agricultural Science. 2004; 10(1):22-32. (in Persian, abstract in English)

۳-۹- چکیده به زبان انگلیسی

چکیده مقاله به زبان انگلیسی، ترجمه سلیس چکیده فارسی است که در یک پاراگراف آورده می شود. در این قسمت پس از عنوان مقاله، اسامی نویسندگان به ترتیب حرف اول نام و نام خانوادگی کامل هر کدام که با حروف بزرگ شروع می شوند به صورت قرینه در زیر عنوان آورده می شود و به صورت زیرنویس آدرس نویسندگان و پست الکترونیکی نویسنده مسئول تحریر گردد. بر روی اسامی شماره گذاری شده و آدرس به همان شماره مرتبط می گردد.

سایر نکات

- مسئولیت نظرات ارائه شده در هر مقاله با نگارنده(گان) آن می باشد.
- مقالات پس از پذیرش توسط هیأت تحریریه نشریه با رعایت نوبت و به ترتیب آماده شدن به چاپ می رسد.
- در داخل متن مقاله اعداد صفر تا نه به صورت حروفی و اعداد بالاتر به صورت عددی آورده شود.
- شروع پاراگراف با فاصله یک سانتی متر تورفتگی خواهد بود.
- پس از، (کاما) و پس از نقطه یک فاصله داده شده و ادامه مطلب آورده شود.
- هیئت تحریریه در پذیرش مقاله، اصلاح و ویرایش آن کاملاً آزاد است.
- **دریافت و چاپ مقاله رایگان می باشد. همچنین به صورت "دسترسی آزاد" است.**
- **نوع داوری به صورت داوری بدون نام و حداقل ۲ داور می باشد.**
- **این نشریه تحت قانون بین المللی کپی رایت Creative Commons: CC BY 4.0 می باشد.**
- متن کامل مقالات به فارسی و انگلیسی نمایه می شوند.



ارزیابی تنوع ژنتیکی نمونه‌های *Beta vulgaris* subsp. *maritima* با استفاده از نشانگرهای مولکولی هسته و سیتوپلاسم

Evaluation the genetic diversity of *Beta vulgaris* subsp. *maritima* samples using nuclear and cytoplasmic molecular markers

عاطفه نصیری^۱، اصغر میرزائی اصل^{۲*}، محسن آقایی زاده^۳ و علی دلجو^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/JSB.2022.357147.1295

ع. نصیری، ا. میرزائی اصل، م. آقایی زاده و ع. دلجو. ۱۴۰۰. ارزیابی تنوع ژنتیکی نمونه‌های *Beta vulgaris* subsp. *maritima* با استفاده از نشانگرهای مولکولی هسته و سیتوپلاسم. چغندرقد، ۳۷(۲): ۱۵۱-۱۳۹

چکیده

چغندر ماریتیما (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) نقش مهمی در برنامه‌های به‌نژادی چغندرقد دارد و تحقیق در مورد تنوع ژنتیکی آن اهمیت زیادی دارد. تعداد ۱۳ نمونه چغندر ماریتیما شامل ۱۰ نمونه ایرانی و سه نمونه اروپایی در این تحقیق ارزیابی شدند. دو نوع نشانگر مولکولی ISSR و ماهوارک (minisatellite) برای بررسی ژنوم هسته و میتوکندری مورد استفاده قرار گرفت. تعداد ۱۷۶ مکان با ۱۳ آغازگر شناسایی شد که ۱۴۷ مورد (۸۴/۲۷ درصد) چندشکلی نشان دادند. نتایج مشخص نمود که در بین نمونه‌ها ارزش محتوای اطلاعات چند شکلی (PIC) به میزان ۳۲ درصد است. آغازگرهای (AC)8YT و (GA) 8YC بیشترین میزان ارزش PIC (۳۸٪) را داشتند. آغازگر (CT)8RG با بیشترین شاخص نشانگر (MI) می‌تواند برای تجزیه‌های بیشتر مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس نتایج تجزیه‌های UPGMA و ANOVA همه نمونه‌ها به دو گروه اصلی تقسیم شدند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCoA) با دندروگرام تنوع ژنتیکی نشان داد که نمونه‌های ایرانی و اروپایی از یکدیگر متفاوت هستند. برای مطالعه تنوع سیتوپلاسمی، از چهار نشانگر ماهوارک استفاده شد. نمونه‌ها به چهار گروه میتوکندریایی بر اساس تنوع آغازگرها تقسیم شدند. با توجه به نتایج توالی‌یابی برخی نمونه‌های ایرانی هتروپلاسمی بودند.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، چغندر ماریتیما، ماهوارک، نشانگر ISSR، هتروپلاسمی



مقدمه

جنس بتا به خانواده آمارانتاسه تعلق دارد (Grimmer et al. 2007). منشا بسیاری گونه‌ها در این جنس از جنوب غربی آسیا هستند (Biancardi et al. 2005). علاوه بر این در سایر مطالعات ساحل دریای سرخ، ساحل جنوب شرقی دریای سیاه، ارمنستان، قفقاز، ساحل دریای خزر، ایران و هندوستان مناطق اولیه جنس بتا هستند که توسط بیانکاردی و همکاران معرفی شدند. (Bincardi et al. 2005) نمونه‌های چغندر وحشی در شمال شرق اروپا، در امتداد سواحل مدیترانه اروپا و آفریقا گسترده شده و تا ایران، هندوستان، چین و سایر کشورهای آسیایی ادامه یافته است. (Arjmand et al. 1991) گونه ولگاریس علفی، دو لپه‌ای، هالوفیت و گیاه دیپلوئید است. گیاه چغندرقد دو ساله و به ندرت چند ساله است. اگرچه زیرگونه ماریتیما (*maritima*) معمولاً یک ساله است (Arumuganathan et al. 1991) زیرگونه ماریتیما منشا چغندرقد است و شناخت بهتر آن می‌تواند برای افزایش میزان رشد و برنامه‌های اصلاحی این گیاه صنعتی مفید باشد. چغندرقد تلاقی سازگار با چغندر ماریتیما دارد. چغندر وحشی دریایی نیای چغندرقد است و منبع ژنتیکی مهمی برای اصلاح چغندرقد شامل تنش‌های زنده و غیرزنده و نرعیمی سیتوپلاسمی است. موفقیت در برنامه اصلاحی بستگی زیادی به توانایی تولید و شناسایی تنوع ژنتیکی و مهارت در انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی خاص است (Biancardi et al. 2005). ساختار ژنتیکی گیاهان نتیجه برهمکنش ژنتیک و محیط در محدوده زمانی طولانی است، بنابراین الگوی با ارزشی از ژنتیک و محیط در این گیاهان در دست ما است (Kato et al. 2003; Kumar 1999).

مطالعات زیادی برای ارزیابی ژرم پلاسم‌های بومی و گونه‌های وحشی در ایران انجام شده است. مطالعه گونه‌های وحشی در جنس بتا در ایران از سال ۱۹۹۳ با جمع‌آوری بذور از نقاط مختلف کشور انجام شده است (Arjmand et al. 1996). نشانگرهای

DNA انتخاب ایده‌آلی برای تجزیه تنوع ژنتیکی گیاهان است (Kummar 1999).

دانش تنوع ژنتیکی برای انتخاب دقیق والدین خوب در تولید هیبریدهای قوی بسیار حائز اهمیت است. ارزیابی تنوع ژنتیکی با نشانگرهای DNA برای شناسایی و بررسی واریته‌ها و خصوصیات اکولوژیکی و فیلوژنتیکی بکار میرود (Kummar 1999, sharma et al. 1999). نشانگر ISSR (توالی‌های بین توالی‌های تکراری ساده) یک نشانگر غالب با کاربرد سریع، ساده و مؤثر است. تکنیک ISSR قطعات DNA بین دو توالی مشابه ریزماهورهای را تکثیر می‌کند که در جهت عکس هم هستند (Meyer et al. 1999, Wu et al. 1994). نشانگر ISSR در نشانمند کردن ژن (Joshi- Saha and Gopalakrishna 2007)، مطالعات تنوع ژنتیکی (Kozyrenko et al. 2009; Sehgal et al. 2011)، انگشت نگاری (Bhagyawant and Srivastava 2008)، نقشه‌یابی ژنوم (Venkateswarlu et al. 2006)، شناسایی ژنتیکی (Martins-lopes et al. 2007)، شناسایی ژنوتیپ‌های هتروزیگوت و هموزیگوت (Sankar and moore 2001)، انتخاب به کمک نشانگرها (Vijayan et al. 2006) و تشخیص مکان‌های صفات کمی (Hashizume et al. 2003) چندشکلی DNA سیتوپلاسمی برای بررسی جریان ژنی، شناسایی شجره والدین با نگاه توارث مادری و تکامل ژنتیکی (Dumolin- lapegue et al. 1998, McCauley 1995) استفاده شده است. بررسی DNA میتوکندریایی برای انگشت‌نگاری نرعیمی سیتوپلاسمی در برنامه‌های اصلاحی چغندرقد، تعیین تنوع سیتوپلاسمی در نمونه‌های ژرم پلاسم و شناسایی نرعیمی ستوپلاسمی جدید، مفید است. دسپلانگ و همکاران (Desplanque et al. 2000) رابطه‌ای بین DNA میکروپلاستی و میتوکندریایی در چغندر ماریتیما پیدا نکردند و هر دو ژنوم برای مطالعات ژنتیک مادری مناسب هستند و جمعیت‌های چغندر در ۱۲ اکوتیپ دسته‌بندی شدند. اسمولدر و همکاران (Smulders et al.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

تعداد ده نمونه (m1 تا m10) چغندر زیرگونه ماریتیما استفاده شده در این مطالعه، توسط مؤسسه تحقیقات چغندر قند واقع در کرج فراهم گردید. منشأ جغرافیایی در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد سه نمونه اروپایی m11 از فرانسه، m12 از یونان و m13 از ایتالیا به عنوان شاهد استفاده شدند.

(2010) تنوع ژنتیکی *B. vulgaris* دیپلوئید و تریپلوئید را با ۱۲ نشانگر ریزماهواره بررسی کردند. توسعه تنوع ژنتیکی چغندر با نشانگرهای مختلفی شناسایی شده است، اما با نشانگر ISSR انجام نشده است. در این تحقیق، این نشانگر برای تعیین تنوع ژنتیکی ۱۳ نمونه چغندر زیرگونه ماریتیما که ده مورد از آن از ایران جمع‌آوری شده و سه مورد آن اروپایی است، استفاده گردید، همچنین تنوع ژنتیکی همه سیزده نمونه زیرگونه ماریتیما از طریق DNA هسته و میتوکندری با تکثیر ISSR و مکانی‌های ماهوارک (Minisatellite) بررسی شد.

جدول ۱ منشأ جغرافیایی نمونه‌های چغندر ماریتیما (*Beta vulgaris* supsp. *maritima*)

کشور	منطقه	شماره نمونه	طول و عرض جغرافیایی
ایران	صفی آباد (A)	m1	32°15'N/48°24'E
ایران	میناب	m2	27°8'N/57°4'E
ایران	سرخان	m3	32°22'N/48°25'E
ایران	ديلم	m4	32°22'N/48°25'E
ایران	شوش	m5	32°11'N/48°14'E
ایران	دزفول	m6	32°22'N/48°25'E
ایران	مغان	m7	39°17'N/47°37'E
ایران	گرمی	m8	39°1'N/48°4'E
ایران	فکان	m9	32°22'N/48°25'E
ایران	صفی آباد (B)	m10	32°15'N/48°24'E
فرانسه	Normandy	m11	48°52'N/0°10'E
یونان	Kefalonia	m12	38°10'N/20°34'E
ایتالیا	Sardinia	m13	40°7'N/9°0'E

تکثیر ماهوارک‌ها

مطابق نیشیزاوا و همکاران (Nishizawa et al. 2000)، چهار جفت آغازگر برای تکثیر PCR از مکان‌های ماهوارک (Minisatellite) میتوکندریایی TR1، TR2، TR3 و TR4 استفاده شد. چهار گروه مکان ماهوارک در چغندر با تعداد تکرارهای متفاوت پشت سر هم میتوکندریایی (mtVNTR) به ترتیب با طول‌های ۳۲، ۳۳، ۶۶ و ۳۰ جفت باز شناخته می‌شوند.

تکثیر PCR در حجم ۲۵ میکرولیتر شامل کلرید منیزیم سه میلی مولار dNTPها هریک ۰/۴ میلی مولار هر آغازگر با ۰/۴

استخراج DNA و تکثیر PCR

از هر نمونه برگ‌های جوان ۱۰ بوته از مزرعه آزمایشی دانشگاه بوعلی سینا همدان برای استخراج DNA برداشت شد و با هم به میزان مساوی مخلوط گردیدند تا نمونه‌های یکنواخت از ژرم‌پلاسما فراهم گردد. نمونه‌ها با نیتروژن مایع پودر شدند. استخراج و خالص‌سازی DNA کل با استفاده از روش بهبود یافته CTBA بر اساس Cai و همکاران انجام شد (Cai et al. 1997).

ژل آگارز ۳ درصد، بافر TBE و با ولتاژ ۸۰ به مدت سه ساعت تفکیک شد.

تکثیر ISSR

تعداد ۲۰ آغازگر ریزماهواره از شرکت بایولژیو (Biolegio, (Nijmegen, Netherlands)) تهیه شد. همه ۲۰ آغازگر ISSR غربال شدند و بر اساس تکرارپذیری و چندشکلی تولید شده، تعداد ۱۳ آغازگر ISSR در نهایت انتخاب شدند (جدول ۲).

پیکومول، آنزیم DNA پلیمراز Taq به میزان یک یونیت، بافر PCR به میزان ۵/۲ میکرولیتر و DNA ژنومی به میزان ۱۰۰ نانوگرم در حجم نهایی بود.

شرایط PCR در دماها و زمان‌های شامل: ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه و به دنبال آن ۳۵ چرخه، ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه، ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه، ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه و در آخر گسترش نهایی در ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه بود. محصول PCR در

جدول ۲ مشخصات آغازگرهای ISSR مورد استفاده در بررسی تنوع ژنوم هسته چغندر ماریتیما

آغازگر	توالی	دما (سانتی‌گراد)	تعداد مکان‌های تکثیر شده	تعداد مکان‌های چندشکلی	درصد چند شکلی	PIC value	MI value
P1	(AG)8T	۵۴	۱۴	۱۲	۸۵/۷۱	۰/۳۱	۳/۱۸
P2	(AG)8YT	۵۲	۱۵	۱۳	۵۶/۶۶	۰/۳۰	۳/۳۸
P3	(AC)8YT	۵۲	۱۲	۱۰	۸۳/۳۳	۰/۳۸	۳/۱۶
P4	(CA)8G	۵۳	۱۲	۱۰	۸۳/۳۳	۰/۲۹	۲/۴۱
P5	(CT)8RC	۵۴	۱۶	۱۴	۸۷/۵۰	۰/۳۱	۳/۷۹
P6	(CT)8RG	۴۲	۱۷	۱۵	۸۸/۲۳	۰/۳۲	۴/۳۳
P7	(GA)8C	۵۲	۱۱	۱۰	۹۰/۹۰	۰/۲۶	۲/۳۶
P8	(GA)8T	۵۲	۱۲	۹	۷۵/۰۰	۰/۳۷	۲/۴۹
P9	(GA)8YC	۵۲	۱۹	۱۴	۷۳/۶۸	۰/۳۸	۳/۹۲
P10	(TC)8C	۵۴	۱۲	۱۰	۸۳/۳۳	۰/۳۴	۲/۸۳
P11	(TG)8A	۵۲	۹	۸	۸۸/۸۸	۰/۳۷	۲/۶۳
P12	(TG)8G	۵۲	۱۲	۱۰	۸۳/۳۳	۰/۳۶	۳/۰۰
P13	GGGC(GA)8	۵۵	۱۴	۱۲	۸۵/۷۱	۰/۲۶	۲/۶۷
SUM	-	-	۱۷۵	۱۴۷	-	-	-
Mean	-	-	۱۳/۴۶	۱۱/۳	۸۴	۰/۳۲	۳/۰۸

(Annealing Temperature=Ta, R=A/G, Y=C/T)

۵۵ درجه سانتی‌گراد دمای اتصال بسته به آغازگرها به مدت ۳۰ ثانیه، ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه و در آخر گسترش نهایی در ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه بود. محصول PCR در ژل آگارز یک درصد در بافر 1x TBE با ولتاژ ۸۰ تفکیک شد. همه نتایج PCR برای تکرارپذیری حداقل سه بار بررسی شدند.

امتیازدهی و تجزیه داده‌ها

تکثیر PCR در حجم ۲۵ میکرولیتر شامل کلرید منیزیم سه میلی مولار، هر dNTP به میزان ۰/۶ میلی مولار، از هر آغازگر ۰/۸ پیکومول و آنزیم DNA پلیمراز Taq به میزان یک یونیت بود. بافر PCR به میزان ۲/۵ میکرولیتر و DNA ژنومی به میزان ۱۰۰ نانوگرم برای هر واکنش اضافه شد.

شرایط PCR شامل: ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه و در ادامه ۴۰ چرخه از ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه،

نتایج

چندشکلی ISSR

اندازه قطعات تکثیر شده PCR از ۱۵۰ تا ۳۰۰۰ جفت باز متفاوت بود. تعداد ۱۴۷ باند از ۱۷۵ باند قابل بررسی، ۸۴/۲۷ درصد چندشکلی داشتند. تعداد باندهای ایجاد شده توسط آغازگرها از ۱۵ تا ۱۸ مورد، با متوسط ۱۱/۳۸ باند به ازای هر آغازگر بود. تعداد ۱۵ مکان چند شکل با آغازگر p6 در بین ۱۳ نمونه با بیشترین باندهای قابل ارزیابی تکثیر شد، درحالی که آغازگر P11 کمترین تعداد قطعه تکثیر شده با هشت نشان داد. سطح چند شکلی بالای تعیین شده مشخص کرد که نشانگر ISSR سیستم مفیدی است. نشانگر ISSR غالب است و بنابراین حداکثر ارزش PIC بین ۰/۰۱ تا ۰/۵ است. مقدار PIC بالاتر دلالت بر محتوای اطلاعات بیشتر دارد (Ghislain et al. 1999). مقدار PIC از ۰/۲۶ برای آغازگرهای P13 و P7 تا ۰/۳۸ برای آغازگرهای P3 و P9 و متوسط مقدار PIC به میزان ۰/۳۲ بود که مشابه مقادیر سایر منابع منتشر شده برای آغازگرهای ISSR است (Verma and Rana 2011). متوسط مقدار MI برای همه مکانها ۳/۰۸ بود. حداکثر مقدار MI به میزان ۴/۲۳ برای آغازگر P6 و کمترین آن ۲/۳۶ برای آغازگر P7 بود. جزییات نتایج در جدول ۲ آمده است. ضرایب شباهت جفتی ژنتیکی در میان ۱۳ نمونه چغندر ماریتیمای از ۰/۱۴ تا ۰/۷۱ با میانگین ۰/۴۲ بود. که دلالت بر درجه تنوع زیاد در نمونه‌های ایرانی ماریتیمای داشت. حداکثر ضریب شباهت ژنتیکی ۰/۷۲ بین نمونه‌های شوش و دزفول بود که هر دو از استان خوزستان منشأ گرفته و به هم نزدیک هستند. کمترین ضریب شباهت جفتی ۰/۱۴ بین نمونه‌های ایتالیا و صفی‌آباد B (M10) بود. علاوه بر این ضریب شباهت جفتی بین دو نمونه ایرانی صفی‌آباد B و مغان با منشأ به ترتیب خوزستان و اردبیل، ۰/۳۴ بود. ضریب شباهت ژنتیکی کم مشخص نمود که تفاوت ژنتیکی بزرگی بین نمونه‌های صفی‌آباد B و مغان وجود دارد که از لحاظ جغرافیایی در شمال و جنوب ایران

در بررسی ژنوم هسته، هر قطعه تکثیر شده به عنوان مکان ISSR در نظر گرفته شد. باندهای DNA برای حضور (۱) و عدم حضور (۰) در ISSR امتیازبندی شد. دندروگرامی بر اساس ماتریس شباهت ژنتیکی با استفاده از روش UPGMA رسم شد (sneath and sokal 1973) که بر اساس ضریب شباهت جاکارد (Jaccard 1908) بود. فاصله اقلیدسی بر اساس ضرایب شباهت محاسبه گردید. درصد باندهای چند شکل (PPB) با تقسیم تعداد باندهای چندشکل به تعداد کل باندها، محاسبه شد. تنوع ژنتیکی با ماتریس دوتایی تعیین شد. همه تجزیه‌ها با نرم‌افزار NTSYS-PC نسخه ۲/۱۰e انجام شد (Rehlf 2000). تجزیه به مختصات اصلی (PCOA) بر ماتریس شباهت ISSR محاسبه شد (semagn et al. 2000). محتوای اطلاعات چند شکلی (PIC) با $q^2 - p^2$ محاسبه شد (semagn et al. 2000) که P فراوانی باند و q فراوانی فقدان باند است (Ghislain et al. 1999).

ارزش PIC احتمال نوترکیبی بین آل‌های متفاوت را نشان می‌دهد و شاخصی برای قدرت هر نشانگر ISSR است (Alem et al. 2011). شاخص نشانگر (MI) برای نشانگرهای ISSR محاسبه شد تا ظرفیت هر آغازگر برای تشخیص مکان‌های چندشکل بین ژنوتیپ‌ها تعیین شود. شاخص نشانگر توسط پاول و همکاران فرموله شد (Powell et al. 1996).

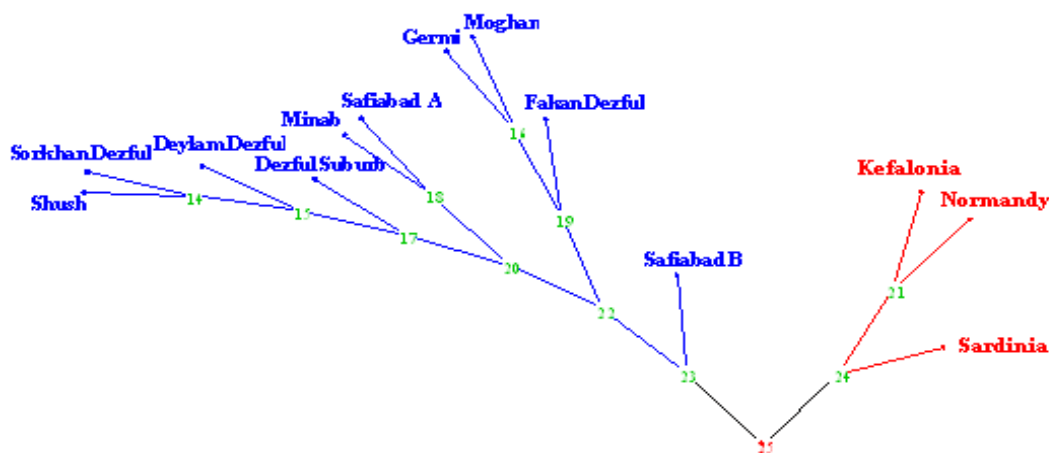
تجزیه تنوع مولکولی (AMOVA) با استفاده از GenAlex نسخه ۶/۳ انجام شد (peakall et al. 2012). برای اطمینان از این که باندهای چندتایی مشاهده شده مربوط به ناحیه تکثیری ماهوارک است، محصول PCR آغازگرهای TR3 بعد از مشاهده باندها در ژل آغاز ۳ درصد، توالی‌یابی شدند. توالی‌یابی DNA توسط شرکت بایونیر کره (Bioneer, Korea) انجام شد. هم‌ردیفی چندتایی با نرم‌افزار ClustalW انجام شد (Thompson et al. 1994).

دندروگرام UPGMA مشخص نمود که ۱۳ نمونه به طور واضح در دو گروه جدا می‌شوند. گروه اول ترکیبی از نمونه‌های ایرانی در حالی که گروه دوم شامل نمونه‌های اروپایی بود. نتایج نشان داد که شباهت بین دو گروه کم تر از شباهت داخل گروه‌ها است (شکل ۱). تجزیه PCoA توزیع فضایی نمونه‌ها بر اساس تنوع ژنتیکی را اثبات می‌کند. با مقایسه فاصله فضایی و فاصله ژنتیکی، همه نمونه‌ها از لحاظ شباهت به دو گروه ایرانی و اروپایی تقسیم شدند. با تجزیه مختصات اصلی جدایی دو گروه تایید شد (شکل ۲).

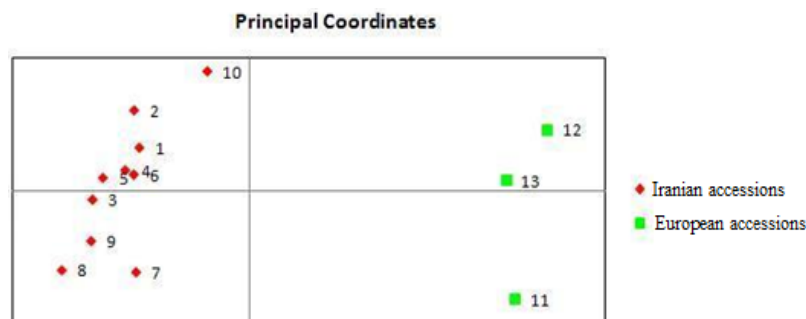
هستند. میانگین ضریب شباهت ۰/۳۶ در نمونه صفی‌آباد B، نسبت به سایر نمونه‌های ماریتیم، تنوع زیادی در ژنوم صفی‌آباد B را نشان می‌دهد. آغازگرهای P7 و P9 به ترتیب بیشترین (۹۰/۹٪) و کم‌ترین (۷۳/۶۸٪) چند شکلی را داشتند. در نتایج تجزیه AMOVA بیشترین تمایز بین گروه‌ها در نقطه برش با دو گروه شباهت با سطح ۰/۳۵ به دست آمد. مطابق الگوی عمومی توزیع تنوع مولکولی نشانگرهای ISSR، واریانس مولکولی ۰/۴۳ مربوط به تفاوت‌های بین گروه‌ها و ۰/۵۷ واریانس مولکولی مربوط به تغییرات داخل گروه‌ها بود (جدول ۳). بر اساس ۱۴۷ باند چند شکلی،

جدول ۳ تجزیه واریانس مولکولی (AMOVA) بر اساس ۱۳ آغازگر ISSR برای تعیین تعداد گروه‌های مناسب

درصد تغییرات	Est. Var.	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۴۳	۱۵/۹۵	۹۴/۸۴	۹۴/۸۴	۱	بین گروه‌ها
۵۷	۲۱/۲۲	۲۱/۲۲	۲۳۳/۴۶	۱۱	درون گروه‌ها
۱۰۰	۳۷/۱۷	-	۳۲۸/۳۰	۱۲	کل



شکل ۱ دندروگرام UPGMA بر ضریب جاکارد و نشانگرهای ISSR



شکل ۲ تجزیه به مختصات اصلی دو بعدی ۱۳ نمونه چغندر ماریتیم بر اساس چندشکلی ISSR

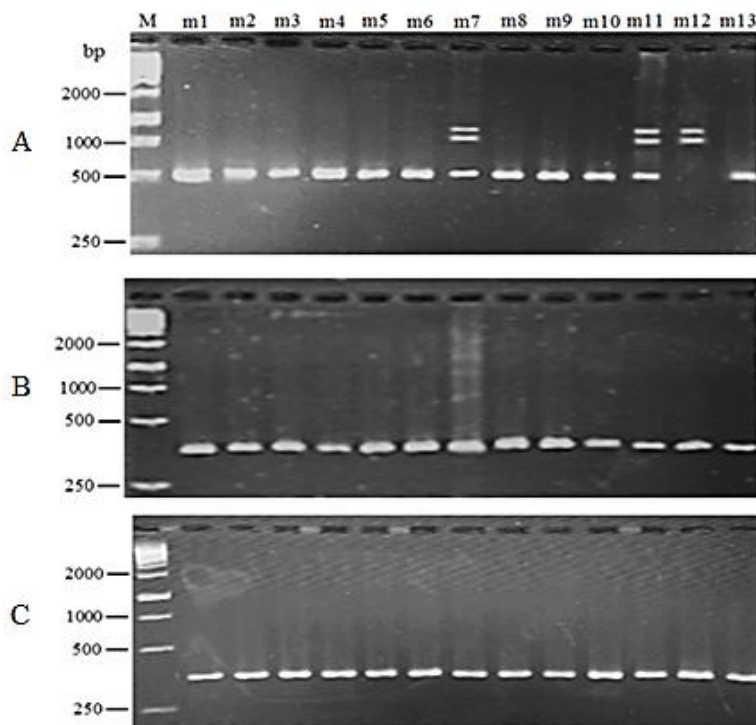
چند شکلی ماهوارک‌های میتوکندریایی

مشاهده شده مربوط به ناحیه تکثیر شده مورد مطالعه است، محصول PCR یک تک بوته از نمونه m1 توالی‌یابی شد (شکل 4B و 4C). دو تا از سه باند (B و C) توالی‌یابی شدند. نتایج توالی‌یابی نشان داد که توالی با شماره دستیابی AB026710 (Nishizawa et al. 2000) شباهت زیادی با این باندها دارد. باند B با ۴۴۱ جفت باز دارای واحد تکراری (۶۶ جفت باز) در ناحیه تکراری مشابه با توالی بانک ژن بود. باند C با ۳۷۵ جفت باز دو عدد از همان واحد تکراری را داشت. برآورد شد که قطعه A به طول ۵۰۷ جفت باز با چهار واحد تکراری باشد. این سه قطعه در نمونه‌های m3، m5، m8 و m9 یافت شد. نشانگر TR2 یک باند ۳۶۴ جفت بازی در همه نمونه‌ها تکثیر کرد (شکل 3C). در صورتی که در مطالعات قبلی تکثیر چهار قطعه به طول ۳۵۰، ۳۶۴ و ۴۱۰ جفت باز گزارش شده است (Nishizawa et al. 2000; Fenart et al. 2008). نمونه‌ها بر اساس چند شکلی ماهوارک‌های میتوکندریایی به چهار گروه میتوتایپ تقسیم شدند (جدول ۴).

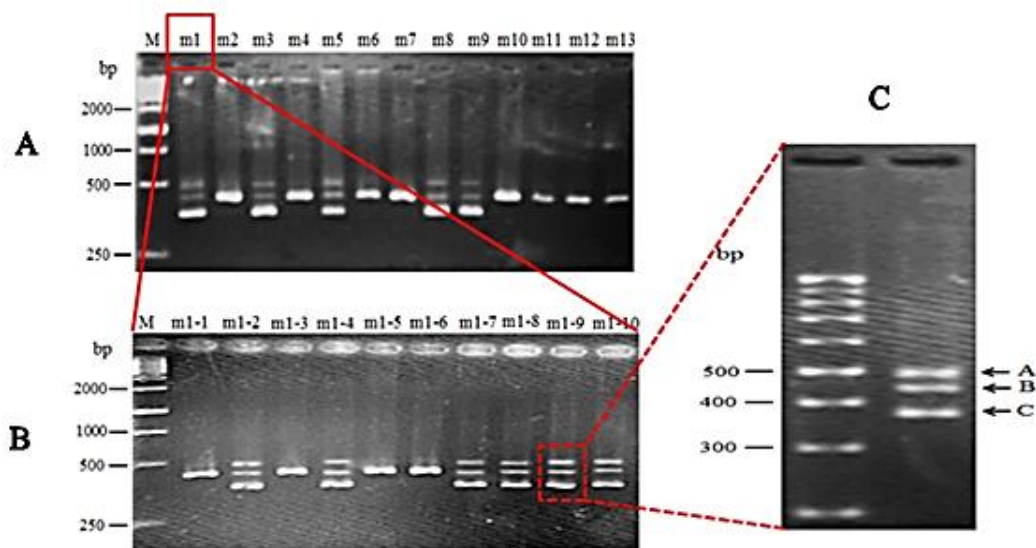
نشانگر TR1 بر اساس نیشیزاوا و همکاران یک قطعه ۵۰۰ جفت بازی در همه نمونه‌ها بجز نمونه m12 تولید کرد (Nishizawa et al. 2000). علاوه بر این دو باند در نمونه m12 و سه باند در نمونه‌های m7 و m11 (شکل 3A) تولید شد. اندازه قطعه مورد انتظار ۵۰۰، ۵۶۵ و ۶۹۵ جفت باز بود. تفاوت میتوتایپ‌ها به اندازه باندها بستگی دارد (Fenart et al. 2006; 2008). نشانگر TR2 فقط یک باند ۳۶۲ جفت بازی تولید کرد (شکل 3B). در مطالعات قبلی سه باند با ۳۶۲، ۴۰۴ و ۵۰۰ جفت باز با این نشانگر ایجاد شده بود (Nishizawa et al. 2000; Fenart et al. 2008). به طرز جالبی ما الگوی چند باندی نظیر TR1 در نتایج TR3 مشاهده کردیم. این نشانگر الگوی تک باند و سه باند در میان نمونه‌ها مشاهده شد (شکل 4A). قطعات مورد انتظار TR3 با اندازه‌های ۴۲۰، ۴۴۱ و ۴۸۲ جفت باز بود (Nishizawa et al. 2000; Fenart et al. 2008). برای تضمین اینکه چند باندی

جدول ۴ میتوتایپ‌های حاصل از چندشکلی ماهوارک‌های میتوکندریایی برای نمونه‌های چغندر ماریتیم

Accession	میتوتایپ	TR1	TR2	TR3	TR4
		(bp)			
m1, m3, m5, m8, m9	A	۵۰۰	۳۶۴	۵۰۷، ۴۴۱، ۳۷۵	۳۶۴
m7, m11	B	۶۹۵، ۵۶۵، ۵۰۰	۳۶۴	۴۴۱	۳۶۴
m12	C	۶۹۵، ۵۶۵	۳۶۴	۴۴۱	۳۶۴
m2, m4, m6, m10, m13	D	۵۰۰	۳۶۴	۴۴۱	۳۶۴



شکل ۳ محصول PCR ۱۳ نمونه چغندر ماریتیم که با آغازگرهای TR1 (A) آغازگرهای TR2 (B) و آغازگرهای TR4 (C) (نمونه‌های چغندر ماریتیم از ۱ تا ۱۳ در جدول ۱ نامگذاری شدند. M: 1Kb DNA ladder)



شکل ۴: (A) ژل آگارز محصول PCR نمونه‌های چغندر ماریتیم تکثیر یافته با نشانگر TR3؛ (B) تکثیر ۱۰ بوته نمونه m1؛ (C) استخراج باندهای DNA از ژل آگارز برای توالی‌یابی

بحث

زیر گونه‌های بتا ولگاریس برای توسعه ارقام با مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارای منابع ژنی با ارزشی هستند. شناسایی ژرمپلاسِم مرحله مهمی برای کمک به برنامه‌های به‌نژادی است (Dos santos et al. 2011). شناسایی نمونه‌ها با قدرت تفکیک آغازگرهای ISSR انجام شد. تعداد ۱۳ آغازگر ISSR، ۱۴۷ باند با ۸۴/۲۷ درصد چندشکلی تولید نمودند. چندشکلی در گونه‌ها بسیار متغیر بود. چندشکلی مشابهی در گیاه آراییدوپسیس با ۹۵/۹۳ درصد (He et al. 2007) و در گیاه *Vernicia fordii* با ۸۱/۸۲ درصد (Li and Jin 2008) به‌دست آمد. مائوجیان و همکاران (MaoQian et al 2011) چندشکلی به میزان ۶۳/۸ درصد با استفاده از نشانگر SRAP در سه رقم چغندر قند چینی شناسایی کردند. مطابق سیواپراکاش و همکاران (Sivaprakash et al. 2004) توانایی آشکار کردن تنوع ژنتیکی شاید بیشتر به‌طور مستقیم وابسته به تعداد چندشکلی قابل تشخیص توسط سیستم نشانگر باشد. تجزیه ژنتیکی متعددی با موفقیت با نشانگرهای RAPD، AFLP و SSR انجام شده است (Smulders et al. 2010; Barzen et al 1995; Li et al 2010). اما تا این تاریخ تحقیقاتی در شناسایی ژرمپلاسِم چغندر منتشر نشده است. ضریب همبستگی کوفاکتیک (r) به میزان ۰/۹۶ بود که شباهت ژنتیکی متوسط و مناسبی بین نمونه‌های ماریتیمای مورد مطالعه را ارائه می‌دهد. از طرفی دیگر، کمترین شباهت بین نمونه‌های اروپایی و ایرانی مشاهده شد. در گروه اول حداکثر فاصله ژنتیکی بین m10 و m7 با ۳۴ درصد شباهت و حداقل فاصله ژنتیکی بین نمونه‌های m5 و m6 با ۷۱ درصد شباهت بود. ارقام تجاری اروپایی در نواحی مختلف ایران کشت می‌شوند و امکان مهاجرت ماریتیمای اروپایی از طریق بذور تجاری محتمل است. تفکیک واضح ماریتیمای ایرانی از اروپایی منشاء ژنتیکی کاملاً متفاوت در این نمونه‌ها نشان داد. با وجود این تنوع ژنتیکی داخل

گروه ایرانی ارتباط کمی با تنوع جغرافیایی نشان داد. این امر احتمالاً به‌دلیل شباهت نسبی محیط و شرایط اکولوژیکی محل‌ها یا انتقال بین مکان‌های مختلف از طریق بذور ارقام تجاری باشد. به‌طور کلی، در جمعیت‌های وحشی فاصله جغرافیایی و جریان ژنی بین جمعیت‌های تعیین کننده فاصله ژنتیکی هستند. راجع به این جمعیت‌ها، اگر جریان ژنی بین مکان‌های اصلی قطع شود، تحت تأثیر عامل‌های غیرطبیعی نظیر تجزیه محل‌ها که به‌دلیل برداشت کنترل نشده، چرای بیش از حد و سایر عامل‌ها، فاصله ژنتیکی بین جمعیت‌های جدا افتاده را افزایش می‌دهد و فرسایش ژنتیکی بخاطر یکنواخت شدن و تمایز بین جمعیت آغاز می‌شود (Martins-lopes et al 2007). برای بررسی تنوع ژنتیکی، نشانگرهای مولکولی باید چند شکل باشند و یکنواخت در کل ژنوم توزیع شده باشند. بنابراین، اگر نشانگرها از بخش‌های مختلف ژنوم انتخاب شده باشند، همبستگی بین آنها کمتر خواهد شد و ترکیبات بیشتری برای توضیح کل تنوع نیاز است (Hashizume et al 2003). آغازگرهایی که PIC و MI بالایی داشتند، برای جداسازی فاصله‌های ژنتیکی و برآورد چند شکلی مناسب‌تر از سایر عامل‌ها بودند. بنابراین ما آنها را برای مطالعات بیشتر در چغندر قند پیشنهاد می‌کنیم. آغازگرهای P7 و P13 کمترین PIC را داشتند و در مقایسه با سایر آغازگرها، مناسب برای بررسی نمونه‌ها نیستند. گروه‌های میتوآیپ حاضر، به‌دلیل مشاهده چند باندی نشانگرهای TR1 و TR3، فقط نمونه‌های ایرانی را در بر می‌گیرد، می‌تواند دلالت بر ماهیت متفاوت ژرمپلاسِم ایرانی داشته باشد. دلیل چندباندی مشخص نیست اما احتمال تکثیر باندهای غیراختصاصی ناشی از اتصال آغازگرها به نواحی دیگر DNA الگو می‌تواند منجر به مشاهده چندباندی گردد. این فرضیه با تکرار PCR با تغییر شرایط PCR و افزایش دمای اتصال تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد و سپس توالی‌یابی باندهای تولید شده، بررسی شد. بنابراین حضور باندهای غیراختصاصی ناشی از شرایط PCR پذیرفته نیست. در

ماریتیمای را تقویت می‌کند و دلیل چندباندی حضور میتوکندری متفاوت است. اگر چه توارث میتوکندریایی ژنوم بتا تک والدی مادری گزارش شده است، اما احتمال دارد نمونه‌های ماریتیمای ایرانی چنین ویژگی منحصر به فردی ناشی از تفاوت ژنتیکی با نمونه‌های اروپایی داشته باشند. این اولین گزارش از جنس نمونه‌های زیرگونه ماریتیمای است. بنابراین مطالعات توارث سیتوپلاسمی بیشتری برای درک درست‌تر این موضوع در این نمونه‌ها پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از مؤسسه اصلاح و تهیه بذر چغندر قند واقع در کرج، برای در اختیار گذاشتن نمونه‌های چغندر ماریتیمای سپاسگزار می‌باشند.

بررسی دلایل چند باندی، احتمالاً دلیل چند باند متفاوت مشاهده شده از یک آغازگر در نمونه می‌تواند ناشی از تهیه DNA توده‌ای از ۱۰ گیاه با محتوای سیتوپلاسمی متفاوت باشد. برای ارزیابی این فرضیه، PCR روی یک نمونه تک گیاه m1 با آغازگرها انجام شد و الگوی چند باندی مشاهده شد. نتایج ارزیابی تک بوته همان نتایج نمونه‌های توده‌ای را تایید کرد و چندباندی در نمونه‌های تک بوته مشاهده شد (شکل 4b). دلیل دیگر قابل توضیح برای مشاهده چندباندی می‌تواند وقوع نوترکیبی در ژنوم میتوکندریایی نمونه‌ها باشد. اگر چه توارث میتوکندریایی در بیشتر گیاهان تک والدی است اما در برخی موارد توارث دو والدی نظیر گیاه شمعدانی، توارث میتوکندریایی دو والدی مشاهده شده است (Daniell *et al.* 2004). توارث دو والدی منجر به این می‌شود که همه ژنوم میتوکندری‌های سیتوپلاسم یک نمونه هموزیگوت نباشند. مشاهده چند باندی در چغندر ماریتیمای احتمال توارث دو والدی در چغندر

منابع مورد استفاده:

References:

- Alem D, Narancio R, Dellavalle PD, Rebuffo M, Zarza R, Dalla Rizza M. Molecular characterization of *Lotus corniculatus* cultivars using transferable microsatellite markers. *Ciencia Investigacion Agraria.*, 2011; 38: 453-461.
- Arjmand MN, Farsinejad K, Alimoradi I, Aghaeizadeh M, Katal B. Pre-breeding for major disease resistances in sugar beet in Iran. International beta genetic resources workshop and world beta network conference; Izmir, Turkey; 1996.
- Arumuganathan K, Earle ED, Nuclear DNA content of some important plant species, *Plant Molecular Biology*. 1991; 1: 208-218.
- Barzen E, Mechelke W, Ritter E, Schulte-Kappert E, Salamini F. An extended map of the sugar beet genome containing RFLP and RAPD loci, *Theoretical and Applied Genetics*. 1995; 90: 189-193.
- Bhagyawant S, Srivastava N. Genetic fingerprinting of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm using ISSR markers and their relationships, *African Journal of Biotechnology*. 2008; 7: 4428-4431.
- Biancardi E, Campbell LG, Skaracis GN, De Biaggi M. Genetics and breeding of sugar beet, Science Publishers Inc, (Enfield NH) 2005; pp. 392.
- Cai D, Kleine M, Kifle S, Harloff HJ, Sandal NN. Positional cloning of a gene for nematode resistance in sugar beet, *Science*. 1997; 275: 832-834.

- Daniell H, Chase C. Molecular Biology and Biotechnology of Plant Organelles: Chloroplasts and Mitochondria, Springer, 2004; pp. 659.
- Desplanque B, Viard F, Bernard J, Forcioli D, Saumitou- Laprade P, Cuguen J, Dijk HV. The linkage disequilibrium between chloroplast DNA and mitochondrial DNA haplotypes in *Beta vulgaris* ssp. *maritima* (L.): the usefulness of both genomes for population genetic studies, *Molecular Ecology*. 2000; 9: 141-154.
- Dos Santos L, de Oliveira E, dos Santos Silva A, de Carvalho F, Costa J, Gomes Pádua J. ISSR markers as a tool for the assessment of genetic diversity in Passiflora, *Biochemistry Genetic*. 2011; 49: 540-554.
- Dumolin- Lapegue S, Pemonge MH, Petit RJ, Association between chloroplast and mitochondrial lineages in oaks, *Molecular Biology and Evolution*. 1998; 15: 1321-1331.
- Fenart S, Arnaud JF, De Cauwer I, Cuguen J. Nuclear and cytoplasmic genetic diversity in weed beet and sugar beet accessions compared to wild relatives: new insights into the genetic relationships within the *Beta vulgaris* complex species, *Theoretical and Applied Genetics*. 2008; 116: 1063-1077.
- Fenart S, Touzet P, Arnaud JF, Cuguen J. Emergence of gynodioecy in wild beet (*Beta vulgaris* ssp. *maritima* L.): a genealogical approach using chloroplastic nucleotide sequences, *Proceedings: Biological Sciences*. 2006; 273: 1391-1398.
- Ghislain M, Zhang D, Fajardo D, Huamán Z, Hijmans R. Marker-assisted sampling of the cultivated Andean potato *Solanum phureja* collection using RAPD markers, *Genetic Resources and Crop Evolution*. 1999; 46: 547-555.
- Grimmer MK, Trybush S, Hanley S, Francis, SA, Karp A, Asher MJC. An anchored linkage map for sugar beet based on AFLP, SNP and RAPD markers and QTL mapping of a new source of resistance to Beet necrotic yellow vein virus, *Theoretical and Applied Genetics*. 2007; 114: 1151-1160.
- Hashizume T, Shimamoto I, Hirai M, Construction of a linkage map and QTL analysis of horticultural traits for watermelon *Citrullus lanatus* (THUNB.) MATSUM & NAKAI] using RAPD, RFLP and ISSR markers, *Theoretical and Applied Genetics*. 2003; 106: 779-785.
- He F, Kang D, Ren Y, Qu L, Zhen Y, Gu H. Genetic diversity of the natural populations of *Arabidopsis thaliana* in China. *Heredity*. 2007; 99: 423-431.
- Jaccard P. Nouvelles recherches sur la distribution florale, *Bulletin de la Societe Vaudoise des Sciences Naturelles*, 1908; 44: 223-270.
- Joshi-Saha A, Gopalakrishna T. Inheritance and tagging of gene regulating flowering time in the green manure crop *Sesbania rostrata* (Bremek. & Obrem.), *Molecular Breeding*. 2007; 20: 389-399.
- Kato K, Akashi Y, Tanaka K, Wako T, Masuda M. Genetic characterization of east and south Asian melon by the analysis of molecular polymorphisms and morphological characters. *Acta II, International Symposium In Melons*; 2003.

- Kozyrenko MM, Gontcharova SB, Gontcharov AA. Analysis of the genetic structure of *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) using inter-simple sequence repeat (ISSR) polymorphisms. *Flora*. 2011; 206: 691-696.
- Kumar LS. DNA markers in plant improvement: an overview. *Biotechnology Advances*, 1999; 17: 143-182.
- Li J, Schulz B, Stich B. Population structure and genetic diversity in elite sugar beet germplasm investigated with SSR markers. *Euphytica*. 2010; 175: 35-42.
- Li JM, Jin ZX. Genetic structure of endangered *Emmenopterys henryi* Oliv. based on ISSR polymorphism and implications for its conservation. *Genetica*. 2008; 133: 227-234.
- MaoQian W, ZeDong WU, HuaZhong W. Genetic diversity of major sugar beet varieties from three regions of china with SRAP markers. *Acta Agronomica Sinica*. 2011; 37: 811-819.
- Martins- Lopes P, Lima-Brito J, Gomes S, Meirinhos J, Santos L *et al*. RAPD and ISSR molecular markers in *Olea europaea* L.: Genetic variability and molecular cultivar identification. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2007; 54: 117-128.
- McCauley DE. The use of chloroplast DNA polymorphism in studies of gene flow in plants. *Trends in Ecology & Evolution*. 1995; 10: 198-202.
- Meyer W, Michell TG, Freedman EZ, Vilgalys R. Hybridization probes for conventional DNA fingerprinting used as single primers in the polymerase chain reaction to distinguish strains of *Cryptococcus neoformans*. *Journal of Clinical Biology and Biochemistry*. 1993; 31: 2274-2280.
- Nishizawa S, Kubo T, Mikami T. Variable number of tandem repeat loci in the mitochondrial genomes of beets. *Current Genetics*. 2000; 37: 34-38.
- Peakall R, Smouse PE. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel, Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*. 2012; 28: 2537-2539.
- Powell W, Morgante M, Andre C, Hanafey M, Vogel J, Tingey S, Rafalski A. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding*. 1996; 2: 225-238.
- Sankar AA, Moore GA. Evaluation of inter-simple sequence repeat analysis for mapping in Citrus and extension of the genetic linkage map. *Theoretical and Applied Genetics*. 2001; 102: 206-214.
- Sehgal D, Rajpal V, Raina S, Sasanuma T, Sasakuma T. Assaying polymorphism at DNA level for genetic diversity diagnostics of the safflower (*Carthamus tinctorius* L.) world germplasm resources. *Genetica*. 2009; 135: 457-470.
- Semagn K, Bjornstad A, Stedje B, Bekele E. Comparison of multivariate methods for the analysis of genetic resources and adaptation in *Phytolacca dodecandra* using RAPD. *Theoretical and Applied Genetics*. 2000; 101: 1145-1154.
- Sharma SK, Koneox MR, Ellis THN. AFLP analysis of the diversity and phylogeny of *Lens* and its comparison with RAPD analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 1999; 93: 751-758.

- Sivaprakash K, Prashanth S, Mohanty B, Parida A. Genetic diversity of black gram (*Vigna mungo*) landraces as evaluated by amplified fragment length polymorphism markers. *Curr Sci*. 2004; 86: 1411-1416.
- Smulders MJ, Esselink GD, Everaert I, De Riek J, Vosman B. Characterisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) varieties using microsatellite markers. *BMC Genetics*. 2010; 11: 41.
- Sneath PH, Sokal RR. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification, (San Francisco, USA) Freeman Publisher Inc. 1973; pp. 573.
- Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Reseach*. 1994; 22: 4673-4680.
- Venkateswarlu M, Urs SR, Nath BS, Shashidhar H, Maheswaran M, Veeraiah TM, Sabitha MG. A first genetic linkage map of mulberry (*Morus* spp.) using RAPD, ISSR, and SSR markers and pseudotestcross mapping strategy. *Tree Genet & Genomes*. 2006; 3: 15-24.
- Verma S, Rana T. Genetic diversity within and among the wild populations of *Murraya koenigii* (L.) Spreng., as revealed by ISSR analysis. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2011; 39: 139-144.
- Vijayan K, Srivatsava P, Nair C, Awasthi A, Tikader A, Sreenivasa B, Urs SR. Molecular characterization and identification of markers associated with yield traits in mulberry using ISSR markers. *Plant breeding*. 2006; 125: 298-301.
- Wu K, Jones R, Dannaeburger L, Scolnik PK. Detection of microsatellite polymorphism without cloning. *Nucleic Acid Research*. 1994; 22: 3257-3258



غربال لاین‌های اوتایپ چغندر قند از نظر مقاومت به پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot

حمزه حمزه^{۱*}، مهدی حسنی^۱ و حامد منصوری^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۵ : تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2022.357181.1296

ح. حمزه، م. حسنی و ح. منصوری. ۱۴۰۰. غربال لاین‌های اوتایپ چغندر قند از نظر مقاومت به پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه. چغندر قند، ۳۷(۲): ۱۵۳-۱۶۵

چکیده

به منظور شناسایی لاین‌های اوتایپ چغندر قند مقاوم به پوسیدگی ریشه ریزوکتونیایی، تعداد ۵۱ لاین اوتایپ به همراه شاهد مقاوم و حساس در میکروپلات‌های ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان در سال ۱۴۰۰ ارزیابی شدند. برای آلوده‌سازی مصنوعی بوته‌ها، جدایه Rh133 از قارچ *Rhizoctonia solani*- AG2-2 بر روی بذر ذرت تکثیر و در کنار ریشه‌های ۶۳ روزه چغندر قند قرار داده شد. در پایان فصل، ریشه‌ها برداشت و بر اساس مقیاس یک تا نه نمره‌دهی انجام و شاخص بیماری و شاخص برداشت بر مبنای آن برآورد شدند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد اوتایپ‌های شماره ۹ (FCOT 990084) و ۱۹ (FCOT 990094) به ترتیب با مقادیر ۳/۵۵ و ۳/۷۶ واحد کمترین مقدار شاخص بیماری و با مقادیر ۴۹/۸۲ و ۴۹/۳۲ درصد بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ۴۸ ژنوتیپ چغندر قند تحت شرایط میکروپلات به پنج گروه تقسیم شدند بین این گروه‌ها از نظر تعداد بوته، تعداد ریشه، شاخص بیماری و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اوتایپ‌های شماره ۴ (FCOT 990079)، ۹ (FCOT 990084)، ۱۹ (FCOT 990094)، ۳۰ (FCOT 990105)، ۴۷ (FCOT 990122) و رقم شاهد مقاوم ۵۲ (Check1) در گروه شماره ۵ قرار گرفتند که بالاترین مقدار شاخص برداشت و پایین‌ترین شاخص بیماری را به خود اختصاص دادند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های اوتایپ بر اساس شاخص SIIG نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084)، ۳۰ (FCOT 990105)، ۴ (FCOT 990079)، ۴۷ (FCOT 990122) به ترتیب با مقادیر ۰/۸۵۴، ۰/۸۲۴، ۰/۷۴۱، ۰/۷۰۸ و ۰/۷۰۱ نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به ژنوتیپ‌های ایده‌آل از لحاظ مقاومت به ریزوکتونیا بودند.

واژه‌های کلیدی: اوتایپ، پوسیدگی ریزوکتونیایی، چغندر قند، شاخص بیماری

۱- استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. * - نویسنده مسئول:

hamze_606@yahoo.com



مقدمه

چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) یکی از محصولات مهم ریشه‌ای و منبع اصلی شکر در مناطقی با آب و هوای معتدل است. در سال ۲۰۱۹ سطح زیرکشت در دنیا ۴/۶۰ میلیون هکتار و مقدار تولید ریشه این محصول ۲۷۸/۵۰ میلیون تن برآورد شد، سطح زیرکشت و مقدار تولید این محصول در ایران نیز به ترتیب برابر ۷۸/۹۹ هزار هکتار و ۵/۲۹ میلیون تن بود (FAO 2021). ریزوکتونیا *Rhizoctonia solani* kuhn که باعث پوسیدگی ریشه و طوقه می‌شود، یک بازیدیومیست خاک‌زی است و طیف وسیعی از محصولات و گونه‌های گیاهی را آلوده می‌سازد (Harveson et al. 2009). دامنه انتشار جغرافیایی این عامل بیماری‌زا بسیار وسیع است و در بیشتر نقاط چغندرکاری جهان از جمله چین، شیلی، ایران کشورهای اروپایی (از جمله اسپانیا، آلمان، بلغارستان و هلند) و کشورهای آمریکای شمالی گزارش شده است (Buhre et al. 2009; McGrath et al. 2015). در چغندرقد، گونه *R. solani* عامل بیماری‌های متنوعی است. گروه آناستوموزی AG2-2 IIIB بیشتر موجب بروز پوسیدگی ریشه و طوقه در چغندرقد می‌شود. وجود سایر گروه‌های آناستوموزی قارچ *R. solani* نیز در گیاهچه‌های چغندرقد و یا خاک مزارع آلوده گزارش شده است (Mahmoudi and Ghashaie 2012).

یکی از مؤثرترین راه‌کارها جهت مقابله با ریزوکتونیا که منجر به حفاظت از محیط زیست هم می‌شود توسعه هیبریدهای مقاوم است، اهمیت هتروزیس به‌نژادگران را ترغیب می‌کند که از این پتانسیل در هیبریدها در جهت بهبود مقاومت به بیماری و افزایش عملکرد قندسفید در چغندرقد استفاده نمایند. ارقام تجاری چغندرقد هیبرید سه جانبه (تری وی کراس) هستند، بنابراین دستیابی به گیاهان نرعقیم شرط اصلی در برنامه‌های تولید هیبرید است (Biancardi 2005). در تحقیقی تحت عنوان تنوع در واکنش به پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از *Rhizoctonia solani*

در بین ارقام چغندر، ویگ و گلدمن (Wigg and Goldman 2020)، ۹۴ ژنوتیپ مختلف چغندرقد را در شرایط محیطی کنترل شده مورد ارزیابی قرار دادند آنها مشاهده کردند در مقایسه با تیمار شاهد (آلوده نشده) اغلب ژنوتیپ‌های مورد بررسی آلودگی در طیفی بین ۲۰ تا ۶۰ درصد نشان دادند، آنها اظهار داشتند درصد آلودگی در ارزیابی پنج هفته بعد از تلقیح در مقایسه با زمان ارزیابی سه هفته بعد از تلقیح به مراتب بیشتر بود. همچنین در مطالعه آنها ژنوتیپ‌های Badger Flame و FC709-2 به‌ترتیب با درصد‌های آلودگی ۲۹ و ۳۲ درصد به‌عنوان مقاوم‌ترین و ژنوتیپ‌های W411B و KDH13 به‌ترتیب با درصد آلودگی ۵۴ و ۵۵ درصد به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. لیو و همکاران (Liu et al. 2019) در تحقیقی تحت عنوان مقاومت وابسته به سن در برابر *Rhizoctonia solani* در چغندرقد سه ژنوتیپ حساس، نسبتاً مقاوم و مقاوم را مورد ارزیابی قرار دادند آنها نشان دادند، اگر تلقیح بذر در هفته سوم رشد انجام گیرد هر سه ژنوتیپ به شدت حساسیت نشان خواهند داد، اگر تلقیح بذر در هفته چهارم و پنجم انجام شود تنها رقم مقاوم به‌صورت معنی‌دار در مقایسه با دیگر ارقام نسبت به ریزوکتونیا مقاومت نشان خواهد داد، آنها نتیجه گرفتند صرف‌نظر از ژرم‌پلاسِم مقاوم یا حساس نسبت به ریزوکتونیا، ژنوتیپ‌های چغندرقد تا مرحله شش تا هشت برگی حساسیت بالایی نسبت به ریزوکتونیا دارند. در مرکز USDA-ARS آمریکا بیشتر از ۴۰ سال برای ارتقا مقاومت به پوسیدگی طوقه و ریشه چغندرقد، تلاش‌های فراوانی صورت گرفته است و منابع ژنتیکی متعددی برای مقاومت به این بیماری گزارش شده است. نتایج آزمایش‌های آنها نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که نسبت به بیمارگر ریزوکتونیا در مرحله گیاهچه‌ای از خود مقاومت نشان می‌دهند، نسبت به پوسیدگی طوقه و ریشه چغندرقد نیز مقاوم هستند. بنابراین، احتمالاً وجود مقاومت گیاهچه‌ای موجب حفاظت ژنتیکی در طول فصل می‌شود. علاوه بر این حفظ استقرار مطلوب گیاه برای سودآوری محصول نیز ضروری است. اخیراً در این مرکز، ژرم‌پلاسِم

شد. بعد از یک ماه بوته‌ها با فاصله‌ی ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر تنک شدند. آبیاری میکروپلات‌ها هر هفته یک‌بار و با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای انجام شد. پس از نه هفته از رشد بوته‌ها، آلودگی مصنوعی توسط جدایه Rh133 از قارچ *Rhizoctonia solani* که دارای بیشترین قدرت بیماری‌زایی می‌باشد (Mahmoudi and Ghashaie 2012; Windels et al. 1995) انجام شد. به‌طوری‌که در پای هر بوته (در عمق ۵ سانتی‌متری)، پنج عدد بذر ذرت آلوده قرار داده و پای بوته‌ها خاکدهی شد. برای تهیه مایه تلقیح، دانه‌های ذرت ۱۲ ساعت در آب خیسانده و دو روز متوالی به مدت یک ساعت سترون گردیدند. پس از سترون شدن، چند دیسک از محیط کشت پنج‌روزه قارچ روی دانه‌های ذرت قرار گرفته و به‌مدت ۲۱ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه ژرمیناتور نگهداری شدند. جهت شیوع بهتر عامل بیماری بلافاصله کرت‌ها آبیاری و تا دو هفته خاک مرطوب نگه داشته شدند. یک ماه پس از آلودگی مصنوعی، ریشه‌ها برداشت و شدت آلودگی بر اساس مقیاس ۱ تا ۹ محاسبه شد (جدول ۱ و شکل ۲) (Büttner et al. 2004). شاخص بیماری (Disease Index) رابطه (۱):

(۱)

$$DI = (\sum(\text{Scale} * \text{Number of Roots})) / \text{Total Number of Roots}$$

هر لاین از تقسیم حاصل‌ضرب هر نمره در تعداد ریشه با آن نمره بر تعداد کل ریشه‌های آن کرت محاسبه شد (Büttner et al. 2004). شاخص برداشت (Harvesting Index, HI) نیز، از تقسیم تعداد ریشه‌های با نمره ۱ تا ۳ بر تعداد کل ریشه‌های آن کرت به دست آمد (Büttner et al. 2004). در هر آزمایش بر اساس میانگین صفات تعداد بوته و ریشه، شاخص بیماری و شاخص برداشت هر لاین، تجزیه خوشه‌ای انجام و لاین‌های مقاوم به ریزوکتونیا شناسایی شدند.

۹ASR با مقاومت در مرحله گیاهچه‌ای و گیاه بالغ معرفی شده است (McGrath et al. 2015). ابراهیمی‌کولایی و همکاران (Ebrahimi Koulaei et al. 2010) در ارزیابی مقاومت لاین‌های اصلاحی چغندرقد نسبت به پوسیدگی ریزوکتونیایی بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های دوساله آزمایش و تجزیه خوشه‌ای، نشان دادند سه رگه از نظر مقاومت به عامل بیماری و ۱۱ لاین از نظر شاخص برداشت نسبت به شاهد مقاوم (SB19) برتر تشخیص داده شدند. بقیه رگه‌ها با شاهد مقاوم در یک گروه آماری قرار داشتند، گرچه شاخص بیماری یکی از لاین‌ها نسبت به شاهد مقاوم بالاتر بود. در تحقیق دیگری، محمودی و قشقایی (Mahmoudi and Ghashghaie 2012) دریافتند لاین B8618 نسبت به ریزوکتونیا و بیماری پوسیدگی ذغالی مقاومت نشان داد، با توجه به موارد ذکر شده تحقیق حاضر با هدف ارزیابی میزان مقاومت لاین‌های اوتایپ چغندرقد به بیماری ریزوکتونیا جهت تهیه سینگل کراس‌ها و هیبریدهای مقاوم به این بیماری در برنامه‌های آتی به نژادی انجام شد. نکته متمایزکننده این آزمایش با آزمایشات دیگر محققین در این است که از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG, Selection index of ideal genotype) جهت گروه‌بندی و انتخاب لاین‌های برتر استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

بذر ۵۱ لاین اوتایپ چغندرقد که از مؤسسه تحقیقات چغندرقد تهیه شده بودند در دو تکرار به همراه شاهد‌های مقاوم (SB19 و Novodro) و حساس (توده 191) (Ebrahimi Koulaei et al. 2010) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تحت شرایط آلودگی مصنوعی در میکروپلات‌های ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان (شکل ۱) از نظر مقاومت به ریزوکتونیا ارزیابی شدند. بدین منظور در تاریخ پنجم اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰، بذر هر لاین در یک خط دو متری کشت



شکل ۲ الگوی شدت بیماری و نمره مربوط به آن



شکل ۱ نمای کلی از میکروپلات‌های ارزیابی مقاومت لاین‌ها نسبت به عامل بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه قبل از آلوده‌سازی مصنوعی

جدول ۱ مقیاس شدت آلودگی ریشه‌های ارزیابی شده (Büttner et al. 2004)

ریشه‌های سالم	نمره (۱):
حدود یک درصد سطح ریشه دارای زخم سطحی ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۲):
یک تا پنج درصد سطح ریشه دارای زخم سطحی ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۳):
پنج تا ۱۰ درصد سطح ریشه دارای زخم و یا شانکر خشک ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۴):
۱۰ تا ۲۵ درصد سطح ریشه دارای زخم و یا شانکر خشک ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۵):
۲۵ تا ۵۰ درصد سطح ریشه دارای زخم و یا شانکر خشک ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۶):
۵۰ تا ۷۵ درصد سطح ریشه دارای زخم و یا شانکر خشک ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۷):
بیش از ۷۵ درصد سطح ریشه دارای زخم و یا شانکر خشک ناشی از ریزوکتونیا	نمره (۸):
گیاهان مرده، ریشه کاملاً پوسیده	نمره (۹):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

مرحله سوم: پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و غیر ایده‌آل است، برای هر صفت یا شاخص به‌طور جداگانه برترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ انتخاب می‌شود.

