



انجمن علوم خاک ایران

نشریه علمی



موسسه تحقیقات خاک و آب

# پژوهش‌های خاک

[http:// www.srjournal.areeo.ir](http://www.srjournal.areeo.ir)

ISSN: 2228 -7124

الف / جلد ۳۶ / شماره ۱ / سال ۱۴۰۱

صفحه

فهرست

عنوان

- ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در کلزا با روش تشخیص چندگانه و انحراف از درصد بهینه در شمال استان خوزستان ..... ۱  
سید حسین محمودی نژاد دزفولی و مهرزاد محمص مستشاری
- تأثیر مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک بر برخی صفات کمی و کیفی و توازن تغذیه‌ای انگور سفید بی‌دانه ..... ۱۵  
عزیز مجیدی، رحیم مطلبی و حسین عزیزی
- ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در گوجه فرنگی به روش تشخیص چندگانه در استان بوشهر ..... ۳۳  
مختار زلفی باوریانی، سیدعلی غفاری نژاد و مهرداد نوروزی
- بررسی ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژی و زردبرگی نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترونج در برخی خاک‌های آهکی مازندران ..... ۴۷  
علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری
- ارزیابی اثر مدیریت‌های مختلف مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی توت فرنگی رقم کوئین الیزا ..... ۶۹  
محمدحسین سدری و فرهاد کرمی
- اثر اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر فراهمی عناصر کم‌مصرف ..... ۸۵  
لیلا رضاخانی، بابک متشروع زاده، محمد مهدی طهرانی، حسن اعتصامی و حسین میرسیدحسینی
- اثر متقابل نوع کود نیتروژنی و شوری خاک بر فرارایت نیتروژن از خاک ..... ۹۷  
مصطفی بهبوئییه جوزم، مهدی کریمی و امیر بستانی

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

انجمن علوم خاک ایران

مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه علمی  
پژوهش‌های خاک

جلد 36 شماره (1)

1401

صاحب امتیاز: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

تأییدیه درجه علمی

به استناد نامه شماره 3/11/3760 مورخ 1389/3/16 اعتبار علمی پژوهشی نشریه پژوهش‌های خاک

تمدید شده است

مدیر مسؤول: دکتر هادی اسدی رحمانی  
سر دبیر: دکتر حمید سیادت

اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

|                       |                                                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------|
| دکتر محمد بای بوردی   | مدرس دانشگاه                                       |
| دکتر حسین بشارتی      | استاد مؤسسه تحقیقات خاک و آب                       |
| دکتر محمدرضا بلالی    | استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب                    |
| دکتر حسن توفیقی       | دانشیار دانشگاه تهران                              |
| دکتر غلامحسین حق نیا  | استاد دانشگاه فردوسی مشهد                          |
| دکتر کاظم خاوازی      | استاد مؤسسه تحقیقات خاک و آب                       |
| دکتر محمدحسن روزیطلب  | دانشیار پژوهش سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی |
| دکتر امیر فتوت        | استاد دانشگاه فردوسی مشهد                          |
| دکتر منوچهر گرجی      | استاد دانشگاه تهران                                |
| دکتر عزیز مؤمنی       | دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب                     |
| دکتر محمدرضا نیشابوری | استاد دانشگاه تبریز                                |

دکتر حمید سیادت  
کبری علی نژاد  
چهار شماره

ویراستار انگلیسی:  
تایپ و صفحه آرایی:  
تعداد انتشار در سال:

این نشریه در پایگاه‌های علمی زیر نمایه می‌شود:  
www.isc.gov.ir پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC):  
و همچنین در پایگاه (ISC) از ضریب تأثیر (IF) برخوردار می‌باشد  
www.sid.ir پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی:  
www.civilica پایگاه سیولیکا

www.srjournal.areeo.ir :  
www.swri.ir  
www.soiliran.org  
majalehsoil@yahoo.com

پایگاه الکترونیکی نشریه پژوهش‌های خاک  
پایگاه الکترونیکی مؤسسه تحقیقات خاک و آب:  
پایگاه الکترونیکی انجمن علوم خاک ایران:  
آدرس الکترونیکی دفتر مجله:

آدرس: کرج - میدان استانداری، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کد پستی: 3177993545