مرحله چهارم: محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل و غیرایده‌آل (روابط ۴):

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2}$$

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و ادغام صفات تعداد ریشه،

تعداد بوته، شاخص بیماری و شاخص برداشت از روش SIIG استفاده شد، نحوه محاسبه شاخص مذکور به‌صورت ذیل است:

مرحله اول: تشکیل ماتریس داده‌ها بر اساس تعداد شاخص

مورد بررسی و تعداد ژنوتیپ‌ها (رابطه ۲)

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

در این ماتریس x_{ij} مقدار شاخص i ام در رابطه با ژنوتیپ j ام می‌باشد. ($i = 1.2 \dots n$) ($j = 1.2 \dots m$)

مرحله دوم: نرمال کردن داده‌ها و تبدیل ماتریس داده‌ها به یک ماتریس نرمال با استفاده از روابط (۳):

(۳)

(Zali et al. 2015; 2016). در اینجا، لاین ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هریک از صفات مورد مطالعه به دست می‌آید، درحالی‌که لاین غیرایده‌آل از مجموع هریک از مقادیر صفات آن لاین حاصل می‌گردد. به عنوان مثال در مورد شاخص برداشت، تعداد بوته و ریشه، مقادیر بالای یک لاین، مقدار ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود. همچنین در مورد شاخص بیماری مقادیر کم این شاخص به عنوان ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود.

نتایج

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف بین ژنوتیپ‌های اوتایب از نظر شاخص بیماری و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

در این رابطه d_i^+ بیانگر فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و d_i^- بیانگر فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل می‌باشد، مقدار نرمال شده شاخص (صفت) i ام در رابطه با ژنوتیپ j ام و r_j^+ مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌آل و r_i^- مقدار نرمال شده ژنوتیپ غیرایده‌آل برای هر صفت نام می‌باشد.

مرحله پنجم: محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل می‌باشد (رابطه ۵):

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (5)$$

مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بین صفر و یک تغییر کرده و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار SIIG آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود.

بر اساس این روش، بهترین لاین، نزدیک‌ترین لاین به لاین‌های ایده‌آل و دورترین از لاین‌های غیرایده‌آل است

جدول ۲ تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در اوتایب‌های چغندر قند

SOV	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تعداد بوته	تعداد ریشه	شاخص بیماری
تکرار	۱	۶۵/۰۱ ^{NS}	۱۸۷/۰۴ ^{**}	۰/۷۳ ^{NS}
ژنوتیپ	۴۷	۱۵/۴۵ ^{NS}	۱۸/۰۳ ^{NS}	۳/۲۰ ^{**}
خطای آزمایشی	۴۷	۱۷/۲۴	۲۳/۱۹	۰/۹۶
ضریب تغییرات	-	۲۲/۲۶	۳۰/۰۶	۱۵/۲۶
				۸۴/۴۰

^{NS}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

گرفت. مقدار شاخص بیماری در ژنوتیپ‌های مذکور کمتر از شاهد مقاوم Check 1 (با متوسط ۵/۰۵) بود، هر چند اختلاف بین ژنوتیپ‌های مقاوم و شاهد مقاوم معنی‌دار نبود (جدول ۳). در این بررسی لاتین‌های ۳۹ (FCOT 990114)، ۴۸ (FCOT 990122) و ۸۱ (FCOT 990076) به ترتیب با متوسط شاخص بیماری ۸/۸۶، ۸/۷۴ و ۸/۵۹ به عنوان حساس‌ترین لاین‌ها به بیماری در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد حساس Check 3 (با مقدار شاخص بیماری ۸/۴۶)، به صورت معنی‌داری از شاخص بیماری بالاتری

ارزیابی واکنش

ارزیابی لاین‌های اوتایبی مورد بررسی از لحاظ شاخص بیماری نشان داد سه لاین FCOT 990084، FCOT 990094 و FCOT 990079 به ترتیب با مقادیر ۳/۵۵، ۳/۷۶ و ۴/۱۶ واحد کمترین مقدار شاخص بیماری را به خود اختصاص دادند، چنانچه شاخص بیماری اعداد کمتر از چهار در نظر گرفته شوند (به دلیل شدت آلودگی بالا در محل آزمایش) می‌توان سه ژنوتیپ FCOT 990084، FCOT 990094 و FCOT 990079 را به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد مقاوم در نظر

برخوردار بودند، که بیان گر حساسیت اوتایپ‌های مذکور به بیماری در شرایط میکروپلات بوده است (جدول ۳).

شاخص برداشت

باتوجه به شرایط محیطی بسیار مناسب (آلودگی و رطوبت بالا) برای توسعه عامل بیماری در این مطالعه و بالا بودن شاخص بیماری در این مطالعه شاخص برداشت با شاخص ۴ محاسبه شد، بر این اساس ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084) به ترتیب با مقادیر ۴۹/۸۲ و ۴۹/۳۲ درصد بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند، لازم به ذکر است که بین ژنوتیپ‌های مذکور و ژنوتیپ‌های شماره ۴ (FCOT 990079)، ۴۷ (FCOT 990122)، ۵۲ (Check 1)، ۲۵ (FCOT 990100)، ۳۵ (FCOT 990110)، ۱۷ (FCOT 990092)، ۴۲ (FCOT 990117) و ۵۱ (Stock) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. کمترین مقدار شاخص برداشت نیز در این مطالعه به ژنوتیپ‌های شماره ۵۴ (Check 3)، ۴۸ (۳۳۸۹۶)، ۳۹ (FCOT 990114)، ۲ (FCOT 990077) با مقدار صفر اختصاص یافت، بین ژنوتیپ‌های مذکور و ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ از لحاظ آماری نیز اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۳).

تجزیه خوشه‌ای

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۴۸ لاین اوتایپ چغندر قند تحت شرایط آلودگی میکروپلات در شکل ۳ آمده است. بر اساس تجزیه واریانس چندمتغیره برش دندروگرام از فاصله پنج، بیشترین مقدار F و در نتیجه بیشترین نسبت واریانس بین گروهی به درون گروهی را فراهم کرد. بر این اساس، ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تقسیم شدند (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین این گروه‌ها از لحاظ تعداد بوته، تعداد ریشه، شاخص بیماری و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). براین اساس پنج خوشه ایجاد شده از لحاظ هر چهار صفت مورد بررسی به روش

حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) مقایسه میانگین شدند. خوشه‌ای یک در بر گیرنده ژنوتیپ‌های ۲ (FCOT 990077)، ۳ (FCOT 990078)، ۴ (FCOT 990080)، ۷ (FCOT 990082)، ۸ (FCOT 990083)، ۱۰ (FCOT 990085)، ۱۴ (FCOT 990089)، ۱۶ (FCOT 990091)، ۲۲ (FCOT 990097)، ۲۳ (FCOT 990098)، ۲۹ (FCOT 990104)، ۳۲ (FCOT 990107)، ۳۷ (FCOT 990112)، ۳۹ (FCOT 990114)، ۴۱ (FCOT 990116)، ۴۵ (FCOT 990120)، ۴۶ (FCOT 990121)، ۴۸ (33896)، ۵۳ (Check 2) و ۵۴ (Check 3) بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین خوشه‌ها، خوشه شماره ۱ از لحاظ تعداد بوته، تعداد ریشه و شاخص بیماری، از میانگین بالاتر از میانگین کل و از نظر شاخص برداشت، از میانگین پایین‌تر از میانگین کل خوشه‌ها برخوردار بود. لازم به ذکر است در بین پنج خوشه مورد بررسی بالاترین شاخص بیماری و کمترین شاخص برداشت به ژنوتیپ‌های خوشه یک اختصاص داشت. خوشه مذکور که ۴۱/۶۶ درصد از کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی را تشکیل می‌داد به لحاظ مقاومت به ریزوکتونیا ژنوتیپ‌های مناسبی تشخیص داده نشدند (جدول ۴). دو ژنوتیپ شماره ۱۱ (FCOT 990086) و ۱۸ (FCOT 990093) در خوشه شماره ۲ قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مذکور از تعداد بوته و ریشه و شاخص برداشت پایین‌تر و شاخص بیماری بالاتر از میانگین کل خوشه‌ها برخوردار بودند، لازم به ذکر است که کمترین تعداد بوته و تعداد ریشه در بین گروه‌های مورد بررسی به خوشه شماره ۲ اختصاص داشت، خوشه مذکور نیز از نظر شاخص‌های مورد بررسی اوتایپ‌های نامناسبی تشخیص داده شدند (جدول ۴). اوتایپ‌های شماره ۱۳ (FCOT 990088)، ۱۱ (FCOT 990076)، ۶ (FCOT 990081)، ۱۲ (FCOT 990087)، ۱۵ (FCOT 990090)، ۲۵ (FCOT 990100)، ۲۷ (FCOT 990102)، ۲۸ (FCOT 990103)، ۴۰ (FCOT 990115)، ۴۲ (FCOT 990117) و ژنوتیپ‌های ۵۰ (33898) و ۵۱ (Stock) در خوشه سوم قرار گرفتند، ژنوتیپ‌های خوشه مذکور از تعداد بوته

و ۹۹۰۰۸۶ (FCOT 990076) و ۱ (FCOT 990086) به ترتیب با مقادیر ۰/۱۱۵ و ۰/۱۷۲ بیشترین فاصله را نسبت به ژنوتیپ ایده آل نشان دادند، مقادیر شاخص SIIG دو ژنوتیپ مذکور بسیار پایین تر از مقدار شاخص SIIG در ژنوتیپ شاهد (Check 3) حساس بود. بعد از دو ژنوتیپ مذکور ژنوتیپ های شماره ۳ (FCOT 990078)، ۱۶ (FCOT 990091)، ۲۲ (FCOT 990097)، ۴۰ (FCOT 990115)، ۲ (FCOT 990077)، ۳۹ (FCOT 990114) و ۶ (FCOT 990081) قرار داشتند که مقادیر پایین شاخص SIIG را به خود اختصاص دادند. گروه بندی ژنوتیپ ها بر اساس نمودار سه بعدی حاصل از سه شاخص SIIG، شاخص بیماری و شاخص برداشت نشان داد که دو ژنوتیپ شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084) از مقادیر بالای شاخص های SIIG و برداشت، و مقادیر پایین شاخص بیماری برخوردار بوده در یک گروه و در کنار یکدیگر قرار دارند (شکل ۴).

بحث

نتایج نشان داد اختلاف بین لاین های اوتایپ مورد بررسی از نظر شاخص برداشت و شاخص بیماری، معنی دار بود. کسب چنین نتیجه ای بیان گر این است که بین ژنوتیپ ها از نظر شاخص بیماری و شاخص برداشت تنوع ژنتیکی مناسبی وجود دارد که در برنامه های آتی به نژادی می توان از آن بهره برد. مقایسه ژنوتیپ های اوتایپ از نظر شاخص بیماری نشان داد سه اوتایپ FCOT 990084، FCOT 990094 و FCOT 990079 علاوه بر اینکه کمترین مقدار شاخص بیماری را به خود اختصاص دادند، مقدار شاخص مذکور را در مقایسه با ژنوتیپ شاهد به ترتیب ۲۹/۷۰، ۲۵/۵۴ و ۱۷/۶۲ درصد افزایش دادند که بیان گر حضور ژن مقاومت به بیماری در این مواد ژنتیکی است، علاوه بر این دو اوتایپ شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084) بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند.

و شاخص بیماری بالاتر و از تعداد ریشه و شاخص برداشت پایین تر از میانگین کل خوشه ها برخوردار بودند (جدول ۴).

خوشه شماره ۴ در برگیرنده ژنوتیپ های شماره ۲۴ (FCOT 990099)، ۴۴ (FCOT 990119)، ۱۷ (FCOT 990092)، ۳۱ (FCOT 990106)، ۳۴ (FCOT 990109)، ۳۵ (FCOT 990110)، ۳۶ (FCOT 990111) و ۳۸ (FCOT 990113) بود (جدول ۴). ژنوتیپ های خوشه مذکور از تعداد ریشه و شاخص برداشت بالاتر و از شاخص بیماری کمتر از میانگین کل خوشه ها برخوردار بودند، خوشه شماره ۴ در مقایسه با خوشه های شماره ۱، ۲ و ۳، مقاومت بهتری نسبت به ریزوکتونیا نشان دادند (جدول ۴). در نهایت ژنوتیپ های شماره ۴ (FCOT 990079)، ۹ (FCOT 990084)، ۱۹ (FCOT 990094)، ۳۰ (FCOT 990105)، ۴۷ (FCOT 990122) و رقم شاهد مقاوم ۵۲ (Check1) در خوشه شماره ۵ قرار گرفتند. خوشه مذکور که ۱۰/۴۱ درصد از کل ژنوتیپ های مورد بررسی را در بر می گرفت از تعداد ریشه و شاخص برداشت بالاتر و شاخص بیماری پایین تر از میانگین کل خوشه ها برخوردار بود. ژنوتیپ های خوشه شماره ۵ در مقایسه با دیگر خوشه ها بالاترین مقدار شاخص برداشت و پایین ترین شاخص بیماری را به خود اختصاص دادند و به عنوان لاین های مقاوم به بیماری ریزوکتونیا شناسایی شدند (جدول ۴).

شاخص SIIG

گروه بندی ژنوتیپ های اوتایپ بر اساس شاخص SIIG نشان داد ژنوتیپ های شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084)، ۳۰ (FCOT 990105)، ۴۴ (FCOT 990079)، ۴۷ (FCOT 990122) به ترتیب با مقادیر ۰/۸۵۴ و ۰/۸۲۴ و ۰/۷۴۱، ۰/۷۰۸ و ۰/۷۰۱ نزدیک ترین ژنوتیپ ها به ژنوتیپ های ایده آل بودند و در گروه یک قرار گرفتند. در این بررسی ژنوتیپ شاهد مقاوم (Check 1) با مقدار شاخص SIIG برابر ۰/۶۳۸ در جایگاه ششم قرار داشت، در این بررسی دو اوتایپ شماره ۱۱ (FCOT

جدول ۳ مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات و شاخص‌های مورد بررسی

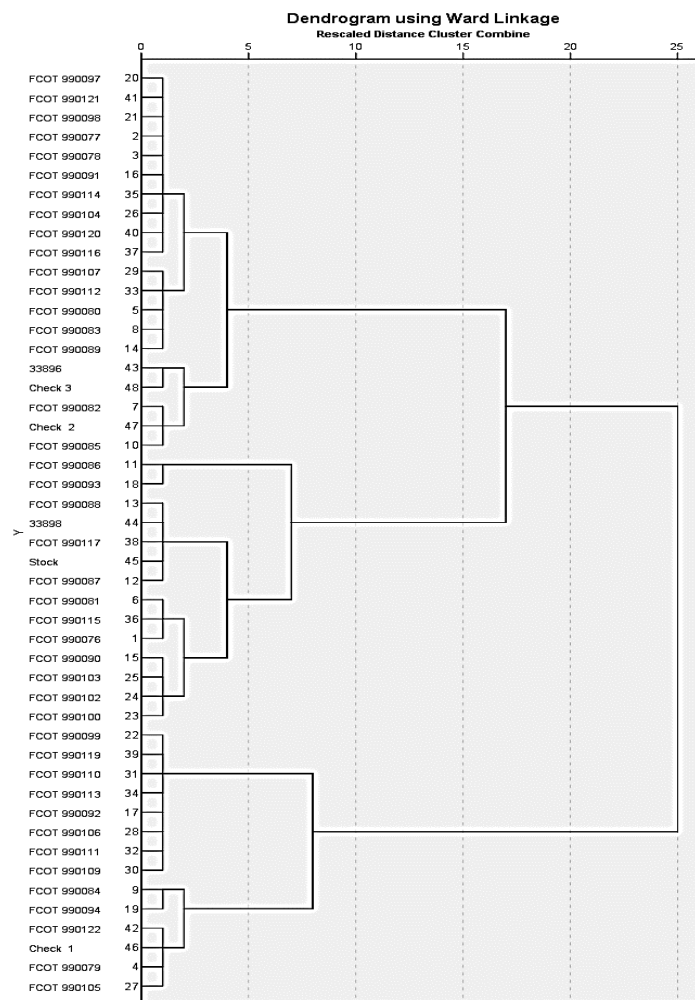
شاخص برداشت	شاخص بیماری	تعداد ریشه	تعداد بوته	اوریزین	ژنوتیپ	شاخص برداشت	شاخص بیماری	تعداد ریشه	تعداد بوته	اوریزین	ژنوتیپ
۲۴/۱۶ ^{a-e}	۵/۴۹ ^{f-p}	۱۹/۰۰	۲۱/۰۰	FCOT 990092	17	۲/۱۷ ^e	۸/۵۹ ^{abc}	۱۴/۵۰	۱۵/۰۰	FCOT 990076	1
۱۶/۶۶ ^{b-e}	۵/۶۰ ^{g-o}	۸/۰۰	۸/۵۰	FCOT 990093	18	۰/۰ ^e	۷/۵۱ ^{a-h}	۱۶/۰۰	۱۷/۰۰	FCOT 990077	2
۴۹/۸۲ ^a	۳/۷۶ ^{op}	۱۷/۰۰	۱۴/۰۰	FCOT 990094	19	۲/۶۳ ^e	۷/۸۳ ^{a-e}	۱۷/۰۰	۱۹/۵۰	FCOT 990078	3
۲/۹۴ ^{de}	۷/۵۶ ^{a-g}	۱۶/۰۰	۱۸/۵۰	FCOT 990097	22	۳۵/۸ ^{abc}	۴/۱۶ ^{nop}	۱۵/۵۰	۱۷/۵۰	FCOT 990079	4
۶/۵۴ ^{de}	۷/۰۷ ^{a-j}	۱۶/۰۰	۱۸/۰۰	FCOT 990098	23	۸/۳۳ ^{de}	۶/۴۱ ^{e-m}	۱۷/۵۰	۱۸/۵۰	FCOT 990080	5
۱۸/۵۷ ^{b-e}	۵/۲۵ ^{l-p}	۱۸/۰۰	۲۰/۵۰	FCOT 990099	24	۳/۱۲ ^{de}	۷/۵۹ ^{a-f}	۱۳/۰۰	۱۶/۰۰	FCOT 990081	6
۲۵/۰۰ ^{a-e}	۶/۶۶ ^{c-m}	۱۰/۰۰	۱۸/۵۰	FCOT 990100	25	۳/۱۲ ^{de}	۷/۰۶ ^{a-j}	۲۰/۰۰	۲۱/۵۰	FCOT 990082	7
۱۶/۶۶ ^{b-e}	۷/۵۲ ^{a-h}	۱۲/۰۰	۱۵/۰۰	FCOT 990102	27	۵/۸۸ ^{de}	۶/۱۶ ^{e-m}	۱۶/۵۰	۱۹/۵۰	FCOT 990083	8
۲۱/۵۱ ^{b-e}	۶/۸۶ ^{b-l}	۱۳/۰۰	۱۶/۵۰	FCOT 990103	28	۴۹/۳۳ ^a	۳/۵۵ ^p	۱۵/۵۰	۱۹/۵۰	FCOT 990084	9
۱۵/۰۰ ^{b-e}	۷/۰۳ ^{a-j}	۱۵/۰۰	۱۹/۰۰	FCOT 990104	29	۱۰/۵۵ ^{cde}	۶/۵۴ ^{d-m}	۱۹/۰۰	۲۳/۵۰	FCOT 990085	10
۳۸/۰۰ ^{ab}	۴/۸۳ ^{m-p}	۱۵/۰۰	۱۹/۵۰	FCOT 990105	30	۳/۵۷ ^{de}	۶/۹۶ ^{a-k}	۸/۰۰	۹/۵۰	FCOT 990086	11
۱۷/۶۷ ^{b-e}	۵/۶۰ ^{g-o}	۲۰/۰۰	۲۰/۵۰	FCOT 990106	31	۱۷/۶۴ ^{b-e}	۵/۵۹ ^{t-o}	۱۳/۰۰	۱۷/۵۰	FCOT 990087	12
۱۲/۵۴ ^{b-e}	۶/۲۰ ^{e-m}	۱۶/۰۰	۱۷/۵۰	FCOT 990107	32	۱۹/۷۹ ^{b-e}	۵/۷۱ ^{t-o}	۱۷/۰۰	۱۷/۰۰	FCOT 990088	13
۱۷/۰۰ ^{b-e}	۵/۴۹ ^{i-p}	۱۹/۰۰	۲۲/۵۰	FCOT 990109	34	۳/۱۲ ^{d-e}	۶/۶۱ ^{d-m}	۱۷/۰۰	۲۰/۵۰	FCOT 990089	14
۲۴/۴۰ ^{a-e}	۵/۵۲ ^{i-p}	۲۰/۵۰	۲۱/۵۰	FCOT 990110	35	۱۶/۱۶ ^{b-e}	۶/۷۶ ^{c-m}	۱۳/۰۰	۱۶/۵۰	FCOT 990090	15
۱۹/۲۶ ^{b-e}	۵/۸۱ ^{f-n}	۲۱/۰۰	۲۱/۵۰	FCOT 990111	36	۳/۸۴ ^{de}	۸/۴۲ ^{a-d}	۱۵/۰۰	۲۰/۰۰	FCOT 990091	16

شاخص برداشت	شاخص بیماری	تعداد ریشه	تعداد بوته	اوریزین	ژنوتیپ
۱۱/۳۱ ^{b-e}	۶/۳۵ ^{e-m}	۱۶/۵۰	۱۸/۵۰	FCOT 990112	37
۲۱/۹۳ ^{b-e}	۵/۴۴ ^{i-p}	۲۰/۰۰	۲۱/۰۰	FCOT 990113	38
۰/۰ ^e	۸/۸۶ ^a	۱۳/۵۰	۱۹/۰۰	FCOT 990114	39
۷/۱۴ ^{de}	۶/۶۷ ^{c-m}	۱۳/۰۰	۱۴/۵۰	FCOT 990115	40
۱۳/۱۲ ^{b-e}	۷/۷۹ ^{a-e}	۱۵/۵۰	۲۱/۵۰	FCOT 990116	41
۲۳/۰۷ ^{a-e}	۵/۵۹ ^{g-o}	۱۴/۵۰	۱۵/۰۰	FCOT 990117	42
۲۰/۹۵ ^{b-e}	۵/۶۰ ^{g-o}	۱۸/۰۰	۲۰/۰۰	FCOT 990119	44
۱۰/۰۰ ^{cde}	۷/۶۵ ^{a-f}	۱۳/۰۰	۲۰/۰۰	FCOT 990120	45
۵/۵۵ ^{de}	۷/۴۲ ^{a-i}	۱۵/۵۰	۱۸/۵۰	FCOT 990121	46
۳۸/۷۹ ^{abc}	۴/۹۳ ^{i-p}	۱۷/۰۰	۱۸/۵۰	FCOT 990122	47
۰/۰ ^e	۸/۷۴ ^{ab}	۱۶/۰۰	۲۳/۰۰	33896	48
۱۸/۵۰ ^{b-e}	۵/۲۳ ^{i-p}	۱۶/۵۰	۱۶/۵۰	33898	50
۲۳/۰۱ ^{a-e}	۶/۵۶ ^{d-m}	۱۶/۰۰	۱۶/۰۰	Stock	51
۳۰/۰۰ ^{a-d}	۵/۰۵ ^{k-p}	۱۸/۰۰	۲۰/۰۰	Check1 (fc709-2)R	52
۷/۶۹ ^{de}	۶/۲۰ ^{e-m}	۲۱/۰۰	۲۱/۰۰	Check2 (20707)R	53
۰/۰ ^e	۸/۴۶ ^{a-d}	۱۹/۵۰	۲۲/۰۰	Check3(191)S	54

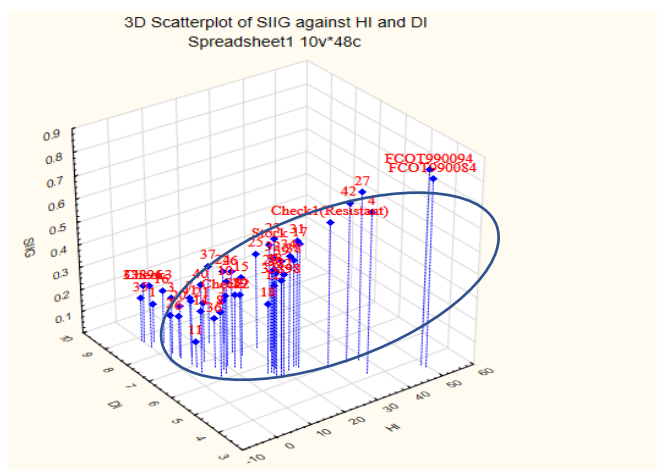
جدول ۴ تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خوشه‌ها از لحاظ مورد بررسی در شرایط آلودگی میکروپلات

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد بوته	تعداد ریشه	شاخص بیماری	شاخص برداشت
بین گروه‌ها	۴	۸۴/۳۹ ^{oo}	۷۲/۰۷ ^{oo}	۱۱/۷۸ ^{oo}	۱۳۷۰/۷۳ ^{oo}
درون گروه‌ها	۴۳	۲/۴۰	۳/۲۰	۰/۶۴	۳۵/۳۳
خوشه ۱	—	۱۹/۸۷ ^{ab}	۱۶/۵۷ ^b	۷/۲۶ ^a	۶/۰۱ ^c
خوشه ۲	—	۹/۰۰ ^d	۸/۰۰ ^d	۶/۵۷ ^a	۹/۷۵ ^{bc}
خوشه ۳	—	۱۶/۱۶ ^c	۱۳/۷۹ ^c	۶/۲۵ ^{ab}	۱۵/۸۶ ^b
خوشه ۴	—	۲۱/۰۶ ^a	۱۹/۴۲ ^a	۵/۴۸ ^{bc}	۲۰/۰۰ ^b
خوشه ۵	—	۱۸/۰۰ ^{bc}	۱۶/۲۳ ^{bc}	۴/۳۵ ^c	۳۹/۵۱ ^a
میانگین	—	۱۳/۸۱	۱۴/۸۲	۵/۹۸	۱۸/۲۲

میانگین دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.



شکل ۳ دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد بررسی تحت شرایط آلودگی میکرو پلات



شکل ۴ نمودار سه بعدی انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به بیماری بر اساس شاخص بیماری شاخص برداشت و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل

جدول ۵ مقادیر آماره شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها

اوریزین	G	d+	d-	SIIG	اوریزین	G	d+	d-	SIIG
FCOT 990094	19	-/۰۶۸	-/۹۳۶	-/۸۵۴	FCOT 990116	41	-/۳۹۱	-/۱۵۷	-/۳۵۱
FCOT 990084	9	-/۰۸۵	-/۹۳۵	-/۸۲۴	Check2 (20707) R	53	-/۳۱۷	-/۱۷۱	-/۳۵۰
FCOT 990105	30	-/۱۱۰	-/۳۱۵	-/۷۴۱	FCOT 990107	32	-/۳۹۲	-/۱۴۶	-/۳۳
FCOT 990079	4	-/۱۲۵	-/۳۰۲	-/۷۰۸	FCOT 990112	37	-/۳۹۸	-/۱۴۷	-/۳۳۰
FCOT 990122	47	-/۱۲۵	-/۲۹۶	-/۷۰۴	FCOT 990102	27	-/۲۸۴	-/۱۳۷	-/۳۲۶
Check1 (fc709-2) R	52	-/۱۵۴	-/۳۷۰	-/۶۳۸	FCOT 990093	18	-/۳۰۳	-/۱۳۹	-/۳۱۴
FCOT 990110	35	-/۱۹۵	-/۲۴۵	-/۵۵۷	FCOT 990080	5	-/۳۱۷	-/۱۴۱	-/۳۰۸
FCOT 990092	17	-/۱۹۵	-/۲۳۸	-/۵۴۹	FCOT 990082	7	-/۳۵۳	-/۱۵۴	-/۳۰۳
FCOT 990113	38	-/۲۱۷	-/۲۲۶	-/۵۱۰	FCOT 990083	8	-/۳۳۳	-/۱۳۵	-/۲۸۹
FCOT 990111	36	-/۲۳۲	-/۲۱۹	-/۴۸۵	FCOT 990120	45	-/۳۱۶	-/۱۲۷	-/۲۸۷
FCOT 990100	25	-/۲۲۱	-/۲۰۸	-/۴۸۵	Check3(191) S	54	-/۳۸۳	-/۱۴۷	-/۲۷۷
FCOT 990119	44	-/۲۲۷	-/۲۰۸	-/۴۷۸	FCOT 990089	14	-/۳۵۴	-/۱۳۴	-/۲۷۵
FCOT 990117	42	-/۲۲۱	-/۲۰۲	-/۴۷۷	FCOT 990098	23	-/۳۳۴	-/۱۲۰	-/۲۶۴
Stock	51	-/۲۲۱	-/۲۰۱	-/۴۷۶	33896	48	-/۳۸۷	-/۱۳۳	-/۲۵۶
FCOT 990109	34	-/۲۴۵	-/۲۰۸	-/۴۵۹	FCOT 990121	46	-/۳۴۴	-/۱۱۵	-/۲۵۰
FCOT 990099	24	-/۲۳۹	-/۲۰۲	-/۴۸۵	FCOT 990078	3	-/۳۶۴	-/۱۲۱	-/۲۴۹
FCOT 990106	31	-/۲۴۷	-/۲۰۳	-/۴۵۱	FCOT 990091	16	-/۳۶۱	-/۱۱۳	-/۲۳۸
FCOT 990088	13	-/۲۴۰	-/۱۸۸	-/۴۴۰	FCOT 990097	22	-/۳۶۲	-/۱۱۱	-/۲۳۵
FCOT 990103	28	-/۲۴۲	-/۱۸۰	-/۴۲۶	FCOT 990115	40	-/۳۳۸	-/۰۹۷	-/۲۲۲
33898	50	-/۲۴۷	-/۱۸۳	-/۴۲۶	FCOT 990077	2	-/۳۸۴	-/۱۰۱	-/۲۰۹
FCOT 990087	12	-/۲۶۰	-/۱۶۸	-/۳۹۳	FCOT 990114	39	-/۳۹۳	-/۰۹۵	-/۱۹۵
FCOT 990085	10	-/۳۰۰	-/۱۸۲	-/۳۷۷	FCOT 990081	6	-/۳۶۸	-/۰۸۲	-/۱۸۱
FCOT 990104	29	-/۲۷۵	-/۱۵۷	-/۳۶۳	FCOT 990076	1	-/۳۸۰	-/۰۷۹	-/۱۷۲
FCOT 990090	15	-/۲۷۴	-/۱۴۹	-/۳۵۲	FCOT 990086	11	-/۳۸۵	-/۰۵۰	-/۱۱۵

S= susceptible

R- مقاوم

میانگین دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند. G - ژنوتیپ

شاخص برداشت و پایین‌ترین شاخص بیماری را به خود اختصاص دادند و به‌عنوان لاین‌های مقاوم به بیماری ریزوکتونیا شناسایی شدند.

در مطالعه ابراهیمی‌کولایی و همکاران (Ebrahimi et al. 2010) Koulaei *et al.* ۲۰۱۰ سه رگه جدید اصلاحی چغندرقد از نظر مقاومت به عامل بیماری و ۱۱ رگه از نظر شاخص برداشت نسبت به شاهد مقاوم (SB19) برتر تشخیص داده شدند. در ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های چغندرقد نسبت به (AG 2-2) R. solani فتاحی و همکاران (Fattahi et al. 2011) نشان دادند سه ژنوتیپ اصلاحی SB19- P.16، SB19- P.44 و SB19- P.78 با شاهد مقاوم دوروتی (Dorotea) در یک گروه قرار گرفته و بین آنها

در مطالعه ویگ و گلدمن (Wigg and Goldman 2020) ژنوتیپ‌های Badger Flame و FC709-2 به ترتیب با درصدهای آلودگی ۲۹ و ۳۲ درصد به‌عنوان مقاوم‌ترین و ژنوتیپ‌های W411B و KDH13 به ترتیب با درصد آلودگی ۵۴ و ۵۵ درصد به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند.

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای اوتایپ‌های مورد بررسی به پنج گروه دسته‌بندی شدند در بین گروه‌های مورد بررسی خوشه شماره ۵ که در بر گیرنده اوتایپ‌های شماره ۴ (FCOT 990079)، FCOT ۹۹۰۰۸۴، FCOT ۹۹۰۰۹۹، FCOT ۹۹۰۰۸۱، FCOT ۹۹۰۱۰۵، FCOT ۹۹۰۱۲۲) و رقم شاهد مقاوم (Check1) ۵۲ بود، در مقایسه با دیگر خوشه‌ها بالاترین مقدار

مذکور در مجاورت یکدیگر در نمودار سه بعدی قرار داشتند که بیانگر مشابهت این دو لاین از نظر سه شاخص SIIG، شاخص بیماری و شاخص برداشت بود، با توجه به کلیه تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته به نظر می‌رسد دو اوتایپ شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084) لاین‌های مناسبی برای دورگیری و تهیه ارقام متحمل چغندر قند به عوامل بیماری‌زا پوسیدگی ریشه می‌باشند. در مطالعه کاترینا و همکاران (Katharina *et al.* 2020)، بین ارقام و لاین‌های اصلاحی چغندرلبویی از لحاظ مقاومت به سویه AG 2-2 IIIB ریزوکتونیا اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، آنها دریافتند لاین اصلاحی PI بیشترین مقاومت را به ریزوکتونیا نشان داد. در مطالعه استراوسباگ و همکاران (Strausbaugh *et al.* 2013) مقدار بیماری‌زایی سویه‌های مختلف ریزوکتونیا را بر روی ارقام و لاین‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دادند و اظهار داشتند لاین FC709-2 بالاترین درجه مقاومت را به سویه‌های مختلف این عامل بیماری‌زا نشان داد.

در نهایت اوتایپ‌های شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084)، به‌عنوان اوتایپ‌های مقاوم به بیماری ریزوکتونیا شناسایی شدند و از آنها می‌توان در برنامه‌های آتی به‌نژادی در زمینه تولید پایه‌های سینگل کراس و همچنین هیبریدهای مقاوم به بیماری ریزوکتونیا بهره جست.

اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در مطالعه ابراهیمی کولایی و همکاران (Ebrahimi Koulaee *et al.* 2019) پنج هیبرید (با شماره‌های ۹، ۱۳، ۱۶، ۴ و ۱۸) نسبت به بیمارگر ریزوکتونیا مقاوم‌تر از رقم اکباتان بودند و در خوشه اول قرار گرفتند. قشقایی و همکاران (Ghashghaee *et al.* 2015) گزارش نمودند ارقام تجارتي شیرین و جلگه از حساسیت بالایی نسبت به بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه برخوردار بودند در حالی که ارقام تجارتي فلورس، دوروتی، راستا، لاین‌های B8618 و B8662 و توده SB19 با شدت آلودگی یک تا ۳ جزو ارقام مقاوم به بیماری بودند. در تحقیقی دیگر محمودی و قشقایی (Mahmoudi and Ghashghaie 2012)، ۱۷ لاین چغندر قند را به لحاظ مقاومت به ریزوکتونیا و بیماری پوسیدگی ذغالی ریشه مورد ارزیابی قرار داده و دریافتند لاین B8618 نسبت به هر دو عامل بیماری‌زا مقاومت نشان داد، علاوه بر این، ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی چغندر قند (M293، M362 و M345) به جدایه‌های *M. phaseolina* و *R. solani* حساس بودند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های اوتایپ بر اساس شاخص SIIG نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ (FCOT 990094) و ۹ (FCOT 990084)، ۳۰ (FCOT 990105)، ۴ (FCOT 990079)، ۴۷ (FCOT 990122) نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به ژنوتیپ‌های ایده‌آل بودند، مقدار شاخص SIIG در این اوتایپ‌ها از شاهد مقاوم (Check 1) بالاتر بود، در این مطالعه شاهد مقاوم از لحاظ شاخص SIIG در رتبه ششم قرار داشت. همچنین دو لاین

References:

منابع مورد استفاده:

- Biancardi E. History of sugar beet breeding. In Genetics and breeding of sugar beet, ed. E. Biancardi, L.G. Campbell, G.N. Skaracis, and M. DeBiaggi, Enfield: Science Publishers. 2005; pp38–40
- Buhre C, Kluth C, Buerckky K, Maßländer, Varrelmann, M. Integrated control of root and crown rot in sugar beet: combined effects of cultivar, crop rotation, and soil tillage. Plant Disease. 2009; 93 (2): 155–161.

- Büttner G, Pfähler B, Märlander B. Greenhouse and field techniques for testing sugar beet for resistance to Rhizoctonia root and crown rot. *Plant Breeding*. 2004; 123: 158-166.
- Ebrahimi Koulaee H, Mahmoudi SB, Hasani M. Evaluation of the resistance of sugar beet breeding lines to Rhizoctonia root and crown rot. *Journal of Sugar Beet*. 2010; 26(1): 42-31. (in Persian, abstract in English).
- Ebrahimi Koulaei H, Mansouri H, Aghaezadeh M, Mohammadian R, Soltani J, Fotouhi K. Evaluation of yield potential and resistance to rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) disease of new sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids. *Iranian journal of crop science*. 2019; 21(2): 173-187. (in Persian, abstract in English)
- FAOSTAT. Crops - Production/Yield quantities of Sugar beet. 2021. Available at: <http://www.fao.org/faostat/> (Accessed October 4th 2021).
- Fattahi SH, Zafari D, Mahmoudi SB. Evaluation of superior sugar beet genotypes for resistance to important root rot pathogens in the greenhouse. *Journal of Sugar Beet*. 2011; 27(1): 25-38. (in Persian, abstract in English)
- Ghashghaee S, Mahmoudi SB, Rezaei S. Assessment resistance of sugar beet pollinator s1 lines to charcoal root rot. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*. 2015; 28(1): 1-9. (in Persian, abstract in English)
- Harveson RM, Hanson LE, Hein GL. Compendium of beet diseases and pests. St. Paul: American Phytopathological Society Press. 2009; pp 12-21.
- Katharina S, Wigg F, Goldman L. Variability in Reaction to Root and Crown Rot Caused by *Rhizoctonia Solani* Among Table Beet Cultivars, Breeding Lines, and Plant Introductions in Controlled Environment Conditions. *Horticultural Science*. 2020; 55(9):1482–1494.
- Liu YX, Qi AM, Khan FR. Age-Dependent Resistance to *Rhizoctonia solani* in Sugar Beet. *Plant Diseases*. 2019; 103 (9): 2322-2329.
- Mahmoudi SB, Ghashghaie S. Reaction of sugar beet S1 lines and cultivars to different isolates of *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* AG-2-2IIIB. *Euphytica*. 2012; 190: 439–445.
- Mahmoudi SB, Mesbah M, Alizadeh A. Pathogenic variability of sugar beet isolates of *Rhizoctonia solani*. *Iranian Journal of Plant Pathology*. 2004. 40(3-4):253- 280. (in Persian, abstract in English)
- Mahmoudi SB, Mesbah M, Alizadeh A, Ebrahimi-koulaii H. Comparison of different methods for evaluation of resistance to *Rhizoctonia* root and crown rot in selected genotypes of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*. 2003; 19(1): 1-22. (in Persian, abstract in English)
- Mc Grath JM, Hanson LE, Panella L. Registration of SR98 sugar beet Germplasm with resistances to *Rhizoctonia* seedling and crown and root rot diseases. *Journal of Plant Registrations*. 2015; 9(2): 227–231.
- Soltani Nezhad S, Mahmoodi SB, Farrokhi Nezhad R. Characterization of sugar beet *Rhizoctonia* isolates in Iran. *Journal of Sugar Beet*. 2007; 23(2): 135- 150. (in Persian, abstract in English)

- Strausbaugh CA, Eujayl IA, Panella LW. Interaction of sugar beet host resistance and *Rhizoctonia solani* AG-2-2 IIIB strains. *Plant Diseases*. 2013; 97:1175-1180.
- Wigg KS, Goldman IL. Variability in reaction to root and crown rot caused by *Rhizoctonia solani* among table beet cultivars, breeding lines, and plant introductions in controlled environment conditions. *Horticultural Science*. 2020; 5 (9): 1482–1494.
- Windels CE, Panella L, Ruppel EG. Sugar beet germplasm resistant to *Rhizoctonia* root and crown rot with stands disease caused by several pathogenic isolates of *Rhizoctonia solani* AG2-2. *Sugar Beet Research and Extension Report*. 1995; 26: 179-185.
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asghari A, Hoseini SM. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using Selection Index of Ideal Genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum*. 2015; 7(2): 703-711.
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asghari A, Zeinalabedini M. Appropriate Strategies for Selection of Drought Tolerant Genotypes in Canola. *Journal of Crop Breeding*. 2106; 78(20): 77-90 (in Persian, abstract in English).



بررسی بهره‌وری و میزان آب‌آبیاری چغندر قند در روش‌های آبیاری تحت فشار و سطحی در منطقه تربت حیدریه

Evaluation of the water efficiency and the amount of water applied in irrigation of sugar beet through pressurized and surface irrigation methods in Torbat-e Heydariyeh region

محمد کریمی^{۱*} و محمد جلیلی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2022.355945.1288

م. کریمی و م. جلیلی. ۱۴۰۰. بررسی بهره‌وری و میزان آب‌آبیاری چغندر قند در روش‌های آبیاری تحت فشار و سطحی در منطقه تربت حیدریه. چغندر قند، ۳۷(۲): ۱۶۷-۱۷۷

چکیده

هدف از انجام این تحقیق اندازه‌گیری حجم آب‌آبیاری، عملکرد ریشه، بهره‌وری آب و مقایسه میزان آب آبیاری با نیاز آبی ناخالص چغندر قند در منطقه تربت حیدریه بوده است. مزارع در سال ۱۳۹۷ به کمک کارشناسان مدیریت و مراکز جهاد کشاورزی به گونه‌ای انتخاب شدند که نماینده کل مزارع چغندر قند منطقه باشند. اطلاعات پایه شامل مشخصات و مختصات جغرافیایی مزارع، بافت خاک، هدایت الکتریکی آب‌آبیاری و عصاره اشباع خاک تعیین شدند. زمان کاشت، زمان برداشت، طول دوره رشد، رقم چغندر قند، متوسط عمق آب در هر بار آبیاری، تعداد کل نوبت‌های آبیاری انجام شده، حجم کل آب‌آبیاری و نیاز آبتیوی اندازه‌گیری، محاسبه و یا از طریق پرسش از کشاورزان برآورد گردید. متوسط میزان آب‌آبیاری در مزارع چغندر قند در روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب برابر با ۱۱۴۶۸، ۱۰۰۵۴ و ۱۰۳۵۳ مترمکعب در هکتار بوده است. کمترین میزان عملکرد ریشه برابر با ۲۹/۵ و بیشترین آن ۷۰ تن در هکتار بود. کمترین مقدار بهره‌وری آب برابر با ۳/۲۱ و بیشترین آن ۷/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب و هر دو مقدار در روش آبیاری سطحی به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب در مزارع چغندر قند در روش آبیاری سطحی برابر با ۴/۱۹ و در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۶/۳۰ و ۶/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد. با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی و قطره‌ای، بهره‌وری آب به ترتیب ۵۰/۳۶ و ۴۸/۶۹ درصد افزایش پیدا کرده است. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از آبیاری تحت فشار در کشت چغندر قند قابل توصیه است و توصیه می‌شود کشاورزان بر اساس دفترچه راهنما و طراحی اقدام به بهره‌برداری از سامانه آبیاری نمایند، همچنین برنامه‌ریزی آبیاری در مزرعه دقیقاً با آنچه در دفترچه توصیه شده است، مطابقت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، بهره‌وری آب، چغندر قند، روش آبیاری، عملکرد



۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. * - نویسنده مسئول: karimi.irri@gmail.com

۲- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

مقدمه

خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند رو به افزایش نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادث‌تر نیز خواهد شد. در چنین شرایطی یکی از راه‌کارهای مؤثر و عملی استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است. حجم آب آبیاری محصولات کشاورزی به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی استفاده بهینه از منابع آب نقش بسیار مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های کلان در حوزه مدیریت و مهندسی آب دارد. هرچند، تاکنون حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی به‌طور دقیق تعیین یا برآورد نشده و این موضوع همواره از دغدغه‌های اصلی متولیان و برنامه‌ریزان صنعت آب کشور بوده و هست. در شرایط فعلی که تناقضاتی در آب‌آبیاری محصولات مختلف بین سازمان‌های مختلف و به‌طور خاص بین وزارت نیرو و وزارت جهادکشاورزی وجود دارد، انجام یک کار پژوهشی که بتواند به اعداد متقنی در باره حجم آب‌آبیاری محصولات مختلف در کشور منتهی شود، امری لازم و ضروری بوده و نتایج آن می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری مسئولین مرتبط با آب و کشاورزی بنماید. استان خراسان رضوی با مساحت ۱۱۶۴۹۳/۳۹ کیلومترمربع یکی از قطب‌های تولید چغندرقد در کشور است. بر اساس آخرین آمار و اطلاعات ارائه شده توسط وزارت جهادکشاورزی، سطح زیرکشت چغندرقد آبی در این استان ۱۱۷۹۹ هکتار با میانگین عملکرد ریشه ۵۵/۱۳ تن در هکتار بوده است (Kassam and Smith 2001; Ahmadi et al. 2020) با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق مختلف کشور که عمدتاً دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک می‌باشند، توجه به آب‌آبیاری گیاه و برنامه‌ریزی برای آن ضروری است. مهم‌ترین فاکتور برای بهبود کارایی و بهره‌وری آب، شناخت و تعیین نیاز آبی گیاه و سپس برنامه‌ریزی آبیاری و اعمال روش مناسب آبیاری است. مؤسسه تحقیقات خاک و آب

بر اساس نتایج مطالعات انجام شده و نتایج هواشناسی در استان‌های کشور و با استفاده از روش تجربی معتبر پنمن ماتیت (Penman-Monteith)، نیاز آبی گیاه چغندرقد و سایر گیاهان زراعی و باغی کشور را بررسی و حاصل را در دو جلد کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور" ارائه نموده است (Farshi et al. 1997). در جلد اول این مجموعه، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه چغندرقد را در شهرستان تربت‌حیدریه ۱۱۷۰ میلی‌متر و باران مؤثر ۸۰ میلی‌متر و نیازخالص آب‌آبیاری این گیاه را ۱۰۹۰ میلی‌تر بیان نموده است (Farshi et al. 1997). بر اساس داده‌های ارائه شده در نرم‌افزار Netwat، نیاز خالص آب‌آبیاری چغندرقد در منطقه تربت‌حیدریه ۱۱۰۵ میلی‌متر و در جلگه رخ ۸۹۷ میلی‌متر است. مقدار آبی که توسط کشاورزان برای تولید محصولات کشاورزی و مخصوصاً چغندرقد در سطح کشور مصرف می‌شود، به عواملی مانند رقم، طول دوره رشد، مدیریت مزرعه، خاک، کیفیت آب، شیب زمین، ابعاد واحد آبیاری، اقلیم، سیستم آبیاری، نوع منبع آبی و ... بستگی دارد.

نیاز آبی چغندرقد به روش لایسیمتری در مشهد مورد بررسی قرار گرفت. میزان نیاز آبی چغندرقد در سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ به ترتیب برابر ۱۱۸۸۰، ۱۳۸۴۰ و ۱۰۹۲۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری و میانگین سه سال برابر ۱۲۲۱۰ مترمکعب در هکتار گردید. میانگین سه ساله عملکرد ریشه چغندرقد داخل لایسیمتر ۵۶/۵ تن در هکتار، درصد قند ۱۷/۸ و میانگین عملکرد ناخالص شکر ۱۰/۰۵ تن در هکتار بود. هم‌چنین کارایی مصرف آب براساس عملکردریشه و عملکردشکر به‌ترتیب ۴/۶۲۷ و ۰/۸۲۳ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب آبیاری به‌دست آمد (Shahabifar and Rahimiyan 2007; Ashraf et al. 2012) حداکثر مقدار آب‌آبیاری چغندرقد در منطقه همدان (ایستگاه تحقیقات

درصد کاهش یافته بود (Baghani 2010). در تحقیقی دیگر به مدت چهار سال نیاز آبی چغندرقد با استفاده از لایسیمتر تعیین شد و تأثیر تغییرات نیازآبی در طی چهار سال بر صفات کمی و کیفی محصول چغندرقد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که حجم آب‌آبیاری چغندرقد طی چهار سال (۱۳۷۳ الی ۱۳۷۶) به‌ترتیب ۸۴۲۷، ۷۳۲۸، ۱۰۲۵۶ و ۹۰۲۶ مترمکعب در هکتار بوده است. میانگین چهار ساله حداکثر ضریب گیاهی در مرحله میان فصل ۱/۰۴ و حداقل آن در مرحله آغازین برابر ۰/۴۲ به‌دست آمد (Zare Abyaneh et al. 2012). مقدار آب‌آبیاری کشاورزان برای تولید چغندرقد در مناطق خوراسگان و مبارکه با روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای معادل ۱۱۷۰۰ و ۷۱۰۰ و در مزارع بلداجی و فرادنبه معادل ۹۲۵۰ و ۶۳۰۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد (Salemi et al. 2013). تبخیر، ترق و ضریب گیاهی چغندرقد در منطقه شهرکرد با استفاده از لایسیمتر اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که مجموع تبخیر و ترق گیاه چغندرقد در فصل رشد برابر ۱۰۱۶/۶ میلی‌متر بود. ضریب گیاهی چغندرقد در مراحل رشد ابتدایی، توسعه گیاه، میانی و نهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۷۲، ۰/۸۱، ۱/۰۴ و ۰/۷۰ به‌دست آمد (Ebrahimipak and Ghalebi 2014). نیاز خالص آبیاری چغندرقد در مشهد براساس محاسبه نیاز آبی در سند ملی آب حدود ۹۰۰۰ مترمکعب در هکتار اعلام گردیده است. با انجام تحقیقی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب چغندرقد پاییزه بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که نیازآبی چغندرقد پاییزه در دوره رشد خود بین ۵۱۰۰ تا ۶۲۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد (Haghighy et al. 2015). با تعیین تابع تولید محصول- آب‌آبیاری چغندرقد در منطقه قزوین این نتیجه حاصل شد که نیازآبی گیاه چغندرقد در کل دوره رشد برابر ۱۰۲۸ میلی‌متر بوده است. در این تحقیق،

اکباتان) در سه سیستم آبیاری نشتی، بارانی و قطره‌ای در دو سال متوالی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین مقدار آب‌آبیاری چغندرقد در سه سیستم مذکور در دو سال متوالی به‌ترتیب معادل ۱۴۱۶۷، ۱۲۰۳۴، ۸۳۵۰ و ۱۴۰۲۵، ۹۹۱۰، ۶۹۲۱ مترمکعب در هکتار به‌دست آمده است (Rezvani et al. 2008). در تحقیقی با استفاده از داده‌های هواشناسی طولانی‌مدت، نیاز آبیاری چغندرقد در مناطق آباد، اقلید، داراب، سد درورزن، زرقان، شیراز و فسا در استان فارس در سطوح احتمال ۱۰ تا ۹۰ درصد (با فاصله ۱۰ درصد) و شرایط بحرانی (تبخیر- ترق زیاد و بارندگی کم) تعیین شد. نتایج نشان داد نیازآبیاری بحرانی چغندرقد در نقاط مختلف استان فارس با نیازآبیاری این گیاه در سطح احتمال ۹۰ درصد برابر است. همچنین نیازآبیاری برآورد شده در برنامه NETWAT در نقاط مختلف استان فارس برابر ۹۲ درصد نیازآبیاری بحرانی این گیاه است. از طرف دیگر، با توجه به روابط همبستگی ارائه شده در این تحقیق امکان تعیین نیاز آبیاری چغندرقد در سطح احتمال مشخص و شرایط بحرانی برای مناطق مختلف استان فارس وجود دارد (Foladmand 2009). میزان آب‌آبیاری زراعت‌های تابستانه در ۳۰ مزرعه در دشت‌های مشهد و چناران اندازه‌گیری شد و آب‌آبیاری این مزارع بعد از تغییر روش آبیاری آنها از روش سطحی به روش تحت فشار نیز اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که آب‌آبیاری کلیه محصولات الگوی کشت تابستانه بجز ذرت علوفه‌ای با تغییر روش آبیاری از سطحی به تحت فشار، بین ۲۲ تا ۵۲ درصد کاهش یافته بود. در مطالعه اخیر، در آبیاری شیاری زراعت پیاز، چغندرقد، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب با میانگین مصرف ۱۵۳۵۹، ۱۴۹۵۵، ۱۴۹۵۵ و ۱۳۵۶۳ مترمکعب در هکتار، بیشتر از سایر محصولات آب مصرف کرده بودند. به‌طورکلی با تغییر روش آبیاری، مقدار آب مصرفی کل کشت‌ها در واحد سطح، ۲۷/۵

عمده سطح زیرکشت چغندرقد در این دو بخش وجود دارد) انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق آب‌آبیاری توسط کشاورزان برای تولید چغندرقد در سال ۱۳۹۷ و بدون دخالت کارشناس در بحث مدیریت آبیاری، اندازه‌گیری شد. در ابتدا در استان خراسان رضوی نه مزرعه (تعداد مزارع انتخابی براساس سطح زیرکشت چغندرقد در منطقه و به ازای هر ۵۰۰ هکتار یک مزرعه انتخاب شده است) در منطقه تربت‌حیدریه انتخاب گردید. هفت مزرعه از بخش جلگه‌رخ (عمده‌ترین سطح زیرکشت چغندرقد شهرستان تربت‌حیدریه مربوط به این بخش می‌باشد) و دو مزرعه از بخش مرکزی این شهرستان انتخاب شد. از نه مزرعه انتخاب شده، دو مزرعه به روش قطره‌ای (تیپ)، دو مزرعه به روش بارانی (آبفشان غلطان)، یک مزرعه به روش بارانی (آبفشان دوار) و چهار مزرعه به روش سطحی (شیاری) آبیاری می‌شدند. مزارع به کمک کارشناسان مدیریت و مراکز جهادکشاورزی به گونه‌ای انتخاب شدند که نماینده کل مزارع چغندرقد منطقه تربت‌حیدریه باشند. اطلاعات پایه شامل مشخصات و مختصات جغرافیایی مزارع (با استفاده از دستگاه GPS)، هدایت الکتریکی آب‌آبیاری (با استفاده از دستگاه EC متر)، بافت خاک و عصاره اشباع خاک با استفاده از نمونه‌برداری از خاک مزارع تعیین شدند (جدول ۱).

منبع‌آبی تمام مزارع چاه عمیق بود. میزان دبی منبع‌آبی با استفاده از فلوم اندازه‌گیری گردید. علاوه بر اطلاعات پایه و میزان دبی هر منبع آبی، تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، طول دوره رشد، رقم چغندرقد کشت شده، متوسط عمق آب در هر آبیاری، تعداد کل نوبت‌های آبیاری، حجم کل آب‌آبیاری و نیاز آبخوبی محاسبه و یا از طریق پرسش از کشاورز برآورد شد (جدول ۲).

ضریب گیاهی چغندرقد در مراحل رشد ابتدایی، توسعه گیاه، میانی و نهایی به ترتیب برابر با $0/6$ ، $0/8$ ، $1/35$ و $0/6$ به دست آمد (Ebrahimipak and Tafteh 2017). در تحقیقی دیگر بهره‌وری فیزیکی و حجم آب‌آبیاری در کشت چغندرقد در منطقه کوه‌دشت استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت. تمامی مزارع چغندرقد انتخاب شده مجهز به سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین نرخ بهره‌وری فیزیکی آب در شرایط مدیریتی بهره‌برداران تحت پوشش پروژه، برای محصول چغندرقد برابر است با $6/06$ کیلوگرم بر مترمکعب و حجم آب‌آبیاری در طول فصل رشد آن برابر است با 14841 مترمکعب در هکتار بوده است (Daneshzad et al. 2019). در پژوهشی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای در کشت چغندرقد بهاره برای منطقه نیمه‌خشک قونیه در کشور ترکیه بررسی و گزارش شد که عملکرد ریشه چغندرقد در تیمارهای 100 ، 75 و 50 درصد نیازآبی یعنی با آب مصرفی 977 ، 733 و 488 میلی‌متر به ترتیب برابر با $77/3$ ، $70/6$ و $50/3$ تن در هکتار بوده است (Topak et al. 2010). در تحقیقی تبخیر و تعرق واقعی و ضریب گیاهی چغندرقد تحت شرایط آبیاری قطره‌ای و با استفاده از لایسیمتر وزنی مورد بررسی قرار گرفت. در طی دو دوره رشد $15-2014$ و $16-2015$ ، تبخیر و تعرق گیاه چغندرقد بین 540 تا 870 میلی‌متر متغیر بوده است. متوسط ضریب گیاهی چغندرقد در مرحله ابتدایی رشد بین $0/47$ تا $0/52$ ، در مرحله میانی $0/93$ تا $1/26$ و در محله نهایی رشد بین $0/7$ تا $0/92$ متغیر بوده است (Thao 2017). در مجموع مطالعات زیادی برای بررسی آب داده شده توسط کشاورزان به مزارع چغندرقد انجام نشده است که تحقیق حاضر با هدف اندازه‌گیری مزرعه‌ای آب‌آبیاری چغندرقد در منطقه تربت‌حیدریه (در دو بخش مرکزی و بخش جلگه‌رخ که

شبکه انتقال آب آبیاری در پنج مزرعه، مدرن (انتقال آب
با لوله) و در چهار مزرعه با کانال خاکی انجام می‌گردد. میزان
شوری خاک بین ۱/۷ تا حداکثر ۵/۰ دسی‌زیمنس بر متر با
میانگین ۳/۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. طول دوره رشد چغندر قند
در مزارع انتخابی بین ۱۵۱ تا ۲۳۳ با میانگین ۱۹۱ روز بود.

جدول ۱ اطلاعات پایه و داده‌های اندازه‌گیری یا جمع‌آوری شده از مزارع چغندر قند انتخابی

شماره مزرعه	سطح زیر کشت (هکتار)	رقم چغندر قند	بافت خاک	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)
۱	۲۰	سمنتا	سیلتی کلی لوم	۴/۳
۲	۱۰	بریجیتا	سیلتی کلی لوم	۴/۳
۳	۹	پائولتا	رسی لومی	۲/۱
۴	۱۹	بتاسید و توکان	رسی لومی	۲/۵
۵	۵	دوروتی	رسی لومی	۴/۹۵
۶	۵	دوروتی	شنی رسی	۳/۶۰
۷	۸	توکان	سیلتی لوم	۱/۶۵
۸	۱۲	پائولتا	سیلتی لوم	۱/۶۵
۹	۱۲	پائولتا	سیلتی لوم	۱/۶۵

جدول ۲ مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده از مزارع چغندر قند انتخابی در شهرستان تربت‌حیدریه

شماره مزرعه	روش آبیاری	دبی (لیتر بر ثانیه)	شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	متوسط عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	تعداد کل نوبت‌های آبیاری	طول دوره رشد (روز)	دور آبیاری
۱	قطره‌ای (تیپ)	۴۳	۲/۸۶	۷۱/۰۸	۱۳	۱۸۷	۱۴
۲	بارانی ویل موو	۴۳	۲/۸۶	۶۳/۱۰	۱۴	۱۷۴	۱۲
۳	بارانی (سنتریوت)	۲۱	۱/۴۰	۷۹/۸۶	۱۳	۱۵۱	۱۲
۴	سطحی	۳۴	۱/۶۷	۹۶/۶۱	۹	۱۸۴	۲۰
۵	سطحی	۲۸/۸۴	۳/۳	۷۳/۶۲	۲۰	۲۱۰	۱۱
۶	سطحی	۱۲	۲/۴	۷۳/۱۲	۱۹	۲۳۳	۱۲
۷	قطره‌ای (تیپ)	۳۰	۱/۱	۱۲۲/۲۹	۷	۱۹۵	۲۸
۸	بارانی ویل موو	۳۰	۱/۱	۷۱/۶۷	۱۶	۱۹۱	۱۲
۹	بارانی (سنتریوت)	۳۰	۱/۱	۶۸/۴۱	۱۶	۱۹۳	۱۲

ادامه جدول ۲ مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده از مزارع چغندر قند انتخابی در شهرستان تربت‌حیدریه

نیاز آبی (میلی‌متر) بر اساس							شماره مزرعه
حجم کل آب آبیاری (مترمکعب/هکتار)	سند ملی	کتاب نیاز آبی	داده‌های هواشناسی	نیاز آبیویی (درصد)	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	
۹۲۴۰/۰۰	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۱۸۰	۵/۹۶	۵۹۰۰۰	۶/۳۹	۱
۸۸۳۳/۳۳	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۱۴۷	۷/۰۴	۵۰۰۰۰	۵/۶۶	۲
۱۰۳۸۲/۴۰	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۰۴۰	۳/۳۳	۷۰۰۰۰	۶/۷۴	۳
۸۶۹۴/۵۷	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۱۷۵	۳/۹۹	۲۹۵۰۰	۳/۳۹	۴
۱۴۷۲۴/۱۲	۱۱۰۵	۱۰۹۰	۱۵۲۸	۸/۲۱	۵۸۰۰۰	۳/۹۴	۵
۱۳۸۹۳/۱۲	۱۱۰۵	۱۰۹۰	۱۵۷۱	۵/۸۴	۴۴۶۰۰	۳/۲۱	۶
۸۵۶۰/۴۲	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۱۷۷	۲/۵۹	۶۰۰۰۰	۷/۰۱	۷
۱۱۴۶۶/۵۰	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۱۷۷	۲/۲۹	۷۰۰۰۰	۶/۱۰	۸
۱۰۹۴۶/۱۶	۸۹۷	۱۰۹۰	۱۱۸۴	۲/۵۹	۷۰۰۰۰	۶/۳۹	۹

نتایج

در جدول ۳ محدوده تغییرات برخی از داده‌های پایه اندازه‌گیری شده در مزارع چغندرقد ارائه شده است. دامنه تغییرات دبی چاه‌ها بین ۱۲ تا ۴۳ لیتر در ثانیه با متوسط میزان دبی ۳۰/۲ لیتر با انحراف معیار ۹/۷ بود. دامنه تغییرات سطح زیرکشت چغندرقد بین ۵ تا ۲۰ هکتار با متوسط ۱۱/۱ و انحراف معیار ۵/۴ بود. شوری آب‌آبیاری بین ۱/۱ تا ۳/۳ با میانگین ۲ و انحراف معیار ۰/۹ بود که از حد آستانه شوری قابل‌تحمل چغندرقد کمتر بود، به عبارتی دیگر شوری آب‌آبیاری تأثیری روی کاهش عملکرد چغندرقد در منطقه نداشته است. دامنه تغییرات عمق آب‌آبیاری بین ۶۳ تا ۱۲۲ میلی‌متر با متوسط ۸۰ میلی‌متر و انحراف معیار ۱۸/۴ بود. حداقل و حداکثر تعداد آبیاری ۷ و ۲۰ با متوسط ۱۴ و انحراف معیار ۴ بود. با توجه به عمق آب‌آبیاری داده شده و تعداد آبیاری‌ها، دامنه تغییرات حجم آب‌آبیاری بین ۸۵۶۰ تا ۱۴۷۲۴ با متوسط ۱۰۷۴۹ و انحراف معیار ۲۲۷۳ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. تغییرات حجم آب‌آبیاری دارای توزیع نرمال بود. دامنه تغییرات عملکرد چغندرقد بین ۲۹۵۰۰ تا ۷۰۰۰۰ تن درهکتار با میانگین ۵۶۷۸۹ کیلوگرم در هکتار و توزیع نرمال بود. میانگین بهره‌وری آب‌آبیاری ۵/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌رویی آب و بارش مؤثر سال اجرای پروژه برابر با ۵/۳۹ و بهره‌روی آب‌آبیاری و بارش مؤثر ده ساله ۴/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است.

نیاز آبی خالص به روش پنمن - مانتیت با استفاده از داده‌های سال جاری و داده‌های ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی شهرستان تربت‌حیدریه و ایستگاه هواشناسی اسدآباد واقع در جلگه‌رخ محاسبه شد. مقادیر محاسبه شده با مقادیر نیاز آبی خالص ارائه شده در سند ملی آب کشور و کتاب نیازآبی گیاهان زراعی و باغی (Farshi et al. 1997) مقایسه شد. آب موردنیاز برای آبیاری (کسر و یا نسبت آبیاری) مزارع مورد مطالعه بر اساس روش ارائه شده در نشریه فائو ۲۹ در روش‌های مختلف آبیاری از روابط زیر برآورد گردید:

- روش آبیاری بارانی و سطحی (رابطه ۱):

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w} \quad (1)$$

- روش آبیاری قطره‌ای (رابطه ۲):

$$LR = \frac{EC_w}{2 * EC_{max}} \quad (2)$$

در این روابط: LR = نسبت و یا کسر آبیاری، EC_w = هدایت الکتریکی آب‌آبیاری، EC_e = هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک - آستانه تحمل گیاه و EC_{max} = شوری با عملکرد صفر آستانه تحمل با ۱۰ و ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد برای چغندرقد به‌ترتیب برابر با ۸/۷ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر توسط فائو گزارش شده است. عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری آب در هریک از مزارع انتخابی تعیین و با همدیگر مقایسه شد. بهره‌وری آب از تقسیم عملکرد محصول بر حجم آب آبیاری به‌دست آمد.

جدول ۳ - دامنه تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع مورد مطالعه

پارامتر	دبی (لیتر بر ثانیه)	سطح زیرکشت چغندرقد (هکتار)	شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	عمق آب در هر بار آبیاری (میلی‌متر)	تعداد آبیاری در کل فصل رشد	حجم آب آبیاری (مترمکعب/هکتار)	عملکرد چغندرقد (کیلوگرم/هکتار)	بهره‌وری آب (بارندگی مؤثر + آبیاری) (کیلوگرم/مترمکعب)	بهره‌وری آب (بارندگی مؤثر) (کیلوگرم/مترمکعب)	بهره‌وری آب (بارندگی مؤثر + آبیاری) (کیلوگرم/مترمکعب)
حداقل	۱۲/۰	۵/۰	۱/۱	۶۳/۱	۷	۸۵۶۰	۲۹۵۰۰	۳/۲۱	۳/۱۹	۲/۳۷
حداکثر	۴۳/۰	۲۰/۰	۳/۳	۱۲۲/۳	۲۰	۱۴۷۲۴	۷۰۰۰۰	۷/۰۱	۶/۹۵	۵/۶۲
میانگین	۳۰/۲	۱۱/۱	۲/۰	۸۰/۰	۱۴	۱۰۷۴۹	۵۶۷۸۹	۵/۴۳	۵/۳۹	۴/۳۸
انحراف معیار	۹/۷	۵/۴	۰/۹	۱۸/۴	۴	۲۲۷۳	۱۳۶۰۰	۱/۴۹	۱/۴۸	۱/۲۱

۲- مقایسه میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع چغندر قند در دو بخش مرکزی و جلگه‌رخ

دو بخش مرکزی و جلگه‌رخ در منطقه تربت حیدریه از نظر اقلیمی با هم متفاوت هستند. در بخش جلگه‌رخ از هر سه روش آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) و در بخش مرکزی اغلب از روش آبیاری سطحی برای آبیاری مزارع چغندر قند استفاده می‌شود. میزان آب آبیاری کشاورزان برای تولید چغندر قند در روش آبیاری سطحی در دو بخش مرکزی و جلگه‌رخ به ترتیب ۱۴۳۰۹ و ۸۶۲۷ مترمکعب در هکتار بوده است. از نظر سامانه آبیاری، متوسط میزان آب آبیاری در مزارعی که به روش قطره‌ای (تیپ) آبیاری می‌شدند برابر با ۱۰۳۵۳ مترمکعب در هکتار، در روش آبیاری بارانی برابر با ۱۰۰۵۴ و در روش آبیاری سطحی ۱۱۴۶۸ مترمکعب در هکتار بود. با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی و از سطحی به قطره‌ای، میزان آب آبیاری به ترتیب ۱۲/۳۳ و ۹/۷۲ درصد کاهش پیدا کرده است. عملکرد چغندر قند نیز در دو بخش مرکزی و جلگه‌رخ در روش آبیاری سطحی به ترتیب ۵۱۳۰۰ و ۴۴۷۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. میانگین عملکرد در دو مزرعه آبیاری قطره‌ای برابر با ۶۴۵۰۰، در سه مزرعه با روش آبیاری بارانی برابر با ۶۳۳۳۳ و در چهار مزرعه با روش آبیاری سطحی برابر ۴۸۰۲۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. به عبارتی دیگر، با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی و از سطحی به قطره‌ای، عملکرد محصول به ترتیب ۳۱/۸۸ و ۳۴/۳۱ درصد افزایش پیدا کرده است. میانگین بهره‌وری آب در مزارعی که با روش سطحی آبیاری می‌شدند برابر با ۴/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمده است در صورتی که در روش آبیاری قطره‌ای و بارانی به ترتیب برابر با ۶/۲۳ و ۶/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است. به عبارتی دیگر، با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی و از سطحی به قطره‌ای، بهره‌وری آب به ترتیب ۵۰/۳۶ و ۴۸/۶۹ درصد افزایش پیدا

کرده است. این نتایج نشان می‌دهد که با تغییر روش آبیاری از سطحی به تحت فشار، عملکرد و بهره‌وری آب افزایش چشمگیری داشته است. مقدار شوری آب آبیاری، شوری خاک و محاسبات نیاز آبی (جدول ۲) در اکثر مزارع چغندر قند منطقه تربت حیدریه نشان‌دهنده این است که به ندرت نیاز به آبیاری در طول فصل زراعی وجود دارد و در دراز مدت نیز با اعمال نیاز آبی محاسبه شده (جدول ۲)، روش‌های آبیاری تحت فشار قادر خواهند بود عملکرد مطلوب‌تری نسبت به روش آبیاری سطحی داشته باشند. بر اساس داده‌های ارائه شده در نرم‌افزار Netwat، نیاز خالص آبیاری چغندر قند در بخش مرکزی تربت حیدریه ۱۱۰۵ میلی‌متر و در بخش جلگه‌رخ ۸۹۷ میلی‌متر می‌باشد. در روش آبیاری سطحی راندمان قابل حصول یا پتانسیل حدود ۶۵ درصد و در سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای آبیاری بارانی حدود ۸۵ درصد و برای آبیاری قطره‌ای حدود ۹۰ درصد است (Solomon 1988; Ali 2011). بنابراین برای تولید چغندر قند در سامانه‌های آبیاری سطحی، بارانی و موضعی در بخش جلگه‌رخ در هر هکتار به ترتیب ۱۳۸۰۰، ۱۰۵۵۳ و ۹۹۶۷ مترمکعب آب مورد نیاز است تا دستیابی به حداکثر محصول ممکن شود. اما با توجه به نتایج این تحقیق، کشاورزان برای تولید چغندر قند در بخش جلگه‌رخ در سه روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۸۶۲۷، ۱۰۰۵۴ و ۱۰۳۵۳ مترمکعب در هکتار آب مصرف کرده‌اند. لذا کشاورزان در دو روش آبیاری (سطحی و بارانی) کم‌آبیاری انجام داده‌اند. در بخش مرکزی تربت حیدریه نیز نیاز خالص آبی چغندر قند ۱۱۰۵۰ مترمکعب در هکتار است. بنابراین برای تولید چغندر قند در سامانه آبیاری سطحی (در این بخش اغلب مزارع چغندر قند به روش سطحی آبیاری می‌شوند)، ۱۷۰۰۰ مترمکعب آب مورد نیاز است. نتایج این تحقیق نشان داد که کشاورزان در بخش مرکزی تربت حیدریه برای تولید چغندر قند در هر هکتار ۱۴۳۰۹ مترمکعب آب مصرف کرده‌اند. بنابراین

۳- مدیریت آبیاری، دور و عمق آب‌آبیاری در مزارع چغندرقد

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد سامانه‌های نوین آبیاری باعث افزایش عملکرد محصول و بهبود بهره‌وری آب در زراعت چغندرقد شده است اما در کاهش مصرف آب نسبت به سامانه آبیاری سطحی موفقیت قابل توجهی نداشته‌اند (جدول ۴). در جدول ۵ متوسط عمق آب‌آبیاری و تعداد دفعات آبیاری در مزارع مورد مطالعه نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که دور آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای تفاوتی با روش آبیاری سطحی ندارد که نشان‌دهنده این است که کشاورزان توجهی به دفترچه طراحی سامانه آبیاری نداشته و بدون توجه به دور آبیاری طراحی شده، آبیاری مزارع را براساس نوبت آب خود انجام داده‌اند. بنابراین مدیریت آبیاری و بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار مطلوب نبوده و کشاورزان به دستورالعمل طراحی سامانه توجه نداشته‌اند.

جدول ۵ متوسط عمق آب آبیاری و تعداد دفعات آبیاری در مزارع انتخابی

ردیف	روش آبیاری	دور آبیاری (روز)	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)
۱	سطحی	۱۸	۹۱/۴۱
۲	بارانی	۱۲	۷۰/۴۶
۳	قطره‌ای	۱۳	۷۱/۳۷

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان آب‌آبیاری چغندرقد در مزارع انتخابی بین ۸۵۶۰ تا ۱۴۷۲۴ مترمکعب در هکتار متغیر بوده است. میانگین آب‌آبیاری اندازه‌گیری شده در مزارع برابر با ۱۰۷۴۹ مترمکعب در هکتار بود. از نظر سامانه آبیاری، متوسط میزان آب‌آبیاری در مزارعی که به روش قطره‌ای (تیپ) آبیاری می‌شدند برابر با ۱۰۳۵۳ مترمکعب در

کشاورزان در روش آبیاری سطحی در بخش مرکزی نیز کم‌آبیاری انجام داده‌اند. کشاورزان کم‌آبیاری و یا قطع محدود آب را در مرحله توسعه گیاهی یا مرحله دوم از مراحل چهارگانه رشد چغندرقد انجام می‌دهند. در این مرحله رشدی به دلیل رشد کم بوته‌ها و شرایط آب و هوایی (آب و هوای بهاری)، می‌توان آبیاری کمتری انجام داد. بدین ترتیب که پس از کشت محصول (که معمولاً در اولین فرصت در اواخر زمستان و یا اوایل بهار انجام می‌شود) برای جوانه‌زنی، سبز کردن و استقرار گیاه یک تا دو نوبت آبیاری انجام می‌شود. آنگاه پس از استقرار کامل گیاه، آب‌آبیاری را تا حداکثر زمان لازم جهت آخرین آبیاری غلات از زراعت چغندرقد (حداکثر حدود ۵۰ روز) قطع می‌کنند. در انتهای فصل رشد (مرحله پایانی رشد) نیز با توجه به کاهش دما و کاهش تقاضا برای آب توسط گیاه، دور آبیاری را در مقایسه با سایر مراحل رشد افزایش می‌دهند. کشاورزان همچنین از آبیاری‌های آخر فصل صرف‌نظر می‌کنند. با در نظر گرفتن حداقل رطوبت مناسب جهت برداشت چغندرقد، از ۲۰ تا ۳۰ روز قبل از برداشت، نیز آبیاری چغندرقد قطع می‌شود. نتیجه نهایی اینکه کشاورزان خود را با کمبود آب سازگار کرده و کم‌آبی را با انجام کم‌آبیاری، در کشت چغندرقد مدیریت کرده‌اند. میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع چغندرقد مورد مطالعه در سه روش آبیاری در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴ میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در مزارع چغندرقد

ردیف	روش آبیاری	میزان آب‌آبیاری (مترمکعب/هکتار)	عملکرد چغندرقد (کیلوگرم/مترمکعب)	بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب)
۱	سطحی	۱۱۴۶۸	۴۸۰۲۵	۴/۱۹
۲	بارانی	۱۰۰۵۴	۶۳۳۳۳	۶/۳۰
۳	قطره‌ای	۱۰۳۵۳	۶۴۵۰۰	۶/۲۳

هکتار، در روش آبیاری بارانی برابر با ۱۰۰۵۴ و در روش آبیاری سطحی ۱۱۴۶۸ مترمکعب در هکتار بود. البته میزان آب آبیاری چغندر قند در دو بخش مرکزی و جلگه رخ در روش آبیاری سطحی به ترتیب ۱۴۳۰۹ و ۸۶۲۷ مترمکعب در هکتار بوده است. این نتایج با نتایج تحقیقات رضوانی و همکاران (Rezvani et al. 2008)، باغانی (Baghani 2010)، زارع ابیانه و همکاران (Zare Abyaneh et al. 2012)، سالمی و همکاران (Salemi et al. 2013) و دانش زاد و همکاران (Dneshzad et al. 2019) کمترین میزان عملکرد برابر با ۲۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین آن ۷۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد در مزارع انتخابی ۵۶۷۸۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. میانگین عملکرد در دو مزرعه آبیاری قطره ای برابر با ۶۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، در سه مزرعه با روش آبیاری بارانی برابر با ۶۳۳۳۳ کیلوگرم در هکتار و در چهار مزرعه با روش آبیاری سطحی برابر ۴۸۰۲۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات شهابی فر و رحیمیان (Shahabifar and Rahimiyan 2007; Lopes- Urrea et al. 2006) و (Dneshzad et al. 2019) مطابقت دارد. با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی و از سطحی به قطره ای، عملکرد محصول به ترتیب ۳۱/۸۸ و ۳۴/۳۱ درصد افزایش پیدا کرده است. کمترین مقدار بهره‌وری آب برابر با ۳/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری و بیشترین آن ۷/۰۱ کیلوگرم در مترمکعب آب به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب در تمام مزارع انتخابی شهرستان تربت حیدریه برابر با ۵/۴۳ کیلوگرم در مترمکعب آب حاصل شد. میانگین بهره‌وری آب در مزارعی که با روش سطحی آبیاری می‌شدند برابر با ۴/۱۹ کیلوگرم در مترمکعب آب به دست آمده است در صورتی که در روش آبیاری قطره ای و بارانی به ترتیب برابر با ۶/۲۳ و ۶/۳۰ کیلوگرم در مترمکعب آب حاصل شده است. با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی

و از سطحی به قطره ای، حجم آب آبیاری به ترتیب ۱۲/۳۳ و ۹/۷۲ درصد کاهش پیدا کرده است. با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی و از سطحی به قطره ای، بهره‌وری آب به ترتیب ۵۰/۳۶ و ۴۸/۶۹ درصد افزایش پیدا کرده است. این نتایج با نتایج تحقیق باغانی (Baghani 2010) مطابقت دارد. بهره‌وری آب به دو عامل عملکرد و آب مصرفی وابسته است و عملکرد محصول تابعی از مصرف بهینه و به موقع سایر نهاده‌های کشاورزی نیز هست. نتایج این تحقیق نشان داد که در بعضی از مزارع چغندر قند (با نوع خاک و روش آبیاری مشابه) با وجود میزان آب مصرفی برابر، به دلیل تفاوت در مدیریت مصرف سایر نهاده‌های کشاورزی، عملکرد محصول متفاوت بوده است. لذا بهره‌وری آب زمانی بهبود می‌یابد که علاوه بر آب، مصرف به موقع و به اندازه سایر نهاده‌های کشاورزی هم در دستور کار کشاورز قرار گیرد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مزارع چغندر قند مجهز به سامانه‌های نوین آبیاری (آبیاری بارانی و قطره ای)، کشاورزان بدون توجه به دستورالعمل طراحی سامانه و بدون توجه به عمق و دور آبیاری توصیه شده، آبیاری مزرعه را بر اساس نوبت آب خود انجام داده‌اند. بنابراین برنامه ریزی آبیاری در این سامانه‌ها دقیق و به‌طور مطلوب انجام نشده است. توصیه می‌شود کشاورزان بر اساس دفترچه راهنما و طراحی اقدام به بهره‌برداری از سامانه آبیاری نمایند و برنامه ریزی آبیاری در مزرعه دقیقاً با آنچه در دفترچه توصیه شده است، مطابقت داشته باشد.

حصول یک عملکرد بالا در زراعت چغندر قند مستلزم وجود رطوبت کافی و برنامه ریزی دقیق آبیاری است. کشت چغندر قند در اولین فرصت پس از سپری شدن سرمای زمستانی هنگامی که میانگین درجه حرارت خاک ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد باشد اقدامی بهینه است. با توجه به اینکه چغندر قند دارای سیستم ریشه عمیق بوده و قادر است آب را از حدود ۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متری عمق خاک استخراج کند لذا جهت مدیریت مصرف

بهبود آب و سازگاری با کم آبی، توصیه می‌شود پس از استقرار کامل گیاه، آب آبیاری را تا حداکثر زمان لازم جهت آخرین آبیاری غلات از زراعت چغندرقد (حداکثر حدود ۵۰ روز) قطع شود. همچنین در انتهای فصل رشد (مرحله پایانی رشد) نیز با توجه به کاهش دما و کاهش تقاضا برای آب توسط گیاه، دور آبیاری را می‌توان افزایش داد و با در نظر گرفتن حداقل رطوبت مناسب جهت برداشت چغندرقد، از ۲۰ تا ۳۰ روز قبل از برداشت، آبیاری چغندرقد را قطع نمود.

References:

منابع مورد استفاده:

- Abbasi F, Sohrab F, Abbasi N. Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research*. 2017;17(67):113-128. (in Persian, abstract in English)
- Ali MH. *Practices of Irrigation and On-farm Water Management*. 2011. 1st Ed. Vol. 2. Springer Pub.
- Ahmadi k, Ebadzadeh HR, Hatami F, Abdshah H, Kazemian A. *Agricultural statistics 2018-2019 (the first volume: crops)*. Agricultural statistics and information office of Ministry of Agriculture - Jihad. 2020; 97p. (in Persian)
- Ashraf B, Mousavi-Baygi M, Kamali GA, Davari K. Evaluation of wheat and sugar beet water use variation due to climate change effects in two coming decades in the selected plains of Khorasan Razavi province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 2012; 6(2): 105-117. (in Persian, abstract in English)
- Baghani J. Effectiveness of new irrigation systems on groundwater resources, yield and water use efficiency of crops in Mashhad plain. *Final Research Report of Agricultural Engineering Research Institute*. 2010. Registration Number: 990/890.
- Daneshzad M, Yousefi Fard Y, Ghorbani M. Physical productivity and volume of water calculation used in sugar beet cultivation and its effect on groundwater in drought conditions of Kuhdasht city of Iran. *Scientific Journal of Water Science and Engineering, Islamic Azad University, Ahvaz Branch*. 2019; 9(26): 57-63. (in Persian, abstract in English)
- Ebrahimipak NA, Ghalebi S. Determination of evapotranspiration and crop coefficient (kc) of sugar beet using lysimeter and comparing it with experimental methods in Shahrekord. *Journal of Sugar Beet*. 2014; 30(1): 41-58.
- Ebrahimipak NA, Tafteh A. Determination of yield - water use function for sugar beets in Qazvin. *Journal of sugar beet*. 2017; 33(1): 47-63. (in Persian, abstract in English)
- Farshi AA, Shariati MR, Jarollahi R, Ghaemi MR, Shahabifar M, Tavallaei MM. *An Estimate of Water Requirement of Main Field Crops and Orchards in Iran*. Vol. 1. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 1997. (in Persian)
- Foladmand HR. Estimation of sugar beet irrigation requirement in different regions of Fars province in critical conditions and definite probability levels. *Journal of Sugar Beet*. 2009; 25(2): 153-162. (in Persian, abstract in English)

- Haghighy SA, Alizadeh A, Ahmadi M, Bannayan M, Ansari H. Effect of irrigation regimes on crop water use efficiency of autumn sugar beets grown on the Mashhad plain. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 2015; 16(3): 15-30. (in Persian, abstract in English)
- Kassam A, Smith M. FAO methodologies on crop water use and crop water productivity. In *Proceedings of the Expert Meeting on Crop Water Productivity*, Rome, Italy, 3–5 December 2001.
- Lopez-Urrea R, Martín de Santa Olalla F, Fabeiro C, Moratalla A. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*. 2006; 85(1-2):15-26.
- Rezvani M, Norouzi A, Azari K. Impacts of different irrigation systems and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*. 2008; 24(2): 57-72. (in Persian, abstract in English)
- Salemi HR, Jahadabkar MR, Nikooie AR. Evaluation of furrow and drip irrigation tape methods in sugar beet fields. *Journal of Sugar Beet*. 2013; 29(2): 93-99.
- Shahabifar M, Rahimiyan MH. Measurement of sugar beet water requirements by lysimeter method in Mashhad. *Journal of Sugar Beet*. 2007; 23(2): 177-184. (in Persian, abstract in English)
- Solomon KH. *Irrigation Systems and Water Application Efficiencies*. Center for Irrigation Technology Irrigation Notes. 1988. CAIT Pud # 880104. California State University. Fresno. California.
- Thao T. Developing crop coefficients (Kc) for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown under drip irrigation using weighing lysimeters. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Plant Science in the Jordan College of Agricultural Sciences and Technology, California State University, Fresno. 2017.
- Topak R, Suheri S, Acar B. Comparison of energy of irrigation regimes in sugar beet production in a semi-arid region. *Energy Journal*. 2010; 35: 5464-5471.
- Zare Abyaneh H, Farrokhi E, Bayat Varkeshi M, Ahmadi M. Determining water demand and effect of its variations on some quantitative and qualitative traits of sugar beet product. *Journal of Sugar Beet*. 2012; 27(2): 21-27.



اثرات تنش شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندر قند

Effects of salinity stress on some physiological traits and pigment content of sugar beet cultivars

سید مهدی رضوی^{۱*}، رضا آقایی^۲ و پریسا نصرالهی^۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲
نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.22092/jsb.2022.355518.1285

س.م. رضوی، ر. آقایی و پ. نصرالهی. ۱۴۰۰. اثرات تنش شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندر قند. چغندر قند، ۳۷(۲): ۱۷۹-۱۹۱

چکیده

چغندر قند از گیاهان شورپسند می‌باشد که ارقام مختلف آن در مراحل مختلف رشد، مکانیسم‌های مختلفی را در پاسخ به شوری نشان می‌دهند. به منظور بررسی اثرات شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندر قند، آزمایشی در سال ۱۳۹۹ به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و پنج رقم چغندر قند جام، مطهر، IC، BR₁ و ۷۲۲۳ بود. نتایج نشان داد که در همه ارقام مورد مطالعه، تنش شوری سبب کاهش صفاتی مانند کلروفیل فلئورسانس، هدایت روزنه‌ای، شاخص نسبی کلروفیل و پارامترهای رشدی شامل وزن تر و خشک ریشه و اندام‌هوایی گردید. در مقابل تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت رنگیزه‌هایی مانند بتالاین‌ها و فلاونوئیدها گردید. کمترین میزان کاهش در پارامترهای رشدی شامل وزن تر و خشک اندام‌ها در رقم جام، مشاهده شد و این تغییرات کمتر از ۲۰ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد در تیمار بدون تنش بود. این در حالی است که تغییرات پارامترهای رشد در رقم مطهر بیشتر از سایر ارقام بوده و تا ۴۰ درصد نیز می‌رسید. این روند نشان‌گر تحمل بیشتر رقم جام نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه در قبال شوری بود. در مورد برخی پارامترهای فیزیولوژیک مثل کارائی فتوشیمیایی فتوسیستم (۲) نیز نتایج مشابهی به دست آمد. ارقام جام و مطهر به ترتیب با ۲۰ و ۳۶ درصد کمترین و بیشترین تغییرات کاهشی را در بین ارقام مورد مطالعه داشتند. همچنین در تنش شوری میزان افزایش رنگیزه‌ها اعم از فلاونوئیدها و بتالاین‌ها در رقم مطهر بیشتر قابل مشاهده بوده و تا سه برابر نسبت به نمونه‌های همین رقم در گروه شاهد می‌رسید. با توجه به بررسی انجام شده که با استفاده از ترازو رنگیزه‌های گیاهی و نیز شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد انجام شد می‌توان رقم جام را در بین ارقام مورد مطالعه لااقل تا حد ۱۵۰ میلی‌مولار نمک به عنوان رقم متحمل‌تر به حساب آورد. در این بین، ارقام مطهر، ۷۲۲۳، BR₁ و IC به شکل نسبی و مقایسه‌ای تحمل کمتری نسبت به شوری داشتند. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بین میزان تحمل به شوری در ارقام چغندر قند و میزان رنگیزه‌های بتالاینی رابطه معکوسی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بتالاین‌ها، چغندر قند، فلاونوئیدها، نمک



۱- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. *- نویسنده مسئول: razavi694@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانشجوی دکتری گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

مقدمه

در طول چرخه‌ی زندگی گیاهان، تنش‌های محیطی معمولاً جزء فاکتورهای مهم تأثیرگذار در روند رشد و بقای گیاهان می‌باشند. در برخی مناطق مختلف از کره‌ی زمین مثلاً مناطق خشک یا مناطقی با خاک شور میزان این تنش‌ها بیشتر می‌باشد. امروزه شوری خاک یکی از مشکلات اصلی بشریت می‌باشد که یک نگرانی عمده برای محیط زیست، کمیت و کیفیت محصولات زراعی و تولید مواد غذایی است که درک مکانیسم‌های پاسخ گیاهان به انواع تنش‌های محیطی موجب افزایش پایداری محصولات کشاورزی می‌گردد (Chaves *et al.* 2009; Asadi *et al.* 2012). میزان اراضی شور در کشور ایران در حدود ۱۵ تا ۱۸ میلیون هکتار برآورد شده است که به‌طور روزافزون در حال افزایش می‌باشد. از این‌رو مطالعه گیاهانی مثل چغندر قند که تا اندازه‌ای شوری را تحمل می‌کنند حائز اهمیت می‌باشد. در این مطالعات توجه به سازوکارهای تحمل این گیاهان به شوری و نیز اثرات شوری بر کمیت و کیفیت محصول جایگاه ویژه‌ای دارد (Asadi *et al.* 2012).

گیاه چغندر قند جزو گیاهان متحمل به شوری می‌باشد که آستانه شوری آن برابر هفت دسی‌زیمنس بر متر (برای هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک) و یا ۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر شوری آب آبیاری می‌باشد (Jahadakbar *et al.* 2011). هرچند شکر به‌عنوان محصول اصلی چغندر قند مطرح می‌باشد و از محصولات فرعی آن می‌توان به تفاله و ملاس اشاره کرد. از ملاس چغندر قند علاوه بر کاربردهای دیگر می‌توان برای استخراج رنگیزه گیاه نیز استفاده کرد (Ilkaee *et al.* 2016). بنابراین مدیریت زراعت چغندر قند اهمیت ویژه‌ای دارد که با تأکید بر انتخاب و شناسایی ارقام مقاوم به شوری، تولید محصولات اصلی یا ثانویه آن را از دیدگاه اقتصادی مدنظر قرار می‌دهد.

رنگیزه‌های گیاه چغندر قند، با نام عمومی بتالاین‌ها نامیده می‌شوند که در تمامی اندام‌های رویشی گیاه به‌ویژه در ریشه ذخیره‌ای آن به مقدار قابل توجهی وجود دارد. دامنه مقدار

این ترکیبات در ریشه گیاه ۱-۲ گرم بر کیلوگرم وزن تر و در برگ در محدوده ۰/۲۰ تا ۰/۴۶ گرم بر کیلوگرم وزن تر می‌باشد. در واقع این رنگیزه جایگزین رنگیزه‌های آنتوسیانین در این گیاه شده است (Bahreini *et al.* 2016). برخلاف دیگر رنگیزه‌های گیاهی (فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها و ...)، در مورد بتالاین‌ها کمتر مطالعه شده است. بتالاین‌ها رنگیزه‌های با ساختار هسته‌ای نیتروژن می‌باشند که همانند آنتوسیانین‌ها در آب محلول‌اند. به دلیل حضور بتالاین‌ها رنگیزه‌های آنتوسیانینی در چغندر قند حضور ندارند (Stintzing and Carle 2007; Bonat and Su-Ling 2017). عمده‌تأ گیاهانی که دارای رنگیزه‌های بتالاین هستند به راسته‌ی کاربوفیلال تعلق دارند. ۱۳ تیره از این راسته که تیره چغندر قند نیز جزء آن تیره‌ها است دارای بتالاین‌ها بوده و این رنگیزه در آنها جایگزین رنگیزه‌های آنتوسیانینی شده است (Miguel 2018). بتالاین‌ها جزء رنگیزه‌های غیرسبز هستند که موجب زیبایی ظاهری میوه‌ها و سبزیجات حاوی آنها می‌شوند. در برخی از گیاهان، بتالاین‌ها با ایجاد جذابیت ظاهری موجب گرده‌افشانی و تکثیر بذر گیاهان می‌گردند (Cai *et al.* 2003). علاوه بر این رنگیزه‌ها به‌عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی شده و همچنین موجب کاهش اختلالات مرتبط با تنش اکسیداتیو و رادیکال‌های آزاد خواهند شد. تاکنون گزارش‌های محدودی درخصوص نقش بتالاین‌ها در تعدیل تنش‌های محیطی همچون اشعه ماورای بنفش در گیاه چغندر قند ارائه شده است (Razavi and Rahimzadeh 2018). برخی گزارشات حاکی از این است که اساساً رابطه مستقیمی بین میزان رنگیزه‌ها در گیاهان با تحمل به تنش شوری وجود دارد (Eryılmaz 2016). از طرف دیگر از دیدگاه پزشکی نیز مشخص شده است که این ترکیبات دارای فعالیت‌های ضدسرطانی بوده و همچنین در کاهش عوارض بیماری‌های قلبی عروقی موثر هستند (Stintzing and Carle 2004; Gandia-herrero *et al.* 2016).

در حال حاضر روش‌های مختلفی برای استخراج بتالاین‌ها از چغندر قند وجود دارد که از جمله می‌توان به استخراج با کمک مایکروویو، جداسازی توسط میدان الکتریکی پالسی و نیز کروماتوگرافی ستونی اشاره کرد. در این بین کروماتوگرافی ستونی به عنوان ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش مورد استفاده قرار می‌گیرد (Khan 2016; Bonat and Su-Ling 2017; Montes- Lora et al. 2016). با این حال اثرات شوری روی محتوی رنگیزه‌های بتالایینی در چغندر قند خصوصاً در ارقام ایرانی تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است (Slimen et al. 2017).

پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه‌ی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی مختلف گیاه چغندر قند در برابر تنش شوری و به‌ویژه تأثیر تنش شوری بر محتوی رنگیزه‌ای ارقام مختلف ایرانی گیاه چغندر قند انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات تنش شوری بر خصوصیات رشدی و محتوای رنگیزه‌ای ارقام چغندر قند، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در شرایط گلخانه‌ای دانشگاه محقق اردبیلی در اردبیل اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و پنج رقم چغندر قند در حال کشت در مزارع استان اردبیل (جام، مطهر، IC، BR₁ و ۷۲۲۳) بود. در این راستا ابتدا بذرها از ایستگاه تحقیقاتی چغندر قند واقع اردبیل تهیه، سپس با محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. هر تکرار شامل یک گلدان و در هر گلدان ابتدا ۱۰ بذر کاشت شد که بعد از ظهور گیاه‌چه و تنک کردن در مرحله ۲-۳ برگی، چهار گیاه در هر گلدان برای تیمار در نظر گرفته شد. بذرها بعد از جوانه‌زنی به روش استاندارد بین‌المللی (ISTA) به درون گلدان‌های پلاستیکی با اندازه متوسط حاوی پرلیت و کوکوپیت منتقل شدند (Khayamim

et al. 2014). ابتدا گلدان‌ها با آب مقطر و بعد از ظهور گیاه‌چه‌ها با محلول هوگلند ۵۰ درصد هر چهار روز یک‌بار آبیاری شدند. پس از رسیدن به مرحله هفت برگی اعمال تنش شوری در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم اعمال شد. این عمل سه بار و به فاصله هر سه روز یکبار انجام شد و سپس تا مرحله برداشت، گلدان‌ها هر چهار روز یک‌بار، با آب مقطر آبیاری شدند (Tahjib-Ul-Ari et al. 2019).

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، صفات مربوط به فلورسانس کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و شاخص سبزیگی برگ سنجش شدند. پس از آن گیاهان برداشت و جهت انجام سایر سنجش‌ها شامل پارامترهای رشد و محتوی رنگیزه‌ای نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند.

اندازه‌گیری پارامترهای رشدی

بعد از برداشت گیاهان که چهار هفته بعد از تیمار شوری انجام شد، وزن تر اندام‌هوائی و ریشه با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۱۰ هزارم گرم اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت تعیین وزن خشک اندام‌های گیاهی قرار داده شدند.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

چهار هفته بعد از اعمال تیمار شوری صفات فیزیولوژیکی زیر اندازه‌گیری شدند

اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل: سنجش فلورسانس کلروفیل انجام شد. در این مرحله، ۲۰ دقیقه پس از قرار گرفتن برگ‌ها در تاریکی به‌وسیله گیره‌های مخصوص، تأثیر شوری بر فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه فلوریمتر (HANSATECH مدل PEA) انجام شد. سنجش از برگ‌های پنجم هر نمونه گیاه و از محل میانه برگ، بین رگبرگ اصلی و لبه برگ انجام شد. پارامترهای مورد ارزیابی شامل:

اسید استیک گلاسیال (۱ درصد) صورت گرفت. استخراج بتالاین‌ها به دلیل حفظ پایداری آنها در محیط نسبتاً سرد و تاریک انجام گرفت. غلظت رنگدانه‌های بتاسیانین و بتاکسانتین استخراج شده از ستون به ترتیب در طول موج‌های ۵۳۶ و ۴۸۰ نانومتر مطابق رابطه (۱) محاسبه شدند.

(۱)

$$BC \text{ (gr of betalaine/100 gr FW)} = \{(A.DF.M.V)/(\Sigma.1.m.1000)\}$$

در معادله فوق:

DF = فاکتور رقت، l = طول سل، A = (سانتی‌متر) جذب نمونه‌ها (حداکثر جذب بتاسیانین در طول موج ۵۳۶ نانومتر و حداکثر جذب بتاکسانتین در طول موج ۴۷۲ نانومتر)، M = وزن ملکولی (گرم/مول)، Σ = ضریب خاموشی (لیتر بر مول. سانتی‌متر)، V = حجم عصاره و m = مقدار نمونه مورد استفاده می باشند (Sturzioiu et al. 2011; Razavi and Rahimzadeh 2018).

سنجش فلاونوئیدها

سنجش فلاونوئیدها از گیاهان تیمار شده به مدت چهار هفته انجام شد. میزان فلاونوئید کل با روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا ۰/۱ گرم بافت تازه برگ جداگانه از هر گروه تیماری در ۰/۵ میلی لیتر متانول عصاره‌گیری شدند، سپس عصاره حاصل با ۰/۱ میلی لیتر کلرید آمونیوم (۱۰ درصد متانولی)، ۱/۵ میلی لیتر متانول، ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم (۱ مولار) و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر ترکیب و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس میزان جذب نمونه‌های به دست آمده در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند. غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین به دست آمدند (Chang et al. 2002).

F_o = فلورسانس کمینه ، F_M = فلورسانس بیشینه و F_v/F_M = کارایی فیتوشیمیایی فتوسیستم (II) بودند (Sim Keshzadeh et al. 2010).

اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی برگ (SPAD): سنجش شاخص سبزی‌نگی برگ (SPAD) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (HANSATECH مدل CL-0) از میانه برگ، بین رگبرگ اصلی و لبه برگ برگ‌های چهارم، پنجم و ششم گیاهان انجام شد. (Tariq al-Islami et al. 2017).

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای: سنجش هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در خلال ساعات ۱۱ تا ۱۲ و در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه و با استفاده از دستگاه پرومتر (DELTA مدل AP4) انجام شد. پس از کالیبره کردن دستگاه، با قرار دادن برگ کاملاً توسعه یافته (برگ پنجم گیاه) در داخل محفظه دستگاه و پس از پایدار شدن عدد نمایش داده شده، عدد مربوطه ثبت شد (Wazan et al. 2002).

سنجش رنگیزه‌ها

سنجش رنگیزه‌های بتالاین

سنجش بتالاین‌ها از گیاهان تیمار شده به مدت چهار هفته انجام شد. در این آزمایش استخراج بتالاین‌ها از برگ‌های چغندر قند بوسیله‌ی کروماتوگرافی ستونی انجام گرفت. مقدار پنج گرم نمونه برگ‌گی جداگانه از هر گروه تیماری، داخل حاوی چینی حاوی ترکیب حلالی متشکل از ۱۰ میلی لیتر اتانول (۲۰ درصد) و ۱۰ میلی لیتر اسید سیتریک (۰/۵ درصد) ساییده شد. عصاره‌های حاصل به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در فضای نسبتاً سرد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در مرحله بعدی با استفاده از کاغذ صافی، صاف گردیدند. فاز ثابت کروماتوگرافی ستونی شامل ۱۰ گرم ژل سیلیکاژل بوده و بعد از بارگیری عصاره‌ها بر روی آن، شستشو با حلال مضاعف شامل متانول / آب به نسبت ۸:۲ و محلول

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ برای هریک از تیمارها در سه تکرار مورد تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. ضریب اطمینان ۹۵ درصد ($p \leq 0/05$) لحاظ شد.

نتایج

پارامترهای رشد

تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده نشان داد که شوری در اکثر ارقام مورد مطالعه موجب کاهش برخی پارامترهای رشد گردید. این تغییرات در وزن تر و خشک اندام‌هوائی و وزن تر ریشه مشهود و معنی دار است. بجز رقم ۷۲۳۳ که تغییرات معنی دار در آن مشاهده نمی‌شود، در دیگر ارقام تغییرات کاهشی از غلظت‌های بالاتر ۱۰۰ میلی مولار نمک شروع شده و شوری ۱۵۰ میلی مولار بیشترین تغییرات کاهشی را در پارامترهای رشد ایجاد کرد (جدول ۱).

جدول ۱ تجزیه واریانس اثرات شوری بر روی پارامترهای رشد در ارقام مختلف گیاه چغندر قند

وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن تر اندام‌هوائی	وزن تر اندام‌هوائی	درجه آزادی	پارامترهای رشد
وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن تر اندام‌هوائی	وزن تر اندام‌هوائی	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۱**	۰/۰۱۳**	۰/۲۸۹**	۰/۴۵۹**	۳	شوری
۰/۰۰۵**	۰/۰۰۴*	۰/۴۸۹*	۰/۳۳۱*	۴	رقم
۰/۰۰۰۰۸۹۸**	۰/۰۰۵*	۰/۰۶۴*	۰/۰۷۴*	۱۲	رقم x شوری
۰/۰۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴۰	خطا
۱۵/۶۷	۱۶/۶۱	۱۷/۴۵	۱۸/۲۸		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲ اثر متقابل سطوح مختلف شوری و رقم بر پارامترهای رشد در ارقام مختلف گیاه چغندر قند

پارامترهای رشد					سطوح مختلف شوری (میلی مول)
وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک اندام‌هوائی (گرم)	وزن تر اندام‌هوائی (گرم)	رقم	
۰/۰۵۵ ± ۰/۰۴۶ ^b	۲/۵۲ ± ۰/۰۶۴ ^a	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۰۲ ^a	۱/۹۲ ± ۰/۰۰۴ ^a	۷۲۳۳	صفر
۰/۰۹۲ ± ۰/۰۰۶۶ ^a	۲/۴۳ ± ۰/۰۴۲ ^a	۰/۰۲۴ ± ۰/۰۰۳۹ ^a	۲/۳۱ ± ۰/۰۹۴ ^a	Br ₁	
۰/۰۵۲ ± ۰/۰۰۰۹ ^b	۲/۰۸ ± ۰/۰۰۸ ^a	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۰۴ ^a	۱/۷۳ ± ۰/۰۲۴ ^a	جام	
۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۲۱ ^{bc}	۲/۰۲ ± ۰/۰۰۵۸ ^a	۰/۰۲۲ ± ۰/۰۰۲۱ ^a	۲/۱۵ ± ۰/۰۲۸ ^a	مطهر	
۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۱۶ ^c	۲/۵۴ ± ۰/۰۷۳ ^a	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۲۰ ^a	۲/۲۲ ± ۰/۰۰۳ ^a	IC	۵۰
۰/۰۵۰ ± ۰/۰۰۰۵ ^b	۲/۵۹ ± ۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۲۲ ± ۰/۰۰۰۵ ^a	۱/۶۵ ± ۰/۰۰۹ ^b	۷۲۳۳	
۰/۰۷۵ ± ۰/۰۰۳۸ ^{ab}	۱/۹۸ ± ۰/۰۴۳ ^{bc}	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۰۰۶ ^a	۲/۲۹ ± ۰/۰۱۲ ^a	Br ₁	
۰/۰۵۱ ± ۰/۰۰۷۸ ^b	۲/۱۳ ± ۰/۰۳۸ ^a	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۹۳ ^a	۱/۷۸ ± ۰/۰۲۴ ^a	جام	
۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۹۳ ^{bc}	۲/۰۹ ± ۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۱۵ ± ۰/۰۰۸۸ ^b	۱/۸۹ ± ۰/۰۴۲ ^b	مطهر	۱۰۰
۰/۰۲۶ ± ۰/۰۰۰۴ ^c	۲/۵۷ ± ۰/۰۶۱ ^a	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۸۲ ^a	۲/۱۸ ± ۰/۰۱۱ ^a	IC	
۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۷۹ ^{bc}	۲/۲۵ ± ۰/۰۲۲ ^a	۰/۰۲۰ ± ۰/۰۰۰۵ ^a	۱/۷۰ ± ۰/۰۵۵ ^b	۷۲۳۳	
۰/۰۷۲ ± ۰/۰۰۰۹ ^{ab}	۲/۰۷ ± ۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۰۲۶ ^b	۱/۸۷ ± ۰/۰۲۳ ^b	Br ₁	
۰/۰۴۲ ± ۰/۰۰۰۶ ^b	۱/۸۷ ± ۰/۰۱۷ ^b	۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۱۱ ^a	۱/۷۵ ± ۰/۰۰۲ ^a	جام	۱۵۰
۰/۰۳۹ ± ۰/۰۰۷۴ ^{bc}	۲/۰۷ ± ۰/۰۰۵۳ ^a	۰/۰۲۰ ± ۰/۰۰۷۶ ^a	۲/۰۹ ± ۰/۰۶۳ ^{ab}	مطهر	
۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۴۳ ^d	۲/۱۹ ± ۰/۰۳۴ ^a	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۸۰ ^{ab}	۱/۷۳ ± ۰/۰۲۵ ^b	IC	
۰/۰۳۴ ± ۰/۰۰۳۳ ^{bc}	۲/۲۱ ± ۰/۰۱۸ ^a	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۰۱ ^b	۱/۴۸ ± ۰/۰۰۹ ^c	۷۲۳۳	
۰/۰۶۴ ± ۰/۰۰۸۲ ^b	۱/۹۴ ± ۰/۰۰۷ ^b	۰/۰۱۳ ± ۰/۰۰۵۲ ^b	۱/۸۱ ± ۰/۰۳۶ ^b	Br ₁	
۰/۰۳۱ ± ۰/۰۰۱۴ ^{bc}	۱/۶۴ ± ۰/۰۳۹ ^c	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۲۷ ^a	۱/۷۱ ± ۰/۰۸۸ ^a	جام	
۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۶۳ ^{bc}	۲/۱۰ ± ۰/۰۴۳ ^a	۰/۰۱۴ ± ۰/۰۰۶۶ ^b	۱/۵۴ ± ۰/۰۲۴ ^c	مطهر	
۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۰۷ ^d	۲/۲۵ ± ۰/۰۲۹ ^a	۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۰۸ ^{ab}	۱/۸۵ ± ۰/۰۳۵ ^b	IC	

تفاوت مابین داده‌های مربوط به یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی دار نبوده است ($p < 0.05$)

رقم جام تغییرات معنی‌داری را در مقابل افزایش میزان

شوری در میزان وزن تر و خشک برگ نشان نداد. در مقایسه با سایر ارقام در شرایط شوری در مورد پارامترهای رشد متحمل‌تر از بقیه ارقام مورد مطالعه می‌باشد. در مقابل رقم مطهر، بیشترین تغییرات کاهشی را در میزان وزن تر و خشک اندام‌هوائی در سطوح مختلف تنش شوری داشته است و از این نظر حساس‌ترین رقم نسبت به شوری در بین ارقام مورد مطالعه است. در مقابل شدیدترین تغییرات کاهشی در وزن تر و خشک ریشه در مواجهه با شوری مربوط به رقم BR₁ می‌باشد (جدول ۲).

بازه معمول کارائی فتوشیمیایی فتوسیستم (II) در گیاهان در حد ۰/۷۹ تا ۰/۸۴ است. در بین ارقام مورد مطالعه رقم جام و بعداز آن رقم ۷۲۳۳ کمترین تغییرات کاهشی را در این پارامتر نشان دادند که نشان‌دهنده تحمل دستگاه فتوستتزی آنها نسبت به شوری است. برعکس شدیدترین کاهش در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم (II) مربوط به رقم مطهر و بعداز آن BR₁ است که دال بر حساسیت این ارقام به شوری است. در میزان فلورسانس حداکثر نیز رقم مطهر بیشترین افزایش را دارد که این موضوع نیز دلیل دیگری بر عدم تحمل دستگاه فتوستتزی آن نسبت به شوری است.

جدول ۳ تجزیه واریانس اثرات شوری بر روی پارامترهای فلئورسانس در ارقام مختلف گیاه چغندرقد

منابع تغییرات	پارامترهای فلورسانس	درجه آزادی	فلورسانس پایه	فلورسانس حداکثر	کارائی فتوسیستم II
شوری		۳	۳۶۸۴۷/۶۸*	۵۱۹۹۳/۳۳**	۰/۰۷*
رقم		۴	۳۰۳۳۳/۴۴* ^s	۵۵۴۱۶/۶۴*	۰/۰۵۲*
رقم × شوری		۱۲	۱۰۶۴/۲۸**	۴۸۲۵/۷۶**	۰/۰۰۴*
خطا		۴۰	۱/۶۳	۳/۱۵	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)			۳۱/۴۱	۲۲/۴۰	۱۹/۶۱

^s، ^{ns} و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴ اثر متقابل سطوح مختلف شوری و رقم روی پارامترهای فلورسانس در ارقام مختلف گیاه چغندرقد

سطوح شوری (میلی مول)	ارقام	پارامترهای فلئورسانس
		کارائی فتوسیستم (II)
		فلورسانس پایه (میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه)
		فلورسانس حداکثر (میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه)
صفر	۷۲۳۳	۳۷۰/۳۳±۰/۸۸ ^a
	BR ₁	۴۳۵/۴۳±۰/۵۸ ^a
	جام	۴۳۲/۵۱±۰/۹۸ ^a
	مطهر	۴۴۰/۶۶±۰/۷۱ ^a
۵۰	۷۲۳۳	۳۹۰/۳۰±۰/۱۸ ^b
	BR ₁	۴۲۰/۲۵±۰/۴۴ ^{ab}
	جام	۳۸۱/۳۲±۰/۵۷ ^c
	مطهر	۴۳۸/۶۱±۰/۶۵ ^a
۱۰۰	۷۲۳۳	۴۲۶/۸۳±۰/۱۱ ^c
	BR ₁	۴۱۲/۸۳±۰/۷۴ ^b
	جام	۴۱۰/۶۵±۰/۷۸ ^b
	مطهر	۴۱۵/۳۳±۰/۴۵ ^b
۱۵۰	۷۲۳۳	۳۶۳/۲۱±۰/۲۸ ^a
	BR ₁	۴۱۷/۱۶±۰/۱۳ ^{ab}
	جام	۳۹۰/۳۴±۰/۴۳ ^c
	مطهر	۴۰۹/۶۶±۰/۸۸ ^b

تفاوت مابین داده‌های مربوط به یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی‌دار نبوده است ($p < 0.05$)

هدایت روزنه‌ای و محتوی نسبی کلروفیل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری با یک رویه وابسته به غلظت موجب کاهش هدایت روزنه‌ای در تمامی ارقام چغندر قند شده است. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات کاهشی را در هدایت روزنه‌ای در بین سطوح مختلف تیمار ایجاد کرده است (جدول ۵).

ارقام IC و مطهر کمترین تغییرات کاهشی را در میزان هدایت روزنه‌ای در سطوح مختلف تنش شوری داشته‌اند. که نشانگر تحمل کمتر آنها به شوری نسبت به بقیه ارقام مورد مطالعه است. در مقابل کاهش هدایت روزنه‌ای در رقم جام و نیز

BR₁ در شرایط شوری بیشتر از سایر ارقام است که نشانگر واکنش آنها به شرایط تنش و تحمل آن می‌باشد.

همچنین شاخص کلروفیل در تمامی ارقام مورد بررسی قرار گرفته شده در مواجهه با تنش شوری، کاهش معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۶). شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات کاهشی را در سطوح مختلف شوری ایجاد کرد. رقم IC شدیدترین کاهش را در شاخص کلروفیل نسبت به بقیه ارقام نشان داد و بعد از آن ارقام ۷۲۳۳ و BR₁ بیشترین کاهش را در شاخص کلروفیل نشان دادند. در مقابل کمترین کاهش محتوی نسبی کلروفیل مربوط به رقم جام است. (جدول ۶)

جدول ۵ تجزیه واریانس اثرات شوری بر روی هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل نسبی در ارقام مختلف چغندر قند

منابع تغییرات	درجه آزادی	هدایت روزنه‌ای	شاخص نسبی کلروفیل
شوری	۳	۱۱/۰۸*	۴/۸۸*
رقم	۴	۶۶/۴۲*	۱۱/۱۹۴*
رقم×شوری	۱۲	۵/۲۴*	۱/۴۸ ^{ns}
خطا	۴۰	۱/۳۶	۲/۹۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۵۲	۲۴/۲۶

^{ns} و * به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶ اثر متقابل سطوح مختلف شوری و رقم پارامترهای روزنه‌ای و محتوی کلروفیل نسبی در ارقام مختلف چغندر قند

سطوح مختلف شوری (میلی مول)	ارقام مختلف چغندر قند	پارامترهای فیزیولوژیکی
		هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) شاخص کلروفیل (اسپاد)
صفر	۷۲۳۳	۲۹/۰۳±۰/۰۵۸ ^a
	BR ₁	۲۳/۰۶±۰/۰۸۸ ^a
	جام	۲۰/۸۳±۰/۰۱۸ ^a
	مطهر	۲۲/۲۳±۰/۰۵۴ ^a
	IC	۲۵/۳۳±۰/۰۹۴ ^a
۵۰	۷۲۳۳	۲۸/۷۶±۰/۰۳۳ ^a
	BR ₁	۲۲/۸۶±۰/۰۰۹ ^a
	جام	۱۶/۵۶±۰/۰۷۸ ^b
	مطهر	۱۸/۸۶±۰/۰۵۱ ^b
	IC	۱۹/۸۱±۰/۰۲۵ ^b
۱۰۰	۷۲۳۳	۲۳/۷۴±۰/۰۷۳ ^a
	BR ₁	۱۷/۴۱±۰/۰۳۵ ^b
	جام	۱۲/۵۳±۰/۰۲۸ ^c
	مطهر	۱۴/۴۶±۰/۰۶۳ ^c
	IC	۲۰/۷۶±۰/۰۴۹ ^b
۱۵۰	۷۲۳۳	۱۷/۸۳±۰/۰۰۸ ^b
	BR ₁	۱۱/۳۳±۰/۰۴۵ ^c
	جام	۱۲/۷۱±۰/۰۰۳ ^c
	مطهر	۱۴/۹۳±۰/۰۹۶ ^c
	IC	۱۸/۳۹±۰/۰۶۴ ^b

تفاوت مابین داده‌های مربوط به یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی دار نبوده است ($p < 0.05$)

سنجش‌های فیتوشیمیایی رنگی‌های بتالاین

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده نشان داد که شوری در سطح احتمال پنج درصد و با افزایش سطح تنش شوری موجب افزایش میزان بتاسیانین‌ها و بتاکسانتین‌ها در تمامی ارقام چغندرقد بوده است. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات افزایشی را درمیزان بتاسیانین‌ها و بتاکسانتین‌ها در تمامی ارقام مورد بررسی قرار گرفته شده در سطوح مختلف شوری ایجاد کرده است (جدول ۷).

براساس جدول ۸، بیشترین میزان افزایش را در میزان بتاسیانین‌ها ارقام ۷۲۳۳، IC و مطهر در شرایط شوری نشان دادند. بر عکس ارقام جام و BR1 کمترین افزایش را در میزان رنگی‌های بتاسیانین در مقایسه با بقیه ارقام نشان دادند. همچنین در میزان بتاکسانتین‌ها ارقام ۷۲۳۳، BR1، و IC بیشترین افزایش و رقم جام کمترین افزایش را در مواجهه با تنش شوری نشان دادند (جدول ۸).

رنگی‌های فلاونوئید

با توجه به بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس در سطح احتمال پنج درصد، تغییرات افزایشی محتوی رنگی‌های فلاونوئیدی در تمامی ارقام تیمار شده با تنش شوری، معنی‌داری بود. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات افزایشی را در سطوح مختلف شوری ایجاد کرد. (جدول ۷)

جدول ۷ تجزیه واریانس اثرات شوری بر روی محتوی رنگی‌های در ارقام مختلف چغندرقد

محتوی رنگی‌های	درجه آزادی	فلاونوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	بتاسیانین (گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)	بتاکسانتین (گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)
منابع تغییرات				
شوری	۳	۰/۱۱۹**	۰/۳۰۹*	۰/۲۸۸**
رقم	۴	۰/۰۱۵**	۰/۰۷۴**	۰/۱۵۹**
رقم×شوری	۱۲	۰/۰۰۵**	۰/۰۲۵**	۰/۰۰۸**
خطا	۴۰	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۴۲	۲۳/۷۰	۱۹/۴۱

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

در مقایسه ارقام مورد بررسی، بیشترین افزایش میزان فلاونوئیدها مربوط به ارقام ۷۲۳۳ و رقم مطهر بود، در مقابل ارقام جام و BR1 کمترین افزایش را در میزان فلاونوئیدها نشان دادند (جدول ۸).

بحث

گیاه چغندرقد گیاهی متحمل به شوری است ولی درجات مقاومت و نیز نوع پاسخ‌ها به سطح شوری در ارقام مختلف آن می‌تواند متفاوت باشد T همچنین در مراحل مختلف نمو این گیاه، میزان تحمل به شوری متفاوت بوده و با رسیدن به دوران چند برگی و بلوغ افزایش می‌یابد. این موضوع از دیدگاه اکوفیزیولوژیکی حائز اهمیت است زیرا در مناطق نیمه‌خشک و خشک چه در زیستگاه‌های طبیعی و چه زراعی با کاهش میزان بارندگی از اوائل فصل رویشی به بعد بر میزان شوری خاک افزوده خواهد شد (Jahadakbar et al. 2011). از جنبه‌های تأثیرپذیری ارقام چغندرقد به شوری، تغییرات پارامترهای رشد است که در عملکرد محصول بازتاب می‌یابد. نتایج این تحقیق نشان داد که رقم جام کمترین تغییرات کاهشی را در پارامترهای رشد نشان می‌دهد و از این دیدگاه محتملترین رقم چغندرقد به شوری در بین ارقام مورد مطالعه است. این در حالی است که ارقام مطهر، BR1، IC و تا حدی رقم ۷۲۳۳ حساس‌تر به شوری محسوب می‌شوند.

جدول ۸ اثر متقابل سطوح مختلف شوری و رقم بر روی محتوی رنگیزه‌های در ارقام مختلف چغندر قند

محتوی رنگیزه‌های			ارقام مختلف چغندر قند	سطوح مختلف شوری (میلی مول)
بن‌تاسیانین	بن‌تاکسانتین	فلاونوئید		
(گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)	(گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)		
۰/۵۵۸۶±۰/۰۰۱۲ ^b	۰/۲۸۲۳±۰/۰۰۴۴ ^c	۰/۲۰۱۲±۰/۰۰۷۳ ^b	۷۲۳۳	صفر
۰/۴۶۰۱±۰/۰۰۹۵ ^b	۰/۴۴۲۴±۰/۰۰۳۷ ^b	۰/۱۹۲۴±۰/۰۰۶۹ ^c	Br ₁	
۰/۵۳۱۴±۰/۰۰۱۴ ^b	۰/۴۴۷۶±۰/۰۰۲۸ ^b	۰/۱۸۲۶±۰/۰۰۷۵ ^c	جام	
۰/۳۴۲۴±۰/۰۰۸۸ ^c	۰/۳۲۷۲±۰/۰۰۸۵ ^b	۰/۱۲۳۱±۰/۰۰۴۳ ^{cd}	مطهر	
۰/۲۴۹۲±۰/۰۰۲۵ ^c	۰/۲۲۳۶±۰/۰۰۴۱ ^c	۰/۰۹۸۱±۰/۰۰۱۱ ^d	IC	
۰/۵۸۲۴±۰/۰۰۸۰ ^b	۰/۳۰۵۶±۰/۰۰۲۳ ^b	۰/۱۹۶۴±۰/۰۰۹۱ ^{bc}	۷۲۳۳	۵۰
۰/۵۴۸۴±۰/۰۰۳۷ ^b	۰/۴۶۶۸±۰/۰۰۳۶ ^b	۰/۱۸۸۵±۰/۰۰۸۸ ^c	Br ₁	
۰/۵۲۱۳±۰/۰۰۵۸ ^b	۰/۴۲۸۲±۰/۰۰۵۹ ^b	۰/۱۸۴۹±۰/۰۰۶۳ ^c	جام	
۰/۳۲۷۸±۰/۰۰۹۱ ^c	۰/۴۰۷۸±۰/۰۰۷۳ ^b	۰/۱۹۲۸±۰/۰۰۲۳ ^{bc}	مطهر	
۰/۲۵۲۲±۰/۰۰۷۵ ^c	۰/۳۲۱۶±۰/۰۰۷۵ ^b	۰/۱۷۵۲±۰/۰۰۳۷ ^c	IC	
۰/۵۲۸۶±۰/۰۰۶۱ ^b	۰/۲۷۰۲±۰/۰۰۶۱ ^c	۰/۲۹۶۳±۰/۰۰۴۱ ^b	۷۲۳۳	۱۰۰
۰/۵۲۴۶±۰/۰۰۸۳ ^b	۰/۶۹۳۳±۰/۰۰۵۴ ^a	۰/۳۰۹۴±۰/۰۰۱۹ ^b	Br ₁	
۰/۶۱۹۴±۰/۰۰۹۱ ^b	۰/۴۶۱۱±۰/۰۰۸۳ ^b	۰/۳۲۲۷±۰/۰۰۸۴ ^b	جام	
۰/۴۵۴۲±۰/۰۰۷۸ ^b	۰/۵۵۷۲±۰/۰۰۴۸ ^a	۰/۲۱۴۴±۰/۰۰۷۷ ^b	مطهر	
۰/۳۷۵۲±۰/۰۰۷۴ ^b	۰/۳۴۱۲±۰/۰۰۳۶ ^b	۰/۲۰۴۵±۰/۰۰۱۶ ^b	IC	
۰/۸۵۷۳±۰/۰۰۶۱ ^a	۰/۷۶۲۱±۰/۰۰۱۴ ^a	۰/۴۶۷۳±۰/۰۰۵۳ ^a	۷۲۳۳	۱۵۰
۰/۷۵۹۱±۰/۰۰۵۵ ^a	۰/۶۶۹۲±۰/۰۰۷۷ ^a	۰/۳۲۵۷±۰/۰۰۵۹ ^a	Br ₁	
۰/۷۳۹۳±۰/۰۰۳۰ ^a	۰/۶۷۰۴±۰/۰۰۰۸ ^a	۰/۳۰۵۵±۰/۰۰۰۶ ^{ab}	جام	
۰/۶۱۲۸±۰/۰۰۴۸ ^b	۰/۶۴۰۴±۰/۰۰۴۵ ^a	۰/۳۶۸۲±۰/۰۰۱۴ ^a	مطهر	
۰/۵۳۵۶±۰/۰۰۲۶ ^b	۰/۵۴۷۴±۰/۰۰۰۶ ^a	۰/۲۸۸۶±۰/۰۰۰۶ ^b	IC	

تفاوت مابین داده‌های مربوط یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی‌دار نبوده است ($p < 0.05$)

کاهش شدیدتر پارامترهای رشد در ارقام اخیر می‌تواند مربوط به کاهش شدیدتر شدت فتوسنتز در این ارقام در شرایط شوری باشد. از بین پارامترهای رشد وزن خشک ریشه کمتر از بقیه پارامترها حساسیت به شوری داشته و کاهش این پارامتر در شرایط اخیر در رقم حساس IC کاملاً وابسته به غلظت می‌باشد. در رقم مقاوم جام، وزن خشک ریشه در تیمار شوری تغییر نداشته و در دیگر ارقام نیز تغییرات یا معنی‌دار نبوده یا کاهش فقط در غلظت‌های بالای نمک قابل مشاهده است. اساساً کاهش شدید فتوسنتز در تنش شوری می‌تواند مربوط به کاهش میزان کلروفیل و نیز کاهش عملکرد فتوشیمیایی فتوسیستم II باشد که در ارقام مطهر و BR1 شدیدتر از سایر ارقام است. طبق گزارشات موجود انرژی جذب شده در گیاهان در شرایط تنش محیطی به‌جای مصرف در واکنش‌های فتوشیمیایی از طریق فلئورسانس و گرما تغییر می‌یابد که منجر به کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم‌ها

می‌گردد. این پدیده به دلیل اثر مخرب گونه‌های فعال اکسیژن تولیدی در شرایط تنش بر روی فتوسیستم‌ها و مخصوصاً اثر آنها بر تخریب و پراکسیداسیون غشاهای تیلاکوئیدی است (Khayam et al., 2014). در ارقام مقاوم‌تر چغندر قند به دلیل عملکرد بهتر سامانه‌های دفاعی، تولید یا انباشت گونه‌های فعال اکسیژن کمتر بوده و در نتیجه فتوشیمیایی فتوسیستم II بالاتر است. همین امر موجب بالا بودن شدت فتوسنتز و تولید در این ارقام در شرایط تنش شوری است. از طرف دیگر کاهش تولید و فتوسنتز در شرایط شوری می‌تواند مرتبط با کاهش میزان کلروفیل نیز باشد. یکی از دلایل کاهش محتوی نسبی کلروفیل، تغییر مسیر آنابولیگی گیاه در شرایط شوری از سنتز کلروفیل به سنتز ترکیبات نیتروژن‌دار مانند تنظیم‌کننده‌های اسمزی باشد. ترکیبات پرولین از این نوع است. پرولین در ریشه‌ها و هیدروسیانیک اسید موجود در برگ‌ها تحت این شرایط از

موجب افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی گیاه چغندر قند می‌شوند. همچنین بتالاین‌ها می‌توانند مانع فعالیت‌های رادیکال‌های آزاد گردند (Razavi and Rahimzadeh 2018; Cai *et al.* 2003).