آدرس پایگاه الکترونیکی مجله: www.srjournal.areeo.ir

تلفن و نمابر: (026) 36208796

- ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در کلزا با روش تشخیص چندگانه و انحراف از درصد بهینه در شمال استان خوزستان ..... 1  
سید حسین محمودی نژاد دزفولی و مهرزاد محمص مستشاری
- تأثیر مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک بر برخی صفات کمی و کیفی و توازن تغذیه‌ای انگور سفید بی‌دانه ..... 15  
عزیز مجیدی، رحیم مطلبی و حسین عزیزی
- ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در گوجه فرنگی به روش تشخیص چندگانه در استان بوشهر ..... 33  
مختار زلفی باوریانی، سیدعلی غفاری نژاد و مهرداد نوروزی
- بررسی ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژی و زردبرگی نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در برخی خاک‌های آهکی مازندران ..... 47  
علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری
- ارزیابی اثر مدیریت‌های مختلف مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی توت فرنگی رقم کوئین الیزا ..... 69  
محمدحسین سدری و فرهاد کرمی
- اثر اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر فراهمی عناصر کم‌مصرف ..... 85  
لیلا رضاخانی، بابک متشروع زاده، محمد مهدی طهرانی، حسن اعتصامی و حسین میرسید حسینی
- اثر متقابل نوع کود نیتروژنی و شوری خاک بر فراریت نیتروژن از خاک ..... 97  
مصطفی بهبویه جوزم، مهدی کریمی و امیر بستانی

## راهنمای تهیه مقاله برای انتشار در نشریه علمی پژوهش‌های خاک

نشریه علمی پژوهش‌های خاک به منظور افزایش آگاهی محققان و پژوهشگران علوم خاک و آب، ایجاد زمینه ارتقای سطح دانش و پژوهش، شناخت و معرفی اندیشه‌ها، نوآوری‌ها و خلاقیت‌های علمی - پژوهشی در سطح ملی و بین‌المللی، ایجاد ارتباط بین مراکز آموزشی، علمی - پژوهشی و انتقال و تبادل نتایج یافته‌ها، نتایج حاصل از فعالیتهای تحقیقاتی پژوهشگران در زمینه مسائل مربوط به شناسایی، حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع خاک و آب در کشاورزی را منتشر می نماید.

### الف) اصول کلی

- 1- این نشریه صرفاً مقالات پژوهشی (Original Articles) منتج از پژوهش‌های نویسنده و یا نویسندگان در زمینه علوم خاک و آب را منتشر می نماید.
  - 2- مقاله باید به زبان فارسی روان و پیراسته از غلط‌های نگارشی و نوشتاری باشد. از آوردن واژه‌های بیگانه که معادل شناخته شده فارسی دارند جداً خودداری گردد.
  - 3- مسئولیت صحت و سقم مطالب، نظرات و عقاید مندرج در مقالات به عهده نویسندگان مقاله می‌باشد. حقوق معنوی مقالات برای نویسندگان محفوظ می‌باشد.
  - 4- مقاله نباید در هیچ یک از نشریات کشور به چاپ رسیده یا همزمان برای مجلات دیگر ارسال شده باشد این مسئله باید با تأیید کتبی نویسنده مسئول باشد.
- مقالاتی که مبنی بر آزمایش‌هایی است که بیش از 3 سال از خاتمه اجرای آن گذشته است از شانس کمتری برای پذیرش برخوردار خواهد بود و نویسندگان باید علت تأخیر در نوشتن مقاله را توجیه کنند

### ب) نحوه تهیه و ارسال مقاله

#### نحوه نگارش مقاله

- 1- مقاله حداکثر در 15 صفحه A4 با فاصله خطوط 1/5 و حاشیه‌های 3 سانتی‌متر از هر طرف و به صورت تک ستونی در نرم افزار Word 2007 تایپ شود.
- 2- نوع قلم فارسی و انگلیسی و اندازه آنها مطابق جدول (1) استفاده شود.
- 3- پیش از نقطه (.) و کاما (,) گذاشتن فاصله لازم نیست، لیکن پس از آنها، یک فاصله لازم است.
- 4- اصول نگارش زبان فارسی به طور کامل رعایت شده و از به کار بردن اصطلاحات انگلیسی که معادل فارسی آنها در فرهنگستان زبان فارسی تعریف شده‌اند، حتی الامکان پرهیز گردد.

| جدول 1- نوع قلم و اندازه   |                 |                                           |
|----------------------------|-----------------|-------------------------------------------|
| موقعیت استفاده             | نام قلم         | اندازه قلم                                |
| عنوان مقاله                | Nazanin پر رنگ  | 14                                        |
| متن مقاله                  | Nazanin         | 12                                        |
| عناوین بخش‌های مقاله       | Nazanin پر رنگ  | 12                                        |
| نام مؤلفان                 | Nazanin پر رنگ  | 12                                        |
| کلمه چکیده و کلمات کلیدی   | Nazanin پر رنگ  | 12                                        |
| عناوین جداول و اشکال       | Nazanin پر رنگ  | 11                                        |
| متن جداول و شکل‌ها و منابع | Nazanin         | 11                                        |
| متن انگلیسی                | Times New Roman | یک واحد کمتر از اندازه فارسی در هر موقعیت |