با توجه به نتایج به‌دست آمده، شوری به‌عنوان یکی از تنش‌های مهم زیستی موجب افزایش محتوی رنگیزه‌ای اعم از بتالاین‌ها و فلاونوئیدها گردید. نتایج نشان دادند که میزان افزایش تمامی رنگیزه‌های مورد مطالعه در رقم جام کمتر بوده و در ارقامی همچون ۷۲۲۳، مطهر و IC بیشتر است. در این خصوص می‌توان گفت ارقامی که از دیدگاه فیزیولوژیک مقاوم‌تر به شوری هستند، مانند رقم جام مسیر بیوسنتز را از ساخت رنگیزه‌ها به سمت تولید اسمولیت‌ها و ترکیبات سازگارکننده محلول سوق داده‌اند. به این ترتیب میزان افزایش رنگیزه‌ها در شرایط شوری در کنار پارامترهای رشد می‌تواند به‌عنوان شاخصی در جهت تعیین و غربالگری درجه تحمل ارقام چغندر قند نسبت به این تنش مورد استفاده قرار گیرد.

اساساً بتالاین‌ها موارد استفاده زیادی در صنایع غذایی و داروسازی دارند (San Martín- Gonzalez *et al.* 2014; Hadadi and Najafi 2016) ازاینرو کاشت برخی ارقام چغندر قند همچون ارقام مطهر، ۷۲۲۳ و IC در شرایط شوری در جهت بالا بردن کیفیت و کمیت بتالاین‌های استحصالی از این گیاهان مفید به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری کلی

هر چند تنش شوری در تمامی ارقام چغندر قند مورد مطالعه منجر به افزایش تراز رنگیزه‌های گیاهی اعم از بتالاین‌ها و فلاونوئیدها می‌گردد، ولی این افزایش در ارقام مختلف با روند کاهشی شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد رابطه مستقیم نداشته و در ارقامی که پارامترهای رشد کمتر متأثر از شوری هستند،

گلوتامات تولید شده و چون مقدار زیادی از تراز گلوتامات گیاه که ماده اولیه و مشترک مسیر سنتز پرولین و کلروفیل است در جهت تولید پرولین مصرف می‌شود اثرات کاهشی بر روی میزان کلروفیل در گیاه القا می‌شود (Rosa- Ibarra and Maiti 1995). از طرفی در تنش‌های شدیدتر اثرات تنش اسمزی و آنزیم کلروفیل‌از بر روی تیلاکوئید کلروپلاست، موجب تخریب کلروفیل و در نتیجه موجب کاهش محتوی نسبی آن شده و به تبع آن کاهش فعالیت‌های دستگاه فتوسنتزی اتفاق می‌افتد (Nourani Azad *et al.* 2009; Santos 2004).

از طرف دیگر، هدایت روزنه‌ای اگرچه در تمامی ارقام در طی تنش شوری کاهش می‌یابد ولی میزان کاهش در رقم مطهر و نیز IC بیشتر بوده ولی در رقم جام نسبتاً کمتر از سایر ارقام است. اساساً گیاهان برای حفظ پایداری خود در طی تنش‌های محیطی با بستن روزنه‌ها هدر رفت آب را کاهش می‌دهند و موجب کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردند. با این حال بسته شدن حداکثر روزنه‌ها در ادامه با کاهش نقل و انتقالات دی‌اکسید کربن توأم شده و منجر به توقف یا کاهش شدید روند فتوسنتز و آغاز تنفس نوری در ارقام حساس به شوری می‌گردد. بالا بودن نسبی تولید و پارامترهای رشد در رقم جام می‌تواند به کاهش هدایت روزنه‌ای مربوط باشد (Khayamim *et al.* 2014; Asadi *et al.* 2012).

در شرایطی که دامنه نرمال تغییرات میزان رنگیزه‌ها در ارقام چغندر قند در شرایط عادی حداکثر ۲۰ درصد است، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مواجهه با تنش شوری رنگیزه‌های بتالاینی و فلاونوئیدی افزایش معنی‌داری را در تمام ارقام مورد مطالعه چغندر قند نشان دادند که در برخی ارقام در بالاترین سطح تیمار شوری این افزایش تا ۱۰۰ درصد نیز مشاهده شد. تغییرات محیطی ارتباط مستقیمی با تولید بتالاین‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان دارند و تنش‌های محیطی با افزایش میزان رنگیزه‌ها،

شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد، انجام شد می‌توان رقم جام را در بین ارقام مورد مطالعه به عنوان رقم متحمل‌تر به شوری به حساب آورد. در این بین، ارقام مطهر، ۷۲۲۳، BR1، و IC به شکل نسبی و مقایسه‌ای تحمل کمتری نسبت به شوری داشتند.

روند افزایش رنگیزه‌ها آهسته‌تر است. از اینرو میزان رنگیزه‌ها منحصراً به عنوان صفتی در جهت شناسایی و تشخیص ارقام متحمل چغندر قند به شوری می‌تواند مطرح باشد. با توجه به غربالگری انجام شده که با استفاده از رنگیزه‌های گیاهی و نیز

References:

منابع مورد استفاده:

- Asadi N, Hasibi P, Roshanfekr H, Meskarbashi M. Study of Photosynthesis and Respiration Changes in Different Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Genotypes Under Salinity Stress. *Plant product*. 2012; 35(1):55-69.
- Bahreini Z. Preparation and formulation of food grade betalain from Beet root and Cactus Pears (*Opuntia*). *Journal of Innovative Food Technologies*. 2016; 4(14):115-129.
- Bonat G, Su-Ling M. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins—a current review. *Food Research International*. 2017; 100(4): 501-509.
- Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003; 51(8):2288–94.
- Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2002; 10(1): 178-182.
- Chaves M, Flexas MJ, Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annales Botanici*. 2009; 103(4): 551-560.
- Eryilmaz F. The Relationships between salt stress and anthocyanin content in higher plants. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 2016; 20(1): 47-52.
- Gandía-Herrero F, Escribano J, García-Carmona F. Biological activities of plant pigments betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016; 56(6): 937–945.
- Hadadi T, Najafi M. Determination of extraction efficiency and stabilization of red beet betaine pigment. *Journal of Innovative Food Technologies*. 2016; 3(12):57-63.
- Ilkhae M, Forouzesh P, Habibi D, Talegani D, Rajabi A. Response of different sugar beet genotypes to water deficit stress. *Journal of Sugar Beet*. 2016; 32(2):135-146.
- Jahadakbar M, Ibrahimyan H, Vahedi S. Response of sugar beet to saline irrigation water in different growth stages *Journal of Sugar Beet*. 2011; 27(1):53-66.
- Khan MI, Giridhar P. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. *Phytochemistry* 2015; 117(2): 267–295.
- Khan MI. Plant betalains: Safety, antioxidant activity, clinical efficacy and bioavailability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2016; 15(2): 316–330.

- Khayam S, Jahadakbar M, Noshad H, Rozbeh F. Effect of salt stress on photosynthetic components of sugar beet under greenhouse and field conditions. *Journal of Sugar Beet*. 2014; 30(1):59-73.
- Khayamim S, Tavakkol Afshari R, Sadeghian SY, Poustini K, Rouzbeh F, Abbasi Z. Seed germination, plant establishment, and yield of sugar beet genotypes under salinity stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2014; 16(7): 779-790.
- Miguel M. Betalains in some species of the Amaranthaceae family. *Faculty of Science and Technology*. 2018; 7(53): 1-33.
- Montes-Lora S, Hurtado N, Mosquera N, Heredia FJ, Cejudo-Bastante MJ. Effect of technological practices on individual betalains and antioxidant activity of Columbian betalain-rich raw materials. *International Journal of Food Science and Technology*. 2016; 51(9): 1041–1047.
- Nourani Azad H, Emadi AR, Borzoo A. Response of some physiological traits to salinity stress in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Plant Ecology*. 2009; 1(19):17-28.
- Razavi SM, Heseinzadeh S, Navid SL. The effects of (–)-carvone as an allelochemical compound on germination, growth and activity of enzymes in lettuce plants. *Plant Stress Physiology*. 2014; 1(1): 35–42.
- Rosa- Ibarra MDL, Maiti RK. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant Physiology*. 1995; 146(1995):515-519.
- San Martín-González MF, Cardoso-Ugarte GA, Sosa-Morales ME, Ballard T, Liceaga A. microwave-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris*. LWT). *Food Science and Technology*. 2014; 59(1): 276–282
- Santos CV. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*. 2004; 103(1): 93-99.
- Sim Keshzadeh N, Mobli M, Etemadi N, Bani Nasab B. Evaluation of cold resistance in some olive cultivars by measuring chlorophyll fluorescence and Physical injuries. *Journal of Horticultural Science*. 2010; 24(2):163-169.
- Slimen IB, Najar T, Abderrabba M. Chemical and antioxidant properties of betalains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017; 65(4): 675–689.
- Stefanowska M, Kuras M, Kacperska A. Low temperature-induced modifications in cell ultrastructure and localization of phenolics in winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) leaves. *Annals of Botany*. 2002; 90(1): 1-9.
- Stintzing FC, Carle R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*. 2004; 15(1): 19–38.
- Stintzing FC, Carle R. Betalains- Emerging prospects for food scientists. *Trends in Food Science & Technology*. 2007;18(2007): 514–552.
- Sturzoiu A, Stroescu M, Anicuța S, Tănase D. Betanine extraction from *Beta Vulgaris*– experimental research adds statistical modeling. *UPB Scientific Bulletin, Series B*. 2011;73(1) :145-156.

- Tahjib- UI-Arif MD, Al Mamun Sohag A, Afrin S, Khayrul Bashar K, Afrin T, Mahmud S, Sadik Polash M, Hossein T, Abu Taher S, Brestic M, Murata Y. Differential response of sugar beet to long-term mild to severe salinity in a soil– pot culture. *Agriculture*. 2019; 9(10): 223.
- Tariq al-Islami M, Kafi M, Nezami A, Zarghami R. Investigation of the interaction of cold and drought stress on changes in chlorophyll index, content Relative leaf water, electrolyte leakage and grain yield in three maize hybrid cultivars. *Journal of Crop Breeding*. 2017; 9(23):146-156.
- Wazan S, Ranji Z, Hoshdar Tehrani M, Qalavand A, Shariat Panahi M. Drought stress effect on abscisic acid accumulation and stomatal conductivity of sugar beet. *Iranian Journal of Crop Science*. 2002; 4(3):176-182.



مقدار آب سمپاشی بهینه برای کاربرد تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس ریشه قرمز

Optimal spray water volume for application of triflurosulfuron-methyl against redroot pigweed

اکبر علی وردی^{۱*} و نسرین زنده پاک^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱ : تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22092/jsb.2022.357013.1294

۱. علی وردی و ن. زنده پاک. ۱۴۰۰. مقدار آب سمپاشی بهینه برای کاربرد تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس ریشه قرمز. چغندر قند، ۳۷(۲): ۲۰۶-۱۹۳

چکیده

انتخاب درست مقدار آب برای تهیه محلول سمپاشی، روشی در جهت بهینه سازی کارایی علف کش شاخ و برگ مصرف است ولی تأثیر آن بر کارایی تری فلوسولفورون-متیل مشخص نیست. از این رو، در آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا در تابستان سال ۱۳۹۶، شش مقدار تری فلوسولفورون-متیل (سافاری) شامل (صفر، ۱/۱۲۵، ۲/۲۵، ۴/۵، ۹ و ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) با ۱۰ مقدار آب سمپاشی (۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰، ۴۸۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار که به ترتیب با کمک نازل بادبزی استاندارد با شماره های ۱۱۰۰۰۷۵، ۱۱۰۰۰۱، ۱۱۰۰۱۵، ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ حاصل شد) روی تاج خروس در مراحل رشدی یک، دو و سه برگه، پاشیده شدند. در آزمایشی مزرعه ای، مقدار ۱۸ گرم تری فلوسولفورون-متیل در هکتار با ۱۰ مقدار آب سمپاشی مذکور در مرحله رشدی دو الی سه برگ تاج خروس پاشیده شد. در مرحله یک برگه، کمترین و بیشترین مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی (ED_{50}) با شماره نازل های ۱۱۰۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب برابر ۲/۵۱ و ۱۵/۳۱ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. در مرحله دو برگه، کمترین و بیشترین مقدار (ED_{50}) با شماره نازل های ۱۱۰۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب برابر ۲/۹۸ و ۱۲/۱۶ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. در مرحله سه برگه، کمترین مقدار (ED_{50}) با شماره نازل های ۱۱۰۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۱ به ترتیب برابر ۳/۸۶ و ۳/۳۷ گرم ماده مؤثره در هکتار حاصل شد. ولی بیشترین مقدار آن با شماره نازل های ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب برابر ۸/۵۱، ۸/۷۰، ۹/۶۲ و ۹/۵۴ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. در کل، نتایج آزمایش مزرعه ای مشابه آزمایش گلخانه ای بود و ثابت کرد که برای کنترل بهتر تاج خروس با تری فلوسولفورون-متیل به مقدار آب سمپاشی کمتری نیاز است، یعنی هر چقدر قطرات پاشش ریزتر و غلیظتر بودند، کارایی تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس بیشتر بود.

واژه های کلیدی: چغندر قند، حجم پاشش، علف کش، علف هرز



۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. * نویسنده مسئول a.aliverdi@basu.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی شناسایی و مبارزه با علف های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

مقدمه

چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) گیاهی دو ساله از خانواده اسفناجیان است که به صورت گیاهی یکساله جهت استحصال شکر کشت می‌گردد. در سال ۲۰۱۹، تقریباً ۴/۶ میلیون هکتار از اراضی جهان کشت چغندرقد شد در این سال بیش از ۲۷۹ میلیون تن ریشه چغندرقد به دست آمد. سهم ایران در همین سال، به زیر کشت بردن تقریباً ۷۹ هزار هکتار بود و بیش از ۵/۳ میلیون تن ریشه چغندرقد برداشت شد (FAO 2021). چغندرقد از جمله گیاهان زراعی است که بیشترین خسارت را از وجود علف‌های هرز بخصوص علف‌های هرز پهن‌برگ می‌بیند. به دلیل داشتن رشد رویشی روزتی شکل، چغندرقد رقیب بسیار ضعیفی در برابر علف‌های هرزی برای کسب منابع (نور، آب و مواد غذایی) محسوب می‌شود. به همین دلیل، طول دوره‌ای از چرخه رشد چغندرقد که برای جلوگیری از کاهش اقتصادی عملکرد بایستی عاری از علف‌های هرز نگه‌داشته شود، بسیار طولانی و بیش از ۸۰ روز است که از روز پنجم پس از کاشت شروع می‌شود (Aliverdi and Karami 2020). تحقیقات نشان داده است که وقتی چغندرقد و علف‌های هرز تا ۳۰ روز پس از سبز شدن چغندرقد، به همراه هم رشد کرده باشند، عملکرد ریشه چغندرقد تا ۴۵ درصد کاهش می‌یابد. به عبارتی دیگر، به ازای هر روز تأخیر در کنترل علف‌های هرز، افت ۱/۵ درصدی در عملکرد ریشه چغندرقد قابل انتظار است (Soroka and Gadzhieva 2006). اکثر علف‌های هرز سمج مزارع چغندرقد کشور را گونه‌های پهن‌برگ تشکیل می‌دهد. تاکنون، در مزارع چغندرقد کشور ۲۲ گونه علف هرز پهن‌برگ و شش گونه علف‌هرز باریک‌برگ مشاهده و گزارش شده است (Zand et al. 2019). در این بین، علف‌هرز پهن‌برگ، یکساله و تابستانه تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) که از این به بعد تاج‌خروس نامیده می‌شود، به عنوان مهم‌ترین علف هرز مزارع چغندرقد کشور مطرح و معرفی شده

است. محقق دیگری گزارش کرده است که حضور ۱۶ بوته از تاج‌خروس در مترمربع از ۱۰ روز پس از سبز شدن چغندرقد تا انتهای فصل رشد چغندرقد می‌تواند سبب کاهش ۲۴ درصدی در عملکرد ریشه این گیاه زراعی شود. همچنین، ایشان گزارش کرده است که خسارت اقتصادی تاج‌خروس روی چغندرقد زمانی شروع می‌شود که چهار بوته تاج‌خروس در مترمربع حضور داشته باشد (Mirshekari 2011).

روش شیمیایی کنترل علف‌های هرز همیشه به عنوان مهم‌ترین روش کنترل علف‌های هرز در مزارع چغندرقد شناخته شده است زیرا کاربرد این روش آسان، مؤثر و مقرون به صرفه است. تاکنون، هفت پهن‌برگ‌کش برای کاربرد بر روی شاخ و برگ علف‌های هرز در مزارع چغندرقد کشور به ثبت رسیده است که عبارتند از تری فلوئورون (بازدارنده فعالیت آنزیم استولاکتات سینتاز در مسیر بیوسنتز اسیدهای آمینه والین، لوسین و ایزولوسین)، کلریدازون، متامیترون، فن‌مدیفام، دس‌مدیفام (بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم II)، اتوفومیست (بازدارنده فعالیت آنزیم الونگاز در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب زنجیره بلند) و کلوپیرالید (شبه اکسین). به جز متامیترون که باید پیش از سبز شدن چغندرقد به کار برده شود، سایر علف‌کش‌ها باید پس از سبز شدن چغندرقد به کار برده شوند (Zand et al. 2019).

به استثنای علف‌کش‌هایی که به صورت گرانوله فرموله می‌شوند، سایر علف‌کش‌ها را باید پس از رقیق کردن در آب مخزن سم‌پاش به کار برد. در این بین، کارایی علف‌کش‌های پس رویشی شاخ و برگ، مصرف می‌تواند تحت تأثیر مقدار آب سم‌پاشی (حجم پاشش) قرار گیرد (Knoche 1994). لذا، با توجه به آثار زیست محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها و نیز رویارویی کشاورزان با معضل کم‌آبی، انتخاب مقدار آب سم‌پاشی بهینه می‌تواند به عنوان یک روش بسیار ساده، کم‌هزینه و در دسترس برای بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌ها و نیز صرفه‌جویی در مصرف آب مطرح باشد. با مرور منابع علمی گذشته، واکنش متفاوت

برای مثال، کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل در کنترل سورگوم داوطلب (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) تحت تأثیر مقدار آب سمپاشی قرار می‌گیرد ولی در کنترل دمروباهی زرد (*Setaria lutescens* (Weigel) Hubbard) تحت تأثیر مقدار آب سمپاشی قرار نمی‌گیرد (Buhler and Burnside 1984). دو روش برای تنظیم مقدار آب سمپاشی در مزرعه وجود دارد: ۱) تغییر سرعت حرکت سمپاش و ۲) تغییر شماره نازل. در صورتی که به منظور کسب کارایی بهینه از یک علف‌کش نیاز به کاربرد آن با مقدار آب بسیار پایین یا بسیار بالا باشد، اجرای روش اول دچار مشکل خواهد شد. به همین دلیل، روش تغییر شماره نازل (روش دوم) همواره روشی قابل اجرا و راحت می‌باشد (Knoche 1994).

تاکنون، تأثیر مقدار آب سمپاشی بر کارایی تری-فلوسولفورون-متیل علیه علف‌های هرز مورد بررسی قرار نگرفته است. از اینرو، این آزمایش قصد داشت تا با تمرکز بر مهم‌ترین علف‌هرز مزارع چغندر قند، تاج خروس ریشه قرمز، بررسی کاملی را انجام دهد.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلدانی

این آزمایش در محوطه گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان در اوایل تابستان ۱۳۹۶ اجرا و به‌صورت فاکتوریل ($3 \times 10 \times 6$) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: شش مقدار از علف‌کش تری‌فلوسولفورون-متیل که با ۱۰ مقدار آب سمپاشی، در سه مرحله رشدی مختلف تاج‌خروس پاشیده شد. شش مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل (سافاری؛ فرمولاسیون معلقه خشک ۵۰ درصد) شامل مقادیر: صفر، ۱/۱۲۵، ۲/۲۵، ۴/۵، ۹ و ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار بود. طبق برجسب، مقدار ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار برابر مقدار توصیه شده بود. مقدارهای آب سمپاشی شامل مقادیر: ۶۰، ۸۰،

علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف، به مقدار آب سمپاشی به اثبات رسیده است. به‌طوری که در برخی منابع علمی، کاهش مقدار آب سمپاشی سبب افزایش کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ، مصرف گلایفوسیت (Meyer et al. 2016)، آسی‌فلورفن (Shaw et al. 2000)، فورام‌سولفورون + بنتازون + توفوردی (Lesnik et al. 2012)، سیتوکسیدیم (McMullan 1995)، ایمازاپیک، ایمازتاپیر (Grichar and Dotray 2015)، کلودینافوپ پروپازریل (Gauvrit and Lamrani 2008)، کلوپیرالید (Aliverdi and Karami 2020) و هالوکسی فوپ-آر-متیل (Aliverdi and Borghei 2021) شده است. در برخی منابع علمی، افزایش مقدار آب سمپاشی سبب افزایش کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف بروماکسینیل، اکسی‌فلورفن (Schumacher and Hatterman-Valenti 2007)، نیکوسولفورون (Brown et al. 2007)، کوپزالفوپ-پی-اتیل، فومسافن (Sikkema et al. 2008)، کارفن‌ترازون (Ramsdale and Messersmith 2001)، ایمازپیر (Patten 2002)، دایکامبا (Butts et al. 2018)، توفوردی (Creech et al. 2015)، سیکلوکسیدیم (Aliverdi and Karami 2019) و پاراکوات (Aliverdi and Sharifi 2020) شده است. با این حال، در برخی منابع علمی، به‌عدم وجود رابطه بین مقدار آب سمپاشی و کارایی برخی از علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف پی برده شده است. برای مثال می‌توان از لاکتوفن (Berger et al. 2014)، آیوکسینیل + دیکلروپروپ + ام‌سی‌پی (Skuterud et al. 1998)، بنتازون (Ferreira et al. 1998)، ایمازاموکس (Ramsdale and Messersmith 2001)، گلفوسینات آمونیوم (Nelson et al. 2002)، فنوکساپروپ-پی-اتیل (Gauvrit and Lamrani 2008)، کلرانسولام-متیل (Sikkema et al. 2008)، ریم‌سولفورون (Green 1996)، فلوآزیفوپ-پی-بوتیل (Creech et al. 2015) نام برد. گاهی نیز رابطه بین مقدار آب سمپاشی و کارایی علف‌کش به گونه گیاهی وابسته بوده است.

۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰، ۴۸۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار که به ترتیب با استفاده از نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵ به رنگ صورتی (محصول شرکت Hardi دانمارک)، ۱۱۰۰۱ نارنجی (محصول شرکت ASJ ایتالیا)، ۱۱۰۰۱۵ سبز، ۱۱۰۰۲ زرد، ۱۱۰۰۲۵ بنفش، ۱۱۰۰۳ آبی، ۱۱۰۰۴ قرمز، ۱۱۰۰۵ قهوه‌ای، ۱۱۰۰۶ طوسی و ۱۱۰۰۸ سفیدرنگ (محصولات شرکت Agrotop آلمان) حاصل شد (شکل ۱). براساس کتابچه راهنمای این نازل‌ها، در فشار سه بار، کیفیت قطرک‌سازی نازل بادبزی استاندارد برای شماره‌های ۱۱۰۰۷۵، ۱۱۰۰۱ و ۱۱۰۰۱۵ به صورت «بسیار ریز» با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر، برای شماره‌های ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵ به صورت «ریز» با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر و برای شماره‌های ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ به صورت «متوسط» با قطر قطرات، بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر است (Hardi. 2021; Agrotop 2021; ASJ 2021). به محلول پاشش هر تیمار مقدار دو در هزار مویان غیریونی (رست؛ فرمولاسیون آلکیل آریل پلی گلیکول اتر ۱۰۰ درصد، آریا شیمی، ایران) اضافه شد. شرکت تولیدکننده بهترین زمان مصرف تری-فلوئورون-متیل را مرحله دو برگگی علف‌های هرز توصیه

کرده است. بر این اساس، به منظور ایجاد سه مرحله رشدی در تاج خروس، عملیات کاشت در سه مرحله با فاصله زمانی یک هفته‌ای از یکدیگر انجام گرفت تا در روز سمپاشی سه مرحله رشدی مختلف از تاج خروس تحت عناوین مراحل رشدی یک، دو و سه برگ حقیقی حاصل شود. قبل از کاشت، بذرها، تاج خروس در محیط آزمایشگاه به مدت شش ساعت در آب مقطر، غوطه‌ور نگهداری شد (Wang et al. 2017). سپس، تعداد تقریباً ۲۵ بذر تاج خروس در درون گلدان‌های دو لیتری پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی در عمق نیم سانتی متری خاک کاشته شد. خاک مورد استفاده در تهیه بستر به ترتیب دارای نسبت چهار:یک:یک از خاک: ماسه بادی: کود دامی بود. گلدان‌ها تحت شرایط هوای آزاد قرار گرفتند و تا زمان سبز شدن گیاهچه‌ها، حداقل دو دفعه در روز سطح خاک گلدان‌ها مرطوب شد، سپس، گیاهان برحسب نیاز به صورت یکنواخت و برابر آبیاری شدند. طی دو مرحله، تراکم گیاهان به شش بوته در هر گلدان کاهش داده شد. تیمارها به وسیله سمپاش پشتی کمپرسوری (مدل سولو ۴۶۱، آلمان) تحت فشار سه بار در شرایط هوای آزاد (دمای هوای ۱۷ الی ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۸ الی ۳۲ درصد) اعمال شدند.



شکل ۱ نازل‌های بادبزی استاندارد ۱۱۰ درجه‌ای مورد استفاده (نازل شماره ۱۱۰۰۷۵ (صورتی)، نازل شماره ۱۱۰۰۱ (نارنجی)). در فشار ۳ بار، قطر قطرات برای شماره نازل‌های ۱۱۰۰۷۵ الی ۱۱۰۰۱۵ (سبز) بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر، برای شماره نازل‌های ۱۱۰۰۲ (زرد) الی ۱۱۰۰۵ (قهوه‌ای) بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر و برای شماره نازل‌های ۱۱۰۰۶ (طوسی) و ۱۱۰۰۸ (سفید) بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر

آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. داده‌های به دست آمده تقسیم بر شش (تعداد بوته در هر گلدان) شدند. سپس، نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی

پس از گذشت ۱۰ روز از سمپاشی، اندام‌های هوایی درون گلدان‌ها از سطح خاک برداشت و بلافاصله وزن تر اندام‌هوایی توزین و سپس، وزن خشک آنها پس از قراردادن در

آزمایش مزرعه‌ای

این آزمایش در مزرعه آموزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان در اوایل تابستان ۱۳۹۶ اجرا شد. در ابتدا، زمین محل آزمایش شخم زده شد. اگرچه زمین مزرعه از قبل دارای بانک بذر تاج‌خروس بود، ولی به منظور ایجاد تراکم مناسب و یکنواخت، به‌طور مصنوعی و یکنواخت، مقداری بذر تاج‌خروس که از قبل تیمار شده بودند در سطح خاک شخم‌خورده توزیع شد. به‌منظور تیمار بذرها، ابتدا آنها در آب مقطر به مدت شش ساعت نگهداری و سپس سطح بذرها به‌طور مختصر در سایه خشکانده شد. در نهایت، ضمن خرد کردن کلوخه‌ها، بذرها نیز تا حدودی در لایه سطحی خاک دفن شدند. زمانی که بوته‌های تاج‌خروس در مرحله دو الی سه برگ حقیقی بودند، بعد از کرت و بلوک‌بندی اقدام به اعمال تیمارها در اوایل صبح به‌وسیله سم‌اش پستی کمپرسوری (مدل سولو ۴۶۱، آلمان) تحت فشار سه بار گردید. ابعاد هر کرت دو مترمربع بود و بین کرت‌ها یک متر فاصله در نظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل کاربرد مقدار ۱۸ گرم تری‌فلوسولفورون-متیل در هکتار که مقدار توصیه شده طبق برچسب است با ده مقدار آب سمپاشی بود که در مرحله رشدی دو الی سه برگ حقیقی تاج‌خروس پاشیده شد. همانند آزمایش گلخانه‌ای، ۱۰ مقدار آب سمپاشی شامل ۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰، ۴۸۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار بود که به‌ترتیب با استفاده از نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۰۷۵، ۱۱۰۰۱ و ۱۱۰۰۱۵، ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ تنظیم شده بود. به محلول پاشش هر تیمار مقدار دو در هزار مویان غیریونی (رست؛ فرمولاسیون آلکیل آریل پلی‌گلیکول اتر ۱۰۰ درصد، آریا شیمی، ایران) اضافه شد. با ایجاد دیوارهای پارچه‌ای به دور کرت، از دابردگی قطرات پاشش به کرت‌های همجوار جلوگیری به عمل

تاج‌خروس برحسب تک بوته محاسبه و در تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. لازم به‌ذکر است که نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی نمایانگر میزان خشکیدگی (Dehydration) یا به‌طور عامیانه میزان گیاه سوزی اندام‌های هوایی علف‌هرز در برابر کاربرد علف‌کش است. وقتی مقدار این نسبت برابر یک باشد، نشان دهنده آن است که تمام اندام‌های هوایی به‌طور کامل خشک شده است (گیاه سوزی کامل). مقادیر بالاتر در این نسبت نشان دهنده فعالیت کمتر علف‌کش و نتیجتاً خشکیدگی کمتر است (Rytwo and Tropp 2001).

پاسخ نسبت وزن‌های تر به خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس به تیمارها با روش تجزیه و تحلیل رگرسیون غیرخطی با کمک مدل چهار پارامتری لجستیک (رابطه ۱) و با استفاده از نرم‌افزار R تخمین زده شد (Ritz et al. 2015). آزمون عدم‌برازش ($p\text{-value} > 0.05$) نشان داد که این مدل برازش مناسبی روی داده‌ها فراهم کرده است. همچنین، با بررسی نمودار باقی‌مانده‌ها در محیط نرم‌افزار، توزیع مستقل، تصادفی و یکنواخت آنها محرز گردید.

$$Y = \frac{C + (D - C)}{\{1 + \exp[b(\log X - \log ED_{50})]\}} \quad (1)$$

در این معادله، Y بیان‌گر نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس، پارامترهای D و C به‌ترتیب حدود مجانب بالا و پایین نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس در مقادیر صفر و بی‌نهایت تری‌فلوسولفورون-متیل، پارامتر ED_{50} بیان‌گر مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل لازم (X) برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی تاج‌خروس بین حدود مجانب بالا و پایین (D و C) است و پارامتر b متناسب با شیب منحنی در محدوده‌ی پارامتر ED_{50} می‌باشد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزارهای R و Excel استفاده شد.

آمد. یک کرت نیز به عنوان شاهد بدون کاربرد علف کش در نظر گرفته شد.

پس از گذشت ۱۰ روز از زمان سمپاشی، صرفاً بوته‌های تاج خروس داخل یک کواترات یک مترمربعی شمارش و از سطح خاک برداشت و بلافاصله، وزن تر آنها توزین شد. سپس، نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و به مدت دو روز در درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و در نهایت، وزن خشک آنها توزین شد. لازم به ذکر است که در مزرعه محل آزمایش بوته‌های تاج خروس در تراکم و یکنواختی کافی رویش یافتند، ولی تراکم و یکنواختی سایر گونه‌ها به اندازه کافی ایجاد نشد. به همین دلیل، از نمونه‌گیری از سایر گونه‌ها صرف نظر شد. همانند آزمایش گلخانه‌ای، ابتدا داده‌های به دست آمده از هر کرت تقسیم بر تعداد بوته‌های تاج خروس درون کواترات شد. سپس، نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی تاج خروس برحسب تک بوته محاسبه و تحت عنوان میزان گیاه سوزی اندام‌های هوایی تاج خروس در برابر کاربرد تری فلوسولفورون-متیل به وسیله نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

منحنی‌های دُز-پاسخ نسبت وزن تر به وزن خشک تاج خروس به مقدار تری فلوسولفورون-متیل پاشیده شده به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ در شکل ۲ نمایش داده شده است. این دو شماره نازل به ترتیب کمترین و بیشترین میزان آب سمپاشی را در آزمایش فراهم ساخته بودند. براساس شکل ۲، اولین نتیجه‌گیری این است که با افزایش شماره نازل منحنی‌های دُز-پاسخ به سمت راست تمایل پیدا کرده است. این نشان می‌دهد که با افزایش مقدار آب

سمپاشی کارایی تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس کاهش یافته است. مقادیر تری فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی سنین مختلف تاج خروس به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های مزبور و سایر شماره‌های مورد استفاده در این آزمایش در شکل ۳ نمایش داده شده است. در مرحله یک برگی، کمترین و بیشترین مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب به میزان ۲/۵۱ و ۱۵/۳۱ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. اگرچه بیشترین مقدار مصرف تری فلوسولفورون-متیل برای گیاه سوزی ۵۰ درصد با نازل شماره ۱۱۰۰۸ به دست آمد ولی به لحاظ آماری بین این نازل و نازل شماره ۱۱۰۰۶ در مقدار مصرف علف کش تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). در مرحله دو برگی، کمترین مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی در تیمار پاشش با شماره نازل ۱۱۰۰۷۵ به میزان ۲/۹۸ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. ولی بیشترین مقدار آن نیز در تیمار پاشش با شماره نازل ۱۱۰۰۶ به میزان ۱۲/۷ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد که با نازل شماره ۱۱۰۰۸ در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۳). در مرحله سه برگی، بدون وجود اختلاف آماری معنی‌دار، کمترین مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۱ به ترتیب به میزان ۳/۸۶ و ۳/۳۷ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. ولی بیشترین مقدار آن نیز بدون وجود اختلاف آماری معنی‌دار، در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب به میزان ۸/۵۱، ۸/۷۰، ۹/۶۲ و ۹/۵۴ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد (شکل ۳).

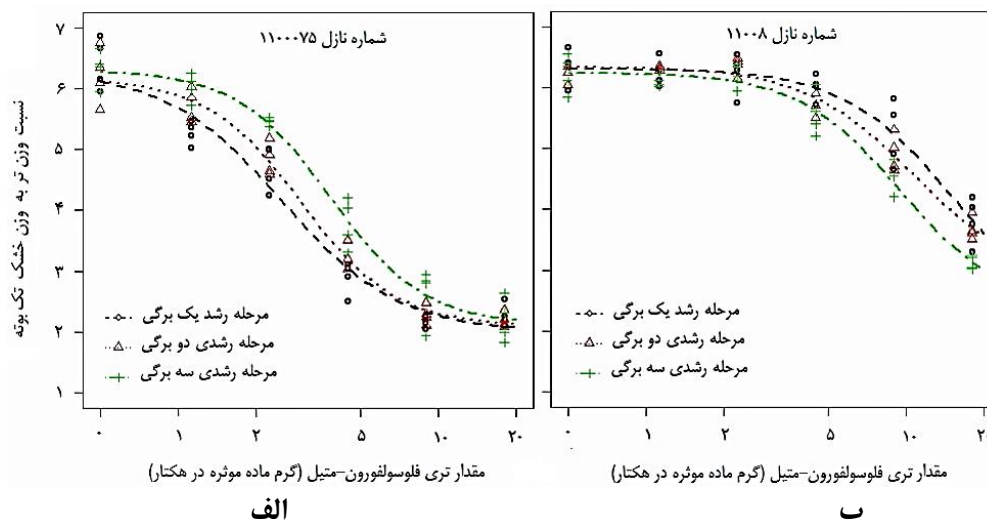
محققان قبلی میزان کنترل علف‌های هرز باریک برگ یک‌ساله و پهن برگ رایج در مزارع بادام زمینی در جنوب تگزاس به وسیله دو علف کش ایمازپیک و ایمازتاپیر به همراه مقادیر

مختلف آب سمپاشی (۴۷، ۷۱، ۹۴، ۱۱۷، ۱۴۰، ۱۶۴ و ۱۸۷ لیتر در هکتار) را مورد بررسی قرار دادند (Grichar and Dotray 2015). یافته‌های آنها نشان داد که کارایی هر دو علف‌کش در کنترل علف‌هرز پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) با افزایش مقدار آب سمپاشی کاهش یافت. با این وجود، مقدار آب سمپاشی تأثیری بر میزان کنترل تاج‌خروس دوپایه (*Amaranthus palmeri* S. Wats.) نداشت. در پژوهشی دیگر، میزان کنترل علف‌هرز قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) به وسیله علف‌کش آسولام با افزایش مقدار آب سمپاشی (۴۷، ۹۴، ۱۸۷، ۲۸۱، ۳۷۴ و ۵۶۱ لیتر در هکتار) به طور پیوسته کاهش یافت (Richard 1991). در پژوهشی دیگر، میزان کنترل علف‌هرز بیدگیاه (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) به وسیله علف‌کش فلوازیفوپ-بوتیل با افزایش مقدار آب سمپاشی (۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ لیتر در هکتار) به طور پیوسته کاهش یافت (Chandrasena and Sagar 1989). نتایج مشابهی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است. کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت (Ramsdale and Messersmith 2001) و گلو فوسینات آمونیوم (Butts et al. 2018) علیه گونه‌های مختلف علف‌های هرز از جمله تاج‌خروس ریشه قرمز وقتی با ۴۷ لیتر آب سمپاشی در هکتار به کار برده شد، در مقایسه با وقتی که با ۱۹۰ لیتر آب سمپاشی در هکتار به کار رفت، به طور معنی‌داری بیشتر بوده است. همچنین، کارایی علف‌کش سیتوکسیدیم علیه یولاف زراعی داوطلب (*Avena sativa* L.) با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۲۵ تا ۱۰۰ لیتر در هکتار کاهش یافت (McMullan 1995). براساس منابع قبلی، دو دلیل برای کارایی بیشتر تری‌فلوسولفورون-متیل در مقادیر پایین آب سمپاشی می‌توان بیان کرد. اول اینکه نازلی با سوراخ خروجی ریزتر تعداد

قطرات پاشش کوچکتر بیشتری را تولید می‌کند. در مطالعه‌ای گزارش شده است که با افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۳ به ۱۱۰۰۵ مقدار متوسط قطر قطرات پاشش به میزان هشت درصد افزایش می‌یابد (Creech 2015). همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در فشار ۳ بار، قطر قطرات برای شماره نازل ۱۱۰۰۰۷۵ بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر و برای شماره نازل ۱۱۰۰۸ بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر است. قطرات ریزتر در مقایسه با قطرات درشت‌تر می‌توانند روی سطح برگ به تعداد بیشتر و با توزیع بهتر نشست کنند؛ اگرچه همزمان میزان فرار پاشش نیز افزایش می‌یابد. لذا، این امر می‌تواند منجر به جذب بیشتر علف‌کش در واحد زمان و در نتیجه کارایی بیشتر علف‌کش شود (Chandrasena and Sagar 1989). دوم اینکه در حالتی که مقدار آب سمپاشی کمتر است؛ در واقع، غلظت علف‌کش در محلول پاشش بیشتر است.

در این شرایط، محلول پاشش علف‌کش غلیظ‌تر می‌تواند شیب غلظت شدیدتری را بین قطره و برگ ایجاد کند که سبب نفوذ بیشتر علف‌کش به پیکر علف‌هرز و در نتیجه کارایی بیشتر علف‌کش شود (Richard 1991; Grichar and Dotray 2015). بنابراین، قطرات ریزتر و غلیظ‌تر حاوی تری-فلوسولفورون-متیل در مقایسه با قطرات درشت‌تر و رقیق‌تر سبب کنترل بهتر تاج‌خروس می‌شوند.

براساس شکل ۲، دومین نتیجه‌گیری این است که حساسیت سنین مختلف تاج‌خروس به تری‌فلوسولفورون-متیل در مقادیر مختلف آب سمپاشی متفاوت است. به طوری که در شماره نازل ۱۱۰۰۰۷۵، حساسیت تاج‌خروس به تری-فلوسولفورون-متیل با افزایش سن کمتر می‌شود ولی در شماره نازل ۱۱۰۰۸، حساسیت تاج‌خروس به تری‌فلوسولفورون-متیل با افزایش سن بیشتر می‌شود.



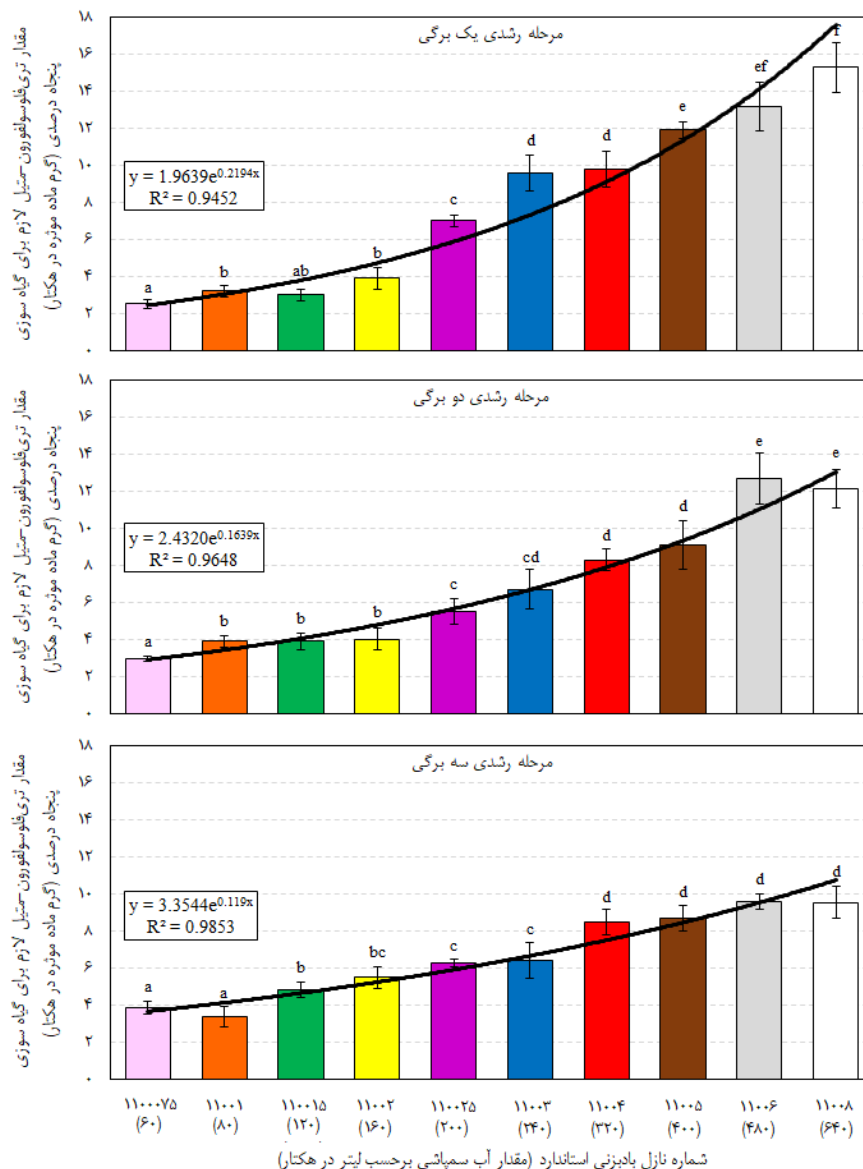
شکل ۲ منحنی‌های دُز-پاسخ نسبت وزن تر به وزن خشک تک بوته تاج‌خروس به مقادیر مختلف تری فلوسولفورون-متیل پاشیده شده به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵ (الف) و ۱۱۰۰۸ (ب)، در مراحل رشدی یک، دو و سه برگ تاج خروس. نازل‌های مزبور به ترتیب دارای خروجی ۶۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار بودند.

برای اینکه در شرایط اندازه قطره ریزتر (شماره نازل ۱۱۰۰۷۵)، حساسیت تاج‌خروس به تری فلوسولفورون-متیل با افزایش سن کمتر می‌شود این است که با افزایش سن گیاه ضخامت کوتیکول برگ نیز افزایش می‌یابد. این امر سبب می‌شود خیس‌پذیری سطوح علف‌هرز و نیز نفوذ علف‌کش به پیکر علف‌هرز و در نتیجه کارایی علف‌کش کمتر شود (Šoštarčič et al. 2019). یک علت برای اینکه در شرایط اندازه قطره درشت‌تر (شماره نازل ۱۱۰۰۸)، حساسیت تاج‌خروس به تری فلوسولفورون-متیل با افزایش سن بیشتر می‌شود این است که شانس برخورد قطرات درشت‌تر با سطح هدف کوچکتر بسیار کمتر از قطرات ریزتر است. به عبارتی دیگر، جثه بزرگ‌تر گیاه شانس برخورد قطرات درشت‌تر را افزایش می‌دهد (Berger et al. 2014). آنچه مسلم است هوا در اطراف همه اجسام جریان دارد و برای حرکت در اطراف اجسام و دورزدن آنها، تغییر جهت می‌دهد. در شرایطی که برگ بزرگ است، مسیر تغییر جهت هوا طولانی‌تر و تغییر جهت هوا در آنها بیشتر از برگ ریز است. قطرات ریزتر که اینرسی کمی دارند، مسیر حرکتی را که هوا در اطراف برگ بزرگ طی می‌کند،

نتایج مشابهی به وسیله محققان قبلی گزارش شده است. در شرایط پاشش به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره ۸۰۰۳ که خروجی ۱۷۱ لیتر در هکتار در فشار ۱/۴ بار داشت، با افزایش سن تاج‌خروس دوپایه کارایی علف‌کش لاکتوفن کاهش یافت (Mayo et al. 1995). همچنین، در شرایط پاشش به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره ۸۰۰۲ که خروجی ۱۸۷ لیتر در هکتار در فشار ۲/۷ بار داشت، کارایی لاکتوفن علیه تاج‌خروس معمولی (*Amaranthus rudis* J. D. Sauer) در سنین پایین‌تر بیشتر از سنین بالاتر بود (Hager et al. 2003). با این وجود، نتایج غیرمشابهی به وسیله سایر محققان گزارش شده است به طوری که مقدار آب سمپاشی بر میزان کنترل تاج‌خروس دوپایه ریز جثه (ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) به وسیله علف‌کش لاکتوفن بی‌تأثیر بوده ولی کارایی لاکتوفن علیه تاج‌خروس دوپایه درشت جثه (ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) با کاهش مقدار آب سمپاشی کاهش یافته است. از این رو، توصیه شده است که کاربرد لاکتوفن برای کنترل بهتر علف‌هرز باید در سنین پایین‌تر انجام شود و در صورتی که علف‌هرز در سنین بالاتر قرار داشته باشد باید مقدار آب سمپاشی را افزایش داد (Berger et al. 2014). یک علت

برگ بزرگ کمتر دچار تغییر می‌شود. از اینرو، در شرایطی که برگ ریز است، احتمال برخورد قطره ریز به برگ کوچک بیشتر است. در مجموع، هنگامی که سطح هدف کوچک است، ارجحیت با قطرات ریز ولی هنگامی که سطح هدف بزرگ است، ارجحیت با قطرات درشت است (Zand et al. 2015).

دنبال نموده و به احتمال زیاد به سطح برگ بزرگ برخورد نمی‌کنند (یا کمتر برخورد می‌کند). برعکس، قطرات درشت‌تر که از انرژی کافی برای غلبه بر جریان هوای اطراف برگ بزرگ برخوردارند، به احتمال زیاد به سطح برگ بزرگ برخورد می‌کنند. جریان هوای اطراف برگ کوچک نسبت به جریان هوای اطراف

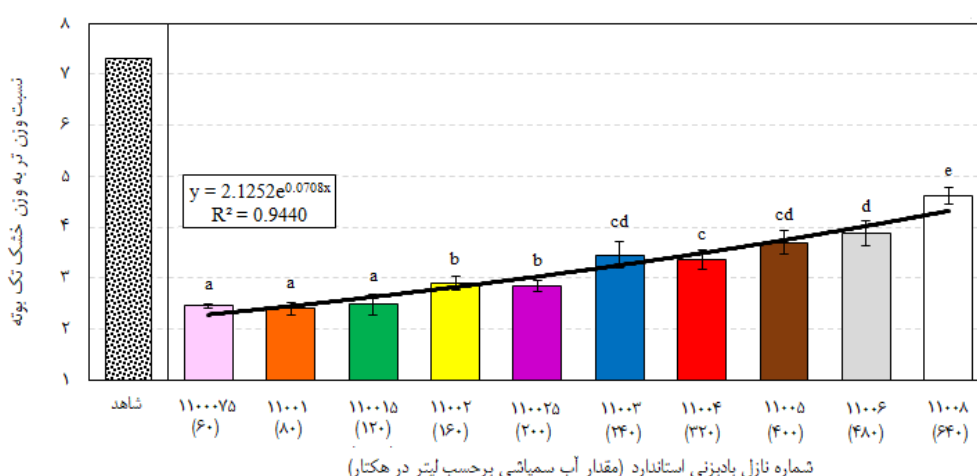


شکل ۳ تری‌فلوسولفورون-ستیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی سنبل مختلف تاج خروس که به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های مختلف پاشیده شد. (میل‌های روی هر ستون نشان دهنده میزان خطای استاندارد، حروف معنی‌دار براساس میزان آنها روی ستون‌ها، ستون‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد و ستون‌ها مطابق با رنگ نازل‌ها رنگ‌بندی شده است.)

براساس شکل ۳، سومین نتیجه‌گیری این است که ضمن

کاهش کارایی تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج‌خروس با افزایش مقدار آب سمپاشی، اثر نامطلوب افزایش مقدار آب سمپاشی بر کارایی تری فلوسولفورون-متیل با افزایش مرحله رشدی تاج‌خروس کاهش می‌یابد. به طوری که در مرحله یک برگی، با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۶۰ به ۶۴۰ لیتر آب در هکتار، مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای مشاهده کارایی مشابه حدوداً شش برابر افزایش می‌یابد. در مرحله دو برگی، با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۶۰ به ۶۴۰ لیتر آب در هکتار مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای مشاهده کارایی مشابه حدوداً چهار برابر افزایش می‌یابد. در مرحله سه برگی، با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۶۰ به ۶۴۰ لیتر آب در هکتار مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای مشاهده کارایی مشابه حدوداً ۲/۵ برابر افزایش می‌یابد.

نتایج به‌دست آمده از آزمایش مزرعه‌ای تاییدکننده نتایج آزمایش گلدانی بود. نسبت وزن تر به وزن خشک تاج‌خروس تیمار نشده با علف‌کش برابر با ۷/۳ بود که به‌طور قابل توجهی با کاربرد تری فلوسولفورون-متیل به همراه مقادیر مختلف آب سمپاشی کاهش یافت (شکل ۴). با افزایش مقدار آب سمپاشی، نسبت وزن تر به وزن خشک تاج‌خروس افزایش یافت که نشان‌دهنده کاهش گیاه‌سوزی تاج‌خروس به‌وسیله تری-فلوسولفورون-متیل است. بدون وجود اختلاف معنی‌داری، کمترین نسبت وزن تر به وزن خشک تاج‌خروس در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۰۷۵، ۱۱۰۰۱ و ۱۱۰۰۱۵ به‌دست آمد. در حالی که بیشترین نسبت وزن تر به وزن خشک تاج‌خروس در تیمار پاشش با شماره نازل ۱۱۰۰۸ به‌دست آمد.



شکل ۴ تأثیر کاربرد ۱۸ گرم تری فلوسولفورون-متیل لازم در هکتار با مقادیر مختلف آب سمپاشی بر نسبت وزن تر به وزن خشک تک بوته تاج‌خروس (تیمارها در مرحله رشدی دو تا سه برگی تاج‌خروس اعمال شد. ستون‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت ندارند. ستون‌ها مطابق با رنگ نازل‌ها رنگ‌بندی شده است.)

نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف علف‌کش انتخاب مقدار آب سمپاشی است که به راحتی با تغییر شماره نازل امکان‌پذیر است. از این‌رو، در حاضر تلاش شد تا مقدار آب لازم برای

کاربرد تری فلوسولفورون-متیل جهت کنترل تاج‌خروس ریشه قرمز تحت دو شرایط گلدانی و مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه در هر دو شرایط نتایج یکسانی دریافت شد، اما اجرای

آزمایش در دو شرایط صرفاً به این دلیل بود که شرایط رشدی گیاه در داخل گلدان با شرایط رشدی گیاه در مزرعه تا حدودی متفاوت است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که برای کنترل بهتر تاج خروس به وسیله تری فلو سولفورون-متیل به مقدار آب سم پاشی کمتر نیاز است. به عبارتی دیگر، قطرات ریزتر و غلیظتر حاوی تری فلو سولفورون-متیل در مقایسه با قطرات درشت تر و رقیق تر می توانند کنترل بهتر تاج خروس را رقم بزنند. در شرایط اندازه قطرات ریزتر و غلیظتر، حساسیت تاج خروس به تری فلو سولفورون-متیل با افزایش سن گیاه کمتر می شود ولی در شرایط اندازه قطره درشت تر و رقیق تر، حساسیت تاج خروس به تری فلو سولفورون-متیل با افزایش سن گیاه بیشتر می شود. از این رو، توصیه می شود که کاربرد تری فلو سولفورون-متیل برای کنترل بهتر تاج خروس باید در سنین پایین تر انجام شود. همچنین، ثابت شد که اثر نامطلوب افزایش مقدار آب سم پاشی بر کارایی تری فلو سولفورون-متیل با افزایش مرحله رشدی تاج خروس کاهش می یابد. کاربرد مقدار توصیه شده تری-فلو سولفورون-متیل به همراه مقدار آب سم پاشی کمتر از ۱۰۰ لیتر در هکتار، ضمن اینکه کنترل بهتر علف هرز را به همراه

خواهد داشت، بلکه در مصرف آب کشاورزی نیز تا حدودی صرفه جویی ایجاد خواهد کرد. تولید نازل در شماره های مختلف به وسیله تولیدکنندگان امکان تنظیم هر مقدار حجم پاششی در هکتار را میسر ساخته است که در آزمایش حاضر طیفی از شماره ها به کار برده شده است. لازم به ذکر است که قطرات ریزتر و غلیظتر تولید شده با شماره نازل های کوچک تر می توانند راحت تر در معرض بادبردگی قرار گیرند. لذا، در زمان سم پاشی باید دقت شود از بادبردگی آنها با اتخاذ راهکارهای مناسب جلوگیری به عمل آید. برای این منظور، از انواع نازل های ضد بادبردگی و القاء کننده هوا می توان بهره برد. در شماره نازل خاص، این نوع نازل ها تنها اندازه قطرات را بدون اینکه حجم پاشش تغییر کند افزایش می دهند. با توجه به منابع قبلی، فاکتور گونه علف هرز نمی تواند اثر حجم پاشش بر کارایی علف کش را تحت تأثیر قرار دهد. بر این اساس، نتیجه مشاهده شده در پژوهش حاضر (آب کمتر لازم برای پاشش سافاری) را با اطمینان بالا می تواند بر روی سایر گونه ها نیز مشاهده کرد ولی با این حال لازم است این موضوع بر روی سایر علف های هرز مهم مزارع چغندر قند در تحقیقات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده:

References:

- Agrotop. Catalogue. https://www.agrotop.com/Katalog_109E/mobile/index.html (accessed 20 Oct. 2021)
- Aliverdi A, Karami S. The effect of type and size of single, twin, and triplet flat fan nozzles on the activity of cycloxydim against wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.). Journal of Plant Protection. 2019; 33: 465-474. (In Persian with English abstract)
- Aliverdi A, Karami S. The effect and elimination of the settled soil on jimsonweed's shoot on efficacy of clopiralid. Journal of Sugar Beet. 2020; 36: 107-115. (in Persian, abstract in English)
- Aliverdi A, Borghei SM. The effect of spray pattern and volume on haloxyfop-r-methyl efficacy against wild barley (*Hordeum spontaneum*). Journal of Plant Protection. 2021; 35: 265-278. (in Persian with English abstract)

- Aliverdi A, Sharifi M. Interaction effect between nozzle type and application time of day on the efficacy of paraquat to control velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus.). Journal of Plant Protection. 2020; 34: 113-23. (in Persian with English abstract)
- ASJ. Catalogue. <http://www.asjnozzle.it/index.php/en/downloads/category/catalogues> (accessed 20 Oct. 2021)
- Berger ST, Dobrow MH, Ferrell JA, Webster TM. Influence of carrier volume and nozzle selection on palmer amaranth control. Peanut Science. 2014; 41: 120-123.
- Brown L, Soltani N, Shropshire C, Spieser H, Sikkema PH. Efficacy of four corn (*Zea mays* L.) herbicides when applied with flat fan and air induction nozzles. Weed Biology and Management. 2007; 7: 55-61.
- Buhler DD, Burnside OC. Effect of application factors on postemergence phytotoxicity of fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl, and sethoxydim. Weed Science. 1984; 32: 574-583.
- Butts TR, Samples CA, Franca LX, Dodds DM, Reynolds DB, Adams JW, Zollinger RK, Howatt KA, Fritz BK, Clint HW, Kruger GR. Spray droplet size and carrier volume effect on dicamba and glufosinate efficacy. Pest Management Science. 2018; 74: 2020-2029.
- Chandrasena NR, Sagar GR. Fluazifop toxicity to quackgrass (*Agropyron repens*) as influenced by some application factors and site of application. 1989; 37: 790-796.
- Creech CF, Henry RS, Fritz BK, Kruger GR. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. Weed Technology. 2015; 29: 298-310.
- FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 20 Oct. 2021)
- Ferreira MC, Machado-Neto JG, Matuo T. Reduction in the rate and spray volume in night-time application of post-emergence herbicides on soybean crop. Planta Daninha, 1998; 16: 25-36.
- Gauvrit C, Lamrani T. Influence of application volume on the efficacy of clodinafop-propargyl and fenoxaprop-P-ethyl on oats. Weed Research. 2008; 48: 78-84.
- Green JM. Interaction of surfactant dose and spray volume on rimsulfuron activity. Weed Technology. 1996; 10: 508-511.
- Grichar WJ, Dotray PA. Influence of spray tip and spray volume on the efficacy of imazapic and imazethapyr on selected weed species. American Journal Experimental Agriculture. 2015; 8: 75-86.
- Hager AG, Wax LM, Bollero GA, Stoller EW. Influence of diphenylether herbicide application rate and timing on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) control in soybean (*Glycine max*). Weed Technology. 2003; 17: 14-20.
- Hardi. Catalogue. <https://myhardi.com.au/index.php/manuals/931-parts-and-components/file> (accessed 20 Oct. 2021)
- Knoche M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection. 1994; 13: 163-178.
- Lesnik M, Kramberger B, Vajs S. The effects of drift-reducing nozzles on herbicide efficacy and maize (*Zea mays* L.) yield. Zemdirbyste. 2012; 99: 371-378.

- McMullan PM. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. *Crop Protection*. 1995; 14: 549-554.
- Mayo CM, Horak MJ, Peterson DE, Boyer JE. Differential control of four *Amaranthus* species by six postemergence herbicides in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 1995; 9:141-147.
- Meyer CJ, Norsworthy JK, Kruger GR, Barber TL. Effect of nozzle selection and spray volume on droplet size and efficacy of Engenia tank-mix combinations. *Weed Technology*. 2016; 30: 377-390.
- Mirshekari B. Efficiency of empirical competition models for simulation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield at interference with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Journal of Sugar Beet*. 2009; 24(2): 73-91. (in Persian, abstract in English)
- Nelson KA, Renner KA, Penner D. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control and tuber yield with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology*. 2002; 16: 360-365.
- Patten K. Smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) control with imazapyr. *Weed Technology*. 2002; 16: 826-832.
- Ramsdale BK, Messersmith CG. Drift-reducing nozzle effects on herbicide performance. *Weed Technology*. 2001; 15: 453-460.
- Richard EP. Optimizing diluent volume improves Johnson grass control in sugarcane (*Saccharum* sp.) with asulam. 1991; 5: 363-368.
- Ritz C, Baty F, Streibig JC, Gerhard D. Dose-response analysis using R. *PLoS One*. 2015; 10: e0146021.
- Rytwo G, Tropp D. Improved efficiency of a divalent herbicide in the presence of clay, by addition of monovalent organocations. *Applied Clay Science*. 2001; 18: 327-333.
- Schumacher CE, Hatterman-Valenti HM. Effect of dose and spray volume on early-season broadleaved weed control in Allium using herbicides. *Crop Protection*. 2007; 26: 1178-1185.
- Sikkema PH, Brown L, Shropshire C, Spieser H, Soltani N. Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. *Weed Biology and Management*. 2008; 8: 31-38.
- Shaw DR, Morris WH, Webster EP, Smith DB. Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control. *Weed Technology*. 2000; 14: 321-326.
- Skuterud R, Bjugstad N, Tyldum A, Terresen KS. Effect of herbicides applied at different times of the day. *Crop Protection*. 1998; 17: 41-46.
- Šoštarčić V, Collavo A, Masin R, Barić K, Šćepanović M. Barnyard grass shows sensitivity to reduced doses of topramezone at different growth stages. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2019; 21: 486-490.
- Soroka SV, Gadzhieva GJ. State of weed infestation and features of sugar beet protection in Belarus. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*. 2006; 110:165-172.

- Wang H, Guo W, Zhang L, Zhao K, Ge L, Lv X, Liu W, Wang J. Multiple resistance to thifensulfuron-methyl and fomesafen in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) from China. Chilean Journal of Agricultural Research. 2017; 77: 311-317.
- Zand E, Nezamabadi N, Baghestani MA, Shimi P, Mousavi SK. A guide to chemical control of weeds in Iran. Jihad-e-Daneshgahi Press. Mashhad. 2019. pp. 154. (In Persian)
- Zand E, Heidari A, Mousavi SK. Herbicides and their application methods, with the approach of optimizing and reducing consumption. Jihad-e-Daneshgahi Press. Mashhad. 2015. pp 552. (In Persian)



اثرات روش کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقد در نظام‌های خرده مالکی

Effect of planting method on quantitative and qualitative yield of sugar beet in smallholder systems

ولی‌اله یوسف‌آبادی^{*۱} و محمدعلی جواهری^{*۲}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2022.358252.1301

و.ا. یوسف آبادی و م.ع. جواهری. ۱۴۰۰. اثرات روش کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقد در نظام‌های خرده مالکی. چغندرقد، ۳۷(۲): ۲۲۲-۲۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات روش‌های مختلف کشت بر خصوصیات کمی و کیفی محصول چغندرقد در قطعات کوچک (نظام‌های خرده مالکی)، تحقیقی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات چغندرقد مهندس مطهری واقع در کرج و مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمان طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل کشت سنتی (درهمپاش)، کشت با بذرکار جاندیر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، کشت با بذرکار نیوماتیک با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، کشت با بذرکار دستی تک ردیفه با فواصل ردیف ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر در زمین صاف و بدون ایجاد جویچه و پشته (فارو) و کشت با بذرکار دستی تک ردیفه با فواصل ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر بر روی پشته بود. لازم به ذکر است که در حال حاضر فاصله خطوط کشت در مزارع بزرگ که از بذرکارهای چند ردیفه استفاده می‌شود، ۵۰ سانتی‌متر است. نتایج نشان داد که تیمارهای مورد بررسی و روش‌های مختلف کشت بر روی صفات کمی محصول از جمله تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد ریشه، عملکرد شکر و شکرسفید تأثیر معنی‌دار ولی بر صفات کیفی و ناخالصی‌های ریشه تأثیر معنی‌دار نداشت. در هر دو منطقه کمترین عملکرد ریشه و قند با کشت سنتی (شاهد آزمایش) تولید شد. در کرج کشت با بذرکار دستی یک ردیفه با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر و در کرمان کشت با بذرکار دستی یک ردیفه با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر بیشترین عملکرد ریشه و شکرسفید را نشان داد. تأثیر مکان بر بیشتر صفات کمی و کیفی معنی‌دار، ولی بر ناخالصی‌های ریشه تأثیر معنی‌دار نداشت. با توجه به تحلیل داده‌های به‌دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در نظام‌های خرده مالکی و قطعات کوچک، می‌توان با ایجاد فاصله خطوط کمتر کشت نسبت به اراضی بزرگ و متعاقباً با ایجاد تراکم بوته بیشتر و سطح پوشش یکنواخت‌تر با استفاده از دستگاه‌های کوچک، کارائی مصرف نهاده‌ها را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: بذرکار تک ردیفه، چغندرقد، کشت سنتی، کشت مکانیزه، مزارع کوچک



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

*- نویسنده مسئول v.yousefabadi@areeo.ac.ir

۲- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. *- نویسنده

مسئول javaheri310@yahoo.com

مقدمه

بیش از ۴۰ درصد کشاورزی دنیا در مزارع کوچک و خرده‌مالکی با هزینه تولید بالا و بهره‌وری کم است (Fallahinejad et al. 2021). یکی از مهم‌ترین موانع توسعه و پیشرفت کشاورزی ایران وجود معضل بسیار مهم خرده مالکی و پراکندگی قطعات اراضی تحت تملک بهره‌برداران است. وجود خرده‌مالکی، تولید کشاورزی را از حالت اقتصادی خارج و به حالت معیشتی درآورده و موانع بسیار زیادی در راه توسعه‌ی کشاورزی ایران ایجاد کرده است. اگرچه، جایگزین کردن مزارع سنتی با مزارع مکانیزه در چند سال اخیر مورد توجه دولت‌ها قرار گرفته است، اما هنوز بخش زیادی از کشت در اراضی زراعی ایران به دلیل نظام خرده‌مالکی در اراضی با مساحت کم انجام می‌شود. در این اراضی عملیات کاشت به‌صورت سنتی و بر اساس نیروی کار خانواده انجام می‌شود. با افزایش جمعیت و بالا رفتن تقاضا برای مواد غذایی و همچنین جذب نیروی کار از سوی سایر بخش‌های اقتصادی و در نتیجه مهاجرت این نیرو از بخش کشاورزی، استفاده از نیروی ماشین به‌منظور انجام بسیاری از فعالیت‌های طاقت‌فرسای بخش کشاورزی رواج پیدا کرده است (Fallahinejad et al. 2021). کاربرد ماشین‌آلات در مراحل مختلف تولید محصولات کشاورزی، به‌منظور افزایش سرعت عمل، کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان تولید، تسهیل عملیات، استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی و افزایش تولید انجام می‌شود (Kohansal and Mansoori 2013).

پایین بودن جوانه‌زنی، سرعت و قدرت جوانه‌زنی بذر یکی از علل عملکرد پایین در چغندر قند است (Novikov et al. 2021). علاوه بر خصوصیات بذر در این گیاه که سبب کاهش جوانه‌زنی می‌شود، نوع کارنده چغندر قند نیز از جمله عوامل مؤثر بر کاهش استقرار بوته در مزرعه چغندر قند می‌باشد. وظیفه اصلی کارنده چغندر قند، قرار دادن بهینه بذر در عمق مناسب خاک با حداقل آسیب به بذر چغندر قند است (Findura et al. 2008). در ارزیابی کارنده‌های چغندر قند گزارش شده است، از نظر

یکنواختی فاصله بین بوته‌ها و یکنواختی غده‌ها کارنده مونوسم از سایر کارنده‌ها بهتر است و مناسب‌ترین سرعت حرکت ماشین سه مایل بر ساعت برای تولید بهترین یکنواختی در فاصله بذرهای است. در تحقیقی که در دانشگاه میشیگان در ارزیابی کارنده‌های چغندر قند (بذرکار مکانیکی اکورد، بذرکار نیوماتیکی جاندر، بذرکار نیوماتیکی مونوسم و بذرکار نیوماتیکی استانهوی) بالاترین درصد سبز چغندر قند مربوط به استفاده از بذرکار نیوماتیکی جاندر و کمترین آن مربوط به بذرکار مکانیکی اکورد بود (Rybář 2005). در بررسی سرعت حرکت کارنده پنوماتیک چغندر قند بر تعداد بوته‌های سبز شده گزارش شده است که در سرعت‌های پیشروی کمتر، تعداد بوته‌های سبز شده بیشتر خواهد بود (Zarifneshat et al. 2009). در ارزیابی پارامترهای عملکردی کارنده نیوماتیکی مدل مونوسم و مدل سازی یکنواختی کاشت با کمک پردازش تصویر، مناسب‌ترین میزان مکش برای بذرهای ذرت، کرچک، سورگوم و چغندر قند در سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش چهار کیلوپاسکال، برای بذر هندوانه و خیار مکش ۴/۵ کیلوپاسکال و به‌ترتیب در سرعت ۶ تا ۸/۵ و ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت گزارش شده است (Zare et al. 2018). استفاده از کارنده پنوماتیک حفره‌ساز در کشت مخلوط آفتابگردان و چغندر قند، سبب افزایش ۹/۶۹ درصد عملکرد چغندر قند و ۱۲/۴۵ درصد عملکرد آفتابگردان شده است (Maleki et al. 2020).

در بذرکارهای صنعتی چغندر قند، امکان تنظیم مناسب عمق و فاصله ردیف کاشت به‌راحتی فراهم می‌شود (Liu et al. 2018)، اما در کشت سنتی به دلیل عدم یکنواختی در میزان استفاده از بذر و در کشت‌های خرده‌مالکی به دلیل عدم امکان استفاده از بذرکارهای رایج در مزارع بزرگ، استفاده از بذر کاردستی در مقایسه با کشت سنتی می‌تواند مفیدتر باشد (Chen et al. 2021). جمعیت گیاهی بهینه که در آن حداکثر استفاده از منابع محیطی مانند نور فراهم می‌شود با تنظیم مناسب فاصله ردیف و فواصل بین بوته‌ها انجام می‌شود (Walsh et

سطح (حدود چهار برابر بذر مورد نیاز در کشت ردیفی) تراکم بوته و یکنواختی سطح سبز به دلیل تشکیل سله حاصل از آبیاری غرقابی و عدم یکنواختی در عمق کشت بذر، بسیار پایین است، از طرفی هزینه های تنک، وجین و دیگر عملیات داشت و برداشت در کشت سنتی نسبت به کشت ردیفی بسیار بالاتر و عملکرد محصول نیز پایین تر از کشت ردیفی است، بنابراین کشت چغندرقد به روش سنتی در اراضی کوچک از بعد اقتصادی مقرون به صرفه نیست، لذا تلاش در جهت مکانیزه کردن کشت و کاهش هزینه های کاشت، داشت و برداشت تنها راه تداوم کشت محصولات زراعی به ویژه محصولات وجینی از جمله چغندرقد در این گونه اراضی است. با توجه به نبود بذرکار مناسب در اراضی کوچک، این بررسی به منظور مقایسه بذرکار دستی تک ردیفه ی قابل استفاده در اراضی خرده مالکی و مقایسه آن با روش کشت سنتی و مکانیزه در دو شرایط کرج و کرمان انجام شد.

مواد و روش

تحقیق حاضر در ایستگاه تحقیقات چغندرقد مهندس مطهری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد واقع در کمالشهر کرج و ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرمان واقع در شهرستان بردسیر با هشت ترکیب تیماری در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار طی سال های زراعی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ اجرا شد.

ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد در کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی، با متوسط بارندگی درازمدت ۳۰ ساله ۲۴۸ میلی متر و ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرمان در شهرستان بردسیر با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی، با متوسط بارندگی درازمدت ۳۰ ساله ۱۱۰ میلی متر واقع شده اند.

(al. 2018) از طرف دیگر در شرایط کشت در ردیف های مناسب، امکان استفاده از ادوات مکانیکی مانند وجین کن یا سمپاش برای کنترل علف های هرز و آفات در مزارع چغندرقد فراهم می شود (Machleb et al. 2021). گزارش شده است رشد چغندرقد (میانگین سطح برگ، قطر ریشه و وزن ریشه) و کیفیت آن (درصد قند، درصد بریکس، درصد خلوص و عملکرد قند) تحت تأثیر روش های کاشت قرار می گیرد (Ahmad et al. 2010). قطر ریشه چغندرقد در بسترهای دو ردیفه در مقایسه با کشت مسطح یا کشت بر روی پشته بیشتر بود. درصد قند و درصد خلوص چغندرقد در بسترهای دو ردیفه به ترتیب ۱/۱ و ۲/۷ درصد نسبت به چغندرقد های کاشته شده در فاصله پشته معمولی افزایش یافت (Ahmad et al. 2010). در تحقیقی مشابه کاشت با فاصله ی ردیف های ۵۰ سانتی متری و ۱۰ بوته در متر مربع بهترین عملکرد کمی و کیفی چغندرقد را به همراه داشت (Soleymani and Shahrajabian 2017).

نظام خرده مالکی حاکم بر بخش هایی از حوزه های چغندرکاری کشور، کشت سنتی چغندرقد را باعث گردیده است. از طرفی در کشت سنتی چغندرقد میزان بهره وری از نهاده ها و کارایی مصرف انرژی، کاهش و فرصت زمانی برای انجام عملیات زراعی و خاک ورزی محدود می گردد. تعداد روزهای کاری در خاک با بافت سنگین نسبت به خاک با بافت سبک جهت انجام عملیات خاک ورزی و کاشت مکانیزه کمتر است (Heidari and Borghei 2013). در چند سال اخیر توسعه کشت مکانیزه چغندرقد در کشور روند مناسب و روبه رشدی داشته است، به طوری که در بعضی از استان ها و مناطق چغندرکاری مانند آذربایجان غربی و مغان صد درصد سطح زیر کشت این محصول به روش کاملاً مکانیزه صورت می گیرد، ولی در بعضی دیگر از مناطق چغندرکاری کشور، به ویژه مناطق کوهپایه ای که نظام خرده مالکی بر آنها حاکم است، سطح قابل توجهی از کشت چغندرقد به روش سنتی و در قطعات کوچک انجام می گیرد. در سیستم کشت سنتی علی رغم مصرف بسیار زیاد بذر در واحد

نظر گرفته شد. در این آزمایش به دلیل وجود تیمار کشت سنتی و درهمپاش از بذر IC که یک رقم مولتی ژرم چغندر قند است، استفاده شد. مقدار بذر مصرفی تیمارهای مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ مقدار بذر مصرفی در تیمارهای مختلف مورد بررسی

روش های مختلف کاشت بذر و آبیاری (T*)									تیمار
T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1		
۱۰	۱۰	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۶/۶	۸	۹	۲۵	بذر	مقدار
								مصرفی	
								(کیلوگرم	در
								هکتار)	
۴۰	۴۰	۵۰	۵۰	۶۶/۴	۳۲	۳۶	۱۰۰	بذر	درصد
								مصرفی نسبت	
								به شاهد	

* T1: کشت سنتی (شاهد)، T2: کارنده جاندر، T3: کارنده نیوماتیک، T4، T5، T7: به ترتیب بذر کار دستی با فواصل ردیف ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی متری در سطح صاف (بدون ایجاد پشته)، T6، T8: بذر کار دستی با فواصل ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی متری بر روی پشته.

در تیمار کشت سنتی پس از آماده سازی زمین، بذر به مقدار رایج و به صورت دستپاش پخش و توسط شن کش در زیر خاک قرار گرفت (با خاک لایه سطحی مخلوط شد). آبیاری این تیمار تا پایان دوره رشد محصول مطابق عرف کشت های سنتی به صورت غرقاب و در کرت های بسته انجام و کلیه عملیات داشت و برداشت محصول نیز مطابق عرف معمول در اراضی خرد و کوچک توسط نیروی کارگر انجام شد. در تیمارهای کشت مکانیزه با فواصل ردیف ۵۰ سانتی متر، تمام عملیات کاشت و داشت به جز عملیات تنک و وجین روی ردیف های کاشت با ادوات ماشینی و به صورت مکانیزه انجام شد. در تیمارهای چهار، پنج و هفت، پس از آماده سازی زمین، بذر بر روی زمین مسطح و بدون درآوردن فارو، توسط بذر کار دستی تک ردیفه کاشته شد. در تیمارهای شش و هشت، پس از ایجاد جوی و پشته (فارو کشی) بذر با بذر کار دستی تک ردیفه بر روی پشته های ایجاد شده کاشته شد. آبیاری کرت های آزمایشی تا پایان دوره رشد به طور جداگانه و در کرت های بسته انجام شد. پس از کاشت بذر اولین و دومین آبیاری جهت سبز مناسب و ایجاد پوشش

تیمارهای آزمایش در هر دو منطقه مورد بررسی یکسان و در جدول ۱ شرح داده شده است.

جدول ۱ تیمارهای مورد بررسی در آزمایش

تیمار (T)	عنوان
T1*	کشت سنتی یا کشت معمول در نظام های خرده مالکی (شاهد)
T2	کشت با بذر کار جاندر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر، آبیاری نشتی
T3	کشت با بذر کار نیوماتیک با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر، آبیاری نشتی
T4	کشت با بذر کار دستی با فاصله ردیف ۳۰ سانتی متر (بدون ایجاد پشته)، آبیاری کرتی
T5	کشت با بذر کار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر (بدون ایجاد پشته)، آبیاری کرتی
T6	کشت با بذر کار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر (کشت بذر بر روی پشته)، آبیاری کرتی
T7	کشت با بذر کار دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر (بدون ایجاد پشته)، آبیاری کرتی
T8	کشت با بذر کار دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر (کشت بذر بر روی پشته)، آبیاری کرتی

* کشتی است که در آن بذرها بدون رعایت فاصله منظمی از یکدیگر کشت شده و آبیاری مزرعه به صورت غرقابی انجام می شود.

شکل ظاهری بذر کار دستی مورد استفاده در این آزمایش

در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ نمای ظاهری و نحوه استفاده از بذر کار دستی Plant jounier

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک و تسطیح در پائیز انجام و پس از رفع خطر سرما و مساعد شدن شرایط رطوبتی خاک (نیمه دوم فروردین) عملیات کاشت با اجرای تیمارهای مورد نظر انجام گرفت. هر کرت آزمایشی به طول هشت متر و عرض شش متر و به مساحت ۴۸ مترمربع در

یکنواخت، با فاصله زمانی کم و پس از آن دور آبیاری بر اساس عرف معمول تنظیم و انجام شد. فاصله بین کرت‌های آزمایشی و تکرارها به ترتیب برابر یک و هشت متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت از قطعه زمین محل اجرای آزمایش نمونه مرکب خاک

تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی و تعیین بافت خاک اقدام گردید (جدول ۳). کمبود عناصر غذایی بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه‌های آزمایشگاه خاکشناسی در هر منطقه تأمین گردید.

جدول ۳ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

مکان	سال آزمایش	سیلت	رس	شن	نیترژن	پتاسیم	فسفر	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
					میلی‌گرم بر کیلوگرم				
کرج	۱۳۸۸	۴۶/۶	۴۳/۸	۹/۶	۱۶/۵	۴۷۵	۷/۷	۸	۰/۴۲
	۱۳۸۹	۴۲/۸	۴۲	۱۵/۲	۳۶/۵	۵۷۱	۱۴	۷/۸	۱/۰۵
کرمان	۱۳۸۸	۴	۱۱	۸۵	۱۱	۱۵۰	۴	۸	۲/۹
	۱۳۸۹	۱۶	۱۲	۷۱	۱۲	۲۲۵	۵	۸/۱	۳/۱

برای محاسبه درصد سبز بذرها، دو هفته پس از کشت بذر، تعداد بوته‌های سبز شده در واحد سطح با استفاده از کوادرات مربعی (یک مترمربع) در پنج نقطه از هر کرت آزمایشی شمارش گردید و بر اساس میزان بذر مصرفی در واحد سطح و همچنین وزن هزار دانه بذر کشت شده و درصد جوانه‌زنی بذر در شرایط استاندارد (درون ژرمیناتور)، درصد سبز بذور در هر کرت آزمایشی محاسبه شد (رابطه ۱).

(۱)

$$*100 = \frac{\text{تعداد بذره‌های سبز شده در واحد سطح}}{\text{تعداد بذر کشت شده در واحد سطح}} = \text{درصد سبز}$$

برای تعیین درصد استقرار بوته نیز از شمارش مجدد تعداد بوته‌ها حدود ۶۰ روز پس از کشت در همان سطح مذکور و تفاوت تعداد بوته شمارش شده در دو نوبت استفاده و درصد بوته‌های استقرار یافته به دست آمد؛ به عبارت دیگر با این عمل درصد بوته‌های از بین رفته در اثر نوع تیمار (در اثر اختلاف در روش آبیاری و سیستم کشت) محاسبه شد.

با توجه به اینکه تیمار کشت سنتی یا شاهد آزمایش (T1)، به صورت دستپاش کشت شده بود و در این تیمار امکان تهیه نمونه بر اساس طول خط کشت وجود نداشت، بنابراین جهت تهیه نمونه و انجام محاسبات عملکردی لازم، در طول

دوره رشد و در پایان فصل رشد، با استفاده از کوادراتی به ابعاد یک متر (مساحت یک مترمربع) اقدام به نمونه‌برداری شد. در نیمه دوم مهرماه از محصول هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی، پنج نمونه برداشت و پس از شمارش تعداد بوته‌های موجود در هر نمونه، اندام هوایی از ریشه‌ها جدا و به تفکیک توزین و عملکرد ریشه در هکتار، بر اساس میانگین پنج نمونه محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری خصوصیات کیفی، ریشه‌ها ابتدا به طور کامل شسته شد و پس از توزین، از آنها خمیر ریشه تهیه و در ظروف مخصوص تحت شرایط انجماد نگه‌داری شد. برای تجزیه کیفی هر نمونه از خمیر تهیه شده، آن را در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از خارج شدن از حالت انجماد، از هر نمونه، ۲۶ گرم خمیر ریشه با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب در همزن ریخته و به مدت ۳ دقیقه مخلوط گردید. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی، شربت زلالی حاصل شد که برای اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی مورد استفاده قرار گرفت. در شربت حاصله، درصد قند به روش پلاریمتری و توسط دستگاه ساکاریمتر (مدل RHB-32ATC ساخت کشور چین)، سدیم و پتاسیم به روش فیلم فتومتری (مدل M410 ساخت کشور انگلستان) و نیترژن مضره به روش عدد آبی و با استفاده از

مقایسات میانگین به روش دانکن انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر عملکرد ریشه، درصد قندناخالص، پتاسیم، نیتروژن مضره، قندملاس و تراکم بوته معنی دار و بر عملکرد قند و سدیم معنی دار نبود. تأثیر مکان بر عملکرد ریشه، درصد قندناخالص، درصد قندخالص، قند ملاس، سدیم، عملکرد شکر و عملکرد شکرسفید در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر مکان بر تراکم بوته، پتاسیم و نیتروژن مضره معنی دار نبود. اثر متقابل مکان و سال عملکرد شکر، عملکرد شکرسفید، درصد قندناخالص و درصد قندخالص را تحت تأثیر قرار داد و بر سایر خصوصیات اثر معنی دار نداشت. تیمارهای آزمایش اثر معنی دار بر عملکرد ریشه، عملکرد شکر، عملکرد شکرسفید، ضریب استحصال و تراکم بوته داشت. ناخالصی های ریشه تحت تأثیر تیمارهای روش کاشت قرار نگرفت. هیچ کدام از صفات کمی و کیفی مورد بررسی تحت تأثیر اثر متقابل تیمار و سال قرار نگرفت. اثر متقابل تیمار در مکان بر عملکرد ریشه با اطمینان ۹۹ درصد معنی دار شد (جدول ۴).

دستگاه بتالایزر (مدل D-3016 ساخت کشور انگلستان) اندازه گیری شد. مقدار قند ملاس، بر اساس مقدار پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره توسط رابطه ۲ به دست آمد.

(۲)

$$(MS) = 0.343(K+Na) + 0.094(\alpha - \text{amino-N}) - 0.29$$

دیگر صفات کمی و کیفی مورد بررسی شامل: درصد قند

خالص، عملکرد شکر، عملکرد شکرسفید و ضریب استحصال شکر نیز به ترتیب بر اساس روابط ۳ الی ۶ محاسبه شد (Abdollahian noghabi et al. 2005).

(۳) قندملاس - درصد قندناخالص = درصد قندخالص

(۴) درصد قندناخالص × عملکرد ریشه = عملکرد شکر

(۵) درصد قند خالص × عملکرد ریشه = عملکرد شکرسفید

(۶) درصد قندناخالص / درصد قندخالص = ضریب استحصال شکر

پس از جمع آوری کلیه داده ها، ابتدا آزمون بارتلت انجام و با توجه به معنی دار نبودن آزمون بارتلت، نتایج آزمایش در دو سال و دو مکان بر اساس تجزیه مرکب انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (Ver 9.1) و

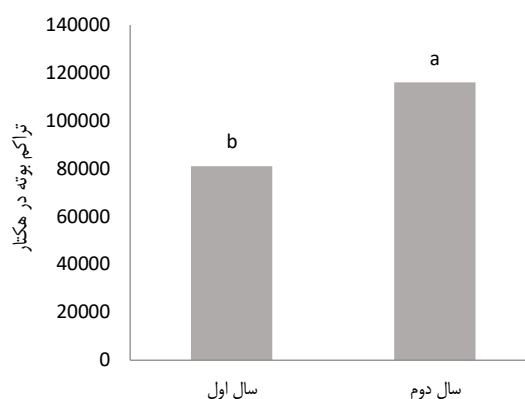
جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد کمی و کیفی چغندر قند تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در دو مکان و دو سال

منابع تغییر	درجه آزادی	تراکم بوته	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	درصد قند قندخالص	قند ملاس	نیتروژن مضره	پتاسیم ریشه	سدیم ریشه	ضریب استحصال	عملکرد شکر	عملکرد شکر سفید
سال	۱	۱۵۵**	۵۳۷/۷**	۳۰/۷۲**	۵/۵۷ ^{ns}	۱۰/۲**	۱۲/۳**	۵۶/۴**	۰/۶۶ ^{ns}	۱۷۲/۸**	۰/۰۱ ^{ns}	۱/۸۲ ^{ns}
مکان	۱	۴/۴ ^{ns}	۴۶۹۲۳**	۶۰۵/۰۴**	۸۵۵**	۲۱/۷۲**	۰/۴۷ ^{ns}	۱/۴۳ ^{ns}	۳۱۳/۴**	۲۴۸۵**	۶۵۷/۷**	۷۲۳**
سال*مکان	۱	۹/۵۹ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۳۱/۷۱**	۳۰/۴**	۰/۰۳ ^{ns}	۲/۲۲ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}	۲۳/۵**	۱۷/۶**
تکرار (سال در مکان)	۱۲	۳/۱۶	۷۱/۲	۱/۵۴	۲/۲۱	۰/۲۰	۰/۳۲	۱/۵۳	۰/۳۳	۳۰/۳	۲/۸۹	۲/۲۹
تیمار	۷	۳۳/۱**	۷۳۳**	۱/۴۱ ^{ns}	۱/۹۲ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۴۰۳ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۱۹/۵**	۲۴/۰۳**	۱۷/۱**
سال*تیمار	۷	۵/۸۸ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۱/۰۷ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۱/۱۵ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}
تیمار*مکان	۷	۱/۳۶ ^{ns}	۱۶۴**	۰/۹۹ ^{ns}	۱/۲۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۲/۰۱ ^{ns}	۲/۸۲ ^{ns}	۲۵/۶**
سال*مکان* تیمار	۷	۴/۴۹ ^{ns}	۲/۷۴ ^{ns}	۱/۱۸ ^{ns}	۱/۴۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۱/۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۶۴ ^{ns}
خطا	۸۴	۴/۰۷	۴۹/۴۳	۰/۹۸	۱/۳۷	۰/۱۲۶	۰/۳	۰/۳۰۲	۰/۴۲۳	۱۷/۷۶	۲/۲۳	۱/۷۸
ضریب تغییرات	۲۵	۱۲	۵/۳	۷/۵	۱۵	۳۰	۱۰/۵	۲۳	۵	۱۴	۱۵/۵	

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

تراکم بوته

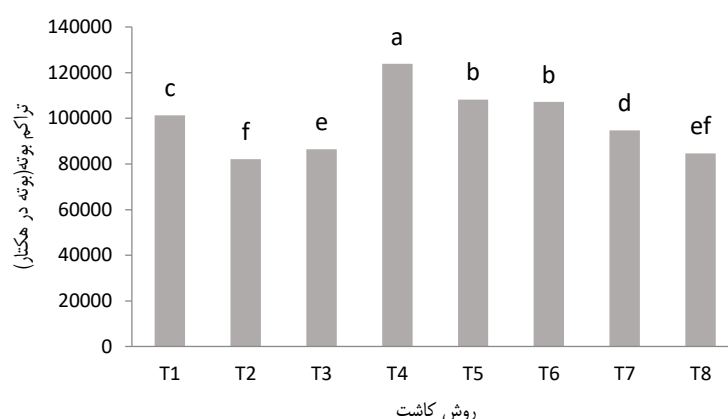
اثر سال بر تراکم بوته با احتمال یک درصد و با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (شکل ۱). در سال دوم از اجرای آزمایش علاوه بر آبیاری انجام شده پس از عملیات کاشت بذر، بارندگی - های مطلوب صورت گرفته‌ی پس از کاشت در اوایل فصل شرایط مناسب‌تری برای استقرار بوته فراهم نمود، که همین امر موجب تراکم بالاتر بوته در واحد سطح شد.



شکل ۱ اثر سال بر میانگین تراکم بوته چغندر قند در دو منطقه کرج و کرمان

روش کاشت بر تراکم بوته با احتمال یک درصد و با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، استفاده از بذرکار دستی با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متری (T4) با ۱۲۴ هزار بوته در هکتار، بیشترین تراکم بوته در واحد سطح را داشت. تراکم بوته در بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بدون ایجاد پشته (T5) و بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بر روی پشته (T6) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۲). کمترین تراکم بوته نیز در تیمارهای کاشت با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر با بذرکار نیوماتیک (T2) و بذرکار جاندیر (T3) به ترتیب با ۸۲ و ۸۶ هزار بوته در هکتار به دست آمد. تراکم بوته زیاد در تیمار بذرکار دستی با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر در ارتباط با کم بودن فاصله ردیف‌های کاشت این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها است، به‌نحوی که با در نظر گرفتن

فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متری بر روی رویف‌ها، در همه روش‌های کشت و سبزشدن یکنواخت، تراکم بوته در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متری در حدود ۱۷ بوته در مترمربع خواهد بود، درحالی‌که در فواصل ردیف‌های ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری تراکم بوته به ترتیب ۱۲/۵ و ۱۰ بوته در مترمربع می‌باشد. در روش کشت سنتی به دلیل عدم یکنواختی سطح سبز نمی‌توان تراکم دقیقی را تعیین کرد. در این روش توزیع مناسبی از بوته‌ها در واحد سطح وجود نداشته و در بعضی از نقاط زمین ممکن است تراکم کمتر از حد مطلوب و در بعضی از مناطق بیشتر از تراکم توصیه‌شده چغندر قند باشد. در تحقیقی که در دانشگاه نبراسکا بر روی تأثیر نوع و مدل کارنده بر جوانه‌زنی چغندر قند انجام شد، مشخص شد که جوانه‌زنی چغندر قند تحت تأثیر نوع و مدل کارنده قرار گرفته و بذرکار نیوماتیک جوانه‌زنی بذر را ۱۱/۵ درصد افزایش داده است (Smith et al. 1992). در بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته روی مؤلفه‌های دریافت تشعشع خورشیدی در چغندر قند با افزایش تراکم از شش بوته در مترمربع به ۷/۵، ۹ و ۱۰/۵ بوته در مترمربع، کارایی مصرف تشعشع بر عملکرد ریشه از ۳/۸۰ گرم بر مگاژول به ترتیب به ۳/۹۶، ۴/۲۸ و ۴/۷۶ گرم بر مگاژول افزایش یافت (Sadeghzadeh Hemayti et al. 2009). در بررسی اثر روش کاشت چغندر قند (کشت دو ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته و فاصله ۸۰ سانتی‌متری بین دو ردیف، کشت سه ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته و فاصله ۱۲۰ سانتی‌متری بین دو ردیف، کشت دو ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری خطی و فاصله ۵۰ سانتی‌متری بین دو ردیف، کشت سه ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری خطی و فاصله ۵۰ سانتی‌متری بین دو ردیف) گزارش شده است روش کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد بذر سبز شده در واحد سطح ندارد، گرچه کاشت در زمین مسطح در مقایسه با سیستم کاشت روی پشته، نسبتاً ارزان، آسان و به کار کمتری نیاز دارد و با حداقل عملیات خاک‌ورزی قابل انجام است (Ahmad et al. 2010).



شکل ۲ اثر روش کاشت بر میانگین تراکم بوته چغندر قند در دو منطقه کرج و کرمان

(T1): کشت سنتی، T2: کارنده جان‌دیر، T3: کارنده نیوماتیک، T4، T5، T7: به ترتیب بذرکار دستی با فواصل ردیف ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری در سطح صاف (بدون ایجاد پشته)، T6، T8: بذرکار دستی با فواصل ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری بر روی پشته)

عملکرد ریشه

سطح شد. همین امر موجب افزایش هفت درصدی و معنی‌دار عملکرد ریشه در سال دوم اجرای آزمایش نسبت به سال اول گردید و از ۵۶/۴ تن به ۶۰/۵ تن در هکتار افزایش یافت (جدول ۴). از طرفی با توجه به رابطه معکوس بین عملکرد ریشه در واحد سطح و عیار قند، با افزایش عملکرد ریشه در سال دوم، قند ناخالص نیز به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۵).

اثر سال بر عملکرد ریشه در هکتار با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در سال دوم از اجرای آزمایش، علاوه بر اینکه پس از کاشت برای سبزشدن بذر آبیاری انجام شده بود، بارندگی‌های مطلوب صورت گرفته نیز در اوایل فصل، شرایط مناسب‌تری را برای جوانه‌زنی بهتر بذر کاشته شده و استقرار مناسب بوته‌ها فراهم نمود و موجب تراکم بالاتر بوته در واحد

جدول ۵ تأثیر سال بر میانگین صفات مورد بررسی چغندر قند در دو منطقه کرج و کرمان

سال	تراکم بوته در هکتار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	نیترژن مضره میلی‌اکی‌والان/یکصد گرم ریشه	پتاسیم ریشه میلی‌اکی‌والان/یکصد گرم ریشه	قند ناخالص	قند ملاس (درصد)	ضریب استحصال
۱۳۸۸	۸۰۷۶۸ ^b	۵۶/۴ ^b	۲/۱ ^a	۶ ^a	۱۹ ^a	۲/۶ ^a	۸۲/۰ ^b
۱۳۸۹	۱۱۶۳۳۳ ^a	۶۰/۵ ^a	۱/۵ ^b	۴/۷ ^b	۱۸ ^b	۲/۱ ^b	۸۴/۴ ^a

صاف (T4) بالاترین عملکرد ریشه را به‌خود اختصاص داد (شکل ۳). در منطقه کرمان به‌دلیل بافت خاک بسیار سبک و شنی بودن خاک (جدول ۳) اندام‌هوایی گیاه توسعه کمتری داشت بنابراین رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های چغندر قند در تراکم‌های بیشتر بوته در واحد سطح، کمتر از منطقه کرج بود. به همین دلیل در منطقه کرمان تیمار (T4) که با کمترین فاصله ردیف کشت

اثر متقابل تیمار (روش کاشت) در مکان بر عملکرد ریشه با احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در منطقه کرج تیمار استفاده از بذرکار دستی با فاصله ردیف‌های ۴۰ سانتی‌متری بدون پشته (T5) با متوسط ۶۷/۹ تن در هکتار بالاترین عملکرد ریشه را تولید کرد در حالی که در منطقه کرمان استفاده از بذرکار دستی با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری در سطح

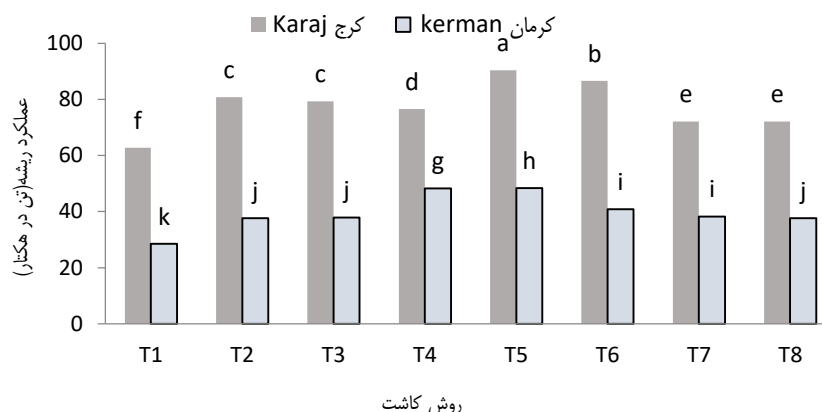
شده بود و بیشترین تراکم بوته را داشت (شکل ۲) بالاترین عملکرد ریشه را تولید نمود. در مقایسه روش‌های کشت در دو منطقه کرج و کرمان مشاهده شد که در منطقه کرج روش‌های کاشت سنتی، کاشت با بذرکار جان‌دیر، کاشت با بذرکار نیوماتیک، کاشت بذرکار دستی با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر، کاشت با بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر در سطح صاف بدون پشته، کاشت بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بر روی پشته، کاشت با بذرکار دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در سطح صاف، کاشت با بذرکار دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بر روی پشته نسبت به منطقه کرمان به ترتیب ۱۱۷، ۱۱۴، ۱۰۹، ۵۸/۹، ۹۹/۱، ۱۱۲، ۸۸/۷ و ۹۱/۲ درصد عملکرد ریشه بیشتری را تولید کرد (شکل ۳).

بافت خاک بسیار سبک‌تر، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک بالاتر و پتاسیم و فسفر کمتر خاک در منطقه کرمان (جدول ۳) دلیل اصلی پایین بودن عملکرد ریشه در همه تیمارهای کاشت در این منطقه نسبت به کرج بود. از طرفی با توجه به اینکه در کاشت سنتی و درهم‌پاش بذر، فواصل بین بوته‌ها از هیچ نظم مشخصی تبعیت نمی‌کند، لذا تراکم و توزیع بوته در نقاط مختلف کرت آزمایشی این تیمار بسیار متغیر بود و سطح پوشش نایک‌نواختی در سطح کرت‌های این تیمار ایجاد شد. همین امر باعث گردید که در نقاط با تراکم کم، ریشه‌ها دارای رشد مناسب ولی در نقاط با تراکم نامطلوب و زیاد، به دلیل رقابت شدید بوته‌ها با همدیگر ریشه‌های تولیدشده ریز و عملکرد محصول نسبت به میانگین کل آزمایش در هر دو منطقه کاهش یابد (شکل ۳). در تحقیقی که با هدف بررسی تأثیر اندازه مزرعه بر عملکرد چغندر قند در واحد سطح انجام شد، عملکرد ریشه در کشت سنتی (مزارع کمتر از یک هکتار)، نیمه‌مکانیزه (مزارع بین یک تا پنج هکتار) و مکانیزه (مزارع بیشتر از ۱۰ هکتار)، به ترتیب ۵۶، ۹۰ و ۱۰۰ مگاگرم در هکتار گزارش شد و بالاتر بودن عملکرد در واحد سطح در کشت مکانیزه را به عوامل متعددی مانند استفاده از ارقام اصلاح‌شده جدید و مقاوم به بیماری‌های رایج در منطقه

(مانند ریزوکتونیا)، تاریخ کشت مناسب که با طولانی‌تر کردند دوره رشد محصول سبب استفاده حداکثر از عوامل محیطی شده است، دانش فنی بالای تولیدکنندگان در این سیستم کاشت و استفاده مناسب‌تر از عملیات به‌زارعی مانند وجین در زمان مناسب، آبیاری مناسب و تلفات کمتر در هنگام برداشت نسبت دادند (Fallahinejad et al. 2022). علاوه بر این استطاعت مالی در تهیه سموم و کودهای شیمیایی، در بالاتر بودن عملکرد در واحد سطح مؤثر دانسته شده است (Fallahinejad et al. 2022). بیشتر بودن عملکرد در فاصله ردیف‌های کمتر را نیز می‌توان به بسته شدن زودتر کانوپی، کاهش رقابت علف‌های هرز و افزایش کارایی استفاده از منابع خصوصاً نور نسبت داد. گزارش شده است در سیستم کشت با فواصل ردیف خیلی کم، بسته شدن تاج پوشش در حدود ۱۸ تا ۳۶ روز زودتر از فاصله ردیف رایج صورت می‌گیرد. در نتیجه‌ی بسته شدن زودتر تاج پوشش، جذب تشعشع توسط گیاه و به دنبال آن کارایی مصرف نور نیز افزایش می‌یابد، همچنین در این سیستم تبخیر از سطح خاک کاهش یافته و در نتیجه سهم بیشتری از آب موجود در خاک در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Bagherabadi et al. 2019; Nawaz et al. 2021; Raefizadeh et al. 2019; Soleymani and Shahrajabian. 2017). در بررسی روش‌های مختلف کشت چغندر قند، گزارش شده است کشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متری تک ردیفه بر روی پشته در مقایسه با سایر روش‌های کاشت (کشت تک ردیفه با فواصل ردیف ۴۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متری روی پشته، کشت دو ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته و فاصله ۸۰ سانتی‌متری بین دو ردیف، کشت سه ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته و فاصله ۱۲۰ سانتی‌متری بین دو ردیف، کشت دو ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری خطی و فاصله ۵۰ سانتی‌متری بین دو ردیف، کشت سه ردیفه با فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متری خطی و فاصله ۵۰ سانتی‌متری بین دو ردیف) عملکرد ریشه چغندر قند بیشتر بوده است (Ahmad et al. 2010). اعتقاد بر

هزار (Khozaei *et al.* 2020; Khozaei *et al.* 2021) تا ۱۰۴ هزار بوته در هکتار (Haghverdi *et al.* 2017) گزارش کرده‌اند.

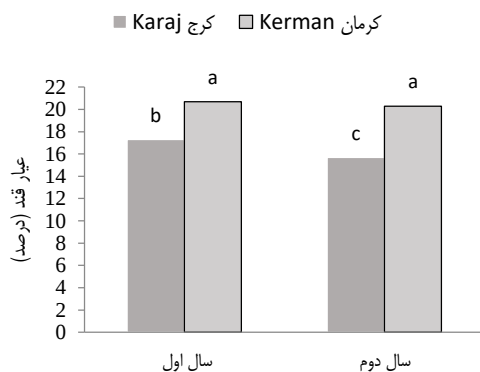
این است که در تراکم مطلوب گیاهی، مقدار کافی مواد غذایی، آب و نور برای بهبود کارایی فتوسنتز فراهم می‌شود که به افزایش سرعت تعرق و در نتیجه بهبود ماده خشک ریشه و عملکرد ریشه در واحد سطح کمک می‌کند. تراکم مطلوب چغندر قند را بین ۹۰



شکل ۳ اثر متقابل روش کاشت- مکان بر عملکرد ریشه

(T1: کشت سنتی، T2: کارنده جاندیر، T3: کارنده نیوماتیک، T4, T5, T7: به ترتیب بذر کار دستی در فواصل ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی متری در سطح صاف (بدون ایجاد پشته)، T6, T8: بذر کار دستی در فواصل ۴۰ و ۵۰ سانتی متری در روی پشته)

درصد قند



شکل ۴ اثر متقابل سال- مکان بر تغییرات میانگین درصد قند ریشه

اگرچه از نظر آماری روش کاشت اثر معنی‌داری بر درصد قند خالص و ناخالص (عیار قند) نداشت (جدول ۴) اما مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن نشان داد که بین تیمارها از نظر درصد قند خالص و ناخالص اختلاف وجود دارد و میانگین‌ها در دو گروه آماری قرار گرفت (جدول ۶).

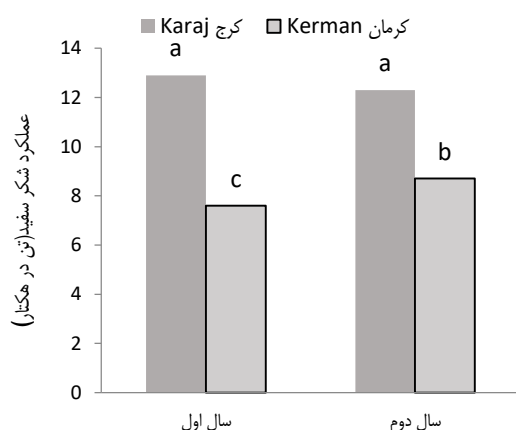
اثر متقابل سال- مکان بر درصد قند ناخالص (عیار) با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در منطقه کرج به دلیل شرایط مطلوب‌تر محل اجرای آزمایش (جدول ۳)، عملکرد ریشه بیشتر از کرمان بود (شکل ۳). با توجه به وجود رابطه معکوس بین عملکرد ریشه و عیار قند، افزایش قابل توجه عملکرد ریشه در کرج موجب کاهش عیار قند در این منطقه شده است. در سال دوم اجرای آزمایش به دلیل افزایش حدود چهار تنی میانگین عملکرد ریشه نسبت به سال اول اجرای آزمایش، میانگین عیار قند نسبت به سال اول اجرای آزمایش نیز یک واحد کاهش یافته و از ۱۹ درصد در سال اول به ۱۸ درصد رسیده است (جدول ۵). بیشترین درصد قند با ۲۰/۷ درصد در سال اول و در منطقه کرمان به دست آمد که با درصد قند این منطقه در سال دوم اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین عیار قند نیز با ۱۵/۷ درصد در سال دوم اجرای آزمایش و در منطقه کرج به دست آمد (شکل ۴).

جدول ۶ اثر تیمار بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند

تیمارهای آزمایش	قند ناخالص	قند خالص	عملکرد شکر	عملکرد شکر سفید
	درصد		(تن در هکتار)	
T1	۱۸/۷ab	۱۵/۸ab	۸/۱d	۶/۸d
T2	۱۸/۵ab	۱۵/۵ab	۱۰/۵bc	۸/۶bc
T3	۱۸/۳ab	۱۵/۳ab	۱۰/۳bc	۸/۴bc
T4	۱۸/۳ab	۱۵/۳ab	۱۱/۲b	۹/۳b
T5	۱۹a	۱۶/۱a	۱۲/۴a	۱۰/۴a
T6	۱۸b	۱۵b	۱۰/۹ bc	۸/۹bc
T7	۱۸/۷ab	۱۵/۷ab	۹/۹ c	۸/۲c
T8	۱۸/۶ab	۱۵/۶ab	۹/۹ c	۸/۲c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح پنج درصد ندارند. T1: کشت سنتی، T2: کارنده جان‌دیر، T3: کارنده نیوماتیک، T4، T5، T7: به ترتیب بذکار دستی در فواصل ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری در سطح صاف (بدون ایجاد پشته)، T6، T8: بذکار دستی در فواصل ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری در روی پشته.

در سال دوم، عملکرد شکر در سال دوم اجرای آزمایش به‌طور معنی‌دار افزایش و از ۷/۷ تن در هکتار به ۸/۶ تن در هکتار رسید (شکل ۵).



شکل ۵ اثر متقابل سال - مکان بر تغییرات میانگین عملکرد شکر سفید

تأثیر تیمار (روش‌های مختلف کشت) بر عملکرد شکر و شکر سفید با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود و میانگین‌ها در گروه‌های آماری مختلف قرار گرفت. بیشترین عملکرد شکر با میانگین ۱۲/۴ تن در هکتار با تیمار بذکار دستی با کشت بذر در سطح صاف (بدون ایجاد پشته) و با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متری (T5) به‌دست آمد (جدول ۶). همچنین تأثیر متقابل تیمار در مکان نیز در سطح یک درصد بر عملکرد شکر سفید معنی‌دار شد. با توجه به اینکه در محصول چغندر قند عملکرد شکر

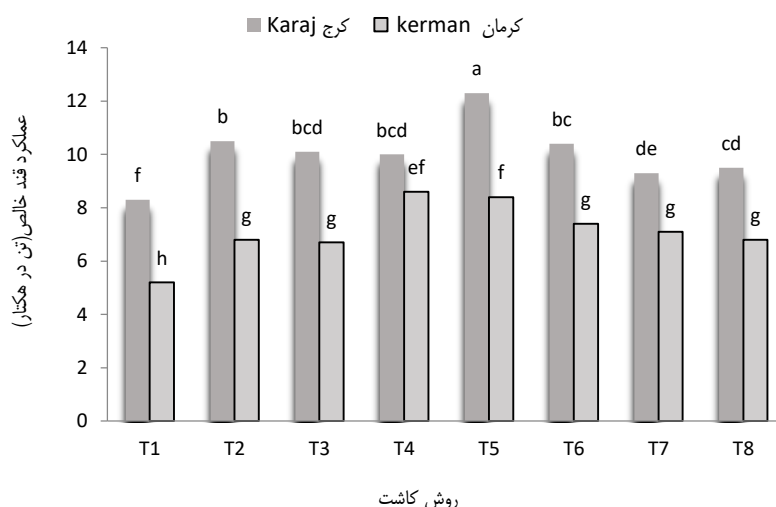
در بین تیمارها، استفاده از بذکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متری بدون پشته (T5)، به‌ترتیب با ۱۶/۱ و ۱۹ درصد بیشترین درصد قند خالص و ناخالص را داشت و تیمار کاشت بذر با استفاده از بذکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متری بر روی پشته، کمترین درصد قند را تولید کرد (جدول ۶). بالاترین درصد قند ناخالص در کشت دو ردیفه با فواصل ردیف ۳۵ سانتی‌متری روی پشته و فاصله ۸۰ سانتی‌متری بین دو ردیف گزارش شده است و کاهش فاصله بین ردیف‌ها با افزایش درصد قند همراه بوده است (Ahmad et al. 2010).

عملکرد قند

اثر متقابل سال در مکان بر عملکرد شکر با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با توجه به نتایج مندرج در جدول ۵، ملاحظه می‌شود که اگر چه عملکرد ریشه در سال دوم اجرای آزمایش بیشتر از سال اول آن بوده، ولی در اثر افزایش عملکرد ریشه، عیار قند در منطقه کرج در سال دوم اجرای آزمایش به‌طور قابل توجهی کاهش یافته و از ۱۷/۳ درصد در سال اول به ۱۵/۳ درصد رسیده است (شکل ۴). بنابر این علی‌رغم اینکه در کرج عملکرد ریشه در سال دوم افزایش یافته بود ولی در عملکرد شکر این منطقه تفاوت معنی‌داری نسبت به سال اول اجرای آزمایش مشاهده نشد (شکل ۵). از طرفی در منطقه کرمان با توجه به عدم تغییر درصد قند در دو سال (شکل ۴) و افزایش عملکرد ریشه

عملکرد شکر سفید با ۱۲/۳ تن در هکتار نیز با تیمار استفاده از بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متری و کشت در سطح صاف بدون پشته (T5) در منطقه کرج به دست آمد (شکل ۶). در منطقه کرمان استفاده از بذرکار دستی با فاصله ردیف ۳۰ سانتی متری بدون پشته (T4) با ۸/۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد شکر سفید را به خود اختصاص داد گرچه با تیمار (T5) اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۶).

از حاصل ضرب عملکرد ریشه و درصد قند به دست می آید (روابط ۴ و ۵) و از طرفی عملکرد ریشه همه تیمارها در منطقه کرج بیشتر از منطقه کرمان بود، لذا روند تغییرات عملکرد شکر هم با اختلافات اندکی از همان روند تغییرات عملکرد ریشه در این مناطق تبعیت می کند (شکل ۶). تفاوت اندک روند تغییرات عملکرد شکر سفید با عملکرد ریشه ی مناطق در اثر تفاوت در عیار قند و ناخالصی های دو منطقه با همدیگر می باشد. لذا بیشترین



شکل ۶ اثر متقابل روش کاشت- مکان بر عملکرد قند خالص

(T1: کشت سنتی، T2: کارنده جاندر، T3: کارنده نیوماتیک، T4، T5، T7: به ترتیب بذرکار دستی با فواصل ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی متری بدون ایجاد پشته، T6، T8: بذرکار دستی در فواصل ۴۰ و ۵۰ سانتی متری در روی پشته).

کمتر است. گرچه عیار چغندر قند از نظر آماری تحت تأثیر روش کاشت قرار نگرفته است، اما از آنجا که عملکرد قند حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند است، لذا بیشتر بودن درصد قند خالص و ناخالص در منطقه کرمان تا حدودی جبران کمتر بودن عملکرد ریشه را سبب شده و همین امر سبب کاهش اختلاف عملکرد قند در دو منطقه مورد بررسی نسبت تغییرات عملکرد ریشه شده است. آریتا و همکاران (Arita et al. 1999) گزارش دادند که عملکرد ریشه در فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر (با فواصل بوته ۲۴ سانتی متر) ۳-۸ درصد و عملکرد قند ۳-۱۰ درصد بیشتر از فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر در فاصله بوته ۱۸ سانتی متر بود.

در مقایسه تأثیر روش های کشت بر عملکرد شکر سفید در دو منطقه مشاهده می شود که در کرج روش های کشت سنتی، کشت با بذرکار جاندر، کشت با بذرکار نیوماتیک، بذرکار دستی با فاصله ردیف ۳۰، بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر به صورت خطی، بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر بر روی پشته، بذرکار دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر به صورت خطی، بذرکار دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر بر روی پشته به ترتیب موجب افزایش ۵۹، ۵۵، ۵۲، ۱۷، ۴۵، ۳۹، ۳۲ و ۴۰ درصد عملکرد شکر سفید بیشتری نسبت به کرمان شده است (شکل ۶). همچنان که در شکل ۶ مشاهده می شود، در منطقه کرمان درصد تغییرات عملکرد شکر سفید در مقایسه با عملکرد ریشه، از کرج

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که صفات کیفی چغندر قند مانند درصد قند خالص و ناخالص، قند ملاس و ناخالصی‌های ریشه، کمتر تحت تأثیر روش کاشت قرار می‌گیرد. ولی صفات کمی محصول مانند عملکرد ریشه، عملکرد شکر، عملکرد شکر سفید و تراکم بوته در واحد سطح به روش کاشت واکنش بیشتری نشان می‌دهد. واکنش صفات کمی به نوع کارنده، به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز وابستگی دارد. در شرایط کرج که بافت خاک برای رشد و نمو چغندر قند مناسب‌تر بود، میانگین عملکرد ریشه و عملکرد قند به‌دست آمده بالاتر از منطقه کرمان بود که بافت خاک مناسبی برای کشت چغندر قند نداشت. در نظام‌های خرده‌مالکی و اراضی کوچک استفاده از بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متری، کشت خطی و بدون ایجاد پشته بیشترین عملکرد ریشه و قند را تولید کرد. با توجه به اینکه در اراضی کوچک و نظام‌های خرده‌مالکی استفاده از ماشین‌آلات مکانیزه به راحتی ممکن نیست و در غالب موارد کاشت بذر به صورت سنتی انجام شده و متعاقباً عملیات داشت و برداشت محصول با نیروی کارگری و تحمل هزینه خیلی بیشتر انجام می‌شود، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق توصیه می‌شود از کاشت بذر به روش سنتی در این اراضی پرهیز و برای کاشت بذر به صورت ردیفی و کاهش هزینه‌های تولید، از بذرکار دستی تک ردیفه با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر استفاده شود. در این حالت با توجه به کاهش فواصل خطوط کاشت نسبت به کشت مکانیزه در اراضی بزرگ (فواصل خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر) تراکم و توزیع بوته در واحد سطح شرایط مناسب‌تری خواهد داشت و با توجه به مطلوب بودن شرایط، عملکرد در واحد سطح (۹۷ تن در هکتار) از کمیت بسیار مناسبی در اراضی کوچک برخوردار خواهد بود.

بررسی نتایج به‌دست‌آمده به‌طور کلی نشان داد که تیمار T5 (کشت با بذرکار دستی با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بدون ایجاد پشته) بیشترین مقدار قند خالص را در هر دو منطقه کرج و کرمان تولید نموده است. علت این امر را می‌توان به ایجاد تراکم بوته مناسب (حدود ۱۰۸ هزار بوته در هکتار) و توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها در سطح مزرعه و متعاقباً ایجاد پوشش گیاهی زود هنگام و یکنواخت در سطح مزرعه و افزایش بهره‌وری از نور خورشید و دیگر نهاده‌ها ارتباط داد. ضمناً در فاصله ردیف کشت ۴۰ سانتی‌متری اجرای عملیات داشت و برداشت مناسب‌تر از فواصل خطوط کمتر خواهد بود.

ناخالصی‌های ریشه

جدول ۴ عدم تأثیرپذیری ناخالصی‌های عمده ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره) و همچنین قند ملاس را از روش کاشت نشان می‌دهد. در سایر مطالعات نیز نشان داده شده است که واکنش ناخالصی‌های ریشه به نوع عملیات کشاورزی متفاوت است (Dastorani and Armin 2019; Lotfi Keyvanlo and Armin 2017; Mehrandesh et al. 2021; Soleymani and Shahrajabian 2017; Yousefabadi et al. 2017). گزارش شده است کشت مستقیم در مقایسه با روش کشت نشایی از نظر درصد قند ناخالص، میزان پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره و قند ملاس مناسب‌تر از کشت نشایی است (Lotfi Keyvanlo and Armin 2017). اکثر مطالعات در این زمینه به واکنش ناخالصی‌های ریشه به مصرف کودهای شیمیایی بوده است به‌عنوان مثال مهراندیش و همکاران (Mehrandesh et al. 2021) گزارش کردند تیمارهای کودشیمیایی موجب افزایش ناخالصی‌های ریشه می‌گردد. زیاد بودن مقدار ناخالصی سبب کاهش درصد قند ریشه و افزایش درصد قند ملاس می‌گردد.

References:

منابع مورد استفاده:

- Abdollahian noghabi M, Sheikholeslami R, Babaie. B. Terms and definitions of quantity and technological quality of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*. 2005; 21(2): 197-198. (in Persian, abstract in English)
- Ahmad Z, Shah P, Kakar KM, El-Sharkawi H, Gama PB, Khan EA, Honna T, Yamamoto S. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) response to different planting methods and row geometries ii: Effect on plant growth and quality. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2010; 8(2): 785-791.
- Arita T, Kajiyama T, Tezuka M. Effect of increased plant population by narrow row width (50 cm) on directly sown sugar beet. *Bull. Hokkaido Prefectural Agric.* 1999. Exp. Stat, 77: 23-26.
- Bagherabadi H, Armin M, Filekesh E. The effect of sowing date on yield and yield components of cotton planted in ultranarrow rows and conventional rows. *Iranian Journal of Cotton Researches*. 2019; 7(1): 1-14. (in Persian, abstract in English)
- Heidari M, BOrghei AM. Determination of the number of working days of Mechanized planting and semi – mechanized harvesting of sugar beet in Nahavand region. *Journal of Sugar Beet*. 2013. 29(1): 85-98.
- Chen Y, Cheng Y, Chen J, Zheng Z, Hu C, Cao J. Design and experiment of the buckwheat hill-drop planter hole forming device. *Agriculture*. 2021; 11(11): 1085-1092.
- Dastorani A, Armin M. Effect of the nitrogen rate and weed control treatments on the quantitative and qualitative yield of sugar beet. *Russian Agricultural Sciences*. 2019; 45(5): 423-429.
- Fallahinejad S, Armin M, Asgharipour MR. A survey on the ecological sustainability of introducing new crops in the cropping pattern using energy approach. *Current Research in Environmental Sustainability*. 2021. 3: 100083. (in Persian, abstract in English)
- Findura P, Nozdrovický L, Tóth P, Mrázová E. Evaluation of the work quality of the sugar beet planter in relation to the sugar beet seed parameters. *Research in Agricultural Engineering*. 2008; 54(3): 148-154.
- Haghverdi A, Yonts CD, Reichert DL, Irmak S. Impact of irrigation, surface residue covers and plant population on sugar beet growth and yield, irrigation water use efficiency and soil water dynamics. *Agricultural Water Management*. 2017; 180: 1-12.
- Khozaei M, Haghighi AAK, Parsa SZ, Sepaskhah AR, Razzaghi F, Yousefabadi VA, Emam Y. Evaluation of direct seeding and transplanting in sugar beet for water productivity, yield and quality under different irrigation regimes and planting densities. *Agricultural Water Management*. 2020; 238: 106230. (in Persian, abstract in English)
- Khozaei M, Kamgar Haghighi AA, Zand Parsa S, Sepaskhah AR, Razzaghi F, Yousefabadi V, Emam Y. Effects of plant densities and irrigation regimes on yield, physiological parameters and gas exchange of sugarbeet under transplanting and direct seeding methods. *International Journal of Plant Production*. 2021; 15(4): 635-653. (in Persian, abstract in English)
- Kohansal M, Mansoori H. Socio-economic factors affecting agricultural machines ownership by farmers in Khorasan-razavi province in Iran. *Journal of Agricultural Mechanization*. 2013; 1(1): 53-59. (in Persian, abstract in English)

- Liu Q, Cui T, Zhang D, Yang L, Wang Y, He X, Wang M. Design and experimental study of seed precise delivery mechanism for high-speed maize planter. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018; 11(4): 81-87.
- Lotfi Keyvanlo A, Armin M. The effect of seedlings age and date of transfer on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 2017; 48(1): 301-319. (in Persian, abstract in English)
- Machleb J, Peteinatos GG, Sökefeld M, Gerhards R. Sensor-based in trarow mechanical weed control in sugar beets with motorized finger weeders. 2021; 11(8): 1517.
- Maleki M, Hosein Minekhathi H, Zareei S. Design, development and evaluation of a pneumatic planter for sunflower and sugar beet intercropping. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 2020; 51(2): 273-283. (in Persian, abstract in English)
- Mehrandesh M, Galavi M, Ramroudi M, Armin M. Effect of different nutrient system on quantitative and qualitative traits of sugar beet in different cultivation methods. *Journal of Crops Improvement*. 2021; 23(1): 59-72. (in Persian, abstract in English)
- Nawaz H, Hussain N, Rehmani MIA, Yasmeen A, Arif M. Comparative performance of cotton cultivars under conventional and ultra-narrow row (unr) spacing. *Pure and Applied Biology*. 2021; 5(1): 15-25.
- Novikov A, Bartenev I, Podvigina O, Nechaeva O, Gavrin D, Zelikov V, Novikova T, Ivetic V. The effect of low-intensive coherent seed irradiation on germinant growth of scots pine and sugar beet. *Journal of Forest Science*. 2021; 67(9): 427-435.
- Raefizadeh A, Armin M, Jamaimoeini M. The critical period of weed control in cotton in conventional and ultra-narrow row spacing condition. *Journal of Crops Improvement*. 2019; 21(3): 247-258. (in Persian, abstract in English)
- Rybář R. Analysis of the factors effecting the work quality indicators of the seeders for establishing of the row crop stand with regard to the sugar beet. *Mendel agricultural and forestry university in Brno, Brno*. 2005.
- Sadeghzadeh Hemayati S, Taleghani D, Kashani A, Siadat SA, Normohamadi G. Effect of sowing date, planting density and cultivar on solar radiation interception indices in sugar beet. *Journal of Sugar Beet*. 2009; 25(1): 53 – 70. (in Persian, abstract in English)
- Smith J, Wilson R, Yonts C, Palm K. Sugar beet plant emergence as influenced by planter model. In: *American Society of Agricultural Engineers. Meeting (USA)*. 1992.
- Soleymani A, Shahrajabian MH. Effects of planting dates and row distance on sugar content, root yield and solar radiation absorption in sugar beet at different plant densities. *Romanian Agricultural Research*. 2017; 34: 145-155.
- Walsh OS, Liang X, Thornton M, Rogers CW. Uniform plant stand is key to crop yield and quality. *Idaho Crop Improvement Association (ICIA). Extension University Idaho bulletin*. 2018; 951: 11pp.
- Yousefabadi V, Alebrahim MT, Tuobe A, Zand E, Abdollahian- Noghabi M. Effect of seedling transplantation and use of herbicides on control of field dodder (*cuscuta campestris*) in sugar beet. *Romanian Agricultural Resaerch*. 2017; 34: 377-384 . (in Persian, abstract in English)

- Zare ZA, Asudar MA, Kazemi N, Rahnama M, Mehdizadeh SA. Monitoring of operational parameters of unisem pneumatic planter and modeling of planting uniformity by image processing. *Agricultural Mechanization and Systems Research*. 2018; 18(69): 31-46. (in Persian with English Summary)
- Zarifneshat S, Javadi A, Ahmadi M, Khalili A, Ghaffari H, Behfar H. Technical evaluation of three pneumatical and mechanical planters commonly used for sugar beet sowing in Khorasan area. *Agricultural Science and Sustainable Production*. 2009; 19(2): 45-53. (in Persian, abstract in English)



طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه سمپاش خودکار به منظور تشخیص برخط

علف‌هرز- گیاه در مزارع چغندر قند

Design, construction and evaluation of an automatic sprayer system online weed-plant detection in sugar beet fields

هادی اورک، سامان آبدانان مهدی زاده^{*}، محمدمبین آسودار^۳ و الهام الهی فرد^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰ : تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22092/jsb.2022.355302.1298

ه. اورک، س. آبدانان مهدی زاده، م.ا. آسودار و ا. الهی فرد. ۱۴۰۰. طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه سمپاش خودکار به منظور تشخیص برخط علف‌هرز- گیاه در مزارع چغندر قند. چغندر قند، ۳۷(۲): ۲۳۸-۲۲۳

چکیده

کنترل علف‌های هرز در دوره رشد گیاهان بسیار مورد توجه بوده و روش‌های مختلفی بدین منظور توسعه یافته است. در مبارزه با این گیاهان ناخواسته با روش مرسوم تمام مزرعه و گیاه اصلی نیز مورد حمله علف‌کش قرار می‌گیرد که سبب مصرف بی‌رویه سموم نیز می‌شود. در این پژوهش یک سامانه سمپاش هوشمند به منظور تشخیص علف‌هرز و بررسی میزان کاهش مصرف سم، در مزرعه چغندر قند بر اساس فناوری بینایی ماشین (Machine Vision) ارائه شد. به این منظور ۴۹ ویژگی‌های ظاهری و رنگی چغندر قند و علف‌هرز از تصاویر استخراج و مورد بررسی قرار گرفتند. با پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک (GA) ۱۱ ویژگی که بیشترین دقت در تشخیص را داشتند انتخاب و به منظور افزایش سرعت و بهترین عملکرد پنج ویژگی (ضریب شعاع ناحیه محدب هال، ضریب کرویت، ممان ششم، Lch_c و I1I2I3_I3) که بیشترین تکرار را در انتخاب ویژگی داشتند، برگزیده شدند. الگوریتم توسعه یافته برای تشخیص علف‌هرز از چغندر قند، دقت بیش از ۹۸ درصد داشت که نشان از قدرت تشخیص بالای این سامانه هوشمند می‌باشد. جهت بررسی میزان کاهش مصرف محلول سم، سامانه سمپاش هوشمند با سمپاش بافرآگری (Buferagri) مورد مقایسه قرار گرفت. سرعت حرکت هشت کیلومتر بر ساعت با تراکتور نوع جانادیر و مسافت پیموده شده ۲۷ متر برای هر دو سمپاش ثابت در نظر گرفته شد. در یک مسافت مشخص میزان علف‌کش مصرفی اندازه‌گیری و در نهایت میزان مصرف محلول توسط سمپاش بافرآگری نسبت به سامانه سمپاش هوشمند بیش از ۷۷ درصد بود. این مساله نشان از کارایی این سامانه نسبت به سمپاش‌های معمولی در کاهش مصرف علف‌کش است. نتایج نشان دادند که استفاده از سامانه ارائه شده به صورت سیستم سمپاش هوشمند در مزارع چغندر قند امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، پردازش تصویر، چغندر قند، سمپاش هوشمند، کاهش مصرف سم

۱- کارشناسی ارشد پردازش تصویر، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، ایران.