نویسنده(گان) موظف هستند حداکثر 15 روز پس از دریافت نظرات داوران اصلاحات لازم و یا پاسخ را ارسال نمایند. ضمناً ارسال چکیده لاتین مقاله به همراه مقاله الزامی است. ارسال نامه درخواست چاپ مقاله در نشریه پژوهش‌های خاک به همراه فرم تعهد نامه الزامی است. کلیه مقالات پس از دریافت اعلام وصول گردیده و جهت ارزیابی برای داوران مجله ارسال خواهد شد و پس از اتخاذ رأی داوران و تأیید هیئت تحریریه، مقاله در نوبت چاپ قرار خواهد گرفت

#### شناسنامه مقاله

مقالات باید شامل عنوان، چکیده فارسی و انگلیسی (حداکثر تا 300 کلمه)، واژه‌های کلیدی (Keywords)، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری، تشکر و قدردانی (در صورت نیاز) و فهرست منابع باشد.

#### برگ شناسه

عنوان مقاله، نام، نام خانوادگی، موقعیت شغلی نگارنده(گان)، نام دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی که نگارنده(گان) در آن اشتغال دارند، نشانی کامل نگارنده(گان) و نام و مشخصات نگارنده مسئول مکاتبات (به هر دو زبان فارسی و انگلیسی) و پست الکترونیکی همه نویسندگان در صفحه چکیده ها تایپ و در قسمت فایل‌های با نام نویسنده (گان) بارگذاری نمایید و در قسمت بدون نامه نویسنده(گان) مقاله بدون نام بارگذاری گردد.

\* نگارنده مسئول باید فرم تعهدنامه را که با امضای کلیه نگارندگان و الزامی می باشد در قسمت فایل- های پیشنهاد بارگذاری نماید.

#### عنوان مقاله

عنوان مقاله باید روان، گویا، مختصر و مفید بوده و در برگیرنده محتوای تحقیق انجام شده باشد. عنوان مقاله نباید بیش از 20 کلمه باشد. در زیر عنوان نام و نام خانوادگی نویسندگان، مرتبه علمی و یا تحصیلات و وابستگی سازمانی، تاریخ، آدرس کامل پستی، شماره تلفن همراه و پست الکترونیک نویسندگان مقاله درج گردد.

دقت شود کلمه‌های تشکیل دهنده عنوان با کلمه‌های کلیدی متفاوت باشد.

چکیده: چکیده بایستی شامل حداکثر 300 کلمه بوده و بیانگر زمینه و هدف، تحقیق روش بررسی، یافته‌ها، نتیجه‌گیری و ترجیحاً در یک پارگراف باشد. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد

#### واژه های کلیدی:

واژه های کلیدی بایستی 3-6 کلمه باشد. واژه های کلیدی چکیده انگلیسی نیز بایستی ترجمه دقیق واژه های چکیده فارسی باشد.

در انتخاب واژه‌های کلیدی از تکرار واژه‌هایی که در عنوان مقاله آمده است خودداری فرمایید

#### مقدمه

باید دربرگیرنده اهمیت پژوهش انجام شده بوده و به بیان مسئله با مروری بر مطالعات و مشاهدات مرتبط با تحقیق که در گذشته انجام شده پرداخته و به منابع معتبری که در انتهای مقاله ذکر شده، استناد شده باشد و در ادامه وجه تمایز نسبت به مطالعات قبلی و لزوم و وجوب آن و در انتها هدف اصلی پژوهش

نگاشته شود. مقالاتی که تکراری بوده و در گذشته به کرات در داخل و خارج از ایران در مورد آن مطالعاتی انجام شده، در صورتی که وجه تمایز قانع کننده‌ای نداشته باشد چاپ نخواهد شد.

#### مواد و روش‌ها

در این قسمت باید شرح مواد و روش‌های مورد استفاده در تحقیق، جامعه آماری، روش‌های نمونه‌گیری، اندازه‌گیری‌های آزمایشی و نحوه تجزیه و تحلیل آماری آورده شود. در صورتی که از روش‌های متداول قبلی منتشر شده استفاده شده باشد، از شرح آنها خودداری و فقط به ارائه اصول و ذکر مأخذ اکتفا شود.