۲- دانشیار دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، ایران.

*- نویسنده مسئول saman.abdanan@gmail.com ؛ s.abdanan@asnrkh.ac.ir

۳- استاد دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، ایران.

۴- استادیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، ایران.



مقدمه

بر اساس آمار انجمن صنفی کارخانه‌های قند و شکر ایران در سال ۱۴۰۰ سطح زیرکشت چغندر قند در کشور حدود ۱۲۲ هزار هکتار با عملکرد حدود ۴۹/۵۹ تن در هکتار بوده است (Anonymous 2021; FAO 2019).

حضور علف‌های هرز به‌ویژه پهن‌برگ‌های یکساله یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی بخصوص چغندر قند می‌باشد و از جمله مشکلاتی است که کشاورزان هر ساله با آن مواجه‌اند. از حدود ۲۵۰ گونه گیاهی که به عنوان علف‌هرز شناخته شده‌اند، حدود ۶۰ گونه آنها در مناطق چغندرکاری دنیا یافت می‌شوند (Jahadakbar et al. 2004). استفاده از یک روش مدیریتی امروزه در کنترل علف‌های هرز کارایی چندانی نداشته و می‌بایست از تلفیق چندین روش برای مهار علف‌های هرز بهره جست (Zoschke and Quadranti 2002). کنترل علف‌های هرز با توجه به بومی بودن آنها نسبت به محصول کار بسیار دشواری می‌باشد و در مدیریت علف‌های هرز چغندر قند لازم است مراحل مختلف چرخه زندگی و بیولوژی علف‌های هرز لحاظ گردد (Sester et al. 2004). استفاده از علف‌کش‌ها برای مبارزه با علف‌های هرز و کنترل آنها اهمیت بسیار بالایی در کشاورزی دقیق داشته که البته مشکلات بسیاری در این راه وجود دارد؛ از جمله این مشکلات می‌توان به تشخیص نوع علف‌هرز، زمان تشخیص، نوع و میزان پاشش سم اشاره کرد. روش‌های مختلفی برای حل این مشکل اساسی مطرح شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از بینایی ماشین (Machine Vision) و طراحی یک سامانه هوشمند است که در بازه زمانی مشخص علف‌هرز را شناسایی، نوع سم مربوط به آن را انتخاب و متناسب با علف‌هرز میزان پاشش را انجام دهد (Abbas et al. 2020). از مزایای استفاده از کشاورزی هوشمند می‌توان به کاهش خستگی راننده، بهبود عملکرد محصولات، کاهش هزینه‌های تولید، به حداقل رساندن علف‌کش‌های مورد نیاز برای کنترل مؤثر علف‌های هرز و کاهش آلودگی محیط زیست اشاره

نمود (Babu et al. 2021). در پژوهشی به منظور جداسازی علف‌هرز از محصول، رنگ سبز مجموعه‌ای از تصاویر گرفته شده از مزرعه را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ابتدا تصاویر به صورت باینری درآمده و علف‌هرز و محصول به رنگ سفید نشان داده شده‌اند؛ سپس هرگونه سفیدی بین ردیف محصول به‌عنوان علف‌هرز در نظر گرفته شد، دقت تشخیص گزارش شده در این پژوهش ۶۷ تا ۸۴ درصد بود (Guerrero et al. 2012 and 2013). در سمپاش‌های هوشمند، هدف نهایی تشخیص علف‌هرز و گیاه هدف و پاشش علف‌کش تنها بر روی علف‌هرز می‌باشد؛ که از این طریق میزان مصرف علف‌کش و آلودگی محیط زیست نیز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (Hasan et al. 2021; Burgos-Artizzu et al. 2011). به منظور تشخیص گیاه و تعیین کیفیت و سلامت آن در علوم باغبانی و کشاورزی فضاهای رنگی مختلف (مانند RGB HIS, HSV و Lab) و همچنین ویژگی‌های بافتی متفاوت مانند:

Neighborhood Gray-Tone Difference Matrix, NGTDM

Grey Level Co-occurrence Matrix, GLCM

Grey Level Run Length Matrix, GLRLM

Grey Level Difference Method, GLDM

توصیه و با موفقیت پیاده‌سازی شده‌اند (Nadafzadeh and Mehdi-zadeh 2019). در پژوهشی دیگر، محققین یک سامانه تشخیص علف‌هرز در مزارع ذرت را توسعه دادند. آنها فضاهای رنگی مختلف (XYZ, Luv, Lab, HSI و LST) را به‌منظور بهینه‌سازی طیف سبزی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج گزارش شده فضای رنگی HIS بالاترین تمایز میان ذرت و علف‌هرز را داشت (Chapron et al. 1999). در تحقیقی با بررسی، تجزیه و تحلیل ۱۰ فضای رنگی استاندارد (HLS, HSV, YCrCb, YUV, Lab, Luv, TSL, RGB, I1I2I3 و XYZ) با استفاده از بینایی کامپیوتر به تقسیم‌بندی خودکار کاهو پرداخته شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در میان فضاهای

مواد و روش‌ها

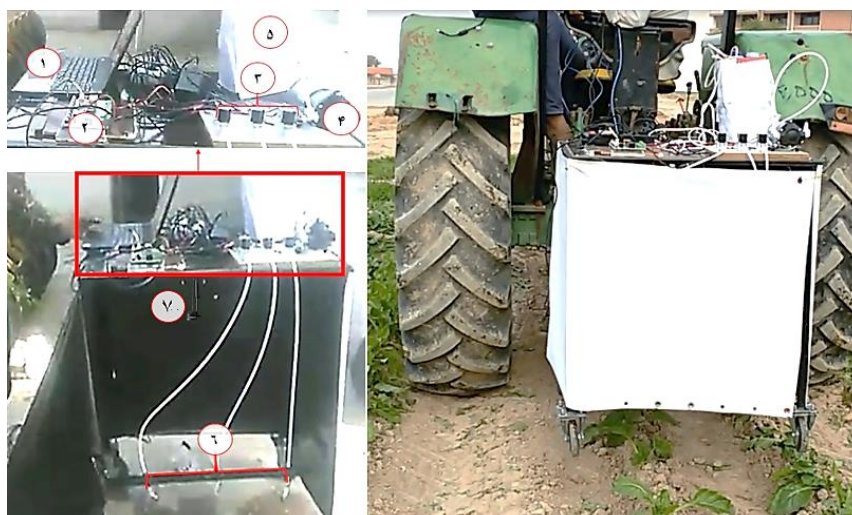
سامانه سمپاش هوشمند

سامانه سمپاش هوشمند از سه نازل با فواصل ۵۰ سانتی‌متر، یک دوربین به منظور تصویر برداری در فاصله ۱۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین (دلیل انتخاب این فاصله پوشش یک خط کشت و دو جوی در مزرعه به‌صورت همزمان بود)، لامپ LED (دلیل انتخاب نوسانات کم و یکنواختی مناسب در نور پردازی بود)، مالبند برای اتصال به تراکتور (ASAE (Standards) S217.12; ISO 730:2009)، مدار کنترلی برای دریافت سیگنال و ارسال فرمان به شیرهای برقی، پمپ، مبدل جهت تغذیه تجهیزات برقی از باتری تراکتور، دی‌سنج جهت اندازه‌گیری میزان سم مصرفی، مخزن و رایانه به منظور تجزیه و تحلیل و ارسال سیگنال به مدار کنترلی تشکیل شده است. جدول ۱ مشخصات فنی تجهیزات استفاده شده در سامانه سمپاش هوشمند و شکل ۱ اجزا آن را نشان می‌دهد.

رنگی استفاده شده در تشخیص کاهو از خاک و تقسیم‌بندی گیاهی، Lab بهترین فضای رنگی برای گونه‌های مورد مطالعه، با دقت طبقه‌بندی صحیح ۹۹/۲ درصد گزارش گردید (García-Mateosa et al. 2015). به‌طور کلی فضاهای رنگی مطلوب به ویژگی‌های خاص یک محیط وابسته است. علاوه بر این، بینایی کامپیوتر مشکلات بیشتری از قبیل سایه‌ها، درجه تابین کم در روزهای ابری یا بارانی، تغییرات دوربین و غیره را به همراه دارد که این عوامل می‌تواند تغییرات اساسی در ثبت رنگ‌های محصولات کشاورزی و خاک داشته و مانع تقسیم‌بندی درست شود. لذا ترکیب ویژگی‌های رنگی و مورفولوژیکی امکان موفقیت سامانه را به صورت چشمگیری افزایش می‌دهد. در این راستا هدف از این پژوهش طراحی، ساخت و ارزیابی یک سامانه هوشمند تشخیص گیاه زراعی چغندر قند از علف هرز بر اساس شکل ظاهری و شدت رنگ می‌باشد، که با کاهش مصرف سم علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی سبب تولید محصولات سالم‌تری گردد.

جدول ۱ مشخصات فنی تجهیزات استفاده شده در سامانه سمپاش هوشمند

نام تجهیزات	مشخصات فنی
رایانه	(Dell Inspiron 5110-N, Intel (R) Core (TM) i7-2670 QM CPU@ 3.10) GHz, RAM 16 GB
دوربین	لایچتک مدل C930e و ساخت کشور تایوان
لامپ	پروژکتور ال‌ای‌دی ۵۶ وات،
مدار کنترلی	مدار کنترلی چهار کاناله، هر کانال با قابلیت تصمیم‌گیری جداگانه
شیرهای برقی	مدل E247، ۱۲ ولت، ساخت کشور چین
مبدل	مبدل برق خودرو و ولیون مدل Green- 1500W
مخزن	مخزن پلاستیکی به حجم ۵ لیتر
نازل	TEE JET ۱۱۰۰۲ ساخت ایران
پمپ	SOFT WATER مدل DY 2500، ۲۴ ولت، ساخت کشور تایوان
دی‌سنج	YF-S201C، ساخت کشور چین
چرخ‌ها	پلاستیکی با قطر ۱۲/۵ cm و تحمل وزن ۷۰ kg
اتصال	قطر پین اتصال بالا ۰/۰۲۲ متر، قطر پین‌های اتصال پایین ۰/۰۱۹ متر، طول محور بالا ۰/۰۶۳ متر، طول محور پایین ۰/۴۸۲ متر و ارتفاع بین دو محور بالا و پایین ۰/۶۶۰ متر



شکل ۱ سامانه سمپاش هوشمند: ۱- کامپیوتر، ۲- مدار کنترلی، ۳- شیرهای برقی، ۴- پمپ، ۵. مخزن، ۶- نازل، ۷- دوربین

اخذ تصویر

به منظور اخذ تصاویر از یک دوربین لاجیتک (جدول ۱) که از فن آوری (RightLight 2) کمپانی برخوردار است، استفاده گردید. این فن آوری تصویر را برای بهبود کیفیت دید در شرایط نور کم، به طور خودکار تنظیم می کند. این دوربین با میدان دید عریض ۹۰ درجه، تصاویری با کیفیت Full HD 1080p در رزولوشن 1920×1080 پیکسل با سرعت ۳۰ فریم در ثانیه اخذ می نماید. شکل ۲ نمونه ای از تصویر اخذ شده توسط این وب کم را نمایش می دهد.



شکل ۲ نمونه ای از تصاویر گرفته شده توسط دوربین

پردازش تصویر

تصاویر اخذ شده از ردیف محصول چغندر قند برای توسعه سامانه هوشمند مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور ابتدا بر روی تصاویر عملیات پیش پردازش از قبیل: یکنواخت سازی هیستوگرام تصویر و حذف نویزهای موجود در تصویر (در این پژوهش به دلیل وجود نویز فلکل نمکی از فیلتر میانه استفاده شد) صورت پذیرفت. سپس به منظور جداسازی گیاه (محصول و علف هرز) از پس زمینه (خاک) از ترکیب خطی فضای رنگی RGB طبق رابطه ۱ استفاده گردید. با آستانه گذاری بر روی مقادیر تصویر خاکستری به دست آمده گیاه از پس زمینه جدا گردید.

$$EXG = 2 \times Green - Red - Blue \quad (1)$$

که Green، Red و Blue به ترتیب نشان دهنده کانال های رنگی سبز، قرمز و آبی در تصویر می باشند.

پس از جداسازی گیاه از پس زمینه نویزهایی بر روی تصاویر مشاهده گردید که به منظور حذف این نویزها از فیلترگذاری بر روی مساحت (520 pixel^2) استفاده شد. عدد مذکور به روش سعی و خطا به دست آمد. سپس با ضرب تصویر باینری حاصل از آستانه گذاری در تصویر اصلی، گیاه (هدف) باقی مانده و خاک (پس زمینه) حذف گردید. پس از این عملیات

، HSV، I1I2I3 و RGB) مورد بررسی قرار گرفت که در شکل ۳ نمونه‌ای از انتقال تصویر به فضاهاى رنگى مختلف آورده شده است. در مجموع ۳۳ ویژگی از ۱۱ فضای رنگی استخراج گردید که معادل میانگین هر کانال در تصویر می‌باشند.

استخراج ویژگی‌های ظاهری

ویژگی‌های مورفولوژی دیجیتال به‌طور کلی شامل ویژگی‌های هندسی و گشتاورهای ثابت هستند. ویژگی‌های هندسی معرف نسبت ابعاد، مستطیلی بودن، مساحت ناحیه محدب، محیط ناحیه محدب، ضریب کرویت، خارج از مرکز بودن، نسبت منظر و غیره است. ویژگی‌های ظاهری و ممان سطح استخراج شده از تصاویر در روابط ۲-۱۶ آمده است (Du et al. 2007).

$$AR = \frac{D_{Max}}{D_{Min}} \quad (2) \text{ نسبت منظر (نسبت طول به قطر)}$$

که در این رابطه D_{Max} قطر ماکزیمم علف‌هز و D_{Min} قطر مینیمم علف‌هز می‌باشد.

$$R = \frac{A_{ROI}}{D_{Max} \times D_{Min}} \quad (3) \text{ نسبت مستطیلی}$$

که در این رابطه R نسبت مستطیلی و A_{ROI} مساحت گیاه می‌باشد.

$$C_A = \frac{A_{ROI}}{A_C} \quad (4) \text{ ضریب شعاع ناحیه محدب هال}$$

که در این رابطه C_A ضریب شعاع ناحیه محدب هال و A_C مساحت ناحیه محدب هال می‌باشد.

$$C_P = \frac{P_{ROI}}{P_C} \quad (5) \text{ ضریب شعاع محیطی محدب هال}$$

که در این رابطه C_P ضریب شعاع محیطی محدب هال، P_{ROI} محیط علف‌هز و P_C محیط ناحیه محدب هال می‌باشد.

$$S = \frac{I_i}{I_c} \quad (6) \text{ ضریب کرویت}$$

که در این رابطه S ضریب کرویت، I_i شعاع دایره محاطی داخلی و I_c شعاع دایره محیط شده خارجی می‌باشد.

ویژگی‌های ظاهری و رنگی محصول و علف‌هز از تصاویر حاصل استخراج شدند.

استخراج ویژگی‌ها

به منظور استخراج بهترین ویژگی‌ها و استفاده از روش خوشه‌بندی k-mean، ۳۰۰ عدد تصویر به‌صورت تصادفی از ردیف کشت محصول چغندر قند در روز هفدهم بعد از جوانه‌زنی گیاه زراعی اخذ شد. مطابق پژوهش کریستنسن و همکاران (Christensen et al. 1996) مؤثرترین زمان استفاده از علف‌کش‌های پس‌رویشی بین روزهای ۷-۲۱ بعد از جوانه‌زنی گیاه زراعی می‌باشد. لذا در روز موردنظر از تصاویر اخذ شده از ردیف کشت ۱۰۰ تصویر علف‌هز و ۱۰۰ تصویر چغندر قند جداسازی و به‌منظور استخراج ویژگی‌های ظاهری و رنگی مورد بررسی قرار گرفتند.

استخراج فضاهاى رنگى

رنگ از ویژگی‌های کلیدی است که به منظور تشخیص اهداف مختلف از جمله گیاهان، میوه‌ها، سبزیجات و غیره به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا، مطالعات متعددی صورت پذیرفته و مشخص شده است که در شرایط و مسائل مختلف فضای رنگی خروجی متفاوتی از خود داشته‌اند (Lin and Hu 2012). لذا با توجه به اهمیت استفاده از انتخاب فضای رنگی بهینه برای تشخیص کلیه فضاهاى رنگى پیشنهاد شده در پژوهش‌های پیشین (XYZ, CMYK, Lab, Lch, YCbCr, YIQ, uvl, xyl, RGB و I1I2I3) به‌منظور بهینه‌سازی الگوریتم تشخیص و انتخاب بهترین ویژگی به‌منظور تشخیص حداکثری علف‌هز از گیاه زراعی مورد بررسی قرار گرفتند (Liu and Bruch et al. 2020). هدف استفاده از فضاهاى رنگى یافتن بهترین فضای ممکن در تشخیص محصول از علف‌هز می‌باشد. در این پژوهش ۱۱ فضای رنگی (YCbCr, YIQ, uvl, xyl, Lch, CMYK, Lab, XYZ)



شکل ۳ نمایش فضاهای رنگی مختلف گیاه چغندر

(۷) ضریب مدور بودن $C = \frac{\mu_R}{\sigma_R}$

که در این رابطه C ضریب مدور بودن، μ_R فاصله نقاط از لبه‌های جسم تا مرکز و σ_R واریانس نقاط می‌باشد.

(۸) ضریب تشکیل شکل $F = \frac{4\pi A_{ROI}}{P^2_{ROI}}$

(۹) گریز از مرکز $E = \frac{E_A}{E_B}$

که در این رابطه E گریز از مرکز بودن، E_A میزان انحراف از محور اصلی و E_B کوچک‌ترین میزان انحراف از محور می‌باشد.

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (10)$$

$$Hu_1 = \mu_{20} + \mu_{02} \quad (11)$$

$$Hu_2 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2 \quad (12)$$

$$Hu_3 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (\mu_{03} - 3\mu_{21})^2 \quad (13)$$

$$Hu_4 = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{03} + \mu_{21})^2 \quad (14)$$

$$Hu_5 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12}) \quad (15)$$

$$+ (\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03})[3(\mu_{30} - \mu_{03})]$$

کار با گرفتن میانگین در هر خوشه می‌توان مراکز خوشه و به دنبال آن خوشه‌های جدید را ایجاد نمود. بدین منظور در این پژوهش پس از بهبود تصویر و استخراج ویژگی از خوشه‌بندی k-means (Cao et al. 2012) در تقسیم‌بندی N مشاهده از k خوشه‌بندی مشخص شده توسط کاربر استفاده شد. در این روش، هر پیکسل در هر تصویر به یک خوشه که به بردار میانگین نزدیک‌تر است اختصاص داده می‌شود. این روش تا زمانی که تغییر قابل توجهی در محل بردار میانگین بین تکرارهای پی‌درپی از الگوریتم وجود نداشته باشد، ادامه می‌یابد (Kanungo et al. 2002). در این مطالعه، دو خوشه تعریف گردید، یکی برای علف‌هرز و دیگری برای چغندرقد. الگوریتم خوشه‌بندی در رابطه (۱۷) تعریف شده است:

$$W(c) = \sum_{k=1}^k N_K \sum_{c(i)=k} \{|x_i - m_k|\} \quad (17)$$

که در آن، m_K بردار میانگین خوشه kام است. N_K تعداد مشاهدات در مشاهده k ام، بردار x_i به یک و تنها یک خوشه اختصاص داده می‌شود. عدم تشابه بر اساس فاصله اقلیدسی اندازه‌گیری گردید. مراحل مختلف روش خوشه‌بندی شامل: (۱) محاسبه توزیع شدت در تصاویر (هیستوگرام نیز نامیده می‌شود)، (۲) مقداردهی اولیه مراکز با k شدت تصادفی، (۳) تکرار تا زمانی که برچسب‌های مجموعه پیکسل‌های تصویر تغییر نکند ادامه می‌یابد و در نهایت (۴) خوشه‌بندی نقاط بر اساس فاصله شدت نقاط از مرکز شدت با استفاده از رابطه (۱۸):

$$C_i = \underset{j}{\operatorname{argmin}} \{|x_i - m_k|^2\} \quad (18)$$

مرکز ثقل را برای هریک از خوشه‌ها با استفاده از رابطه (۱۹) به دست می‌آید:

$$m_k = \frac{\sum_{k=1}^m 1\{C_k=j\}x_k}{\sum_{k=1}^m 1\{C_k=j\}} \quad (19)$$

$$Hu6 = (\mu_{20} - \mu_{02})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{03} + \mu_{21})^2] \quad (15)$$

$$Hu7 = \frac{4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{03} + \mu_{21})}{(\mu_{30} - 3\mu_{03})} + (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03})[3(\mu_{30} - \mu_{03})] \quad (16)$$

که در روابط فوق p توان x و q توان y می‌باشد.

انتخاب بهترین ویژگی

به منظور انتخاب بهترین ویژگی از روش پیشنهاد شده توسط اولولای و همکاران استفاده گردید (Oluleye et al. 2014). بدین منظور از الگوریتم ژنتیک با مشخصات جدول ۲ استفاده شد. کروموزوم‌ها حاوی ارقام دوتایی بودند. بر اساس پیشنهاد اولولای و همکاران (2014) اندازه جمعیت برابر مقدار طول کروموزوم در نظر گرفته شد به طوری که کروموزوم‌ها در هر جمعیت فضای جستجو را پوشش می‌دهد. تابع برازندگی مورد استفاده در پژوهش حاضر تابع هدف، خطای خوشه‌بند k-means در نظر گرفته شد.

جدول ۲ پارامترهای الگوریتم ژنتیک و مقادیر آنها

پارامترهای الگوریتم ژنتیک	مقادیر
اندازه جمعیت	۱۰۰
طول ژنوم	۱۰۰
نوع جمعیت	بیت رشته‌ای
تابع برازندگی	k-means Error
تعداد نسل‌ها	۳۰۰
Crossover	Arithmetic Crossover
Crossover Probability	۰/۸
نوع جهش	جهش یکنواخت
احتمال جهش	۰/۱
انتخاب طرح	Tournament of size 2
EliteCount	۲

خوشه‌بندی k-means

روش k-means در آمار و یادگیری ماشینی، یکی از شاخه‌های یادگیری بی نظارت می‌باشد. روش کار به این صورت است که ابتدا به تعداد دلخواه نقاطی به عنوان مرکز خوشه در نظر گرفته می‌شود. سپس با بررسی هر داده، هریک از آنها به نزدیک‌ترین مرکز خوشه نسبت داده می‌شود. پس از اتمام این

ارزیابی سمپاش هوشمند در تشخیص علف‌هرز از چغندر قند

به منظور ارزیابی سامانه سمپاش توسعه داده شده آزمایش مزرعه‌ای بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار صورت پذیرفت (Montazeri et al. 2013). این آزمایش در مزارع کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام پذیرفت. تیمارهای آزمایش تأثیر چهار سطح مختلف سرعت (سرعت‌های ۴، ۶، ۸ و ۱۰ کیلومتر بر ساعت) بر دقت سامانه سمپاش در نظر گرفته شد (Subr et al. 2020). به منظور داده‌برداری از کوادرات مربعی شکل 0.5×0.5 در خط وسط کشت استفاده گردید (Chitband et al. 2017) و داده‌برداری همزمان با عملیات سمپاشی صورت پذیرفت. جهت یکنواختی داده‌برداری طول ردیف کشت به چهار قسمت تقسیم شد و چهار کوادرات بر روی هر کدام از ردیف‌های کشت تعبیه گردید. سامانه سمپاش به محض رسیدن به کوادرات‌ها عملیات سمپاشی و داده برداری را انجام می‌داد. این فواصل برای سه تکرار (ردیف‌های کشت) ثابت در نظر گرفته شدند (Chitband et al. 2018). به منظور فعال‌سازی سامانه سمپاش در محدوده کوادرات‌ها از چهارچوب مربعی قرمز رنگ استفاده گردید و سامانه هوشمند با تشخیص کوادرات‌های رنگی به محض وارد شدن به این محدوده‌ها عملیات سمپاشی و داده‌برداری را آغاز می‌نمود. طول ردیف‌های کشت ۲۷ متر در نظر گرفته شد. تعداد گیاه و علف‌های هرز توسط فرد خبره در هر ردیف در هر کوادرات تعیین گردید و دستگاه بعد از سوار شدن بر روی تراکتور وارد زمین شد. نرخ اسپری درست، نرخ اسپری نادرست و میزان کاهش مصرف علف‌کش از روابط ۲۰-۲۲ محاسبه شد.

$$CSR = \frac{N_{CSP}}{N_{SP}} \times 100 \quad (20)$$

$$FSR = \frac{N_{FSP}}{N_{SP}} \times 100 \quad (21)$$

$$HRR = \left(1 - \frac{N_{SP}}{N_B}\right) \times 100 \quad (22)$$

که در آن CSR نرخ پاشش درست، N_{CSP} تعداد علف‌هرز سمپاشی شده، N_{FSP} تعداد دفعات پاشش بدون علف‌هرز، FSR نرخ پاشش نادرست، N_{SP} تعداد دفعات پاشش و HRR میزان کاهش مصرف علف‌کش است. در ارزیابی و آزمایش سامانه سمپاش از روش پیشنهادی لی و همکاران استفاده شد (Tewari et al. 2020).

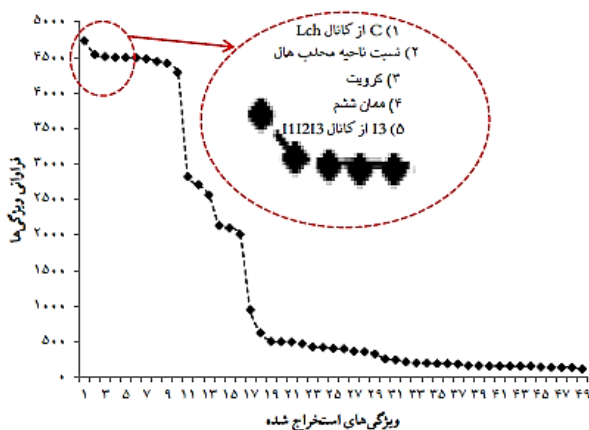
به منظور مقایسه سامانه سمپاش هوشمند و میزان کاهش مصرف علف‌کش، سمپاش بافرآگری (Buferagri) با مشخصات زیر با تعداد ۳ نازل استفاده شد. در هر دو حالت سمپاشی از دبی سنج جهت اندازه‌گیری میزان سم مصرفی استفاده گردید.

جدول ۳ مشخصات سمپاش بافرآگری (Buferagri)

کشور سازنده	حجم مخزن (لیتر)	نوع نازل	فواصل نازل‌ها (متر)
ترکیه	۴۰۰	Cone Nozzle	۰/۵

نتایج و بحث

پس از استخراج ویژگی‌ها (مورفولوژی و رنگ)، داده‌ها به منظور انتخاب بهترین ویژگی‌ها و بهینه کردن الگوریتم سامانه سمپاش هوشمند، وارد الگوریتم انتخاب ویژگی (GA) شدند. خروجی الگوریتم انتخاب ویژگی ۱۲ ویژگی (ضریب شعاع ناحیه محدب هال، ضریب کرویت، خارج از مرکز بودن، ممان ششم، G از RGB، I3 از I1I2I3، هر ۳ کانال از فضاهای رنگی Lch، Lab، و k از CMYK) بود که به منظور بهینه زمان عملکرد، پنج ویژگی پر تکرار (ضریب شعاع ناحیه محدب هال، ضریب کرویت، ممان ششم، I1I2I3_I3 و Lch_c) به عنوان بهترین ویژگی‌ها برای تشخیص و جداسازی در نظر گرفته شدند. شکل ۴ نمودار مربوط به تکرار برای تمامی ویژگی‌ها آورده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص شده در ۵۰۰۰ تکرار صورت گرفته پنج ویژگی ضریب شعاع ناحیه محدب هال، ضریب



شکل ۴ نمودار ویژگی‌های استخراج شده و تعداد تکرار آنها در الگوریتم انتخاب ویژگی

جدول ۴ تجزیه واریانس اثر ردیف کشت و سرعت پیروی بر دقت تشخیص علف‌هرز

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
ردیف کشت محصول	۲	۱/۶۹	۰/۸۴	۰/۷۲ ^{ns}
سرعت پیروی	۳	۲۶۴/۲۵	۸۸/۰۸	۷۵/۵۹ ^{**}
خطا (E)	۶	۶/۹۹	۱/۱۶	
کل (G)	۱۱			

^{ns} و ^{**} به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک درصد

هوشمند انتخاب گردد و مطابق نتایج به دست آمده (عدم معنی داری سطوح سرعت ۴، ۶ و ۸ کیلومتر بر ساعت) سرعت هشت کیلومتر بر ساعت به عنوان سرعت پیروی انتخاب گردید (Subr et al. 2020; Mohammad Zamani et al. 2013; Ohta 1980; sabzi et al. 2018).

جدول ۵ مقایسه میانگین مربوط به میزان دقت تشخیص باتوجه به سرعت پیش روی

تیمار	۴	۶	۸	۱۰
دقت تشخیص (درصد)	۹۷/۹۲ ^a	۹۷/۲۵ ^a	۹۶/۷۲ ^a	۸۶/۵۰ ^b

حروف مشترک نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال پنج درصد

کرویت، ممان ششم، I3 از I1I2I3 و c از Lch به ترتیب با ۴۵۴۲، ۴۵۱۲، ۴۴۹۸، ۴۴۹۶ و ۴۷۳۸ تکرار به عنوان مؤثرترین ویژگی‌ها انتخاب شدند.

مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۴) پراکندگی و غیریکنواختی تراکم علف‌های هرز تأثیر معنی داری در تشخیص سامانه هوشمند ندارد. برخلاف ردیف‌های کشت که بر عملکرد و دقت سامانه سمپاش تأثیر معنی داری نداشته است، سرعت پیروی در سطح آماری یک درصد معنی دار بوده و مستقیماً بر عملکرد سامانه تأثیرگذار است (Sabzi et al. 2020).

مطابق جدول (۵) باتوجه به آزمون مقایسه میانگین انجام شده میانگین دقت تشخیص سامانه در سرعت‌های ۴، ۶، ۸ و ۱۰ کیلومتر بر ساعت به ترتیب برابر ۹۷/۹۲، ۹۷/۲۵، ۹۶/۷۲ و ۸۶/۵۰ درصد حاصل شد. نتایج نشان داد بین سرعت‌های ۴، ۶ و ۸ کیلومتر بر ساعت تفاوت معنی داری در دقت تشخیص سامانه وجود ندارد. اگرچه دقت تشخیص سامانه در سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت با مقدار ۸۶/۵۰ درصد نیز می‌تواند قابل قبول می‌باشد اما علت تفاوت معنی دار در این سرعت نسبت به سایر سرعت‌های ذکر شده وجود ناهمواری و تسطیح نبودن مزرعه می‌باشد (عملیات تصویربرداری با مشکل مواجه می‌شد) و انتظار می‌رود در صورت تسطیح مزرعه دقت تشخیص در سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت نیز افزایش یابد. در ارزیابی سامانه سمپاش هوشمند سعی گردید سرعت ماکزیمم جهت به چالش کشیدن سامانه

پژوهش‌های دوتا و همکاران (Dutta et al. 2022) و پریز و همکاران (Perez et al. 2000) می‌باشد. پس از جدا شدن گیاه (علف هرز و چغندر قند) از خاک (شکل ۵b) و اعمال خوشه‌بندی بر روی تصاویر، محصول (شکل ۵c) از علف‌هرز (شکل ۵d) تشخیص داده شده و نهایتاً سبب فعال‌سازی نازل مربوط به ناحیه‌ای که علف‌هرز در آن قرار دارد گردید.

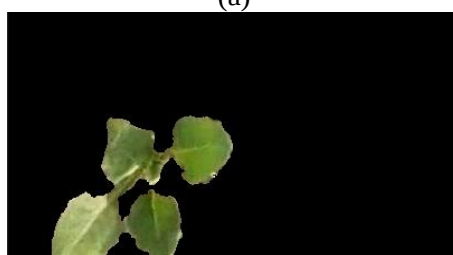
مطابق با آنالیز آماری صورت گرفته از میان ویژگی‌های استخراج شده از علف‌هرز و گیاه ممان سطح (ویژگی هندسی)، نسبت مساحت محدب جسم و کرویت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد. این مساله نشان از اولویت بیشتر این ویژگی‌ها در تشخیص علف‌هرز در مزارع غلات می‌باشد (Perez et al. 2000; Philipp and Rath 2002, Dutta et al. 2022; Jin et al. 2022; Rani et al. 2022). به‌علاوه ویژگی‌های استخراج شده در این تحقیق مطابق با



(a)



(b)



(c)



(d)

شکل ۵ (a) تصویر اصلی، (b) تصویر جداسازی علف‌هرز و چغندر قند از خاک، (c) تشخیص محصول از علف‌هرز و (d) تشخیص علف‌هرز

از ۶۰ علف‌هرز تمامی آنها (نرخ تشخیص ۱۰۰ درصد) به درستی تشخیص داده شدند.

جدول ۶ عملکرد سامانه سمپاش هوشمند
(۶۰ علف‌هرز و ۱۸۰ چغندر قند)

نوع	تعداد	تعداد تشخیص صحیح	تعداد تشخیص نادرست	نرخ تشخیص درست (درصد)	نرخ تشخیص نادرست (درصد)
چغندر قند	۱۸۰	۱۷۸	۲	۹۸/۸۸	۱/۱۲
علف‌هرز	۶۰	۶۰	۰	۱۰۰	۰

پس از تعیین سرعت پیش‌روی به‌منظور بررسی دقیق صحت تشخیص توأم با عملیات سمپاشی، ردیف کشتی به‌صورت جداگانه (۱۸۰ بوته محصول و ۶۰ علف‌هرز) در نظر گرفته شد. علف‌های هرز به‌صورت پراکنده در بین محصول و خارج از ردیف کشت برچسب‌گذاری شدند. جدول ۶ خروجی حاصل از خوشه‌بند k-means را در تشخیص ۶۰ علف‌هرز و ۱۸۰ گیاه چغندر قند را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج به‌دست آمده از ۱۸۰ چغندر قند تعداد ۱۷۹ عدد (نرخ تشخیص ۹۸/۸۸ درصد) و

با توجه به این مساله که سمپاش بافرآگری در تمامی مسیر عمل سمپاشی را انجام می‌دهد میزان پاشش بیشتری (میزان پاشش ۵۷۸/۰ لیتر) نسبت به سامانه سمپاش هوشمند (میزان پاشش ۱۲۸/۰ لیتر) داشت.

جدول ۷ مقایسه سامانه سمپاش هوشمند با سمپاش بافرآگری (۶۰ علف‌هرز و ۱۸۰ چغندر قند)

نوع سمپاش	نرخ پاشش صحیح (درصد)	نرخ پاشش نادرست (درصد)	میزان پاشش (لیتر)	کاهش مصرف علف‌کش (درصد)
سامانه سمپاش هوشمند	۹۶/۷۷	۳/۲۲	۰/۱۲۸	۷۷/۸۵
سمپاش بافرآگری	-	-	۰/۵۷۸	-

کاهش میزان علف‌کش (۷۷/۸۵ درصد) نیز در مسیر پیموده شده توسط این دو سمپاش بسیار قابل توجه می‌باشد. در صورتی که این مقادیر در سطح کشت بالا ارزیابی شوند سمپاش پیشنهاد شده علاوه بر کاهش سم مصرفی که سبب کاهش هزینه‌های کشاورزی می‌شود سبب کاهش آلودگی‌های زیست محیطی شده و محصول سالمتری تولید می‌گردد. سامانه سمپاش هوشمند با الگوریتم توسعه یافته در شرایط واقعی با تشخیص بیش از ۹۸ درصد علف‌هرز و کاهش مصرف علف‌کش بیش از ۷۷ درصد می‌تواند به عنوان سمپاش هوشمند در مزارع چغندر قند استفاده شود. در پژوهشی دیگر محققین در راستای کاهش میزان علف‌کش مصرفی در مزارع چمن، از بینایی ماشین مبتنی بر دو روش مورفولوژی و طبقه‌بند بیز استفاده کردند. مطابق گزارش آنها میزان از بین بردن علف‌های هرز به ترتیب با روش مورفولوژی و طبقه‌بند بیز ۷۲/۸۰ و ۶۳/۸۰ درصد و کاهش مصرف علف‌کش‌ها را بین ۶-۱۰ درصد گزارش کردند (Watchareeruetai et al. 2006). پژوهشی دیگر از سامانه سمپاش توسعه یافته با نرخ متغیر (خروجی میزان علف‌کش در تراکم بالای علف‌هرز ۴۰۰ لیتر در هکتار و در تراکم پایین علف-هرز ۲۰۰ لیتر در هکتار تنظیم شده بود) استفاده گردید. در این

بر اساس نتایج ارائه شده مشخص گردید که الگوریتمی ارائه شده قادر به جداسازی علف‌های هرز از گیاه چغندر قند در شرایط مختلف نوری (خواه در نور مستقیم آفتاب، سایه برگ‌ها یا دستگاه) می‌باشد و نرخ نهایی جداسازی در روشنایی و سایه به ترتیب ۸۸/۵ و ۸۱/۸ درصد به دست آمد (Du et al. 2007; Tang et al. 2017; Hamuda et al. 2017; Jafari et al. 2006).

بررسی نتایج حاصل از انجام این روش بر روی تصاویر جمع‌آوری شده از شرایط واقعی مزرعه نشان داد که دقت کلی الگوریتم ۹۱/۶۵ درصد می‌باشد. بر اساس گزارش صورت گرفته روش پیشنهادی توانایی تشخیص علف‌هرز را در مزرعه چغندر قند با دقت ۹۷/۷ درصد را دارا بود (Abouzahir et al. 2021; Bakhshpour Ziyaratgahi et al. 2017).

همانطور که نتایج نشان دادند، پژوهش حاضر با دقت بیش از ۹۸ درصد عملکرد بهتری داشته است. علت این مساله را می‌توان به ترکیب ویژگی‌های رنگی و مورفولوژیکی نسبت داد. همچنین انتخاب مؤثرترین ویژگی از میان تمامی ویژگی‌های به دست آمده نیز دلیل دیگر موفقیت روش پیشنهاد شده در این پژوهش می‌باشد. علاوه بر این، پژوهش‌های ذکر شده به صورت ایستا می‌باشند، در حالی که پژوهش حاضر به صورت بر خط و با سرعت واقعی سمپاشی می‌باشد.

پس از انتخاب سمپاش برای مقایسه، تعداد ۶۰ عدد علف‌هرز به منظور تشخیص و سمپاشی در روی ردیف و بین ردیف‌های کشت مورد بررسی قرار گرفتند، سپس سامانه سمپاش هوشمند و سمپاش انتخاب شده به ترتیب وارد مزرعه گردیدند. سرعت حرکت هشت کیلومتر بر ساعت، مسافت ۲۷ متر و نوع تراکتور جان‌دایر (John deere 3140) برای هر دو سمپاش ثابت در نظر گرفته شد. پس از انجام عملیات سمپاشی توسط دو سمپاش، نتایج مطابق با جدول ۷ حاصل گردید.

پژوهش تنها علف‌های هرز بین ردیف‌های کشت مورد بررسی قرار می‌گرفتند و نتایج نشان‌دهنده کاهش ۳۶ درصدی میزان مصرف علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز بود. گزارش این پژوهشگر نشان از عدم اختلاف قابل توجه روش مرسوم و روش ارائه شده در کنترل علف‌های هرز بود. (Dammer 2016).

نتیجه‌گیری

باتوجه به اهمیت اقتصادی کشت چغندر قند و با آگاهی نسبت به مضرات سموم شیمیایی و عواقب آنها بر روی سلامتی انسان، استفاده از فناوری‌های جدید به منظور کاهش استفاده از سموم شیمیایی امری الزامی خواهد بود. بدین منظور یک سامانه سمپاش هوشمند برای تشخیص علف‌هرز-گیاه در مزرعه چغندر قند بر اساس تکنولوژی بینایی ماشین طراحی و ساخته شد. جهت طبقه‌بندی گیاه و علف‌هرز ۴۹ ویژگی ظاهری و رنگی چغندر قند و علف‌هرز از تصاویر استخراج گردید که با پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک ۱۱ ویژگی انتخاب شدند. به منظور افزایش

سرعت و بهترین عملکرد پنج ویژگی (ضریب شعاع ناحیه محدب هال، ضریب کرویت، ممان ششم، I1I2I3_I3 و Lch_c) که بیشترین تکرار را در داشتند، برگزیده شدند. بر اساس نتایج در حالت ایستادگی تشخیص سامانه بیش از ۹۸ درصد به دست آمد. به علاوه سامانه پیشنهادی با نرخ پاشش صحیح ۹۶/۷۷ درصد و کاهش مصرف علف‌کش ۷۷/۸۵ درصد عملکرد موفقی در شرایط واقعی از خود نشان داد. لذا سامانه سمپاش هوشمند ارائه شده می‌تواند جایگزین مناسبی برای استفاده از سمپاش‌های معمولی گردد و علاوه بر کاهش هزینه‌های ناشی از مصرف علف‌کش سبب کاهش آلودگی محیط زیست نیز می‌گردد. در استفاده از سامانه سمپاش هوشمند ارائه شده می‌بایست مواردی از قبیل: ارتفاع دوربین تا سطح زمین (به منظور پوشش‌دهی مناسب)، بررسی عملکرد دوربین و اتصالات، اطمینان از روشنایی پروژکتور (یکنواخت بودن نورپردازی) و استفاده از سرعت پیش‌روی یکنواخت را مدنظر داشت.

References:

منابع مورد استفاده:

- Abbas I, Liu J, Faheem M, Noor RS, Shaikh SA, Solangi KA, Raza SM. Different real-time sensor technologies for the application of variable-rate spraying in agriculture. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2020. 112265.
- Abouzahir S, Sadik M, Sabir E. Bag-of-visual-words-augmented histogram of oriented gradients for efficient weed detection. *Biosystems Engineering*. 2021; 202: 179-194.
- Anonymous. Yield and cultivated area of Iranian sugar beet in 2021. Iranian Sugar Factories Syndicate. 2021. <http://www.isfs.ir> (in Persian)
- ASAE Standards S 217.12; Three-Point Free-Link Attachment for hitching implements to agricultural wheel tractors. American Society of Agricultural and Biological Engineers: St. Joseph, MI, USA, 2001.
- Babu LG. Smart agriculture system with E- Carbage using Iot. *International Journal of Modern Agriculture*. 2021; 10(1): 928-931.
- Bakhsipour Ziyaratgahi A, Jafari A, Emam Y, Nasiri SM, Kamgar S, Zare D. Use of modified huff in detection of sugar beet plant from grassland using machine vision. *Journal of Agricultural Machinery*. 2017; 7 (1): 73-85. (in Persian with English abstract)

- Burgos- Artizzu XP, Ribeiro A, Guijarro M, Pajares G. Real-time image processing for crop-weed discrimination in maize fields. *Computer and Electronic in Agriculture*. 2011; 75(2): 337–346.
- Cao X, Ning B, Yan P, Li X. Selecting key poses on manifold for pair-wise action recognition. *Industrial Informatics, IEEE Transactions*. 2012; 8(1): 168-177.
- Chapron M, Requena-Esteso M, Boissard P, Assemet L. A method for recognizing vegetal species from multispectral images. 2nd European Conference on Precision Agriculture Odense Congress Centre, Denmark. 1999.
- Chitband S, Kalali B, Ghaemi A, Jahadipoor S. Evaluation of weed control methods on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield at different levels of nitrogen. *Journal of Plant Protection*. 2017; 30(40):664-676. (in Persian with English abstract)
- Chitband S, Nabizadeh M, Ghorbani R. Joint action of sugar beet selective herbicides in *Portulaca oleracea* L. and *Chenopodium album* L. weeds. *Journal of Sugar Beet*. 2018; 34(1): 93- 109. (in Persian with English abstract)
- Christensen S, Heisel T, Walter M. Patch spraying in cereals. *Proc. of Second Int. Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark. 1996; pp. 963–938.
- Dammer KH. Real-time variable-rate herbicide application for weed control in carrots. *Weed research*; 2016. 56(3): 237-246.
- Du JX, Wang XF, zhang GJ. Leaf shape based plant species Recognition. *Applied Mathematics and Computation*. 2007; 185: 883-893.
- Dutta K, Talukdar D, Bora SS. Segmentation of unhealthy leaves in cruciferous crops for early disease detection using vegetative indices and Otsu thresholding of aerial images. *Measurement*. 2022; 189, 110478.
- Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. FAOSTAT statistical database. 2019.
- Garcia-Mateos G, Hernandez-Hernandez JL, Escarabajal- Henarejos D, Jaen-Terrones S, Molina-Martinez J M. Study and comparison of color models for automatic image analysis in irrigation management applications. *Agricultural Water Management*. 2015; 151, 158-66.
- Guerrero JM, Guijarro M, Montalvo M, Romo J, Emmi L, Ribeiro A, Pajares G. Automatic expert system based on images for accuracy crop row detection in maize Fields. *Expert Systems with Applications*. 2013; 40: 656-664.
- Guerrero JM, Pajares G, Montalvo M, Romo J, Guijarro M. Support vector machines for crop/weeds identification in maize fields. *Expert Systems with Applications*. 2012; 39: 11149-11155.
- Hamuda E, Mc Ginley B, Glavin M, Jones E. Automatic crop detection under field conditions using the HSV colour space and morphological operations. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017; 133: 97–107.
- Hasan AM, Sohel F, Diepeveen D, Laga H, Jones MG. A survey of deep learning techniques for weed detection from images. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021; 184, 106067.
- HunterLab. Application note. *Insight on Color*. 2001; 13: 1-4.
- ISO 730. Agricultural Wheeled Tractors—Rear-Mounted Three-Point Linkage Categories 1N, 1, 2N, 2, 3N, 3, 4N and 4. American Society of Agricultural and Biological Engineers: St. Joseph, MI, USA, 2009; 1.

- Jafari A, Mohtasebi SS, Eghbali Jahromi H, Omid M. Presenting a suitable algorithm for separating weeds from sugar beet in real field conditions using image processing. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2006; 8(5):602–605.
- Jahada Akbar MR, Tabatabaei Nimavard R, Ebrahimian HD. Investigation of the critical period of sugar beet weed control in Kabutarabad Isfahan. *Journal of Sugar Beet*. 2004; 20(1): 73-92. (in Persian with English abstract)
- Jin X, Bagavathiannan M, Maity A, Chen Y, Yu J. Deep learning for detecting herbicide weed control spectrum in turfgrass. *Plant Methods*. 2022; 18(1): 1-11.
- Kanungo T, Mount DM, Netanyahu NS, Piatko CD, Silverman R, Wu AY. An efficient k-means clustering algorithm: Analysis and implementation. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, 2002; 24(7): 881–892.
- Lin WM, Hu YT. Image segmentation method based on YUV color space for tomato harvesting robot. *Trans. Chin. Society of Agricultural Engineering*. 2012; 43(12): 176–180.
- Liu B, Bruch R. Weed detection for selective spraying: A review. *Current Robotics Reports*. 2020; 1(1): 19-26.
- Mohammad Zamani D, Minaei S, Alimardani R, Almasi M, Norouz poordeilami H, Rostami A. Design and fabrication of a map- based VRA system for a tractor- mounted boom-type field sprayer. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 2013; 43(2): 111-123. (in Persian with English abstract)
- Montazeri EZ, Jodaii A, Zomorodi S, Hanaeh M, Habibi R. Investigating the effects of nitrogen and animal manure (poultry manure) and their mutual effects on the quantity and quality of tomatoes. *Soil and Water Research Institute*. Plan No. 102-15-19-82-059. 2013. (in Persian)
- Nadafzadeh M, Mehdizadeh SA. Design and fabrication of an intelligent control system for determination of watering time for turfgrass plant using computer vision system and artificial neural network. *Precision Agriculture*. 2019; 20(5): 857-879.
- Ohta Y, Kanade T, Sakai T. Color information for region segmentation. *Computer. Graphics Image Process*, 1980; 13(3): 222–241.
- Oluleye B, Leisa A, Leng L, Dean D. A Genetic Algorithm-Based Feature Selection. *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*. 2014; 5(4) 2249–071.
- Perez AJ, Lopez F, Benlloch JV, Christensen S. Color and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computer and Electronic in Agriculture*. 2000; 25(3): 197–212.
- Philipp I, Rath T. Improving plant discrimination in image processing by use of different colour space transformations. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2002; 35: 1–15.
- Rani SV, Kumar PS, Priyadharsini R, Srividya SJ, Harshana S. Automated weed detection system in smart farming for developing sustainable agriculture. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2021; 1-12.

- Sabzi S, Abbaspour-Gilandeh Y, Arribas JI. an automatic visible-range video weed detection. Segmentation and classification prototype in potato field, *Heliyon*. 2020; 6(5): 03685.
- Sabzi S, Abbaspour-Gilandeh Y, García-Mateos G. A fast and accurate expert system for weed identification in potato crops using metaheuristic algorithms. *Computers in Industry*. 2018; 98: 80–89.
- Sester M, Delanoy M, Colbach N, Darmency H. Crop and density effect on weed beet growth and reproduction. *Weed Research*. 2004; 44: 50–59.
- Subr A, Parafiniuk S, Milanowski M, Krawczuk A, Kachel M. Study of deposited spray quality of spraying agents with different physical properties. *Plant archives*. 2020; 20(2): 6109-6114.
- Tang J, Wang D, Zhang Z, He L, Xin J, Xu Y. Weed identification based on K-means feature learning combined with convolutional neural network. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017; 135: 63–70.
- Tewari VK, Pareek CM, Lal G, Dhruw LK, Singh N. Image processing based real-time variable-rate chemical spraying system for disease control in paddy crop. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020; 4: 21-30.
- Watchareeruetai U, Takeuchi Y, Matsumoto T, Kudo H, Ohnishi N. Computer vision based methods for detecting weeds in lawns. *Machine Vision and Applications*. 2006; 17(5): 287-296.
- Zoschke A, Quadranti M. Integrated weed management: Quo vadis. *Weed Biology*. 2002; 2: 1-10.



تشدید بیان ژن‌های شبه‌تایونین در گیاه آرابیدوپسیس و مقاومت به نماتد *Heterodera schachtii* Overexpression of thionin-like genes in *Arabidopsis* and resistance to *Heterodera schachtii*

شیراحمد سارانی*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2022.355154.1279

ش.ا. سارانی. ۱۴۰۰. تشدید بیان ژن‌های شبه‌تایونین در گیاه آرابیدوپسیس و مقاومت به نماتد *Heterodera schachtii*. چغندر قند، ۳۷(۲): ۲۴۶-۲۳۹

چکیده

تایونین‌ها و شبه‌تایونین، پپتیدهای گیاهی با وزن ملکولی کوچک و غنی از سیستئین با فعالیت ضد میکروبی که نقش مهمی در مقاومت گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا دارند و از چندین گونه گیاهی جدا شده‌اند. هدف از این مطالعه تشدید بیان ژن‌های شبه‌تایونین (*At1g20618* و *At1g2665*) برای ایجاد مقاومت در برابر نماتد *H. schachtii* است. ژن‌های *At1g2665* (*ThiL12*) و *At1g20618* (*ThiL20*) از گیاه آرابیدوپسیس جداسازی شده و گیاهان تراریخته از طریق باکتری اگروباکتریوم با استفاده از پلاسمید pMAA-red و با استفاده از روش آغشته سازی گل آذین تولید شدند. بیان ژن‌های شبه‌تایونین در گیاهان تشدید بیان شده با روش RT-PCR تأیید و میزان تشدید بیان در بذرها قرمز رنگ و هموزیگوت با روش RT-PCR کمی مقایسه گردید. به منظور بررسی مقاومت، ریشه گیاهان ۱۲ روزه آرابیدوپسیس تحت شرایط استریل با ۵۰-۶۰ لارو نماتد به ازای هر بوته در محیط Knop تلقیح شدند. پانزده روز پس از تلقیح، هنگامی که لارو نر و ماده را می‌توان به وضوح تشخیص داد، تعداد لاروها شمارش شدند و نتایج با رقم وحشی (Col-0) مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقاومت به *H. schachtii* در لاین‌های تشدید بیان شده در مقایسه با نوع وحشی افزایش یافته است. به هر حال تفاوت معنی‌داری در اندازه نماتد ماده و سلول‌های syncytia بین لاین‌ها به جز یک لاین مربوط به ژن *At1g20618* مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: پپتیدهای ضد میکروبی گیاهان، تراریخته، چغندر قند، نماتد سیست



مقدمه

مانند همه موجودات زنده، گیاهان نیز می‌توانند پتیده‌های ضد میکروبی تولید نمایند و این پتیده‌ها بخشی از اولین خط دفاعی سیستم ایمنی میزبان در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی هستند (Bohlmann 1994; Van Loon *et al.* 2000; Norouzi *et al.* 2021). این پتیده‌های ضد میکروبی، مولکول‌های کوچکی بوده (کمتر از ۱۰۰ اسید آمینه) و ۳ تا ۱۰ کیلو دالتون وزن دارند و عمدتاً غنی از اسید آمینه سیستمین و معمولاً خاصیت بازی دارند. آنها طیف ضد میکروبی گسترده‌ای در برابر قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها، نماتدها و حشرات دارند و از موجودات زنده مختلف استخراج شده‌اند و فعالیت‌های ضد میکروبی آنها در شرایط آزمایشگاهی به اثبات رسیده است (Hancock *et al.* 1995; Jurgenssen *et al.* 2001).

این پتیده‌های گیاهی به چندین خانواده مانند تایونین‌ها، دفسین‌ها، پروتئین‌های انتقال چربی، سیکلوتیدها، اسکین‌ها، هیوئین، کنوتین‌ها و ... طبقه‌بندی شده‌اند، سیزده هزار ژن گیاهی که به خانواده‌های مختلف پتیده‌های ضد میکروبی از جمله تایونین‌ها، دفسین‌ها، پروتئین‌های انتقال چربی و سایر گروه‌ها تعلق دارند شناسایی شده‌اند (Garcia-Olmedo *et al.* 1998). شصت و هفت ژن گیاه آراییدوپسیس، پتیده‌هایی را رمزگذاری می‌کنند که شبه‌تایونین نامیده می‌شوند (Silverstein *et al.* 2007). المغربی (Almaghrabi 2012) هم‌ترازی توالی چندگانه ۱۴ ژن را با ساخت درخت فیلوژنتیک، پیش‌بینی پتید سیگنال و پیش‌بینی ساختار سه‌بعدی نشان داد. این ژن‌ها دارای تعداد بالایی از باقی‌مانده‌های سیستمین و الگوهای مشابه تشکیل پیوندهای دی‌سولفیدی به پتیده‌های تایونین‌ها هستند. نماتد *Heterodera schachtii* از عوامل مهم بیماری‌زای گیاهی است که به بسیاری از گونه‌های گیاهی حمله می‌کند و سالانه خسارت قابل ملاحظه‌ای را به محصولات کشاورزی و

صنعتی وارد می‌کند (Muller 1999). هدف از این مطالعه بررسی مقاومت لاین‌های تشدید بیان شده گیاه آراییدوپسیس با ژن شبه‌تایونین در برابر نماتد *H. schachtii* بود.

مواد و روش‌ها

جداسازی DNA و RNA از گیاه آراییدوپسیس و تعیین توالی آنها

جداسازی DNA از برگ‌های آراییدوپسیس بر اساس روش ادواردز و همکاران (Edwards *et al.* 1991) انجام شد. جداسازی و خالص‌سازی DNA و RNA از کیت‌های QIAGEN RNeasy Plant Mini Kit (Germany) و Plant RNA Isolation Mini Kit (Agilent, Austria) و طبق دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شد. توالی‌یابی نمونه‌ها با استفاده از روش توالی‌یابی سریع سانگر و همکاران (Sanger *et al.* 1977) توسط شرکت LGC Genomics در برلین آلمان انجام شد.

انتقال پلاسمید به باکتری اشرشیاکلی و آگروباکتریوم

پلاسمیدها با استفاده از پروتکل کیت:

GeneJET Plasmid Miniprep Kit (Thermo Scientific) استخراج شدند. از سویه *E. coli* DH10B در این مطالعه استفاده شد و پلاسمیدها با روش انجماد-ذوب به باکتری آگروباکتریوم تومیفاشنس *A. tumefaciens* سویه GV3101 منتقل شدند (Holsters *et al.* 1978).

انتقال پلاسمید به گیاهان آراییدوپسیس با واسطه آگروباکتریوم

ابتدا ناقل پلاسمید pMAA-red به سویه GV3101 آگروباکتریوم انتقال یافته و سپس به گیاه آراییدوپسیس با استفاده

Thermo Maxima H Minus First Strand از شرکت Fisher طبق دستورالعمل شرکت سازنده، استفاده شد. غلظت cDNA با دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ اندازه‌گیری شد. ۱۲ تا ۲۷ لاین تراریخته با ناقل pMAA-red انتقال یافته برای آزمایش RT-PCR آزمون شدند.

طبق دستورالعمل کیت cDNA Maxima H Minus (Thermo Fisher) برای سنتز cDNA استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج qRT-PCR، از کیت KAPA SYBR FAST qPCR (sigma-aldrich) و سپس از روش $\Delta\Delta C_t$ استفاده شد (Livak and Schmittgen 2001). C_t نشان‌دهنده تعداد چرخه‌هایی می‌باشد که برای رسیدن به خط آستانه لازم است بنابراین، ΔC_t تفاوت بین دو نمونه را نشان می‌دهد.

شرایط رشد گیاه آرابیدوپسیس در خاک

از رقم وحشی *A. thaliana* (col) برای همه آزمایش‌ها (انتقال پلاسمید به گیاه و در سنجش آلودگی گیاه) استفاده شد. گیاهان تحت شرایط روز بلند (دوره نوری ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریک) در دمای ۲۱-۲۳ درجه سانتی‌گراد در یک اتاقک رشد نگهداری شدند. انتخاب و غربالگری گیاهان آرابیدوپسیس تراریخته و تولید بذور هموزیگوت نیز در شرایط مشابه صورت گرفت.

آماده‌سازی *H. schachtii* برای سنجش بیماری‌زایی و آزمون مقاومت گیاهان به نماتد

سیست‌های *H. schachtii* از کشت‌های *in vitro* تکثیرشده روی ریشه‌های گیاه خردل (*Sinapis alba* cv. Albatros) که روی محیط کشت Knop رشد می‌کردند،

از روش آغشته‌سازی گل‌آذین طبق روش کلو و بنت (Clough and Bent 1988) و لوگمن و همکاران (Logemann et al. 2006) انتقال یافت. گیاهان آرابیدوپسیس در اتاقک رشد (شرایط روز بلند) تا زمانی که بذرها برداشت شوند، نگهداری شدند. بذرهای اصلاح شده با استفاده از نشانگر انتخابی در زیر میکروسکوپ معکوس مجهز به فیلتر فلورسانس DsRed (Axiovert 200M) ساخت شرکت Zeiss AG آلمان جداسازی و بذر تراریخته در خاک برای تولید نسل بعدی کشت شدند.

تولید لاین‌های تراریخته آرابیدوپسیس با استفاده از ناقل pMAA-red

ناقل pMAA دارای نشانگر قرمز رنگ نه تنها دارای نشانگر Dsred بود، بلکه دارای ژن گزارشگر GUS نیز بود که می‌تواند

به‌عنوان نشانگرهای انتخاب چشمی برای تشخیص گیاهان آرابیدوپسیس تراریخته استفاده شود. نشانگر قرمز رنگ DsRed 2.1: Pdf در دانه‌های گیاه آرابیدوپسیس تراریخته و مجتمع تغذیه‌ای ناشی از نماتد چغندر (Syncytia) بیان می‌شود. دانه‌های تراریخته در زیر میکروسکوپ فلورسانس دارای رنگ قرمز و میزان رنگ قرمز زیر میکروسکوپ فلورسانس نشان‌دهنده سطح بیان ژن تراریخته بود (Ali et al. 2012).

آزمایش RT-PCR و qRT-PCR

از RT-PCR برای اثبات کلون کردن ژن بیان‌شده و برای تشخیص و آنالیز RNA از کیت RT-PCR شرکت Thermo Scientific Verso™ 1-step Reddy Mix Kit استفاده شد. برای سنتز cDNA، از کیت سنتز cDNA

داده‌های مربوط به تعداد نماتدها، میانگین اندازه syncytia و همچنین اندازه نماتدهای ماده با استفاده از آزمون (LSD) و آنالیز واریانس تک عاملی ($P < 0.05$) ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

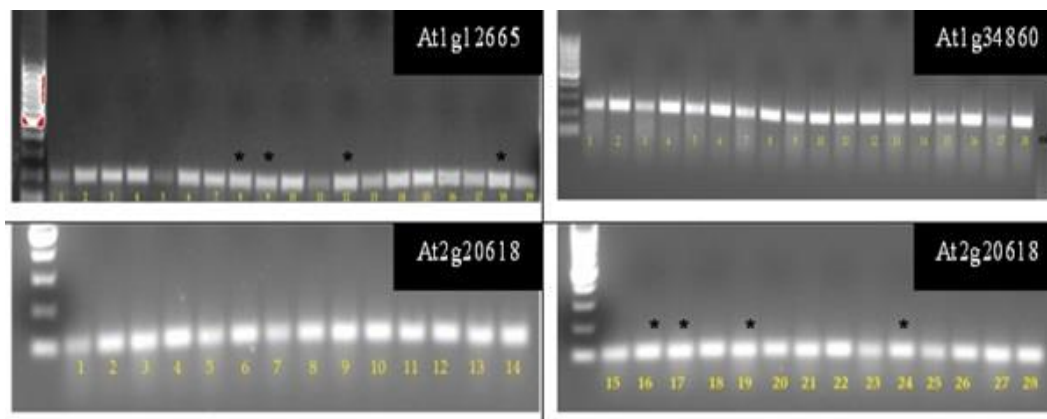
بذرهای تشدید بیان شده با استفاده از نشانگر انتخابی در زیر میکروسکوپ معکوس فلورسانس انتخاب شدند و بذرهای قرمز رنگ روی محیط کشت MS کشت شدند. تشدید بیان ژن‌های شبه تایونین و خصوصیات این ژن‌ها، پس از یکسان‌سازی تعداد نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج-RT PCR در شکل ۱ نشان داده شده است.

نتایج آزمایش RT-PCR نشان‌دهنده بیان بالاتر سه ژن شبه‌تایونین تشدید بیان شده در گیاهان تراریخت آرابیدوپسیس در مقایسه با رقم وحشی آرابیدوپسیس می‌باشد. چهار لاین از ژن‌های تشدید بیان شده با سطح بیان بالای شبه‌تایونین براساس آزمایش RT-PCR برای تولید لاین‌های هموزیگوت و آزمایش qRT-PCR انتخاب شدند (شکل ۱).

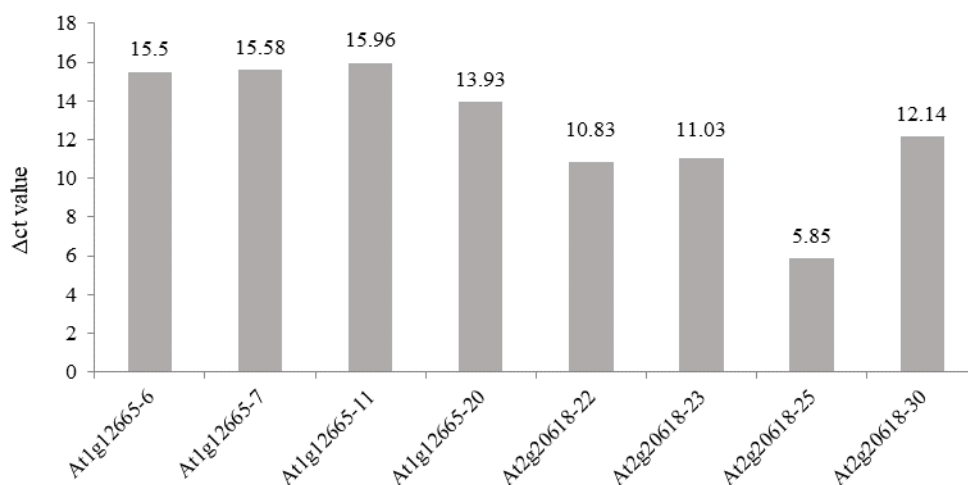
تجزیه و تحلیل بیان ژن با استفاده از qRT-PCR

نتایج qRT-PCR برای چهار لاین تشدید بیان شده انتخابی از ژن‌های شبه‌تایونین در شکل ۲ نشان داده شده است. در مقایسه با گیاهان رقم وحشی سطح بیان Atlg12665 (ThiL12) نسبتاً بیشتر از سایرین بود. در نهایت دو لاین گیاهان تراریخت با بالاترین سطح بیان ژن برای تست مقاومت به نماتد انتخاب شدند (شکل ۲).

برداشت شدند و طبق روش سیجمنز و همکاران (Sijmons *et al.* 1991) انجام گرفت. خروج لاروهای J2 از سیستم‌ها با خیساندن در محلول ۳ میلی‌مولار $ZnCl_2$ استریل به مدت ۴-۵ روز تحریک شدند. لاروهای سن دوم نماتد با ۰/۰۵ درصد $HgCl_2$ به مدت ۳ دقیقه استریل شد و بلافاصله ۳-۴ بار در آب مقطر دوبار تقطیر، شسته شد. لاروهای سن دوم نماتد در ژل ۰/۵ درصد (وزنی/حجمی) که از شرکت (Duchefa, Haarlem, Netherlands) تهیه گردیده بود، مجدداً حل گردید. قبل از تلقیح، طول ریشه بر اساس روش جورگنسن (Jurgensen 2001)، طبقه‌بندی و تعیین گردید. بذرها به صورت سطحی استریل شدند و سپس ۱۰ بذر گیاه آرابیدوپسیس در پتری‌دیش (قطر ۹۴ میلی‌متر) در محیط Knop کاشته و به مدت یک تا دو روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس گیاهان در شرایط روز طولانی (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) در دمای ۲۱-۲۳ درجه سانتی‌گراد رشد کردند. ریشه‌های گیاهچه‌های آرابیدوپسیس ۱۲ روزه در شرایط استریل با حدود ۵۰ تا ۶۰ لارو سن دوم نماتد به ازای هر بوته بر اساس روش و سیجمنز و همکاران (Sijmons *et al.* 1991) تلقیح شدند. پلیت‌های تلقیح شده به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی نگهداری شدند و سپس گیاهان در شرایط مشابه (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) در دمای ۲۱-۲۳ درجه سانتی‌گراد به اتاقک رشد منتقل شدند. تمام آزمایش‌ها به طور مستقل سه بار با ۳-۵ ظرف پتری تکرار شدند. تعداد کل نماتدهای نر و ماده در هر سانتی‌متر طول ریشه، اندازه syncytia ماده و اندازه ماده طبق روش سدیک و همکاران (Siddique *et al.* 2009) با استفاده از میکروسکوپ معکوس Axiovert 200M و Axiovision Kontour tool Zeiss (AG, Germany) در ۱۵ روز پس از تلقیح اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱ نتایج RT-PCR برای تمام لاین‌های انتخابی تشدید بیان شده ژن‌های شبه‌تایونین در محیط MS. ۱ (اعداد زیر تصاویر ژل الکتروفورز به تعداد لاین‌ها مورد آزمایش اشاره دارد.)



شکل ۲ نتایج qRT-PCR برای چهار لاین بیان شده انتخابی از ژن‌های شبه‌تایونین بر اساس مقدار ΔC_t . ۲ (میل‌های با اعداد تیره بیشترین میزان بیان ژن‌های مختلف هستند.)

آزمون مقاومت به *H. schachtii*

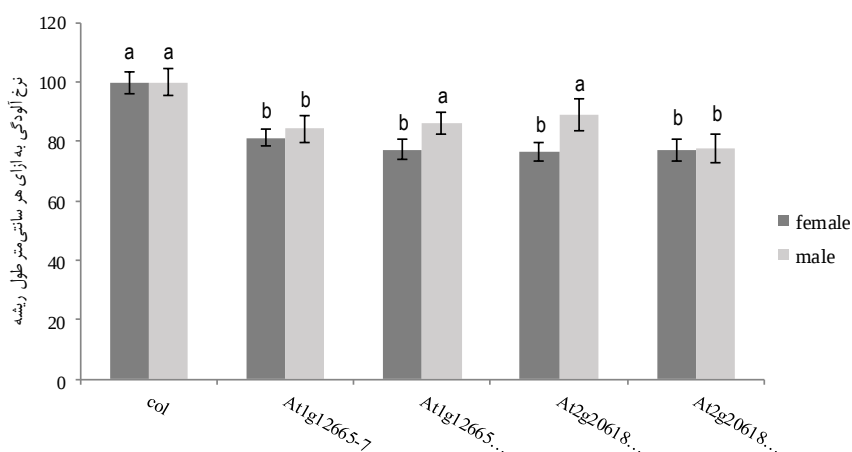
گیاهان رقم وحشی نشان دادند (شکل ۳). با این حال، نتایج سایر آزمایشات نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در مقاومت در برابر *H. schachtii* در اندازه syncytia و اندازه نماتدهای ماده روی ریشه‌های آرابیدوپسیس به استثنای لاین At1g20618 وجود ندارد (شکل ۴).

پانزده روز پس از تلقیح، زمانی که ماده‌ها و نرها به‌وضوح قابل تشخیص بودند، تعداد نرها و ماده‌ها شمارش شد و نتایج با رقم وحشی آرابیدوپسیس مقایسه شدند. تعداد کل نماتدهای نر و ماده در هر سانتی‌متر طول ریشه و اندازه syncytia ماده و اندازه نماتد ماده اندازه‌گیری شد. نتایج کاهش قابل توجهی در نرخ آلودگی در طول ریشه برای لاین تشدید بیان‌شده در مقایسه با

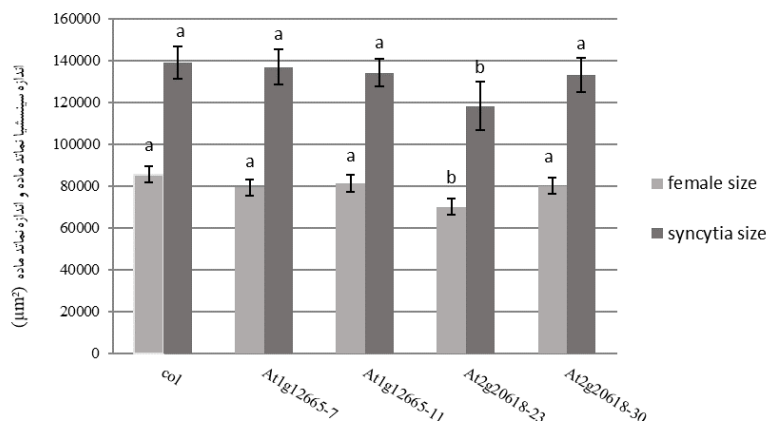
بحث

نشان‌دهنده افزایش مقاومت در برابر نماتد می‌باشد. پپتیدهای ضد میکروبی نقش مهمی در سیستم ایمنی ذاتی گیاه دارند، آنها به عنوان اولین خط دفاعی گیاه در برابر تنش‌های مختلف عمل می‌کنند (Van Loon et al. 2006; Egorov and Odintsova 2012). ژنوم گیاه آرابیدوپسیس شامل ۶۷ ژن است که پپتیدهای کوچک غنی از سیستمین و ژن‌های به اصطلاح شبه‌تینونین (ThiL) را کد می‌کنند (Silverstein et al. 2007).

هدف اصلی این مطالعه بررسی نقش پپتیدهای ضد میکروبی منتخب شبه‌تایونین در ایجاد مقاومت به نماتد *H. schachtii* بود. لاین‌های تشدید بیان شده شبه‌تایونین (ThiL20 و ThiL12) باعث ایجاد مقاومت در برابر نماتد شدند. گیاهان آرابیدوپسیس تشدید بیان شده ژن شبه‌تایونین کاهش قابل توجهی در تعداد نماتدهای نر و ماده برای ژن‌های At2g20618 و At1g12665 نشان دادند و این یافته‌ها



شکل ۳ نرخ آلودگی به ازای هر سانتی‌متر طول ریشه در ۱۵ روز پس از آلودگی برای نماتدهای نر و ماده نماتد *H. schachtii* (ستون‌هایی با حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهند).



شکل ۴ اندازه سینسشیا نماتد ماده و اندازه نماتد ماده در ۱۵ روز پس از آلودگی برای نماتدهای نر و ماده نماتد *H. schachtii* (ستون‌هایی با حروف مختلف تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهند).

بازدارندگی نشان دادند (Taveira et al. 2014; Mao et al., 2011). یک پپتید متشکل از ۶۶ اسید آمینه با وزن ۷/۰۳ کیلودالتون و دارای شش پل دی سولفیدی و مربوط به پپتید ضد میکروبی ژن CaSn می تواند در دفاع از گیاهان در برابر نماتدها نقش داشته باشد (Chan et al. 2010).

لاین های تشدید بیان شده ژن های شبه تایونین گیاه آرابیدوپسیس، افزایش مقاومت نسبت به نماتد سیست در مقایسه با رقم وحشی گیاه آرابیدوپسیس را نشان داد و شاید در آینده به توان از این ژن ها برای مقاومت به نماتد سیستی در چغندر قند بهره برد.

تنها یک لاین تشدید بیان شده با ژن شبه تایونین ThiL20، کاهش در اندازه syncytia و اندازه نماتد ماده را نشان داد. گیاهان تشدید بیان شده ژن شبه تایونین CaThi از میوه فلفل *Capsicum annuum* باعث مهار صد در صد *Candida parapsilosis* و اثر قابل توجهی بر روی سایر گونه های مخمر جنس کاندیدا دارد (Taveira et al. 2016). همچنین دو پپتید شبه تایونین جداسازی شده از میوه های فلفل دلمه ای فعالیت مهارتی شدیدی را نشان دادند و باعث کاهش رشد باکتری های پاتوژن *E. coli* و *Pseudomonas aeruginosa* شدند و بر روی سلول های مخمرهای ساکارومایسس و کاندیدا فعالیت

References:

منابع مورد استفاده:

- Ali MA, Shah KH, Bohlmann H. pMAA-Red: a new pPZP-derived vector for fast visual screening of transgenic Arabidopsis plants at the seed stage. BMC Biotechnology. 2012; 12; DOI: 10.1186/1472.6750.12.37
- Almaghrabi B. Characterization of thionin-like genes from *Arabidopsis thaliana* (PhD thesis). Austria, Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences; 2012.
- Bohlmann H. The role of thionins in plant-protection. Critical Reviews in Plant Sciences. 1994; 13:1-16.
- Clough SJ, Bent AF. Floral dip: a simplified method for Agrobacterium-mediated transformation of *Arabidopsis thaliana*. Plant Journal. 1998; 16: 735-743.
- Chan YL, Yang AH, Chen JT, Yeh KW, Chan MT. Heterologous expression of *taro cystatin* protects transgenic tomato against *Meloidogyne incognita* infection by means of interfering sex determination and suppressing gall formation. Plant Cell Reports. 2010; 29: 231-238.
- Egorov TS, Odintsova T. Defense peptides of plant immunity. Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2012; 38: 7-17.
- Garcia-Olmedo F, Molina A, Alamillo J, Rodriguez-Palenzuela P. Plant defense peptides. Biopolymers. 1998; 47: 479-491
- Hancock REW, Falla TJ, Brown M. Cationic antimicrobial peptides. Advances in Microbial Physiology. 1995; 37: 136-175.
- Holsters M, Dewaele D, Depicker A, Messens E, Vanmontagu M, Schell J. Transfection and transformation of *Agrobacterium tumefaciens*. Molecular Genetics and Genomics. 1978; 163: 181-187.
- Jürgensen K. Untersuchungen zum Assimilat- und Wassertransfer in der Interaktion zwischen *Arabidopsis thaliana* und *Heterodera schachtii* (PhD thesis). Kiel, Germany: Christian-Albrechts Universität; 2001.

- Livak KJ, Schmittgen TD. Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ Method. *Methods*. 2001; 25: 402–408.
- Logemann E, Birkenbihl RP, Ulker B, Somssich IE. An improved method for preparing *Agrobacterium* cells that simplifies the *Arabidopsis* transformation protocol. *Plant Methods*. 2006; 16: 1-5.
- Mao Z, Zheng J, Wang Y, Chen G, Yang Y, Feng D, Xie B. The new CaSn gene belonging to the snakin family induces resistance against root-knot nematode infection in pepper. *Phytoparasitica*. 2011; 39: 151–164.
- Muller J. The economic importance of *Heterodera schachtii* in Europe. *Helminthologia*. 1999; 36: 205-213.
- 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.). *Journal of Sugar Beet*. 2021; 36(2) 117- 128. (in Persian with English abstract)
- Sanger F, Nicklen S, Coulson AR. DNA sequencing with chain terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1977; 74: 5463-5467.
- Siddique S, Endres S, Atkins JM, Szakasits D, Wiecezorek K, Hofmann J, Blaukopf C, Urwin PE, Tenhaken R, Grundler FM, Kreil DP, Bohlmann H. Myo-inositol oxygenase genes are involved in the development of syncytia induced by *Heterodera schachtii* in *Arabidopsis* roots. *New Phytologist*. 2009; 184: 457-472
- Sijmons PC, Grundler FMW, Vonmende N, Burrows PR, Wyss U. *Arabidopsis thaliana* as a new model host for plant parasitic nematodes. *Plant Journal*. 1991; 1: 245-254.
- Silverstein KA, Moskal WA, Wu HC, Underwood BA, Graham MA, Town CD, Vanden Bosch KA. Small cysteine-rich peptides resembling antimicrobial peptides have been under - predicted in plants. *Plant Journal*. 2007; 51: 262-280.
- Taveira GB, Mathias LS, da Motta OV, Machado OLT, Rodrigues R, Carvalho AO, Teixeira-Ferreira A, Perales J, Vasconcelos IM, Gomes VM. Thionin-like peptides from *Capsicum annuum* fruits with high activity against human pathogenic bacteria and yeasts. *Peptide Science*. 2014; 102: 30-39.
- Taveira GB, Carvalho AO, Rodrigues R, Trindade FG, Da Cunha M, Gomes VM. Thionin-like peptide from *Capsicum annuum* fruits: mechanism of action and synergism with fluconazole against *Candida* species. *BMC Microbiology*. 2016; 16: 1-13.
- Van Loon LC. Systemic induced resistance. In AJ Slusarenko, RSS Fraser, LC Van Loon, eds, *Mechanisms of resistance to plant diseases*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2000; pp. 521-574.
- Van Loon LC, Rep M, Pieterse CMJ. Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. *Annual Review of Phytopathology*. 2006; 44: 135-162.



چغندر قند/ جلد ۳۷/ شماره ۲/ ۱۴۰۰

تحلیل مؤلفه‌های اثرگذار بر واردات شکر با تأکید بر نقش بودجه‌های تحقیق و توسعه

Analysis of factors affecting sugar import with emphasis on the role of research and development budgets

حسین نوروزی^۱، حامد رفیعی^{۲*}، سید صفدر حسینی^۳، سعید یزدانی^۳ و امیرحسین چیذری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2022.355444.1283

ح. نوروزی، ح. رفیعی، س.ص. حسینی، س. یزدانی و ا.ح. چیذری. ۱۴۰۰. تحلیل مؤلفه‌های اثرگذار بر واردات شکر با تأکید بر نقش بودجه‌های تحقیق و توسعه. چغندر قند، ۳۷(۲): ۲۴۲-۲۴۷

چکیده

واردات از دیرباز ابزاری برای دستیابی به محصولات با کمترین هزینه ممکن و تنظیم بازار بوده است. توجه به اهمیت تجارت بین‌الملل، تحلیل و شناخت روابط تجاری کشور و بررسی موانع و یا مشوق‌های آن، نقش مؤثری در جریان تجارت دارد. تحقیق و توسعه، نوآوری و تکنولوژی به عنوان مهم‌ترین عوامل ایجادکننده مزیت، نقش به سزایی در شکل‌دهی الگوهای تجارت دارند. در پژوهش پیش‌رو عوامل مؤثر بر واردات شکر با تأکید بر نقش تحقیق و توسعه در قالب الگوی VECM در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق نتایج، تحقیق و توسعه، نسبت قیمت شکر داخلی به وارداتی، تولید چغندر قند، نرخ ارز و بارندگی سالانه بر واردات شکر اثر منفی و معنی‌داری دارند. همچنین متغیر درآمدهای نفتی اثر مثبت بر میزان واردات شکر دارد. ضریب متغیر سرعت تعدیل تکانه‌ها (ECM) نشان‌دهنده آن است که در هر دوره ۳۱ درصد از شوک‌های کوتاه‌مدت تعدیل خواهد شد. بنابراین در صورت بروز شوک‌های کوتاه‌مدت جهت تعدیل آثار این شوک‌ها، بیش از سه دوره زمانی نیاز خواهد بود. با توجه به اثرگذاری منفی متغیرهای تحقیق و توسعه بر واردات، توجه ویژه به مطالعات کاربردی که منتج به افزایش بهره‌وری از طریق سیستم‌های آبیاری، بذرهای اصلاح شده و ماشین‌آلات جدید توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تجارت، چغندر قند، درآمدهای نفتی، قیمت کالای واردتی، نرخ ارز



۱- دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران. کرج، ایران.
۲- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران. کرج، ایران. * - نویسنده مسئول: hamedrafiee@ut.ac.ir
۳- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران. کرج، ایران.

مقدمه

امروزه با توجه به جهانی شدن اقتصاد، تجارت خارجی بخش عمده‌ای از اقتصاد هر کشور را به خود اختصاص می‌دهد و یکی از مهم‌ترین راه‌های تأمین محصولات موردنیاز با کمترین هزینه ممکن به منظور برقراری امنیت غذایی و تنظیم بازار بوده است (Azerbaijani et al. 2015). بررسی داده‌های تجاری در سال‌های اخیر بیان‌گر این موضوع است که میزان واردات شکر با افزایش همراه بوده است به طوری که در پنج سال اخیر از ۱۹۷ هزار تن به ارزش ۱۲۹/۳ میلیون دلار در سال ۱۳۹۵ به ۱۰۱۷/۷ هزار تن به ارزش ۳۷۱/۲ میلیون دلار در سال ۱۳۹۹ رسیده است که نشان‌دهنده افزایش بیش از ۱۸۷ درصدی در ارزش واردات و بیش از ۴۱۶ درصدی در میزان واردات است. این در حالی است که، میزان تولید چغندر قند در سال‌های مشابه از ۵۵۹۴/۲ هزار تن به ۵۲۹۷ هزار تن کاهش یافته است که بیان‌گر افت ۵/۳۱ درصدی در تولید این محصول می‌باشد. از سوی دیگر سطح زیرکشت ۱۰۵ هزار هکتار در سال زراعی ۱۳۹۵ به ۷۸/۹ هزار هکتار در سال ۱۳۹۹ تقلیل یافته که نشانگر کاهش ۲۴/۷ درصدی در سطح زیرکشت است. آنچه از مقایسه آماری میزان، ارزش واردات شکر، تولید و سطح زیرکشت چغندر قند می‌توان استنباط نمود این است که افزایش واردات، همراه با کاهش تولید و تمایل به تولید چغندر قند رخ داده است که با توجه به میزان مصرف این محصولات در خانوارها و صنایع تبدیلی و همچنین وضعیت ارزی کشور، نیازمند توجه بیشتر به تولید و تجارت این محصولات است. براساس اطلاعات آماری سازمان‌های OECD و FAO، در سال ۲۰۱۷ تولید جهانی شکر معادل ۱۷۹ میلیون تن گزارش شده و انتظار می‌رود با متوسط رشد سالانه ۱/۷ درصدی تا سال ۲۰۲۶ به حدود ۲۱۰ میلیون تن برسد. مطابق با این گزارش انتظار می‌رود میزان تولید شکر در ایران از ۱/۷ میلیون تن در سال ۲۰۱۷ به ۲/۱ میلیون تن در سال ۲۰۲۶ برسد. در طول سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ به طور

متوسط میزان متوسط عملکرد چغندر قند در ایران معادل ۵۸/۷ تن بر هکتار بوده که انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۶ به حدود ۶۳ تن بر هکتار برسد (Iranian Sugar Factories Syndicate 2020; Hamdi Holasoo et al. 2022). براساس اطلاعات آماری سازمان‌های OECD و FAO، مصرف سرانه شکر در سال ۲۰۱۷ معادل ۲۳/۱۸ کیلوگرم بوده که انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۶ به ۲۴/۷۳ کیلوگرم برسد. پیش‌بینی می‌شود مصرف جهانی شکر با توجه به رشد سالانه ۱/۷۵ درصدی از ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷، در سال ۲۰۲۶ به ۲۰۳ میلیون تن برسد.

تکنولوژی نقش قابل‌ملاحظه‌ای در شکل‌دهی الگوهای تجارت ایفا کرده و رابطه‌ی معناداری بین تجارت و تکنولوژی در ادبیات تجربی وجود دارد. ارزیابی اثر تکنولوژیکی می‌تواند همزمان مانع و مشوق برای روابط تجاری کشور باشد (Ovhadi et al. 2017). این ویژگی‌های شکاف تکنولوژی در نظریات تجارت بین‌الملل مورد عنایت صاحب‌نظران قرار گرفته است. در این میان تئوری پانزر (Panzer) که به مسأله تفاوت تکنولوژی پرداخته است دارای اهمیت زیادی است. نظریه شکاف تکنولوژیک که همان تئوری پانزر است بیان می‌کند که وقتی محصول جدیدی توسط یک بنگاه نوآور و با استفاده از تکنولوژی مدرن در یک کشور تولید می‌شود، این کشور دارای یک موقعیت انحصاری موقت در تولید آن محصول می‌شود و سپس با صادرات این کالا به کشورهای دیگر، مزیت نسبی تولید کالا از کشور مبدأ به کشور مقصد منتقل می‌شود (Viner 2016; Gilanpour et al. 2016).

ایران نیز با داشتن مزیت‌های نسبی در منابع و سرمایه‌های فیزیکی و انسانی می‌تواند با الگویی اثربخش در مسیر توسعه حرکت کرده و در ردیف کشورهای نوظهور کشاورزی قرار گیرد. تجربه کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای در حال گذار به مرحله توسعه‌یافتگی، حاکی از آن است که توسعه فناوری از ارکان اساسی یک نظام اقتصادی پویا، پایدار و تأثیرگذار بر روندهای جهانی است

تکنولوژی می‌تواند نقش یک مانع و یا یک انگیزه برای تجارت و همچنین فرآیند پیشگیری مؤثر (همگرایی ساختاری) را بازی کند؛ مساله‌ای که در مطالعات آقون و همکاران (Aghion et al. 2009) بدان اشاره شده است.

با توجه به نظریه شکاف تکنولوژی، پویایی یک کشور در عرصه مبادلات جهانی، به صورت تابعی از جریان‌ات ابداعات آن یعنی تعداد کالاهای جدیدی که در واحد زمان معرفی می‌کند و سرعتی که با آن از ابداعات خارجی تقلید می‌کند، تعریف می‌شود. در واقع می‌توان چنین بیان نمود که رقابت نه تنها توسط بهره‌برداری از مزیت‌های طبیعی و یا استفاده از فراوانی عوامل تولید بوجود می‌آید، بلکه نوآوری و تحقیق و توسعه نیز بر رقابت اثر می‌گذارد (Guillochon 2010). با توجه به دیدگاه شکاف تکنولوژیکی در تجارت بین‌الملل، بیشتر مطالعات اثر مثبت و معنی‌دار متغیرهای تکنولوژیکی بر عملکرد صادرات در اکثر صنایع راه یافته‌اند.

به‌منظور اندازه‌گیری شکاف تکنولوژی میان کشورها، معیارهای مختلفی وجود دارد. از جمله معیارهایی چون اختلاف در تعداد حق ثبت اختراع، معیار نسبت سرمایه به تولید میان شرکای تجاری و غیره اما معیاری که در اکثر مطالعات استفاده می‌شود، معیار اختلاف حق ثبت اختراع میان شرکای تجاری است (Brodzicki 2016). در راستای بررسی شاخص‌های شکاف تکنولوژی در جدول ۱، برخی از آمار و اطلاعات مربوط به شکاف تکنولوژی بین ایران و طرف‌های عمده تجاری براساس آمار بانک جهانی در سال ۲۰۲۱ گویای اهمیت بررسی این مساله خواهد بود. به‌طوری که با مقایسه درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه در GDP کشورهای طرف تجاری (چین، آلمان، امارات متحده عربی، عراق، کره جنوبی و ترکیه) می‌توان دریافت که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه ایران تنها از کشور عراق بالاتر بوده و نسبت به سایر کشورهای طرف تجاری این هزینه کمتر بوده

و حتی این موضوع در طبقه‌بندی کشورها از لحاظ توسعه‌یافتگی نقش داشته است و از مهم‌ترین راه‌کارهای گذر از بحران‌ها، تکیه بر صنایع مبتنی بر فناوری و صنایع پیشرفته است (Kazemnejad 2021). به‌طوری که در عصر حاضر، مزیت‌نسبی تنها به معنای برخورداری کشورها از منابع نیست (مزیت‌نسبی و هزینه تولید براساس نظریه مزیت‌نسبی به منابع کشور وابسته است)، بلکه برخورداری از دانش و تکنولوژی است. همزمان با تحولات ایجاد شده در تکنولوژی اطلاعاتی، نظریه‌های جدیدی در تجارت بین‌الملل ظهور کرده‌اند که نظریه شکاف تکنولوژی یکی از آنها می‌باشد.

با این مقدمه باید بیان کرد که سطوح پیشرفت تکنولوژیکی بین کشورها و بین بخش‌های مختلف متفاوت است (Brodzicki and Kwiatkowski 2018). علاوه بر این، شواهد در سطح خرد نیز نشان می‌دهد که شکاف تکنولوژی در شرکت‌های مشابه در همان بخش واقع در یک کشور نیز متفاوت هستند (Bernard et al. 1995). با توجه به موارد فوق، شکاف در پیشرفت تکنولوژیکی می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده تجارت دوجانبه بین هر دو کشور باشد، حتی اگر آنها یک سطح پیشرفت تکنولوژیکی داشته باشند یا با تجارت رابطه تجاری بین دو کشور به صورت رهبر و پیرو باشد. (Jani 2015).

به عقیده برودزیکسکی و کوپاتووسکی (Brodzicki and Kwiatkowski 2018) بررسی تجربی نقش فناوری یا نوآوری در تعیین شدت جریان‌های تجاری روشن است. آنها بیان کردند که تفاوت در فناوری و تکنولوژی تولید نقش مهمی در تعیین شدت روابط تجاری فعلی کشورهای عضو اتحادیه اروپا دارد. این مطالعات با در نظر گرفتن ابعاد نقش تکنولوژی و تحقیق و توسعه، تکمیل‌کننده مطالعات برودزیکسکی و کوپاتووسکی (Brodzicki and Śledziewska 2016) در راستای نقش فناوری در روابط تجاری لهستان بشمار می‌آید. بر اساس مطالعات کابیلاس، تفاوت در سطح

درصد تجارت ایران نسبت به GDP در مقابل طرف‌های تجاری عمده از همه کمتر بوده است.

است. این آمار در تعداد محققان تحقیق و توسعه در یک میلیون جمعیت نیز گویای همین مطلب است. در واقع یک شکاف چندبرابری بین ایران و طرف‌های تجاری وجود دارد. همچنین

جدول ۱ میانگین شاخص‌های شکاف تکنولوژی و تجارت ایران با طرف‌ها عمده تجاری (۱۳۹۸-۱۳۸۰)

شاخص	ایران	چین	آلمان	عراق	کره جنوبی	ترکیه	امارات متحده عربی
GDP درصد هزینه تحقیق و توسعه نسبت به	۰/۴۸۹	۱/۴۹۱	۲/۶۰۶	۰/۰۳۹	۳/۱۵۳	۰/۷۰۵	۰/۶۸۳
نسبت هزینه تحقیق و توسعه ایران به طرف‌های تجاری	۱	۳/۰۴۸	۵/۳۲۵	۰/۰۸۰	۶/۴۴۵	۱/۴۴۲	۱/۳۹۶
تعداد محققان تحقیق و توسعه در هر میلیون نفر	۷۲۱	۸۹۸	۳۷۶۳	۳۰۴	۴۷۰۶	۷۲۴	۲۰۰۳
GDP درصد تجارت نسبت به	۴۶/۶۰۹	۴۸/۶۷۶	۷۵/۸۹۸	۹۳/۴۴۳	۸۳/۱۲۸	۴۸/۴۵۳	۱۴۰/۹۵۸

and Teal 2003). از سوی دیگر واردات کالاهای مصرفی و کالاهایی که مشابه داخلی دارند، بر خلاف واردات نهاده‌ها، بر تولید و تولیدکنندگان محصولات داخلی اثر منفی دارد (Noroozi et al. 2018).

رفیعی و هاشمی دشتکی (Rafiee and Hashemi dashtaki 2021) در مطالعه‌ای به برآورد ارتباط واردات شکر با تولید چغندر قند در ایران طی سال‌های ۹۹-۱۳۸۰ با استفاده از الگو خودتوضیح برداری پرداختند. نتایج حاکی از آن است که تغییرات واردات شکر علت تغییرات تولید چغندر قند است. نتایج الگو خودتوضیح برداری نشان داد که در کوتاه‌مدت افزایش یک درصدی واردات شکر باعث کاهش ۰/۳۰ درصدی تولید چغندر قند می‌شود و نتایج الگوی بلندمدت حاکی از آن است که افزایش یک درصدی واردات شکر موجب کاهش ۰/۱۹ درصدی تولید چغندر قند خواهد شد. الهی و همکاران (Elahi et al. 2020) در مطالعه خود آثار بالقوه موافقتنامه تجاری بین ایران و اتحادیه اقتصادی اوراسیا بر بخش‌های صادراتی صنعت و کشاورزی را بررسی نمودند. در این راستا بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان از تأثیر مثبت متغیرهای میانگین تولید ناخالص داخلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با صادرات در بخش صنعت و کشاورزی از کشور ایران به کشورهای اوراسیا و نشان از تأثیر منفی

در برخی از مطالعات، نوآوری به‌عنوان دلیل اصلی رشد اقتصادی شناخته شده است. به‌طور مثال ورود تکنولوژی می‌تواند منجر به تخصیص مجدد ستاده و نهاده، منجر به تحول دانش اطلاعات و تأثیر بر انگیزه‌های نوآوری و تولید در شرکت‌های داخلی شود (Aghion et al. 2001; Sawada 2010; Kathuria 2010; Elmawazini 2011; Nakamura 2002; Damijan 2005).

مطابق با آنچه گفته شد می‌توان به مساله شکاف تکنولوژی در بخش کشاورزی با دیدی تازه نگاه کرد. به‌طوری‌که هنوز برخی مسائل در این زمینه وجود دارد. در واقع می‌توان این سوال را مطرح کرد که آیا شکاف تکنولوژی و در واقع یکی از شاخص‌های آن که تحقیق و توسعه است، منجر به تأثیرگذاری بر تجارت خواهد شد یا خیر؟ از این‌رو پاسخ به این سوال، مساله اصلی پژوهش است.

تجارت بین‌الملل، شبکه اطلاع‌رسانی گسترده و کارآمدی از تعاملات فردی را بوجود می‌آورد که در نهایت به تخصیص بهینه منابع اقتصادی و مطلوبیت‌های فردی می‌انجامد. مانند آنچه در نظام اقتصادی جوامع پیشرفته رخ داده که رقابت موجب تخصیص بهینه منابع گردیده است. همچنین، افزایش کارایی و بهره‌وری ناشی از گسترش تجارت خارجی، منفعت کل اجتماعی را افزایش می‌دهد و سبب بالا رفتن سطح زندگی مردم می‌شود (Soderbom)

متغیرهای جمعیت کل کشور، نرخ تعرفه و نرخ ارز واقعی با صادرات دارد.

نجفی و همکاران (Najafi et al. 2019) در مطالعه‌ای به برآورد تقاضای واردات شکر ایران با در نظر گرفتن دو کشور برزیل و امارات متحده عربی به عنوان عمده‌ترین صادرکننده‌های شکر به ایران با استفاده از روش همگرایی خودتوضیحی با وقفه‌های گسترده در دوره زمانی ۱۳۷۱-۱۳۹۵ پرداختند. نتایج برآورد بلندمدت نشان داد که یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی، میزان تقاضای واردات شکر را به میزان $4/73$ درصد افزایش می‌دهد و یک درصد افزایش در قیمت نسبی و نرخ ارز، میزان تقاضای واردات شکر را به میزان ۲۸ درصد کاهش می‌دهد. همچنین اگر میزان صادرات کشور برزیل یک واحد افزایش یابد میزان تقاضای واردات شکر ایران از کشور برزیل نسبت به امارات به میزان $0/8$ واحد افزایش می‌یابد. ضریب تصحیح خطا نیز در تابع تقاضای واردات شکر نشان می‌دهد که میزان $0/68$ درصد انحراف واردات شکر از مسیر بلندمدتش توسط متغیرهای الگو در دوره‌ی بعد تصحیح می‌شود. هندی‌زاد و همکاران (Hendizade et al. 2019) به رتبه‌بندی متغیرهای اقتصادی- اجتماعی مؤثر بر تجارت دوجانبه زعفران ایران و شرکای تجاری در دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۷ پرداختند. نتایج نشان داد متغیر حجم واردات، هزینه حمل و نقل و فاصله تأثیر منفی بر تجارت دوجانبه دارند.

در پژوهش دیگری عامل‌های مؤثر بر ارزش افزوده، تشکیل سرمایه ناخالص، صادرات و واردات بخش کشاورزی با استفاده از الگوی حداقل مربعات سه مرحله‌ای به صورت یک سیستم معادلات همزمان چهار معادله‌ای در دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۰ بررسی گردیدند (Norouzi et al. 2018). مطابق با نتایج مشاهده گردید، متغیرهای نسبت شاخص قیمت کالاهای وارداتی به کالاهای داخلی کشاورزی و نرخ ارز اثر منفی و معنی‌دار بر واردات

داشته‌اند. در حالی که متغیر وقفه مصرف محصولات کشاورزی و متغیر درآمد نفتی اثر مثبت و معنی‌دار و متغیرهای آزادسازی تجاری و حمایت از مصرف‌کننده اثر مثبت و غیر معنی‌دار از لحاظ آماری، بر واردات داشته‌اند (Noroozi et al. 2018).

فرزام و همکاران (Farzam et al. 2017) به بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت نرخ ارز بر تجارت دو جانبه بین ایران با شرکای اروپایی و آسیایی پرداختند. نتایج این مطالعه بیان نمود که نرخ ارز واقعی بر تراز تجاری در بلندمدت برای شرکای اروپایی و آسیایی در کل جهان معنی‌دار نیست. اما در کوتاه‌مدت، ضریب متغیر نرخ ارز واقعی برای هر دو گروه شرکای تجاری مورد بررسی مثبت و معنی‌دار شده است که دلالت بر بهبود تراز تجاری در کوتاه‌مدت توسط نرخ ارز واقعی است. در تحقیقی به بررسی اثرات تحقیق و توسعه (R&D) بر تجارت پرداخت (Shirmohammadi 2012). نتایج بیان‌گر رابطه مثبت و معنی‌دار بین افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه بر صادرات کشورهای OECD و عدم وجود رابطه معنی‌دار میان افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه بر صادرات کل کشورهای منتخب آسیایی بود. در حالی که هزینه‌های تحقیق و توسعه بر صادرات صنایع با فناوری برتر در این کشورها اثر مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین مبانی نظری مدل جاذبه مبنی بر رابطه عکس میان صادرات دو جانبه و فاصله جغرافیایی دو کشور تأیید شد (Shirmohammadi 2012). در پژوهشی با عنوان فناوری دیجیتال و اینکه آیا تعداد اشتراکات (اشتراک داده‌های سرانه) و کیفیت سرعت داده‌ها (پهنای باند برای هر اشتراک) مهم است؟ را انجام دادند. نتایج نشان داد که کیفیت داده‌ها و کمیت اشتراکات (خط تلفن ثابت، خط تلفن همراه و اینترنت) هر دو روی تجارت اثرگذارند. ضریب مربوط به کیفیت داده در کشورهای در حال توسعه و ضریب مرتبط با کمیت داده‌ها

الگوهای سری زمانی عقیده بر این است که ماهیت رفتاری متغیرها باید از درون خود مشاهدات به جای تأکید بر مبانی نظری (البته با توجه به نظریه‌ها و مبانی نظری) استنتاج شود. موفقیت این الگوها در تبیین و پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی، باعث گسترش کاربرد آنها شده است. ماهیت بررسی‌های اقتصادکلان به گونه‌ای است که اغلب نیازمند استفاده از داده‌های سری زمانی است. با توجه به تعدد الگوهای سری زمانی و اصول متفاوت در استفاده از هریک از این الگوها، شناخت منطق استفاده از هر کدام الگوها، به منظور استفاده صحیح از الگو، ضروری است. بدین سبب به منظور درک و شناخت دقیق الگوهای سری زمانی و زمان استفاده از آنها، در این پژوهش انتخاب الگوی تجربی بر مبنای روش فومبی (Fomby (1998 صورت می‌گیرد.

مهم‌ترین مرحله به منظور تبیین رابطه بین متغیرها، تعیین تعداد وقفه مناسب است. انتخاب وقفه در الگو باید به گونه‌ای صورت گیرد که از عدم وجود خود همبستگی بین جملات خطا و توزیع نرمال آن اطمینان حاصل نمود. برای تعیین تعداد وقفه مناسب ابتدا باید یک حداکثر وقفه برای آزمون در نظر گرفته شود و سپس با استفاده از آزمون نسبت راستنمایی (LR) و یا معیارهایی نظیر شوارتز (SC)، حنان-کوئین (HQC) و خطای پیش‌بینی نهایی (FPE) وقفه مناسب انتخاب شود. اما براساس نظر فیلپس و پلورگر (Ploberger and Phillips 1994) و همچنین ایوانو و کیلیان (Ivanov and Kilian 2005) معیار شوارتز به‌ویژه برای الگوهای با حجم نمونه کمتر از ۱۲۰ و یا در برآورد الگوی تصحیح خطای برداری (VECM)، مناسب‌تر است.

برای شناسایی و برآورد ارتباط بلندمدت بین متغیرها، با پیروی از جوهانسون و جوسیلیوس (Johansen and Juselius)، ابتدا یک الگوی VAR ساده به صورت رابطه ۱ فرض می‌شود:

$$x_t = c + \sum_{i=1}^p A_i x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن، $x_t = (x_1, x_2, x_3, x_4)'$ برداری $n \times r$ از متغیرهای

در کشورهای توسعه‌یافته دارای اهمیت بالایی است (Abeliansky and Hilbert 2017).

در این مطالعه، با استفاده از مطالعات و نظریه‌های تجاری که اشاره گردید، متغیرهای قیمت کالای وارداتی، قیمت دخی کالا، تولید ناخالص داخلی، درآمدهای نفتی به عنوان مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر واردات شکر شناسایی شدند. همچنین بودجه تحقیق و توسعه به عنوان نوآوری به منظور بررسی نقش تحقیق و توسعه بر واردات محصول شکر وارد الگو شد. با توجه به آنچه شرح آن گذشت، در این پژوهش، تأثیر مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر واردات شکر با تأکید ویژه بر نقش بودجه‌های تحقیق و توسعه مورد سنجش قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به اهداف پژوهش، لازم است ابتدا الگوی اقتصادسنجی بر مبنای نظریه‌های اقتصادی و پژوهش‌های صورت پذیرفته، برای تعیین عوامل مؤثر بر واردات شکر، تصریح شود. از آنجا که متغیرهای مؤثر بر واردات شکر ممکن است با وقفه زمانی بر آن تأثیرگذار شوند و یا تحت تأثیر خود واردات شکر قرار گیرند، استفاده از الگوهای سری زمانی چند متغیره برای تعیین عوامل مؤثر بر آن مناسب به نظر می‌رسد. زیرا در این الگوها فرض بر این است که یک متغیر نمی‌تواند تنها توسط گذشته خود توضیح داده شود و اطلاعات دیگری نیز وجود دارد که در توضیح رفتار متغیر مورد نظر مؤثر است.

به منظور تبیین رابطه بین متغیرها، لازم است الگوهای موجود و زمان استفاده از این الگوها را بررسی نمود. به طور کلی الگوهای اقتصادسنجی به دو گروه کلی ساختاری و غیرساختاری تقسیم می‌شوند. از آنجا که الگوهای ساختاری بر مبنای نظریه‌های اقتصادی شکل می‌گیرد، از نظر تحلیلی مناسب هستند؛ با این وجود، استفاده از این الگوها با محدودیت‌هایی همراه است. در مقابل، در

$$\begin{aligned}\Gamma_i &= -\left(I - \sum_{i=1}^{k-1} A_i\right) \\ \Omega &= -\left(I - \sum_{i=1}^k A_i\right) \quad \text{که در رابطه ۳:} \\ \Omega &= \alpha\beta'\end{aligned}$$

همچنین، فرم کلی دیگری از رابطه ۱ به صورت رابطه ۴ می باشد (Johansen and Juselius 1990):

$$\begin{aligned}\Delta x_t &= c + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i^* \Delta x_{t-i} + \Omega x_{t-1} + \varepsilon_t \\ \Gamma_i^* &= -\left(\sum_{i=1}^{k-1} A_{i+1}\right) \\ \Omega &= -\left(I - \sum_{i=1}^{k-1} A_i\right) \\ \Omega &= \alpha\beta'\end{aligned} \quad (۴)$$

چنانچه رتبه ماتریس فوق برابر r و $r < n$ باشد (r تعداد بردار همگراست) که در آن، صورت ماتریس Ω که همان ماتریس تأثیر می باشد و معمولاً به صورت $\Omega = \alpha\beta'$ است که α و β ماتریس $n \times r$ می باشد. همچنین Δ تفاضل مرتبه اول عملگر را نشان می دهد. β ماتریس حاوی پارامترهای بلند مدت همگرایی و α ماتریس حاوی بردارهای تصحیح خطاست.

دو آزمون برای تعیین تعداد بردارهای هم انباشته کننده به نام های آزمون تریس (Trace) و آزمون حداکثر ریشه های مشخص وجود دارد. این آزمون ها به صورت روابط ۵ و ۶ تعریف شده اند (Johansen and Juselius 1990):

$$\lambda_{Trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (۵)$$

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (۶)$$

که $\hat{\lambda}_i$ نشان دهنده ارزش تخمین زده شده از ریشه های مشخص، T تعداد مشاهدات قابل استفاده و r تعداد بردار هم انباشته کننده متمایز می باشد. در آزمون تریس (Trace)، فرض صفر این است که حداکثر r بردار هم انباشته کننده وجود دارد. این فرض بر علیه آلترناتیوهای عمومی آزمون شده است. به همین ترتیب در آزمون حداکثر ریشه های مشخص، فرض صفر ($r=0$) بر علیه فرض دیگر

ناایستا و P تعداد وقفه می باشد که باید با بردار همگرایی β که یک بردار $n \times r$ است و پارامترهای بلند مدت همگرایی هستند، هم جمع باشند. همچنین A_i یک ماتریس $n \times n$ از پارامترهای مدل و ε_t نیز یک بردار $n \times r$ از اجزاء اخلاص الگو است. شرط لازم برای وجود ارتباط بلند مدت و هم جمعی بین متغیرها، برابر بودن مرتبه ایستایی آنهاست. در سیستم فوق، n تعداد متغیرهای مدل، T تعداد مشاهدات و r تعداد بردارهای هم جمعی می باشد.

برای بررسی مرتبه ایستایی متغیرهای مدل نیز از آزمون های ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته Augmented Dickey-Fuller (ADF) و فیلیپس-پرون (Phillips-Perron) استفاده می شود. به منظور بررسی وجود تعدیلات پویای بلند مدت، می توان مدل کوتاه مدت VAR را به یک مدل بلند مدت VECM تبدیل نمود. در الگو های تصحیح خطای برداری (VECM)، تغییرات یک متغیر به تغییرات دوره قبل تمامی متغیرهای موجود در الگو و به انحراف های آن متغیر از مقادیر تعادلی بلند مدت آن وابسته می باشد. بر همین اساس، در این الگو واکنش کوتاه مدت و بلند مدت متغیر وابسته به متغیرهای مستقل و پیوند رابطه های کوتاه مدت به بلند مدت قابل بررسی است.

بدین منظور یک عبارت x_{t-1} از طرفین رابطه ۲ کم می گردد: (۲)

$$\begin{aligned}\Delta x_t &= c + (A_1 - I)x_{t-1} + \dots + A_k x_{t-k} + \varepsilon_t = \\ &= c + (A_1 - I)x_{t-1} - (A_1 - I)x_{t-2} \\ &+ (A_1 - I)x_{t-2} + A_2 x_{t-2} + \dots + A_k x_{t-k} + \varepsilon_t \\ &= c + \underbrace{(A_1 - I)x_{t-1} - (A_1 - I)x_{t-2}}_{\Delta x_{t-1}} + (A_1 - I)x_{t-2} + A_2 x_{t-2} \\ &+ \dots + A_k x_{t-k} + \varepsilon_t \\ &= c + \underbrace{(A_1 - I)\Delta x_{t-1}}_{\Delta x_{t-1}} + (A_1 + A_2 - I)\Delta x_{t-2} + \dots + A_k x_{t-k} + \varepsilon_t\end{aligned}$$

رابطه (۲) را می توان به صورت خلاصه شده و در قالب رابطه ۳ نوشت (Johansen and Juselius 1990):

$$\Delta x_t = c + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta x_{t-i} + \Omega x_{t-k} + \varepsilon_t \quad (۳)$$

قابل یادآوری که به منظور کامل‌تر شدن مدل مورد بررسی، متغیرهای نرخ ارز، بارندگی و بودجه تحقیق و توسعه به‌عنوان عواملی که واردات شکر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به صورت متغیرهای برون‌زا در مدل وارد شدند. لذا در این پژوهش، متغیر LSUGIM میزان واردات شکر، متغیر LOIL لگاریتم درآمدهای نفتی، LSGRBT میزان تولید چغندر قند در کشور، EXCH نرخ ارز، R&D بودجه تحقیق و توسعه، LPDM لگاریتم نسبت قیمت شکر داخلی به قیمت شکر وارداتی و LRAIN لگاریتم بارندگی سالانه را نشان می‌دهد (Zarzoso and Ramos 2005; Zeraatpishe 2015).

نتایج و بحث

بررسی ایستایی متغیرهای مورد نظر در جدول ۲ نشان می‌دهد که هر هفت متغیر با یک‌بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند که برای اطمینان از نتایج بررسی‌ها، از دو آماره‌ی ADF و PP استفاده شده است.

جدول ۲ بررسی مانایی متغیرهای الگوی واردات شکر

متغیر	تفاضل مرتبه اول								ایستایی درجه
	سطح				سطح				
	ADF		PP		ADF		PP		
	محاسباتی	معنی‌داری	محاسباتی	معنی‌داری	محاسباتی	معنی‌داری	محاسباتی	معنی‌داری	
LSUGIM	-۳/۱۸	۰/۱۱	-۳/۲۱	۰/۱۱	-۶/۸۲	۰/۰۰	-۶/۸۲	۰/۰۰	1)(I
LOIL	-۲/۳۴	۰/۱۷	۰/۶۶	۰/۸۵	-۲/۷۴	۰/۰۰	-۲/۶۷	۰/۰۱	1)(I
LSGRBT	-۰/۷۸	۰/۹۴	-۱/۸۲	۰/۶۵	-۶/۵۳	۰/۰۰	-۸/۳۶	۰/۰۰	1)(I
EXCH	-۲/۱۶	۰/۴۷	-۱/۰۲	۲۶	-۲/۸۲	۰/۰۰	-۲/۸۵	۰/۰۰	1)(I
R&D	-۲/۳۰	۰/۱۸	-۲/۱۰	۰/۲۴	-۵/۹	۰/۰۰	-۷/۳۹	۰/۰۰	1)(I
LRAIN	-۰/۱۷	۰/۶۰	-۰/۲۲	۰/۵۹	-۷/۷۰	۰/۰۰	-۸/۳۲	۰/۰۰	1)(I
LPDM	-۲/۲۷	۰/۱۹	-۲/۳۳	۰/۱۷	-۳/۶۹	۰/۰۱	-۳/۵۷	۰/۰۱	1)(I

۳ ارائه شده است. براین اساس آماره‌های LR، FPE، SBC و HQC در وقفه اول دارای کمترین ارزش می‌باشند که نشان‌دهنده‌ی وقفه یک به‌عنوان مقدار وقفه بهینه به‌منظور بررسی رابطه بلندمدت است.

($r=1$) آزمون شده است و به همین ترتیب، می‌توان به صورت ($H_0: r=1$) بر علیه ($H_1: r=2$) و الی آخر این روند را ادامه داد تا تعداد بردار هم انباشته در صورت وجود تایید گردد.

با توجه به بررسی ادبیات موضوع مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر واردات شکر استخراج گردیدند که عبارتند از: قیمت شکر وارداتی، قیمت شکر در داخل، درآمدهای نفتی، تولید چغندر قند در داخل کشور، نرخ ارز، بارندگی و بودجه تحقیق و توسعه. با توجه به تأثیر تولید چغندر قند در کشور، درآمدهای نفتی و نسبت قیمت شکر داخلی به قیمت شکر وارداتی و تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم این متغیرها بر واردات شکر این متغیرها به صورت درون‌زا و سایر متغیرها برون‌زا فرض شده‌اند. اطلاعات مورد نیاز مربوط به دوره‌ی زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۱ از بانک جهانی، وزارت جهاد کشاورزی، سایت‌های Trade Map و فائو استخراج گردیدند. به‌منظور بررسی ارتباط تولید چغندر قند، درآمدهای نفتی، نسبت قیمت شکر داخلی به قیمت شکر وارداتی و واردات شکر، ابتدا و ضعیف مانایی متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین

با توجه به درجه مانایی متغیرهای مورد بررسی، وجود رابطه بلندمدت امکان‌پذیر می‌باشد که نیازمند بررسی و آزمون است. به همین منظور، در مرحله بعد با استفاده از یک مدل VAR با یک تعداد وقفه اولیه، تعداد وقفه بهینه با استفاده از آماره‌های مختلف تعیین می‌گردد. نتایج حاصل از تعیین وقفه بهینه در جدول

جدول ۳ تعیین تعداد وقفه‌ی بهینه با استفاده از مدل VAR

تعداد وقفه	LogL	LR	FPE	AIC	SBC	HQC
۰	۱۳۸/۹۶	-	$-10e4/96x$	-۱۰/۰۷	-۹/۶۹	-۹/۰۹
۱	۲۸۱/۲۳	۲۱۸/۲۳*	$-14e3/10x$	-۱۹/۷۹	-۱۸/۶۳*	-۱۹/۴۵*
۲	۲۹۴/۳۶	۱۶/۱۵	$-14e4/42x$	-۱۹/۵۶	-۱۷/۶۳	-۱۹/۰۱
۳	۳۱۷/۹۵	۲۱/۷۸	$-14e3/47x$	-۲۰/۱۵*	-۱۷/۴۴	-۱۹/۳۷

به دست آمده از مدل بلندمدت برآوردی، لازم است تا ویژگی‌های اقتصادسنجی مدل به منظور تأیید خوبی برازش بررسی گردد در جدول ۴، وضعیت خودهمبستگی بررسی و براساس هر دو آماره‌ی Q ، فرض صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی سریالی رد نمی‌شود و به همین دلیل پارامترها قابل اطمینان هستند.

جدول ۴ بررسی خودهمبستگی سریالی مدل برآورد شده‌ی VECM

وقفه	آماره Q	سطح معنی‌داری	آماره Q تعدیل شده	سطح معنی‌داری	درجه آزادی
۱	۳۳/۸۳	۰/۶۹	۲۵/۳۲	۰/۶۱	۲۸
۲	۴۵/۹۷	۰/۳۹	۵۰/۴۱	۰/۲۳	۴۴
۳	۵۸/۸۲	۰/۵۱	۶۶/۰۲	۰/۲۷	۶۰
۴	۷۰/۷۳	۰/۶۴	۸۱/۵۹	۰/۳۰	۷۶
۵	۸۱/۱۳	۰/۷۸	۹۶/۳۲	۰/۳۵	۹۲
۶	۹۲/۵۱	۰/۸۵	۱۱۳/۹۱	۰/۳۲	۱۰۸
۷	۱۰۳/۳۵	۰/۹۱	۱۳۲/۳۳	۰/۲۸	۱۲۴
۸	۱۰۷/۷۳	۰/۹۸	۱۴۰/۶۰	۰/۴۶	۱۴۰
۹	۱۱۷/۸۳	۰/۹۹	۱۶۲/۰۸	۰/۳۵	۱۵۶
۱۰	۱۲۲/۲۶	۰/۹۹	۱۷۲/۸۳	۰/۴۶	۱۷۲
۱۱	۱۳۱/۱۸	۰/۹۹	۱۹۸/۱۱	۰/۲۹	۱۸۸
۱۲	۱۳۵/۷۴	۰/۹۹	۲۱۳/۶۲	۰/۳۰	۲۰۴

در جدول ۵ نتایج بررسی وضعیت واریانس ناهمسانی مشاهده می‌گردد. نتایج نشان داد که براساس هر دو آماره‌ی F و χ^2 فرض صفر مبنی بر عدم وجود واریانس ناهمسانی رد نمی‌گردد و بدین دلیل پارامترهای الگو، مورد اعتماد هستند. پس از بررسی وضعیت خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی، نرمال بودن اجزای اخلال الگو آزمون شد. بدین منظور از آماره چولسکی (Cholesky of Covariance (Lutkepohl)) که بر مبنای آماره جاکو-برا (Jarque-Bera) است، استفاده شد.

در ادامه و با توجه به وقفه بهینه تعیین شده در مرحله‌ی قبل، از مدل جوهانسون-جوسیلوس به منظور تحلیل هم‌انباشتگی برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها استفاده می‌شود. نتایج حاصل از بررسی آزمون هم‌انباشتگی با استفاده از هر دو آماره‌ی λ_{Trace} و λ_{Max} نشان داد که همه حالات پنج‌گانه، دو رابطه بلندمدت را نشان می‌دهد که بنابر آزمون‌های برازش که در ادامه ارائه می‌شود، حالت اول (بدون عرض از مبدا و روند) به عنوان پایه موردنظر به منظور برآورد رابطه بلندمدت استفاده شد.

نتایج حاصل از بررسی آماره‌های هم‌انباشتگی براساس آماره‌ی λ_{Trace} ، در حالت فرض صفر عدم وجود رابطه بلندمدت، مقدار محاسباتی آن از آماره بحرانی بیشتر بوده و لذا فرض صفر رد و امکان وجود رابطه بلندمدت به تعداد یک و بیشتر وجود دارد. در مرحله دوم و با فرض صفر حداکثر یک رابطه بلندمدت، مقدار آماره محاسباتی ۱۹/۳۹ می‌باشد که از مقدار بحرانی آن (۲۴/۲۷) کمتر می‌باشد و لذا فرض صفر قبول و وجود حداکثر یک رابطه بلندمدت تأیید می‌گردد. بررسی آماره λ_{Max} نیز در فرض صفر وجود حداکثر یک رابطه بلندمدت دارای مقدار آماره محاسباتی (۱۵/۰۱) کمتر از مقدار بحرانی آن (۱۷/۷۹) می‌باشد.

در ادامه و بعد از بررسی وجود هم‌انباشتگی بین متغیرها و تعیین نوع و درجه آن، اقدام به برآورد رابطه بلندمدت بین تولید چغندر قند، درآمدهای نفتی، نسبت قیمت شکر داخلی به قیمت شکر وارداتی و واردات شکر می‌شود. قبل از تحلیل پارامترهای

وقفه	R-Squared	F	سطح معنی داری	آماره کای دو	سطح معنی داری
<i>Resid1*Resid1</i>	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۹۲	۴/۳۲	۰/۸۲
<i>Resid2*Resid2</i>	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۸۱	۵/۷۹	۰/۶۷
<i>Resid3*Resid3</i>	۰/۵۶	۱/۲۹	۰/۳۶	۹/۵۹	۰/۲۹
<i>Resid4*Resid4</i>	۰/۳۰	۰/۴۳	۰/۸۷	۹/۱۵	۰/۷۴
<i>Resid2*Resid1</i>	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۹۹	۱/۸۶	۰/۹۸
<i>Resid3*Resid1</i>	۰/۳۷	۰/۶۱	۰/۷۴	۶/۴۵	۰/۵۹
<i>Resid3*Resid2</i>	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۹۷	۳/۳۴	۰/۹۱
<i>Resid4*Resid1</i>	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۹۷	۲/۹۹	۰/۹۳
<i>Resid4*Resid2</i>	۰/۴۴	۰/۸۱	۰/۶۱	۷/۶۰	۰/۴۷
<i>Resid4*Resid3</i>	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۸۹	۴/۷۵	۰/۷۸
				۸۴/۳۲	۰/۳۵

براساس نتایج، مقدار آماره‌ی جاکو-برا در حالت کلی، $۰/۰۴$ شده است که معنی‌دار نبوده (آماره احتمال برابر با $۰/۳۳$ است) و در نتیجه فرض صفر نرمال بودن جملات پسماند الگو رد نمی‌شود. از این‌رو، معنی‌داری و سطوح احتمال پارامترهای الگو قابل اعتماد می‌باشد.

جدول ۶ نتایج برآورد رابطه بلندمدت واردات شکر با استفاده از روش VECM

متغیر	مقدار پارامتر	انحراف معیار	آماره t
وقفه اول تولید چغندر قند	$-۳/۴۵^{***}$	۱/۷۳	-۱/۹۹
وقفه اول درآمد‌های نفتی	$-۶^{***}۳/۴۹$	۷۷/۶	۴/۶۰
وقفه اول نسبت قیمت شکر داخلی به قیمت شکر وارداتی	$-۱/۱۶^{***}$	۰/۲۰	-۵/۶۲
ضریب تصحیح خطا	$-۰/۳۱^{***}$	۰/۱۴	-۲/۱۷
نرخ ارز	$-۴/۶۵^{***}$	۵۲/۴	-۱/۹۳
لگاریتم متوسط بارندگی	$-۱/۹۳^{**}$	۱/۰۴	-۱/۸۵
بودجه تحقیقات و توسعه	$-۹/۲۲^{***}$	۸۵/۵	-۱/۶۹

*** و *** به ترتیب نیاز گر معنی داری در سطح پنج و یک درصد می باشند.

نتایج برآورد توابع عکس‌العمل آنی (Impulse Response function, IRF) در جدول ۸ گزارش شده است. در این جدول عکس‌العمل واردات شکر نسبت به یک انحراف معیار تکانه در متغیرهای تولید چغندر قند، درآمدهای نفتی و نسبت قیمت شکر وارداتی به قیمت داخلی شکر طی ۱۰ دوره دیده می‌شود. ستون اول جدول اثر تغییرات واردات شکر (به اندازه یک انحراف معیار) بر خود واردات شکر را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر اگر واردات شکر به اندازه یک انحراف معیار افزایش یابد، در همان دوره (دوره اول) تمامی شوک توسط خود واردات شکر توضیح داده می‌شود. این اثر با گذشت دوره‌های بعد کاهش می‌یابد، به طوری که در دوره دوم به ۰/۶۹۰۹ درصد رسیده و با گذشت ۱۰ دوره به ۰/۵۸۷۳ درصد خواهد رسید. جدول ۸ اثر تکانه وارده بر واردات را از طرف متغیر تولید چغندر قند در کشور، نشان می‌دهد. بر اساس ارقام این ستون، اگر این نسبت به اندازه یک انحراف معیار افزایش یابد، در همان دوره اول بر واردات شکر تأثیری ندارد ولی در دوره بعد به ۰/۲۲۶۷ درصد واردات شکر را کاهش می‌دهد. در دوره‌های بعد نیز به همین ترتیب افزایش تولید چغندر قند باعث کاهش واردات شکر می‌شود و در نهایت بعد از ۱۰ دوره، باعث کاهش ۰/۲۵۵۲ درصدی در واردات شکر می‌گردد. ستون سوم اثر تکانه وارده بر واردات شکر را از طرف درآمدهای نفتی نشان می‌دهد. بر اساس ارقام این ستون، اگر این نسبت به اندازه یک انحراف معیار افزایش یابد، در همان دوره اول بر واردات شکر تأثیری ندارد ولی در دوره بعد به $-۱/۰۸e^{-۶}$ درصد واردات شکر را افزایش می‌دهد. پس از ده دوره بعد به $-۱/۶۲e^{-۶}$ درصد این میزان تأثیرگذاری افزایش می‌یابد. ستون چهارم اثر تکانه وارده بر واردات شکر را از طرف متغیر نسبت قیمت شکر داخلی به قیمت وارداتی شکر در بخش کشاورزی نشان می‌دهد. بر اساس ارقام این ستون، اگر این نسبت به اندازه یک انحراف معیار افزایش یابد، در همان دوره اول بر

ضریب متغیر ECM سرعت تعدیل الگوی پویای کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت را نشان می‌دهد. ضریب تصحیح خطا، سرعت تأثیرگذاری متغیرهای مدل بر واردات شکر را نشان می‌دهد که مطابق با نتایج ۰/۳۱- برآورد گردیده است. به عبارت دیگر نشان‌دهنده آن است که در هر دوره، ۳۱ درصد از خطای عدم تعادل از بین خواهد رفت. تعدیل کامل نتایج حاصل از یک تکانه بیش از سه سال زمان خواهد برد.

جدول ۷ تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی متغیر واردات شکر را نشان می‌دهد. در این جدول اثرات شوک وارد به متغیرهای سیستم در دوره اول و همچنین پس از ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دوره گزارش شده است. همان‌طور که دیده می‌شود در دوره اول پیش‌بینی کل نوسان‌های متغیر واردات شکر توسط شوک مربوط به خود متغیر واردات شکر توضیح داده می‌شود که این نسبت در دوره‌های بعد کاهش و سهم شوک‌های متغیرهای دیگر افزایش می‌یابد. به طوری که نوسان‌های درآمدهای نفتی بیشترین توضیح‌دهندگی را در مورد نوسان‌های متغیر واردات شکر خواهد داشت. همچنین در طول دوره سهم متغیر تولید چغندر قند در توضیح نوسان‌های واردات شکر افزایش می‌یابد. مطابق با جدول ۷، پس از ۳۰ دوره، متغیرهای درآمدهای نفتی و تولید چغندر قند، به ترتیب ۶/۱۸۸۳ و ۲/۵۲۴۲ درصد نوسان‌های واردات شکر را توضیح می‌دهند. همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، این نتیجه نشان‌دهنده این است که نوسان‌های درآمدهای نفتی، بیشترین توضیح‌دهندگی را برای نوسان‌های واردات شکر دارا است.