#### نتایج

در این بخش نتایج بدست آمده از تحقیق به صورت نوشتار همراه شکل و جدول و بدون بحث بیان گردد. از بکار بردن عنوان‌هایی مانند نمودار، عکس و نقشه خودداری و کلیه آنها با عنوان " شکل " درج شوند. نتایج ارائه شده در جداول یا شکل‌ها نباید به صورت دیگری مانند منحنی و یا متن نوشتاری در مقاله تکرار گردد. هر جدول از شماره، عنوان، سرستون‌ها و متن جدول تشکیل می‌شود. یک جدول باید با خطی افقی از شماره و عنوان جدول متمایز شود. همچنین سر جدول با یک خط افقی از متن جدول جدا و در زیر متن جدول نیز یک خط افقی رسم شود. عنوان جدول در بالای آن جدول درج و پس از کلمه جدول و شماره آن، خط تیره و سپس عنوان ذکر شود. در متن جدول تا جایی که ممکن است نباید از خطوط افقی و عمودی استفاده کرد. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به کمیت آن ستون باشد. اگر همه ارقام جدول دارای یک واحد مشترک باشند، آن واحد در عنوان اصلی جدول ذکر شود. توضیحات اضافی عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه شوند.

در نمودارها از نشانه‌های  $\Delta$   $\square$   $\bullet$   $\blacktriangle$  به صورت توپر و توخالی استفاده شود. برای درج عنوان هر شکل، پس از کلمه شکل و شماره آن، نقطه و سپس عنوان ذکر شود. فایل Excel مربوط به نمودارها ارسال شود. اختصارات موجود در شکل‌ها و جداول باید در زیرنویس توضیح داده شوند. تمام اعداد متن و توضیحات جداول و شکل‌ها باید به زبان فارسی ارائه گردد. از ارسال نمودارهای رنگی جداً اجتناب نموده و از رنگ‌های سفید، سیاه و هاشورهای کاملاً متفاوت استفاده شود. اندازه فونت توضیحات محورهای نمودارها و اعداد به اندازه کافی بزرگ باشد تا در صورت کوچک کردن نیز خوانا باشد. جداول و نمودارها حتی المقدور در متن مقاله جاسازی شوند.

#### بحث

یافته‌های جدید و مهم باید با یافته‌های موجود در منابع مقایسه شود و دلایل قبول و رد آنها مورد بحث قرار گیرد. از تکرار یافته‌ها خودداری شود. مروری بر مقالات گذشته در این بخش گنجانده شود. محدودیت‌های مطالعه باید مورد توجه قرار گیرد. راهکارهای جدید و فرضیه‌های جدید پیشنهاد گردد. یافته‌های جدید و یافته‌های پیش بینی شده مقایسه شود. در پایان باید موارد کاربردهای عملی و تئوری نتایج حاصل از تحقیق و نتیجه کلی پژوهش بیان گردد.

#### تشکر و قدردانی

در این بخش نویسنده (گان) می‌توانند از اشخاص، سازمان‌ها و افراد ذیربطی که در اجرای تحقیق همکاری داشته‌اند، تشکر و قدر دانی نمایند. این قسمت باید کوتاه و در حدود 50 کلمه باشد.

#### فهرست منابع

شیوه ارجاع در تمام متن مقاله بایستی به صورتی باشد که منبع مورد ارجاع در پایان جمله در داخل پرانتز به فارسی برای منابع انگلیسی و فارسی ارائه شود. برای منابع دارای دو نویسنده، نام هر دو نویسنده و منابعی که بیش از دو نویسنده دارند، نخست نام نفر اول و سپس " همکاران " و تاریخ بیان شود. مثال:

..... نتایج مشابهی توسط برخی پژوهشگران نیز گزارش شده است (کریمی و احمدی ، 1389)

..... نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (آلوی و همکاران، 2010)

فهرست منابع مورد استفاده در پایان متن به صورت پیوسته و به ترتیب منابع فارسی و انگلیسی ارائه شوند. منابع مورد استفاده به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نگارنده، (یا اولین نگارنده برای منابعی که بیش از یک نگارنده دارند) زیر هم آورده شوند. چنانچه از یک نگارنده چندین منبع ذکر شود، ترتیب درج آن‌ها بر حسب سال انتشار، از جدید به قدیم است. اگر از نگارنده‌ای چندین منبع همسال وجود داشته باشد، با گذاشتن حروف a، b و c پس از سال انتشار منابع از یکدیگر متمایز شوند. چنانچه مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، نخست مقالات منفرد و سپس مقاله‌های مشترک به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب شوند.