جدول ۷ تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی متغیر واردات شکر (درصد)

دوره	لگاریتم واردات شکر	لگاریتم تولید چغندر قند	درآمدهای نفتی	لگاریتم نسبت قیمت داخلی به وارداتی
۱	۱۰۰	۰	۰	۰
۵	۹۳/۲۱۵۹	۰/۶۱۷۳	۴/۳۸۰۲	۱/۷۸۶۵
۱۰	۹۱/۵۰۵۹	۰/۷۷۲۹	۵/۴۸۴۳	۲/۲۳۶۹
۲۰	۹۰/۶۸۲۸	۰/۸۴۷۸	۶/۰۱۵۷	۲/۴۵۳۶
۳۰	۹۰/۴۱۴۶	۰/۸۷۲۲	۶/۱۸۸۳	۲/۵۲۴۲

فرآیند بازاریابی و افزایش کمیت حمایت از تولیدکنندگان داخلی، در اولویت سیاست‌های بخش کشاورزی کشور قرار گیرد.

قیمت‌نسبی (قیمت شکر داخلی به قیمت شکر وارداتی) به‌عنوان یکی از ابزارهای مناسب کنترل واردات است که می‌توان با سیاست‌گذاری مناسب قیمت وارداتی شکر، از واردات بیش از اندازه آن جلوگیری نمود. با توجه به وضعیت نامطلوب اقتصاد ایران به خصوص در سال‌های اخیر، افزایش نرخ ارز سبب کاهش برخی از کالاهای وارداتی گردیده که از طریق قیمت نسبی بر واردات مؤثر بوده است. پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های مشخصی به منظور کنترل نرخ ارز برای مدیریت واردات محصولات کشاورزی و جلوگیری از واردات بی‌رویه این کالا اعمال گردد تا به پیکره تولید داخلی کشور، ضربات جبران ناپذیری وارد نشود. همچنین با توجه افزایش نرخ ارز در سال‌های اخیر، اتخاذ سیاست‌های مناسب به منظور پیشگیری از بروز قاچاق چغندر قند و نیشکر و یا قند و شکر ضروری است.

همچنین، با توجه به اثرگذاری منفی تحقیق و توسعه بر واردات شکر، اعمال سیاست‌هایی به منظور کاهش هزینه تولید و افزایش بهره‌وری تولیدکنندگان بخش کشاورزی، از طریق بهبود شرایط فنی و تکنولوژیکی، تقویت و توسعه مکانیزاسیون کشاورزی و اعطای تسهیلات بانکی لازم به کشاورزان به منظور تهیه امکانات تکنولوژی می‌توان واردات را کنترل نمود. افزایش استفاده از تکنولوژی در جهت تولید محصولات کشاورزی، از طریق بهبود بهره‌وری، به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم به بهبود تولید چغندر قند و در نتیجه تولید قند و شکر کمک کرده که در نهایت دارای اثرات مثبتی بر وضعیت تولیدات داخلی و امنیت غذایی کشور خواهد بود. از سوی دیگر، لازم است تا سیاست‌های تشویقی و حمایتی در حمایت از بخش کشاورزی صورت گیرد که یکی از مهم‌ترین مباحث در این بخش، صنایع تبدیلی و فرآوری به‌منظور

واردات شکر تأثیری ندارد ولی در دوره بعد ۳۵۸۵/۰ درصد واردات را کاهش می‌دهد. پس از دوره‌های بعد اثر تکانه وارده بر واردات از طرف متغیر نسبت قیمت شکر داخلی به وارداتی کاهش ۵۳۹۳/۰ درصدی واردات شکر می‌گردد. همان‌طور که در جدول‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌گردد، واردات شکر در توضیح دادن نوسان‌ها و تکانه‌های وارده بر واردات شکر بیشترین سهم را دارا است، که به نوعی بیانگر تأیید نظریه انتظارات مصرفی در ایران در دوره مورد مطالعه است.

جدول ۸ توابع عکس‌العمل آنی (واکنش واردات شکر نسبت به کنش در دیگر متغیرها)

دوره	لگاریتم واردات شکر	لگاریتم تولید چغندر قند	درآمدهای نفتی	لگاریتم نسبت قیمت داخلی به وارداتی
۱	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
۲	۰/۶۹۰۹	-۰/۲۲۶۷	-۰/۰۸	-۰/۳۵۸۵
۳	۰/۵۸۷۳	-۰/۲۵۲۰	-۰/۴۴	-۰/۴۷۸۷
۴	۰/۵۵۲۶	-۰/۲۵۴۹	-۰/۵۶	-۰/۵۱۹۰
۵	۰/۵۴۰۹	-۰/۲۵۵۲	-۰/۶۰	-۰/۵۳۲۵
۶	۰/۵۳۷۰	-۰/۲۵۵۲	-۰/۶۲	-۰/۵۳۷۰
۷	۰/۵۳۵۷	-۰/۲۵۵۲	-۰/۶۲	-۰/۵۳۵۸
۸	۰/۵۳۵۳	-۰/۲۵۵۲	-۰/۶۲	-۰/۵۳۹۰
۹	۰/۵۳۵۲	-۰/۲۵۵۲	-۰/۶۲	-۰/۵۳۹۲
۱۰	۰/۵۳۵۱	-۰/۲۵۵۲	-۰/۶۲	-۰/۵۳۹۳

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون کالاهای کشاورزی و اهمیت واردات به‌عنوان یکی از ابزارهای تنظیم بازار و مدیریت تقاضای مصرف‌کنندگان کشور، در مطالعه حاضر، عوامل مؤثر بر واردات شکر مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به اثر منفی متغیر تولید چغندر قند بر واردات شکر، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های خودکفایی محصولات موردنظر از طریق بهبود تکنولوژی تولید و استفاده از بذرهای اصلاح شده و پربازده، بهبود

مانند تعرفه بر واردات محصولات کشاورزی و مواد غذایی، تأثیر به‌سزایی در کاهش واردات دارد و می‌تواند از وارد شدن ضرر به تولید داخلی از طریق واردات گردد. و همین‌طور تحقیق و توسعه بر واردات شکر اثر منفی دارد. تحقیق و توسعه از طریق تولید بذر و نهال اصلاح شده، سیستم‌های آبیاری مدرن‌تر و سازگارتر، کود و سم جدید، مکانیزاسیون و ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت موجب افزایش بهره‌وری و کارایی شده و در نهایت باعث کاهش و کنترل واردات می‌گردد.

تولید شکر و محصولات جانبی می‌باشد که افزایش تولید و درآمد تولیدکنندگان را به دنبال دارد. نظر به اثر منفی تولید چغندر قند بر واردات شکر و همچنین افزایش سهم عوامل تولید (خانوارها که صاحبان سرمایه و نیروی کار هستند)، دولت با اعمال سیاست‌های حمایتی مناسب و کارآمد از بخش کشاورزی همانند تکمیل زیرساخت‌های بخش کشاورزی، هدفمند کردن و تزریق بهینه یارانه‌ها، مدیریت بهینه منابع مالی از خروج سرمایه از این بخش پیشگیری کرده و افزایش سرمایه‌گذاری را موجب گردد. موانعی

References:

منابع مورد استفاده:

- Abeliansky AL, Hilbert M. Digital technology and international trade: Is it the quantity of subscriptions or the quality of data speed that matters? Telecommunications Policy. 2017; 41(1): 35-48.
- Aghion Ph, Blundell R, Griffith R, Howitt P, Prantl S. The effects of entry on incumbent innovation and productivity. The review of economics and statistics. 2009; 91(1): 20-32.
- Aghion Ph, Christopher H, Howitt P, Vickers J. Competition, imitation and growth with step-by-step innovation. Review of Economic Studies. 2001; 68(3): 467-492.
- Anonymous. Iran sugar statistic. Iranian Sugar Factories Syndicate website (www.isfs.ir); 2020.
- Azerbaijani K, Taybi SK, Safadgiri H. The effect of EU and US economic sanctions on bilateral trade between Iran and its major trading partners: Application of the gravity model. Economic Research. 2015; 50 (3): 539-562.
- Bernard AB, Jensen JB, Lawrence RZ. Exporters, jobs, and wages in US manufacturing: 1976-1987. Brookings Papers on Economic Activity. Microeconomics. 1995; 67-119.
- Brodzicki T, Sledziewska K. The role of technology gap in the trade of Poland: Panel estimation in the gravity framework. International Business and Global Economy. 2016; 35(1): 325-341.
- Brodzicki T. The role of technology gap in the trade of Poland. Panel estimation in the gravity framework. Collegium of Economic Analysis Annals. 2016; 41: 127-144.
- Brodzicki T, Kwiatkowski J. An empirical investigation into the role of technology gap in the trade relations of the EU member states. Entrepreneurial Business and Economics Review. 2018; 6(2), 111-135.
- Damijan JP, Knell K. How important is trade and foreign ownership in closing the technology gap? Evidence from Estonia and Slovenia. Review of World Economics. 2005; 141 (2): 271- 295.

- Elahi M, Masoomzadeh A, Kiahosseini SD, Arabi SH. Investigating the potential effects of the trade agreement between Iran and the Eurasian Economic Union on the export sectors of industry and agriculture; An Approach to the Attraction Model. *Economic Growth and Development Research*. 2020; 10 (40): 1-23. (in Persian with English abstract)
- Elmawazini Kh. Economic globalization and the technology gap between nations. *The Atlantic Economic Journal*. 2011; 39:97-98.
- Farzam H, Ansari H, Mahmoudi Z. Investigating the short-term and long-term effects of the exchange rate on bilateral trade between Iran and European and Asian partners. *Financial and Economic Policy Quarterly*. 2017; 5 (19): 81-103. (in Persian with English abstract)
- Fomby T. How to model multivariate time series data. Department of Economics, Southern Methodist University Dallas, USA. 1998.
- Gilanpour A, Pakravan M, Taheri Rikandeh A. Analysis of the structure of Iran's agricultural imports with emphasis on exchange rate instability (application of EGARCH and VECM methods). *Iranian Agricultural Economics and Development Research*. 2016; 47 (4), 785-804. (in Persian with English abstract)
- Guillochon B. The economic approach to bilateralism and multilateralism in international trade between bilateral and multilateral, AID (Association of International Economic Law) ed., Brussels, Editions Larcier. 2010.
- Hamdi Holasoo F, Saremirad A, Khosravani S, Hajisoltani M. Annual Report of Sugar Beet Seed Institute. Chapter 2. No. 61166; 2022. (in Persian)
- Hendizadeh H, Karbasi AR, Mohtashami T, Sahabi H. Ranking of socio-economic variables affecting the bilateral trade of Iranian saffron and trading partners, *Saffron Research*. 2019; 7 (1):67-55. (in Persian with English abstract)
- Ivanov V, Kilian L. A practitioner's guide to lag order selection for VAR impulse response analysis, *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*. 2005; 9(1): 1-36.
- Jani S. Analysis and study of the effect of market structure on technology gap in Iranian factories. *Quarterly Journal of Economic Research and Policy*. 2015; 23 (76): 7-32.
- Johansen S, Juselius K. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 1990; 52: 169-210.
- Kathuria V. Does the technology gap influence spillovers? A post-liberalization analysis of Indian manufacturing industries. *Oxford Development Studies*. 2010; 38(2): 145- 170.
- Kazemnejad M. Economic analysis of the relationship between exchange rate and sugar prices and its effect on sugar beet production. *Journal of Sugar Beet*. 2021; 36(2) 213- 222.

- Malikane C, Chitambara P. Foreign direct investment, productivity and the technology gap in African economies. *Journal of African Trade*. 2017; 4(1-2). 61-74.
- Najafi P, Fehrest Sani M, Bostan Y, Fattahi Ardakani A. Estimation of Iran's sugar import demand function (ARDL approach). *Journal of Sugar Beet*, 2019; 35 (2). (in Persian with English abstract)
- Nakamura T. Foreign investment, technology transfer, and the technology gap: A Note. *Review of Development Economics*. 2002; 6(1):39–47.
- Norouzi H, Hossein SS, Ansari V. Investigating the effects of macroeconomic variables and support policy on the growth of the agricultural sector in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*. 2018. 49(4): 587-605. (in Persian with English abstract)
- Oliveira PRS, Silveira JMFD, Bullock DS. Innovation in GMOs, technological gap, demand lag, and trade. *Agribusiness*. 2013; 36(1), 37-58.
- Ovhadi S, Taybi K, Vaez M. The impact of technology gap on Iran's bilateral trade relations: A quasi-parametric approach. *Journal of Economics and Modeling*. 2017; 8 (31): 1-26.
- Phillips PC, Ploberger W. Posterior odd testing for a unit root with data-based Model selection. *Econometric Theory*. 1994;10: 774-808.
- Rafiee H. Hashemi Dashtaki SF. Estimating the relationship between sugar import and sugar beet production in Iran during 2001-2009. *Journal of Sugar Beet*. 2021; 36 (2). (in Persian with English abstract)
- Sawada N. Technology gap matters on spillover. *Review of Development Economics*. 2010; 14(1): 103–120.
- Shirmohammadi P. Investigating the effects of R&D on trade. Master Thesis. Faculty of Economics, Razi University. Kermanshah. Iran. 2012. (in Persian)
- Soderbom M, Teal F. Trade and human capital as determinant of growth, Department of Economics, University of Oxford. 2003.
- Strategic Plan of the Ministry of Industry. Mines and trade, deputy of planning and planning, second edition. 2017.
- Viner J. *Studies in the theory of international trade*. Routledge. 2016.
- World Bank. Annual Reports. Economic indicators. Years (1970-2019). 2019.
- Zarzoso IN, Ramos LM. International trade technological innovation and income: A gravity model approach. *IVIE working papers*. 2005.

Zeraatpishe M. Investigating the effect of information and communication technology on the foreign trade of D - 8 member countries using the model of gravity. Master Thesis. Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University. Tehran. Iran. 2015.



گزارش کشت پاییزه چغندر قند کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Report of autumn-sown sugar beet cultivation in the growing season of 2021-22

مصطفی حسین پور^{۱*}، محمدسعید حسنوندی^۲، سعید یاراحمدی^۳، علی جلیلیان^۴، محسن بذرافشان^۵ و بابک بابائی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰

DOI: 10.22092/jsb.2023.360684.1316

چکیده

سطح زیرکشت چغندر قند پاییزه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نسبت به سال قبل در حدود پنج هزار هکتار (از ۲۶ به ۲۱ هزار هکتار) کاهش یافت که بخش عمده آن مربوط به استان خوزستان و ناشی از محدودیت منابع آب بود. عملکرد ریشه از ۵۳ تن به ۶۸ تن در هکتار افزایش و عیار قند از ۱۴/۸۱ به ۱۴/۶۴ درصد کاهش یافت. افزایش عملکرد باعث گردید با وجود کاهش سطح زیرکشت، چغندر قند تولیدی نسبت به سال قبل افزایش و از ۱/۴۱ به ۱/۴۳ میلیون تن رسید. فعالیت مجدد کارخانه قند اهواز بعد از ۱۵ سال و افزایش دو برابری سطح زیرکشت در استان‌های کرمانشاه و فارس، افزایش عملکرد ریشه در کلبه مناطق و فعالیت کارخانه‌های قند اقلید و کوار در کشت پاییزه استان فارس از اتفاقات خوب در این سال زراعی بود. طولانی شدن دوره برداشت تا ۳۰ تیرماه در استان خوزستان، ساقه‌روی مزارع در استان کرمانشاه در نتیجه استفاده از رقم نامناسب و پایین تر بودن دمای هوا طی زمستان و نیز ساقه‌روی در برخی مناطق استان فارس از جمله چالش‌های کشت پاییزه چغندر قند در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بود. هزینه بالای تولید چغندر قند و پایین بودن میانگین عملکرد در مناطق جدید از جمله مواردی است که ممکن است کشت پاییزه را در این مناطق با چالش مواجه سازد. از این رو توسعه و پایداری تولید چغندر قند پاییزه نیاز به کاهش هزینه‌های تولید، افزایش عملکرد ریشه، عیار و استفاده بهینه از منابع آب می‌باشد که با برنامه‌ریزی صحیح و انتقال یافته‌های تحقیقاتی به عرصه‌های تولید، قابل دستیابی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تولید، درصد قند، سطح زیرکشت، کشت پاییزه چغندر قند، عملکرد



۱- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

*- نویسنده مسئول harm558@yahoo.com

۲- استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران.

۴- استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۵- استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

مقدمه

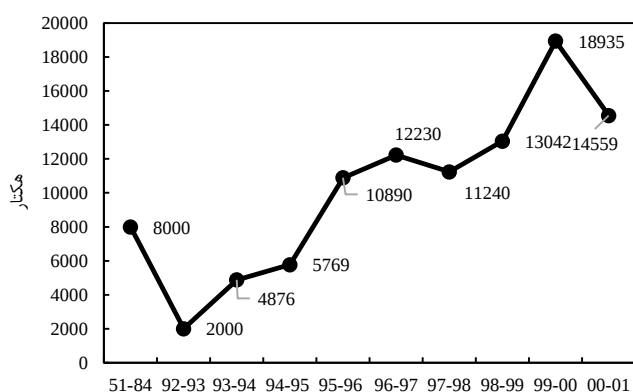
توسعه کشت پاییزه چغندر قند اگرچه به عنوان راه کاری برای مقابله با کم آبی و جایگزینی کشت بهار بهار مورد توجه قرار گرفته است، اما کمبود منابع آب، توسعه سطح زیر کشت آن را به خصوص در استان خوزستان با چالش مواجه ساخته است. تحقیقات نشان داده که به منظور تولید اقتصادی چغندر قند پاییزه، علاوه بر بارندگی، در پاییز و بهار به آب آبیاری نیاز می باشد (Hoseein pour 2016; Abdollahian-Noghabi et al. 2009).

به منظور بهبود کارایی مصرف آب، بهتر است در همه مناطق از روش های آبیاری تحت فشار استفاده گردد. علاوه بر این کاهش سطح زیر کشت محصولات تابستانه، توسعه صنایع جانبی نیشکر و بهینه سازی مصرف آب آن، تناوب چغندر قند با نیشکر در اراضی کشت و صنعت های نیشکری و افزایش ظرفیت صنعتی چغندر قند می بایست مورد توجه قرار گیرد. اقلیم آب و خاک مناسب، سابقه طولانی و دانش فنی کافی، مزیت اقتصادی بالا و تأثیر مثبت تناوبی آن در الگوی کاشت منطقه، از جمله مواردی هستند که می تواند استان خوزستان را به عنوان منطقه اصلی تولیدشکر مورد توجه قرار دهد. توسعه چغندر قند پاییزه در مناطق جدید اگرچه تا اندازه ای رونق گرفته، اما بالا بودن هزینه های تولید و پایین بودن میانگین عملکردی، می تواند توسعه آن را در این مناطق در آینده با چالش مواجه سازد. در استان های کرمانشاه و فارس وجود کارخانه های قند، به توسعه کشت پاییزه چغندر قند کمک می کند، هر چند می بایست به استفاده بهینه از منابع آب و افزایش دانش فنی کشاورزان توجه گردد. استان گلستان پتانسیل خوبی برای تولید چغندر قند پاییزه دارد، اما عدم وجود کارخانه قند، بالا بودن هزینه حمل و پایین بودن میانگین عملکردی، مزیت نسبی کشت آن را کاهش می دهد.

کشت پاییزه چغندر قند در استان خوزستان

کشت پاییزه چغندر قند در استان خوزستان علی رغم مشکلات زیادی که وجود دارد، به دلیل صرفه اقتصادی آن

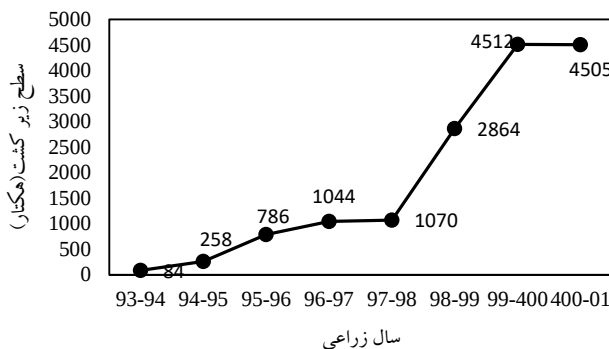
همچنان مورد استقبال کشاورزان است، به طوری که سطح زیر کشت چغندر قند پاییزه در استان در سال زراعی ۱۳۹۹-۴۰۰ به بالاترین مقدار خود (حدود ۲۰ هزار هکتار) رسید (شکل ۱). کمبود منابع آب در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ موجب کاهش سطح زیر کشت به حدود ۱۴۵۰۰ هکتار گردید. در این سال نه کارخانه قند خاورمیانه (شوش)، همدان، قزوین، اصفهان (بنیاد)، شهرکرد، بیستون، اسلام آباد، اقلید و مرودشت با کشاورزان قرارداد داشتند. بیشترین سطح زیر کشت به کارخانه قند خاورمیانه (شوش) با ۶۵۰۰ هکتار و کمترین سطح زیر کشت به کارخانه قند مرودشت با ۲۵۰ هکتار تعلق داشت. در این سال کارخانه قند اقلید نیز به جمع کارخانه های حاضر در منطقه اضافه گردید و کارخانه قند نقش جهان حضور نداشت.



شکل ۱ سطح زیر کشت چغندر قند پاییزه در استان خوزستان در سال های مختلف

در حدود یک درصد سطح زیر کشت در شهر یورماه، حدود ۵۹ درصد در مهر ماه (زمان مناسب) و حدود ۴۰ درصد در آبان ماه انجام شد. طول دوره کاشت به طور متوسط حدود ۴۰ روز بود. حدود ۱۵ رقم در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ مورد استفاده قرار گرفت. بیشترین سطح زیر کشت مربوط به ارقام آنتک (۳۶ درصد)، لوانته (۱۶ درصد)، سیلوتا (۱۲ درصد)، هانی (۸ درصد)، پالما (۶ درصد) و ۲۲ درصد مابقی به ۱۰ رقم دیگر اختصاص داشت. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ برداشت با تأخیر شروع (۱۸ اردیبهشت) و با تأخیر (۳۰ تیر) به پایان رسید. طول دوره برداشت

۱۴ درصد و میانگین عملکرد ریشه در حدود ۵۰ تن در هکتار بود که نسبت به سال گذشته ۳۴ درصد افزایش داشت. میانگین عیار ۱۵/۶ درصد بود که نسبت به سال گذشته تغییر قابل توجهی نشان نداد.



شکل ۲ سطح کشت چغندر قند پاییزه استان گلستان طی سال های اخیر

کشت پاییزه چغندر قند در استان کرمانشاه

کشت پاییزه چغندر قند در استان کرمانشاه از سال ۱۳۹۳ آغاز گردید. با آشنایی بیشتر کشاورزان و بهبود عملکرد، سطح زیر کشت در سه سال اخیر افزایش قابل توجهی نشان داده است (شکل ۳). سرپل ذهاب و قصر شیرین مناطق اصلی کشت پاییزه چغندر قند در استان کرمانشاه می باشند. مقدار بارندگی مناسب در دوره رشد، پتانسیل تولید بالا و وجود دو کارخانه قند در این استان شرایط مساعدی برای توسعه چغندر قند پاییزه ایجاد کرده و می تواند تأثیرات مثبتی در نظام تولید و بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان داشته باشد. سطح زیر کشت چغندر قند پاییزه در استان کرمانشاه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ بالغ بر ۱۷۰۰ هکتار بود که نسبت به سال گذشته ۴۷ درصد رشد داشت. این سطح عمدتاً تحت قرارداد کارخانه قند بیستون، همدان و به مقدار خیلی کم اسلام آباد بود. تاریخ کاشت مناسب چغندر قند پاییزه در استان کرمانشاه از دهه اول تا دهه دوم مهر و زمان مناسب برداشت از دهه سوم اردیبهشت تا دهه سوم خرداد ماه می باشد. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در حدود ۴۰ درصد سطح زیر کشت در دامنه

در کارخانه ها متفاوت بود. کارخانه قند مرو دشت با ۱۲ روز کمترین و کارخانه قند خاورمیانه با ۹۳ روز طولانی ترین دوره برداشت را داشتند. در حدود ۱/۰۵۴ میلیون تن چغندر قند در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در استان خوزستان تولید گردید. میانگین عملکرد ریشه و عیار قند به ترتیب حدود ۷۰ تن در هکتار و ۱۴/۵۹ درصد بود.

کشت پاییزه چغندر قند در استان گلستان

در پنج سال اخیر سطح زیر کشت و عملکرد کشت پاییزه چغندر قند در استان گلستان رو به افزایش بوده است (شکل ۲). هر چند هنوز میانگین عملکرد ریشه از نظر اقتصادی پایین می باشد. سطح زیر کشت چغندر قند در سال زراعی ۴۰۱-۱۴۰۰ حدود ۴۵۰۵ بود. از این مقدار ۲۷۵۴ هکتار به کارخانه قند جوبین و ۱۷۵۱ هکتار به کارخانه قند شیروان مربوط بود. شهرستان های گرگان، بندر ترکمن، گالیکش و کلاله بیشترین سطح زیر کشت چغندر قند پاییزه را به ترتیب با ۲۳/۹، ۲۲/۵، ۱۳/۲ و ۷/۳ درصد دارا بودند. کشت در دامنه مطلوب از جمله عوامل مهم در تولید عملکرد بالا در چغندر قند پاییزه استان گلستان می باشد. تاریخ کاشت مناسب در استان گلستان از دهه سوم مهر تا دهه اول آبان ماه و زمان مناسب برداشت از اوایل تیر تا اوایل مرداد ماه می باشد. اکثر اراضی تحت قرارداد کارخانه قند جوبین در سال زراعی ۱۴۰۰-۴۰۱ در دامنه مناسب تاریخ کشت قرار داشتند به طوری که تاریخ کاشت ۹۱ درصد مزارع در فاصله ۲۰ مهر تا ۱۵ آبان ماه و ۹ درصد مابقی در فاصله ۱۵ آبان تا ۱۴ آذر ماه قرار داشت.

در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ بیشترین سطح زیر کشت به رقم موناتونو اختصاص داشت که ناشی از مقاومت بالای آن به ساقه روی است. علاوه بر این ارقام رزاگلد، رزاستار و سنتینل نیز توسط کارخانه قند جوبین و ارقام آتک، لوانته، رزاگلد و مراک توسط کارخانه قند شیروان بین چغندرکاران توزیع گردید. چغندر قند تولیدی استان گلستان در سال زراعی ۴۰۱-۱۴۰۰ در حدود ۱۷۷ هزار تن بود که نسبت به سال گذشته در حدود

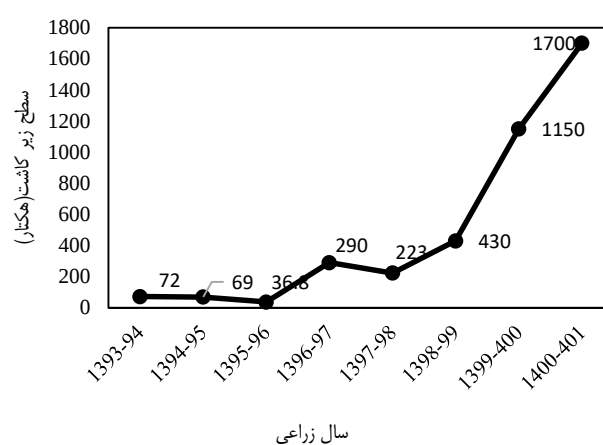
تن در هکتار و ۰/۲۹ درصد افزایش داشت. پایین تر بودن دما در فصل بهار و بالاتر بودن میزان بارندگی (۴۴۶ در مقابل ۲۳۱ میلی متر) از جمله دلایل بالاتر بودن عملکردیسه بوده است. چغندر قند تولیدی در حدود ۱۰۴ هزار تن که نسبت به سال قبل در حدود دو برابر بود.

کشت پاییزه چغندر قند در استان فارس

کشت پاییزه چغندر قند در استان فارس از سال ۱۳۹۶ آغاز و به تدریج افزایش یافت (شکل ۵). مناطق کشت در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ شامل کازرون، داراب، نورآباد ممسنی، قیر و کارزین، فسا، خنج، رستم و فراشبند بود. استان فارس همانند استان کرمانشاه با وجود پنج کارخانه قند و پتانسیل عملکرد بالا شرایط مساعدی برای توسعه چغندر قند پاییزه دارد (Adibifard *et al.* 2019). سطح زیر کشت در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ بالغ بر ۲۰۳۰ هکتار بود که نسبت به سال گذشته بیش از ۱۷۰ درصد رشد داشت. بیشترین سطح زیر کاشت مربوط به شهرستان های نورآباد ممسنی، کازرون و داراب بود. تاریخ کاشت مناسب چغندر قند پاییزه در استان فارس از دهه دوم مهر تا دهه اول آبان ماه و زمان مناسب برداشت از دهه سوم اردیبهشت تا دهه سوم خرداد ماه می باشد. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در حدود ۲/۶ درصد سطح زیر کشت در دامنه ۱۰ تا ۲۰ مهر، ۷۳ درصد در فاصله ۲۰ مهر تا ۲۰ آبان ماه و ۱۱/۲ درصد در دهه سوم آبان و ۱۳/۳ درصد در آذر ماه کشت گردید.

هشت رقم در مناطق مختلف کشت پاییزه استان فارس در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ مورد استفاده قرار گرفته بود. بیشترین سهم (۷۲/۵ درصد) به رقم آنتک و کمترین سهم به ارقام کادیلاک و پالما به ترتیب با ۰/۷ و ۰/۸ درصد اختصاص داشت. رقم آنتک در برخی مزارع زود کاشت منطقه نورآباد ممسنی دارای ساقه روی با درصد قابل ملاحظه (۱۰ تا ۱۵ درصد) بودند. میانگین عملکردیسه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در حدود ۶۰ تن در

۱۰ تا ۲۰ مهر، ۴۰ درصد در دامنه ۲۰ تا ۳۰ مهر، ۱۵ درصد در دامنه اول تا ۱۵ آبان و ۵ درصد در فاصله زمانی ۱۵ تا ۳۰ آبان کشت گردید. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ کارخانه قند بیستون و اسلام آباد رقم رزاگلد که رقم معمول و کارخانه قند همدان ارقام هانی و سیلوتا را در اختیار کشاورزان قرار داده بودند. رقم هانی از جمله ارقام توصیه شده برای زراعت چغندر قند پاییزه در استان کرمانشاه نمی باشد. با توجه به پایین تر بودن دما طی فصل زمستان هر چهار رقم کاشته شده به خصوص رقم هانی به میزان زیادی دارای ساقه روی بودند (شکل ۴).



شکل ۳ سطح کشت چغندر قند پاییزه استان کرمانشاه طی سال های اخیر



شکل ۴ ساقه روی در بعضی از مزارع کشت پاییزه چغندر قند سرپل ذهاب در سال زراعی ۱۴۰۰-۴۰۱

در این سال میانگین عملکردیسه حدود ۶۲ تن در هکتار با میانگین عیار ۱۵/۱۴ بود که نسبت به سال قبل به ترتیب ۱۵

جدول ۲ سطح زیر کاشت، تولید، عملکرد و عیار چغندر قند پاییزه دشت مغان در چند سال اخیر

سال زراعی	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	چغندر تحویلی (تن)	درصد قند بهره برداری (روز)	دوره
۱۳۹۷-۹۸	۹۲۰	۳۳/۹	۳۱۲۲۸	۱۳/۱۱	۲۶
۱۳۹۸-۹۹	۴۲۳	۳۱	۱۳۱۲۴	۱۴/۹۵	۲۲
۱۳۹۹-۴۰۰	۱۲۰۹	۳۱	۳۷۳۹۸	۱۳/۵۹	۳۰
۱۴۰۰-۴۰۱	۴۶۳	۵۲	۲۳۹۰۸	۱۳/۹۷	۱۶

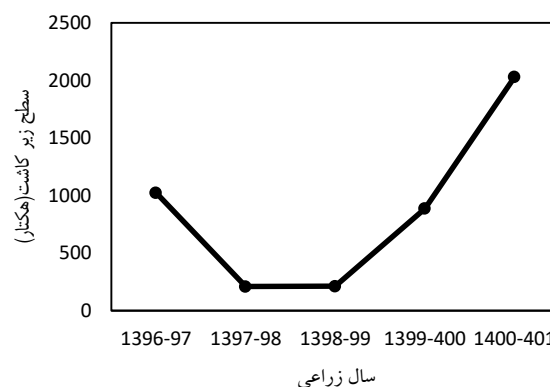
کشت پاییزه چغندر قند در سایر مناطق

در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در شهرستان پلدختر استان لرستان حدود ۱۲ هکتار چغندر قند پاییزه توسط کارخانه قند خاورمیانه کشت گردید. از این سطح در حدود پنج هکتار با عملکرد ۲۹ تن در هکتار با عیار حدود ۱۴ برداشت گردید. همچنین در استان خراسان رضوی در حدود ۲۴ هکتار چغندر قند پاییزه کشت گردید که میانگین عملکرد و عیار آن به ترتیب ۴۲ تن در هکتار و ۱۵/۰۴ درصد بود.

تحقیقات کشت پاییزه چغندر قند

در مراکز و ایستگاه‌های مربوط به تحقیقات کشت پاییزه چغندر قند که شامل استان خوزستان (دزفول)، کهگیلویه و بویراحمد (گچساران)، فارس (داراب) و گلستان (گنبد) می‌باشد، تعداد ۲۴ فقره پروژه تحقیقاتی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ انجام شد که شش پروژه به بررسی‌های چغندر علوفه‌ای و ۱۸ پروژه به چغندر قند اختصاص داشت. همچنین یک آزمایش مقایسه رقم در سرپل ذهاب و جوبین اجرا گردید. در گنبد نیز یک آزمایش به زراعی در خصوص بررسی واکنش ارقام مختلف در تاریخ کاشت و برداشت‌های مختلف انجام شد. جدول ۳ نتایج یکی از پروژه‌های انجام شده طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در چهار منطقه را نشان می‌دهد. از نظر صفات عملکرد ریشه، شکر سال زراعی ۱۴۰۰-۴۰۱ بر سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ برتری داشته، در حالی که درصد قند ناخالص و خالص سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ بیشتر بوده است که با نتایج

هکتار بود که نسبت به سال قبل ۳ تن در هکتار و میانگین عیار قند ۱۵/۸ درصد که نسبت به سال گذشته (۱۴/۸ درصد) در حدود یک واحد افزایش داشت. کل تولید چغندر قند استان در حدود ۱۲۱ هزار تن که نسبت به سال گذشته (۴۱ هزار تن) در حدود سه برابر بود.



کشت پاییزه چغندر قند در استان اردبیل (مغان)

تحقیقات مربوط به امکان‌سنجی کشت پاییزه چغندر قند در دشت مغان از سال ۱۳۷۸ آغاز و منجر به تعیین تاریخ کاشت و برداشت و ارقام مناسب گردید (جدول ۱) (Taleghani et al. 2013). سطح زیر کشت چغندر قند پاییزه در دشت مغان در چند سال اخیر در جدول ۲ آمده است. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ سطح زیر کشت بیش از ۱۲۰۰ هکتار بود که به دلایل مختلف (از جمله خسارت پرنده) بخش عمده آن از بین رفت و در زمان برداشت به ۴۶۳ هکتار رسید.

جدول ۱ تاریخ کاشت و برداشت و ارقام مناسب کشت پاییزه دشت مغان

تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	تاریخ برداشت
دهه اول تا دهه سوم آبان	دهه اول آبان	دهه سوم خرداد تا دهه سوم تیر

ارقام مناسب: چیمه، گیادا، مونوتونا، یودورو، جرا کا و اس، کوبانا

به دست آمده از کشت پاییزه مناطق مختلف همخوانی نشان می دهد.

جدول ۳ مقایسه عملکرد میانگین یک آزمایش شش رقمی در چهار منطقه در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۴۰۰ و ۱۴۰۰-۴۰۱

سال زراعی	ریشه	شکر سفید	قند ناخالص	قند خالص	ضریب استحصال
	تن در هکتار			درصد	
۱۳۹۹-۴۰۰	۶۰/۵	۸/۹	۱۷/۷	۱۵/۱	۸۴/۳
۱۴۰۰-۴۰۱	۸۴/۷	۱۱/۶	۱۶/۲	۱۳/۷	۸۳/۶

نتیجه گیری

در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ با وجود کاهش حدود ۵ هزار هکتار (۱۹ درصد) در سطح زیر کشت نسبت به سال قبل، تولید کل چغندر قند در حدود ۲ درصد (۱/۴۴ در مقابل ۱/۴۱ میلیون تن)

افزایش نشان داد. این موضوع نشان می دهد که مناطق مختلف کشت پاییزه از پتانسیل تولید بالایی برخوردار هستند که با برنامه ریزی صحیح و فراهم آوردن امکانات و شرایط لازم می توان تولید را بدون افزایش قابل توجه در سطح زیر کشت افزایش داد. با توسعه روش های آبیاری نوین در استان خوزستان می توان آن را به منطقه تولید پایدار شکر تبدیل کرد. در استان های کرمانشاه، فارس و گلستان نظر به استقبال کشاورزان، فراهم آوردن امکانات لازم و حمایت بیشتر برای توسعه این محصول ضروری است. هر چند در توسعه چغندر قند در این مناطق می بایست به وجود منابع آب کافی و به خصوص منابع آب سطحی توجه گردد. موفقیت چغندر قند پاییزه در دشت مغان تا حدود زیادی بستگی به رعایت تاریخ کاشت و انتخاب رقم مناسب دارد.

References:

منابع مورد استفاده:

- Abdollahian-Noghabi M, Shikholeslami R, Babaee B. Technical terms of sugar beet quantity and quality. Journal of Sugar Beet. 2009; 21(1): 101-104. (in Persian, abstract in English)
- Adibifard N, Habibi D, Bazrafshan M, Taleghani D, Ilkaee MN. Study of the climatic condition of Fars province for the development of autumn-sown sugar beet planting using Geographic Information System (GIS). Journal of Sugar Beet. 2019; 35(1): 13- 35. (in Persian, abstract in English)
- Hoseein pour M. Response of autumn-sown sugar beet to rainfall, early and late season irrigations in Dezful area. Final Report, No. 95/50174; Iran. 2016; pp 1-122. (in Persian with English abstract)
- Taleghani D, Moharamzadeh M, Ashraf-Mansouri Gh, Nourinia AA. Determining Suitable Sowing Date and Harvesting Time of Winter Beet in Moghan, Fars and Golestan Regions. Final Report, No. 92/44277 Iran. 2013; pp 1-106. (in Persian with English abstract)

Short note: Report of autumn-sown sugar beet cultivation in the growing season of 2021-22

M. Hosseinpour^{1*}, M.S. Hasanvandi², S. Yarahmadi³, A. Jalilian⁴, M. Bazrafshan⁵ and B. Babaee¹

Abstract

In the crop year of 2021-2022, the area under autumn cultivation decreased by about five thousand hectares (from 26 to 21 thousand hectares) compared to the previous year, most of which was related to Khuzestan province and due to the limitation of water resources. Root yield increased from 53 to 68 tons per hectare and sugar content decreased from 14.81 to 14.64 percent. The increase in yield caused the production of sugar beet to increase from 1.41 to 1.43 million tons despite the decrease in the cultivated area. The reactivation of the Ahvaz sugar factory after 15 years and the doubling of the cultivated area in Kermanshah and Fars provinces, the increase in root yield in all regions and the activity of the Eqlid and Kovar sugar factories in the fall cultivation of Fars province are good events and the extension of the harvest period Until July 30 in Khuzestan province, the bolting of sugar beet in Kermanshah province due to the use of inappropriate varieties and lower air temperature during winter, as well as the bolting of sugar beet in some areas of Fars province, were the challenges of autumn cultivation of sugar beet in the crop year of 2021-2022. High sugar beet production and low average yield in new areas are among the things that may challenge autumn cultivation in these areas. Therefore, the development and sustainability of autumn sugar beet production requires reducing production costs, increasing root yield and quality, and optimal use of water resources, which can be achieved with proper planning.

Key words: Autumn cultivation of sugar beet, Cultivated area, Percentage of sugar, Production, Yield

1. Assistant Professor of Sugar Beet Seed Institute(SBSI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. *- Corresponding Author contact information email: harm558@yahoo.com

2. Assistant Professor of Sugar Beet Research Department. Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, AREEO, Dezfoul, Iran

3. Assistant Professor of Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Gonband, Iran

4. Associate Professor of Sugar Beet Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Kermanshah, Iran.

5. Assistant Professor Sugar Beet Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO) Shiraz, Iran.

Analysis of factors affecting sugar import with emphasis on the role of research and development budgets

H. Noroozi, H. Rafiee^{2*}, S.S. Hosseini[†], S. Yazdani³ and A.H. Chizari²

(Received 09 Aug. 2021 ; Accepted 26 Jan. 2022)

H. Noroozi, H. Rafiee, S.S. Hosseini, S. Yazdani and A.H. Chizari. 2022. Analysis of factors affecting sugar import with emphasis on the role of research and development budgets. **J. Sugar Beet. 37(2): 247- 262 (in Persian).**

Abstract

Imports have long been a means of obtaining products at the lowest possible cost and regulating the market. Paying attention to the importance of international trade, analyzing and recognizing the country's trade relations and examining its obstacles or incentives, the flow of trade has an effective role. Research and development, innovation and technology as the most important factors creating advantage, play a significant role in shaping business models. Is located. According to the results of research and development, the ratio of domestic sugar prices to imports, sugar beet production, exchange rate and annual rainfall have a negative and significant effect on sugar imports. Also, the variable of oil revenues has a positive effect on the import of sugar. The ECM variable indicates that 31% of short-term shocks will be adjusted in each period. Therefore, in case of short-term shocks, more than 3 time periods will be needed to moderate the effects of these shocks. Due to the negative impact of R&D variables on imports, special attention to applied studies that result in increased productivity through irrigation systems, improved seeds, new machinery is recommended.

Key words: Exchange Rate, Oil Revenues, Price of Imported Goods, Trade, Sugar Beet

1. PhD student of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran.

† Assistant Professor of Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran. * - Corresponding Author contact information email: hamedrafiee@ut.ac.ir

3. Professor of Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran.

Overexpression of thionin- like genes in *Arabidopsis* and resistance to *Heterodera schachtii*

Sh.A. Sarani^{*}

(Received 21 Jul. 2021 ; Accepted 13 Nov. 2021)

Sh.A. Sarani. 2022. Overexpression of thionin- like genes in *Arabidopsis* and resistance to *Heterodera schachtii*. **J. Sugar Beet.** 37(2): 239- 246 (in Persian).

Abstract

Thionins and Thionin-like peptides are small cysteine-rich antimicrobial plant peptides that play an important role in resistance to plant pathogens and have been isolated from several plant species. The overexpression of Thionins-like genes (At1g12665 and At1g20618) for resistance to *H. schachtii* was the purpose of this study in *Arabidopsis* plants. At1g12665 (ThiL12) and At1g20618 (ThiL20) genes were isolated from *Arabidopsis thaliana* and transgenic plants were generated through *Agrobacterium*-mediated using the pMAA-red vector by the floral dips method. Expression of the thionin-like genes in overexpressed lines was confirmed by RT-PCR. In order to investigate the resistance of the plants to *H. schachtii*, *Arabidopsis* roots of 12-day old seedlings were inoculated with about 50-60 juveniles of nematode per plant on Knop medium under sterile conditions. Fifteen days after infection, when females and males could be clearly distinguished, the number of males and females was counted and the results were compared with the wild-type *Arabidopsis* (Col-0) line. The results of the overexpressed lines showed significant enhanced resistance to *H. schachtii* as compared with the wild type. However, there was no significant difference in resistance against *H. schachtii* in the size of syncytia and females in *Arabidopsis* roots with the exception of the line for At1g20618 gene.

Key words: *Arabidopsis*, Resistance, Sugar beet cyst nematode, Thionin-like

1. Assistant professor of Plant protection department, Faculty of Agriculture, University of Zabol. Zabol, Iran. ^{*}- Corresponding Author contact information email: saranisistani@gmail.com

Design, construction and evaluation of an automatic sprayer system online weed-plant detection in sugar beet fields

H. Orak¹, S. Abdanan Mehdizadeh^{2*}, M.A. Asoodar³ and E. Elahifard⁴

(Received 16 Jun 2021 ; Accepted 17 Oct. 2021)

H. Orak, S. Abdanan Mehdizadeh, M.A. Asoodar and E. Elahifard. 2022. Design, construction and evaluation of an automatic sprayer system online weed-plant detection in sugar beet fields. **J. Sugar Beet. 37(2): 223- 228 (in Persian).**

Abstract

Weed control during crop growth is very important and it has been controlled by different ways. In the fight against these unwanted plants with the conventional method, the entire field as well as the main plant are covered by herbicides, which also causes excessive consumption of herbicide. In this paper, an intelligent sprayer for weeds detection in sugar beet fields is proposed using machine vision techniques. To this end, an algorithm was developed for detecting weed from sugar beet and 49 features (morphology and color features) were extracted. The Genetic Algorithm (GA) was applied and 11 features were selected; however, to increase speed and improve performance, 5 features (area ratio of convex hull, sphericity, Moment 6, I3 of I1I2I3 and c from Lch) with the highest occurrence in feature selection algorithm were chosen. The developed algorithm to detect weed from sugar beet had an accuracy of more than 98%, which shows the high detection ability of this intelligent system. To evaluate the reduction of herbicide usage, the smart sprayer system was compared with the Buferagri sprayer (reservoir capacity 400 liters, Cone Nozzle, Turkey). The working speed (8 km.hr⁻¹), tractor type (John Deere 3140), and mileage (27 m) were considered to be fixed for both sprayers. At a certain distance, herbicide levels were measured and the amount of herbicide in the Buferagri sprayer was 77% higher than the smart sprayer system. This shows the efficiency of this system compared to conventional sprayers to reduce the use of herbicides. These results indicate the feasibility of using the proposed system for smart sprayer systems in the sugar beet fields.

Key words: Genetic Algorithm, Herbicide reduction Weed, Image processing smart sprayer, Sugar beet

1. Master of Science in Biosystems engineering of Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

2. Associate Professor, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran * Corresponding Author contact information email: saman.abdanan@gmail.com; sabdanan@asnruk.ac.ir

3 Professor of Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural, Agricultural Sciences and Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

Effect of planting method on quantitative and qualitative yield of sugar beet in smallholder systems

V.A. Yosefabadi * and M.A. Javaheri*[†]

(Received 10 Apr. 2022 ; Accepted 12 Jun. 2022)

V.A. Yosefabadi and M.A. Javaheri. 2022. Effect of planting method on quantitative and qualitative yield of sugar beet in smallholder systems. *J. Sugar Beet.* 37(2): 207- 222 (in Persian).

Abstract

To evaluate the effect of different cultivation methods on the quantitative and qualitative characteristics of sugar beet in small plots (smallholder systems), a study in a randomized complete block design was conducted at Motahari research station in Karaj and Agricultural Research center of Kerman for two years (2009-10). The treatments included traditional cultivation, cultivation with John Deere seeder with a row spacing of 50 cm, cultivation with pneumatic seeder with a row spacing of 50 cm, one-row manual seeder with row spacing of 30, 40 and 50 cm in flat land and without creating a furrow and planting with one-row manual seeder on furrow with row spacing of 40 and 50 cm. It should be noted that currently, the distance between rows in large fields where multi-row seeders are used is 50 cm. Results showed that the studied treatments had a significant effect on plant density per unit area, root yield, sugar yield, and white sugar yield, however no significant effect was observed for root impurities. In both locations, traditional cultivation produced the lowest root yield and sugar yield. The highest root yield and white sugar yield were obtained by one-row manual seeder with row spacing of 40 and 30 cm in Karaj and Kerman, respectively. The effect of location on most quantitative and qualitative traits was significant, but it had no significant effect on root impurities. According to the results, it can be concluded that in small ownership systems and small plots where the necessary conditions for row cultivation are not provided with the available tools and trailers, cultivation can be done by creating less spacing between rows compared with large lands and subsequently, by creating more plant density and a more uniform germination using small devices, the efficiency of input consumption will increase.

Key words: Mechanized cultivation, One-row manual seeder, Smallholder, Sugar beet, Traditional cultivation

1. Assistant professor of Sugar Beet seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. *-Corresponding author contact information email: v.yousefabadi@areeo.ac.ir

2. Assistant professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran. *-Corresponding author contact information email: javaheri310@yahoo.com

Optimal spray water volume for application of triflusaluron-methyl against redroot pigweed

A. Aliverdi^{۱*} and N. Zendehtpak^۲

(Received 22 Dec. 2021 ; Accepted 28 Apr. 2022)

A. Aliverdi and N. Zendehtpak. 2022. Optimal spray water volume for application of triflusaluron-methyl against redroot pigweed. **J. Sugar Beet. 37(2): 193-206 (in Persian).**

Abstract

Selecting the proper spray water volume is a method to optimize the herbicide efficacy but its effect on the efficacy of triflusaluron-methyl is not clear. Therefore, in an experiment in the Research Greenhouse of Bu-Ali Sina University in the summer of 2017, six doses of triflusaluron-methyl (Safary®) (0, 1.125, 2.25, 4.5, 9, and 18 g a.i. ha⁻¹) were sprayed with ten spray water volumes (60, 80, 120, 160, 200, 240, 320, 400, 480, and 640 L water ha⁻¹ which were obtained using a standard fan nozzle at sizes of 1100075, 11001, 110015, 11002, 110025, 11003, 11004, 11005, 11006 and 11008, respectively) on redroot pigweed at 1-, 2- and 3-leaf stages. In a field experiment, triflusaluron-methyl at 18 g a.i. ha⁻¹ was sprayed with the ten above-mentioned spray water volumes on redroot pigweed at the 2 to 3-leaf stage. In the one-leaf stage, the minimum (2.51 g a.i. ha⁻¹) and maximum (2.51 g a.i. ha⁻¹) dose of triflusaluron-methyl required for 50% desiccation (ED50) with nozzle sizes of 1100075 and 11008 were obtained. In the two-leaf stage, the minimum and maximum values of ED50 with nozzle sizes of 1100075 and 11008 were equal to 2.98 and 12.16 g a.i. ha⁻¹, respectively. In the three-leaf stage, the lowest ED50 values were obtained with nozzle sizes of 1100075 and 11001 equaling to 3.86 and 3.37 g a.i. ha⁻¹, respectively. But the highest ED50 values was obtained with nozzle sizes of 11004, 11005, 11006 and 11008 equaling to 8.51, 8.70, 9.62 and 9.54 g a.i. ha⁻¹, respectively. Overall, the results of the field experiment were similar to the greenhouse experiment and showed that less spray volume was needed to better control redroot pigweed with triflusaluron-methyl; namely, the smaller, more concentrated droplets, the more efficacy of triflusaluron-methyl against redroot pigweed.

Key words: Herbicide, Spray water volume, Sugar beet, Weed

^۱ Assistant Professor in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. ^{*}- Corresponding Author contact information email: a.aliverdi@basu.ac.ir

^۲ Bachelor's Degree in Agronomy and Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Effects of salinity stress on some physiological traits and pigment content of sugar beet cultivars

S.M. Razavi^{1*}, R. Aghayari² and P. Nasrollahi³

(Received 04 Sep. 2021 ; Accepted 13 Mar. 2022)

S.M. Razavi, R. Aghayari and P. Nasrollahi. 2022. Effects of salinity stress on some physiological traits and pigment content of sugar beet cultivars. **J. Sugar Beet. 37(2): 179- 191(in Persian).**

Abstract

Sugar beet is a halophyte plant with different physiological mechanisms against salinity at different growth stages. To evaluate the effects of salinity on physiological characters and pigment content of sugar beet cultivars, an experiment was planned in the University of Mohaghegh Ardabili in a completely randomized design with 3 replications in 1399. Four level of salinity consist of 0, 50, 100 and 150 mMol of NaCl and 5 sugar beet cultivars (Jam, Motahar, 7233, BR1, IC) were used in the treatments. The results indicated that some physiological parameters such as growth parameters, chlorophyll florescence, stomata conductivity, relative chlorophyll content were reduced in all tested cultivars than control at different salinity levels. However, pigment content, flavonoids and betalines, were increased at the same conditions. In Jam cultivar, minimal diminish of growth parameters including wet and dry weights of the plant aerial parts and roots up to 20% than control. However, in Motahar cultivar maximum reduction of the same parameters was recorded up to 40% in comparison with controls. This observation demonstrated high tolerance of Jam cultivar than other tested ones. Similiar results were found for some physiological parameters such as phytochemical efficiency of photosystem II. The cultivars Jam and Motahar have indicated low and high reduction of this parameters with 20 and 36% of reduction among tested cultivars, respectively. On the other hand, maximum increasing of flavonoids and betaline pigments were seen in Motahar cultivar up to 300% compared with control under salinity condition. Considering the screening performed using plant pigments level and physiological and growth parameters, Jam cultivar can be regarded as more tolerant cultivar than others. The cultivars Motahar, 7223, BR1 and IC have less tolerance to salinity, comparatively.

Key words: Betalines, Flavonoids, Salt, Sugar Beet

1. Associate professor of Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. *-
Corresponding author contact information email: razavi694@gmail.com

2. MS student of Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3. PhD student of Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Evaluation of the water efficiency and the amount of water applied in irrigation of sugar beet through pressurized and surface irrigation methods in Torbat-e Heydariyeh region

M. Karimi¹ * and M. Joleini²

(Received 21 Sep. 2021 ; Accepted 27 Feb. 2022)

M. Karimi and M. Joleini. 2022. Evaluation of the water efficiency and the amount of water applied in irrigation of sugar beet through pressurized and surface irrigation methods in Torbat-e Heydariyeh region. **J. Sugar Beet. 37(2): 167- 177 (in Persian).**

Abstract

The purpose of this study was to measure the volume of irrigation water, root yield and water efficiency as well as comparison of the amount of irrigation water with the gross water requirement of sugar beet in Torbat-e Heydariyeh region and the comparison of water use with impure water requirement of sugar beet in this region. The fields were selected with the help of experts in management and centers of agricultural in such a way that they represent the whole of sugar beet farms in region. Basic information including geographical characteristics and coordinates of fields, soil texture, electrical conductivity of irrigation water and soil saturated extract were determined. The date of planting, harvest date, growth period, sugar beet cultivar, average water depth per irrigation, total number of irrigation times performed, total volume of water use and leaching requirement was measured, calculated or obtained from farmers. The results showed that the average amount of water used in sugar beet fields in surface (furrow), sprinkler and drip irrigation methods was equal to 11468, 10054 and 10353 m³/ha, respectively. The lowest yield was 29500 kg/ha and the highest was 70000 kg/ha. The lowest water productivity was 3.21 kg/m³ and the highest was 7.01 kg/m³ and both values were obtained in surface irrigation method. The average water productivity in surface (furrow) irrigation methods was 4.19 kg/m³ and in sprinkler and drip irrigation methods were 6.30 and 6.23 kg/m³, respectively. By changing the irrigation method from surface to sprinkler and drip, water productivity has increased by 50.36 and 48.69%, respectively. According to the results of this study, the use of pressurized irrigation in sugar beet cultivation is recommended and farmers should use the irrigation system based on the design booklet and farm irrigation planning should be exactly what is recommended in the booklet.

Key words: Irrigation water, Irrigation method, Sugar beet, Yield, Water productivity

1. Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. *. Corresponding author contact information email: karimi.irri@gmail.com

2. Associate Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot

H. Hamzeh^{1*}, M. Hasani¹ and H. Mansouri¹

(Received 04 Feb. 2022 ; Accepted 12 May 2022)

H. Hamzeh, M. Hasani and H. Mansouri. 2022. Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot. *J. Sugar Beet.* 37(2): 153- 165 (in Persian).

Abstract

In order to distinguish O-type lines of sugar beet resistant to rhizoctonia root rot, 51 Otype lines along with resistant and susceptible controls were evaluated in the microplots at Ekbatan Station in Hamedan in 2021. To inoculate the seedlings to rhizoctonia, isolate Rh133 from rhizoctonia solani-AG2-2 fungus were propagated on corn seeds and placed next to root of 63-day-old plants. At the end of the season, roots were harvested and scored based on a scale of 1 to 9; thereafter, the disease index as well as harvest index were estimated. Results showed that Otypes 9 (FCOT 990084) and 19 (FCOT 990094) had the lowest disease index of 3.55 and 3.76, respectively, , and consequently the highest harvest index of 49.82 and 49.32%, respectively. Based on the results of cluster analysis, 48 sugar beet genotypes were divided into five groups under microplate condition. There was a significant difference among groups in terms of plant number, root number, disease index, and harvest index. Otypes 4 (FCOT 990079), 9 (FCOT 990084), 19 (FCOT 990094), 30 (FCOT 990105), and 47 (FCOT 990122) together with resistant control, cultivar 52 were placed in cluster 5 which had the highest harvest index and the lowest disease index. Grouping of Otype genotypes based on SIIG index showed that genotypes 19 (FCOT 990094), 9 (FCOT 990084), 30 (FCOT 990105), 4(FCOT 990079), and 47 (FCOT 990122) with values of 0.854, 0.824, 0.741, 0.708, and 0.701 were the closest genotypes to the ideal genotypes in terms of resistance to rhizoctonia.

Key words: Disease index, Otype, Rhizoctonia root rot, Sugar beet

1. Assistant professor of Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Hamedan, Iran. * -Corresponding author contact information email: hamze_606@yahoo.com

Evaluation the genetic diversity of *Beta vulgaris* subsp. *maritima* samples using nuclear and cytoplasmic molecular markers

A. Nasiri¹, A. Mirzaie-asl^{2*}, M. Aghaeizadeh³ and A. Deljou²

(Received 18 Dec. 2021 ; Accepted 25 Jan. 2022)

A. Nasiri, A. Mirzaie-asl, M. Aghaeizadeh and A. Deljou. 2022. Evaluation the genetic diversity of *Beta vulgaris* subsp. *maritima* samples using nuclear and cytoplasmic molecular markers. **J. Sugar Beet. 37(2): 139- 151 (in Persian).**

Abstract

Beta vulgaris ssp. *Maritima* plays a significant role in the breeding programs of sugar beet and evaluation of its genetic diversity is of importance. In this study, thirteen samples of *Maritima* beet including 10 Iranian and three European accessions were evaluated. Two types of molecular markers including ISSR (inter-simple sequence repeat) and minisatellite were used to characterize the nuclear and mitochondrial genomes. A total of 176 loci were identified based on 13 ISSR primers, of which 147 (84.27%) loci showed polymorphisms. Results showed that among the samples, the value of Polymorphism Information Content (PIC) was 32%. Primers 8YT(AC) and 8YC (GA) had the highest PIC value of 0.38. Primer 8RG(CT) with the highest marker index (MI) could be used for a more detailed analysis. Based on the results of UPGMA and ANOVA analysis, all samples were clustered into two main groups. Principle component analysis (PCoA) with dendrogram of genetic diversity showed that Iranian and European samples are different from each other. In order to study the cytoplasm diversity, four minisatellite markers were used, and the samples were divided into four mitochondrial groups based on the variety of primers. According to the sequencing results, some Iranian samples were heteroplasmic.

Key words: *Beta vulgaris* ssp. *maritima*, Genetic diversity, Heteroplasmy, ISSR marker, Minisatellite

1. Graduated of Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

1. Associate Professor of Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. *. Corresponding author contact information: a.mirzaie@basu.ac.ir

3. Assistant Professor of Sugar Beet Seed Institute(SBSI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Journal of Sugar Beet

Scientific- Research



Published by:
Sugar Beet Seed Institute (SBSI)

Vol. 37 No. 2 2022

Issues per year: 2

Managing Editor:
D. Taleghani
Director General (SBSI)

Editor-in-Chief:
E. Majidi Harvan

Executive Manager:
F. Hamdi

Assistant Editors:
A. Rajabi and S. Sadeghzadeh Hemayati

Address:
Sugar Beet Seed Institute, P.O. Box
31585- 4114, Karaj, Iran
Tel Fax: (+98) 2632756326

E- mail:
jsb.sbsi@areeo.ac.ir
sugarbeet.journal@gmail.com

Website:
<http://jsb.areeo.ac.ir>

Editorial Board:

R. Choukan, Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

J. Gohari, Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran

E. Majidi Harvan, Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran

M. Mesbah, Professor, Seed and Plant Certification Institute, Karaj, Iran

M. Moghadam vahed, Professor, Tabriz University, Tabriz, Iran

A. Rajabi, Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran

S. Y. Sadeghian Motahar, Professor, Seed and Plant Certification Institute, Karaj, Iran

E. Saleh, Associate Professor, Tehran University, Karaj, Iran

D. Taleghani, Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran

A. A. Zali, Professor, Tehran University, Karaj, Iran

Reviewers of this issue:

M. Abdolalian noghbi, R. Ahmadvand, H. Asadi, M. Akbari, B. Babaei, P. Fasahat, M.R. Ghafari, J. Gohari, M. Kakouee nejad, A.M. Khorshid, A. Javadi, S.B. Mahmoudi, M. Mesbah, R. Mohammadian, H. Najafi, Sh. Norozzadeh, M. Rafati, A. Rahnama, A. Rajabi, S. Sadeghzadeh hemayati, H. Salak, M. Sheikholeslami, D. Taleghani and V. Yousefabdi.

Indexing:

www.ISC.gov.ir ; www.cabi.org ; www.cabi.org/publishing-products/online-information-resources/crop-science-database ; <https://doaj.org> ; <https://www.linkedin.com/in/sugar-beet-61bab8236/> ; <https://scholar.google.com/scholar> ; <https://independent.academia.edu/sugarbeetjournal> ; <https://www.researchbib.com> ; www.ricest.ac.ir ; www.sid.ir ; www.magiran.com ; <http://evaljournals.areeo.ac.ir/>

Journal of Sugar Beet

Scientific

E-ISSN 2588-6010

P-ISSN 1735-0670

Vol. 37

No. 2

2022

Content

Evaluation the genetic diversity of *Beta vulgaris* subsp. *maritima* samples using nuclear and cytoplasmic molecular markers 13

A. Nasiri, A. Mirzaie-Asl, M. Aghaelzadeh and A. Deljou

Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot 14

H. Hamzeh, M. Hasani and H. Mansouri

Evaluation of the water efficiency and the amount of water applied in irrigation of sugar beet through pressurized and surface irrigation methods in Torbat-e Heydariyeh region 15

M. Karimi and M. Jolaini

Effects of salinity stress on some physiological traits and pigment content of sugar beet cultivars 16

S.M. Razavi, R. Aghayari and P. Nasrollahi

Optimal spray water volume for application of triflurosulfuron-methyl against redroot pigweed 17

A. Aliverdi and N. Zendehtak

Effect of planting method on quantitative and qualitative yield of sugar beet in smallholder systems 18

V.A. Yousefabadi and M.A. Javaheri

Design, construction and evaluation of an automatic sprayer system online weed-plant detection in sugar beet fields 19

H. Orak, S. Abdanan Mehdizadeh, M.A. Asoodar and E. Elahifard

Overexpression of thionin- like genes in *Arabidopsis* and resistance to *Heterodera schachtli* 20

J.A. Sarani

Analysis of factors affecting sugar import with emphasis on the role of research and development budgets 21

H. Noroozi, H. Rafiee, S.S Hosseini, S. Yazdani and A.H. Chizari

Short Report

Report of autumn-sown sugar beet cultivation in the growing season of 2021-22 22

M. Hosseinpour, M.S. Hasanvandi, S. Yarahmadi, A. Jalilian, M. Bazrafshan and B. Babaee