برای یک مقاله به ترتیب نام خانوادگی نگارنده، حرف اول اسم کوچک نگارنده، تاریخ انتشار، عنوان مقاله عنوان کامل مجله، شماره جلد، و اولین و آخرین صفحه مقاله ارائه شود. برای یک کتاب به ترتیب نام خانوادگی و سپس حرف اول نام کوچک نگارنده، تاریخ انتشار، عنوان کامل کتاب، شماره جلد، نام ناشر، محل انتشار و تعداد کل صفحات ارائه شود. در مورد مقاله یا کتاب‌هایی که بیش از یک نویسنده دارند به ترتیب نام خانوادگی و حرف اول نام اولین نویسنده و سپس اول نام نویسندگان بعدی و پس از آن نام خانوادگی آن‌ها ذکر شود.

در مورد مرجعی که نویسنده آن مشخص نیست به جای نام نگارنده از "Anonymous" برای منابع انگلیسی و (بی نام) برای منابع فارسی استفاده شود.

چنانچه منبع ترجمه شده باشد، در فهرست منابع باید نخست نام نویسنده (گان) کتاب اصلی، عنوان مشخصات آن (به زبان انگلیسی) و سپس نام مترجم (مترجمان) ذکر شود.

مثال‌های برای تنظیم منابع

مقاله از مجله

Brennan, E.W., and W.L. Lindsay. 1998. Reduction and oxidation effect on the solubility and transformation of iron oxides. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:930-937.

مقاله از کارگاه آموزشی یا علمی

Hanbury, A. 2002. The taming of the hue, saturation and brightness colour Space, 7th Computer Vision Winter Workshop, February 2002, Bad Aussee, Austria.

مطلب از کتاب

Lindsay, W.L. 1979. *Chemical equilibrium in soils*. John Wiley & Sons, New York.

مطلب نقل شده یک نویسنده در یک مجموعه مقالات

Logsdon, S.D., and D.A. Laird. 2003. Ranges of bound water properties associated with a smectite clay. p. 101-108. In *Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substance*. Proc. of Conf., Rotorua, New Zealand. 23-26 Mar. 2003. Industrial Research, Auckland, New Zealand.

ذکر مطلب از نویسنده ای در یک کتاب که نام ویراستاران روی جلد آن است

Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-427. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

ذکر مطلب از اینترنت

Soil Survey Staff. 2004. NRCS soils [Online]. Available at <http://soils.usda.gov> [verified 23 Mar. 2005]. USDA-NRCS, Washington, DC.

منابع مورد استفاده در متن بدین صورت نگاشته شوند:

بای بوردی و همکاران (1382) گزارش کردند...

اسمیت (2002) گزارش کرد ...

اسمیت و جونز (2002) گزارش کردند...

اسمیت و همکاران (2002) گزارش کردند...

- در صورت عدم رعایت دقیق مطالب فوق‌الذکر، مقاله پذیرفته نمی‌شود و پیش از بررسی به اطلاع نویسنده مسئول می‌رسد. بدیهی است چنانچه مقاله ارسالی با شرایط ذکر شده تهیه و عودت داده شود مجدداً از زمان برگشت که تاریخ واقعی مقاله منظور می‌شود مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

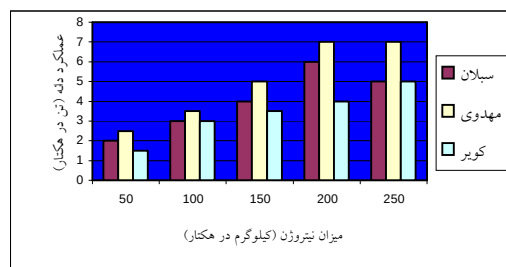
جدول نامناسب

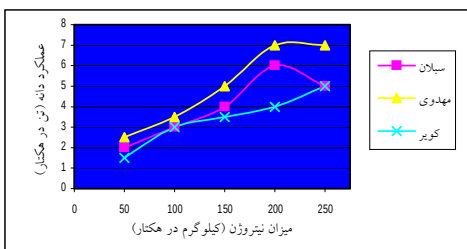
| بافت     | Mge<br>xch | Kavail<br>. | Pava<br>il | OC<br>(%) | TNV<br>(%) | EC<br>(dS. m-<br>1) | pH  | عمق<br>(cm) |
|----------|------------|-------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----|-------------|
|          | (Mg.kg-1)  |             |            |           |            |                     |     |             |
| لومی رسی | 300        | 290         | 3/6        | 0/62      | 28         | 7/6                 | 8/2 | 0-30        |
| لومی رسی | 305        | 295         | 0/6        | 0/50      | 30         | 7/2                 | 8/2 | 30-60       |
| لومی شنی | 286        | 332         | 0/5        | 0/21      | 33         | 9/5                 | 7/8 | 60-90       |

جدول مناسب

| بافت     | Mg <sub>ex</sub>       | K <sub>av</sub> | P <sub>av</sub> | OC<br>(%) | TNV<br>(%) | EC<br>(dS.m <sup>-1</sup> ) | pH  | عمق<br>(cm) |
|----------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------|------------|-----------------------------|-----|-------------|
|          | (mg.kg <sup>-1</sup> ) |                 |                 |           |            |                             |     |             |
| لومی رسی | 300                    | 290             | 3/6             | 0/62      | 28         | 7/6                         | 8/3 | 0-30        |
| لومی رسی | 305                    | 295             | 1/60            | 0/50      | 30         | 7/2                         | 8/2 | 30-60       |
| لومی شنی | 286                    | 232             | 1/50            | 0/21      | 33         | 9/5                         | 7/8 | 60-90       |

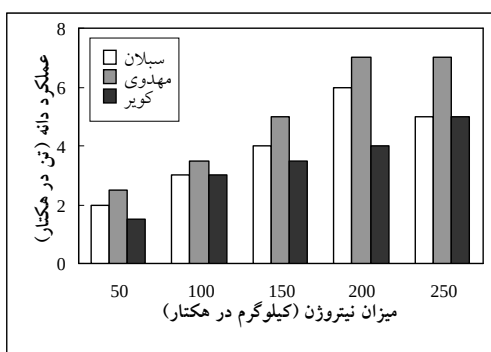
نامناسب



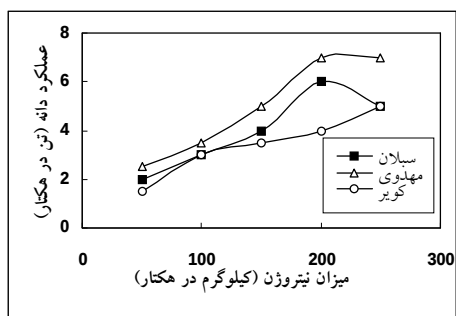


مناسب

نامناسب



مناسب



نشریه پژوهش‌های خاک

## فرم تعهد نامه

نشریه پژوهش‌های خاک

اینجانب ..... نویسنده مسئول مقاله زیر:

- سال‌های اجراء آزمایش ذکر شود

موارد زیر را به آگاهی می‌رسانم:

1. کلیه تهیه کنندگان مقاله از ارسال آن به دفتر مجله شما آگاهند
2. مقاله قبلاً در هیچ مجله داخلی و خارجی منتشر نشده است
3. مقاله تا زمان پایان بررسی در آن مجله به مجله دیگری ارسال نخواهد شد.
4. هیچگونه تغییری در تعداد نویسندگان یا ترتیب ذکر اسامی انجام نخواهد شد.

نام خانوادگی نویسنده اول: امضاء نویسنده اول مقاله

نام خانوادگی نویسنده دوم: امضاء نویسنده دوم مقاله

نام خانوادگی نویسنده سوم: امضاء نویسنده سوم مقاله

نام خانوادگی نویسنده چهارم: امضاء نویسنده چهارم مقاله

## داوران مقالات واصله به دفتر نشریه پژوهش‌های خاک سه ماه اول سال 1401

---

|                          |         |                      |         |
|--------------------------|---------|----------------------|---------|
| دکتر مجید بصیرت          | 2 مقاله | دکتر بابک متشرع زاده | 3 مقاله |
| دکتر حسین بشارتی         | 2 مقاله | دکتر پریسا مشایخی    | 1 مقاله |
| دکتر یحیی پرویزی         | 1 مقاله | دکتر نصرت اله نجفی   | 1 مقاله |
| دکتر علیرضا جعفرنژادی    | 1 مقاله | دکتر علی رضا واعظی   | 1 مقاله |
| دکتر علی چراتی           | 2 مقاله |                      |         |
| دکتر یعقوب حسینی         | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر هوشنگ خسروی         | 1 مقاله |                      |         |
| مهندس عبدالمحمد دریاشناس | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر غلامحسین رنجبر      | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر فرهاد رجالی         | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر علی زین الدینی      | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر عبدالحسین ضیائی‌ان  | 3 مقاله |                      |         |
| دکتر محمد مهدی طهرانی    | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر امیر فتوت           | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر فرهاد مشیری         | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر عزیز مجیدی          | 1 مقاله |                      |         |
| دکتر سید علی اکبر موسوی  | 1 مقاله |                      |         |





## ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در کلزا با روش تشخیص چندگانه و انحراف از درصد بهینه در شمال استان خوزستان

سید حسین محمودی نژاد دزفولی<sup>1</sup> و مهرزاد محصص مستشاری

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول

ایران؛ Shmn178@yahoo.com

دانشیار بخش تحقیقات شیمی و حاصلخیزی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛

mm\_mohasses@yahoo.com

دریافت: 1400/7/24 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

برای بررسی مصرف نامتعادل کودها و بهینه کردن مصرف کود در مزارع کلزا در شمال استان خوزستان، از روش‌های تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) و انحراف از درصد بهینه (DOP) استفاده شد. در این پژوهش، به مدت یک سال زراعی (1398) نمونه‌های خاک، برگ و آب از 30 مزرعه کلزا تهیه و تجزیه شد. در این مزارع، عملکرد دانه نیز اندازه‌گیری شد. عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز برگ با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین گردید. جامعه عملکردی از طریق کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای با در نظر گرفتن عملکرد حد واسط به مقدار 2882 کیلوگرم در هکتار به دو گروه عملکرد پایین و بالا تقسیم شدند. سپس براساس روش سامانه CND نرم‌های استاندارد برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی، منگنز و باقیمانده عناصر (Rd) به ترتیب  $3/27 \pm 0/14$ ،  $0/17 \pm 0/83$ ،  $2/73 \pm 0/2$ ،  $1/89 \pm 0/13$ ،  $4/23 \pm 0/53$ ،  $3/45 \pm 0/3$ ،  $3/46 \pm 0/26$  و  $3/27 \pm 0/14$  تعیین گردید. نتایج روش سامانه CND نشان داد بیشترین عامل محدودکننده عملکرد در بین عناصر پر مصرف پتاسیم و در بین عناصر کم مصرف منگنز بود. در روش DOP حد بهینه عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب غلظت‌های  $5/27\%$ ،  $0/44\%$  و  $2/72\%$  و برای آهن، مس، روی و منگنز به ترتیب 37، 77 و 67 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید و ترتیب کمبود عناصر غذایی به صورت  $P > Fe > N > Mn > Zn > Cu$  به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه گیاه، تعادل عناصر غذایی

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: دزفول، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، بخش تحقیقات خاک و آب

## مقدمه

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال 2018 میزان تولید کلزا در جهان تقریباً 75/6 میلیون تن بود که بعد از دانه سویا در رده دوم گیاهان زراعی دانه روغنی قرار داشت (انانیموس، 2018). در تأمین روغن جهانی، گیاه پالم و هسته پالم 38%، سویا 29%، کلزا 15%، آفتابگردان 10%، بادامزمینی 3%، پنبه دانه و روغن نارگیل 2% و زیتون 1% سهم داشتند (انانیموس، 2019). بر اساس آمار منتشر شده، کشور کانادا با تولید 21/1 میلیون تن دانه کلزا اولین کشور تولید کننده این محصول در جهان است. کشورهای چین و هند نیز با تولید 12/8 و 8 میلیون تن به ترتیب در رتبه های دوم و سوم قرار دارند (انانیموس، 2019). سطح زیر کشت محصول کلزا در سال زراعی 99 - 1398 در استان خوزستان تقریباً 44579 هکتار و میزان تولید آن 67320 تن بود (بی نام، 1399). از نظر میزان تولید و مساحت کشت کلزا در کشور، استان خوزستان مقام دوم و استان های مازندران، فارس، اردبیل، کرمانشاه، ایلام، قزوین و آذربایجان شرقی به ترتیب در رتبه های بعدی قرار دارند (انانیموس، 2019). روش های مختلف تفسیر نتایج تجزیه عناصر تغذیه ای گیاهان در محصولات زراعی توسط محققین مختلف مورد توجه قرار گرفته است. گیکلوی و همکاران (1397) عدم تعادل عناصر غذایی گیاه گندم را با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی در منطقه مغان بررسی و نرم های عناصر غذایی را با احتساب عملکرد 4/2 تن در هکتار برای N، P، K، Ca، Mg، Fe، Cu، Zn و Mn محاسبه کردند.

در ارزیابی وضعیت تغذیه ای کدو با روش های DOP و CND توسط شریف مند و همکاران (1396) در شهرستان خوی و بر اساس شاخص های DOP و CND، عناصر پتاسیم و روی منفی ترین شاخص ها بودند. خیاری و همکاران (2001a) با استفاده از روش CND توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم های استاندارد CND را برای عناصر غذایی N، P، K، Ca و Mg جهت ارزیابی وضعیت

تغذیه ای ذرت در مرحله رشد V<sub>4</sub> تا V<sub>8</sub> تعیین و ارتباط بسیار خوبی را ( $R^2 = 0.96$ ) بین شاخص تعادل عناصر غذایی روش دریس با شاخص تعادل عناصر غذایی به روش CND برای مرحله رشدی مذکور گزارش کردند. در همین تحقیق شاخص عنصر نیتروژن در سه روش CVA، DRIS و CND مورد مقایسه قرار گرفت که ضریب  $R^2$  حاصله بیانگر برتری نسبی روش CND به سایر روش ها بود. میران و صمدی (1391) نیز وضعیت تغذیه ای پیغندر قند را با استفاده از دو روش DRIS و DOP در استان آذربایجان غربی بررسی و گزارش کردند که بر اساس شاخص های DRIS و DOP به ترتیب فسفر و مس منفی ترین شاخص ها بودند.

فیضی زاده و صمدی (1395) جهت ارزیابی وضعیت تغذیه ای پیاز در آذربایجان غربی، شاخص های DRIS و DOP را مقایسه کردند. در این مقایسه عناصر کلسیم، پتاسیم و مس منفی ترین شاخص در مزارع با عملکرد پایین بودند. آنها همچنین نشان دادند که بین دو روش مذکور در تفسیر نتایج تجزیه برگ شباه زیادی وجود دارد. قریشی و همکاران (1396) با ارزیابی وضعیت تغذیه ای هندوانه با استفاده از روش DRIS در آذربایجان غربی دریافتند که بین عناصر غذایی پرمصرف، نیتروژن و در بین عناصر غذایی کم مصرف، روی منفی ترین شاخص بود.

در استان خوزستان با توجه به اهمیت و جایگاه محصول کلزا در منطقه از نظر سطح زیر کشت در کشور و لزوم مدیریت تغذیه ای مناسب جهت دستیابی به عملکرد مطلوب و اقتصادی از یک طرف و عدم وجود اعداد مرجع روش های DOP و CND جهت ارزیابی وضعیت تغذیه ای کلزا در منطقه، ضرورت اجرای این پژوهش مشخص می گردد. لذا، هدف از این بررسی، برآورد اعداد مرجع و مطالعه وضعیت عناصر غذایی در مزارع کلزای شمال استان خوزستان با استفاده از شاخص های انحراف از درصد بهینه (DOP)، تشخیص چندگانه عناصر غذایی

(CND) بود تا بتوان سیاست مصرف بهینه کود را در سطح منطقه با دقت بیشتری اعمال و در سطوح کلان تحقق بخشید و ضمن حفظ حاصلخیزی خاک، سبب حصول عملکرد، با کمیت و کیفیت بیشتر شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1397-98 در مزارع کلزای شمال استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی 31 درجه و 51 دقیقه تا 32 درجه و 30 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 20 دقیقه تا 48 درجه و 53 دقیقه طول شرقی انجام شد. جهت اجرای این آزمایش مکان‌های کشت کلزا در سطح استان بر اساس قرارداد کشت زارعین و اطلاعات ثبت شده توسط GPS مشخص شد. 57 مزرعه در سطح استان انتخاب که پس از بررسی و با توجه به میزان عملکرد، (شامل مزارع با عملکرد زیاد و کم) همچنین وجود دامنه متفاوت از خصوصیات خاک (با استفاده از مطالعات خاک) بین نمونه‌ها تعداد 30 مزرعه انتخاب نهایی شد. در دوره رشد، کلیه اطلاعات مزارع و فعالیت‌های انجام شده برای هر مزرعه در پرسشنامه‌ای یادداشت‌برداری و ثبت گردید.

در اوایل پاییز از هر مزرعه نمونه مرکب خاک برداشت و اسیدیت، هدایت الکتریکی، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز و بافت خاک از آن‌ها مطابق با روش‌های موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (احیایی و بهبهانی زاده، 1375). در مرحله خروج از رزت (انتهای مرحله دو رشد فنولوژیکی) (گرت و بیل، 1990) نمونه‌برداری برگ بدین نحو انجام گردید که از 20 نقطه واقع در یک هکتار 20 برگ انتخاب و جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی به آزمایشگاه ارسال شدند (بلی هولدر و همکاران، 2001). به‌طور کلی در این بررسی تعداد 600 تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک، 300 تجزیه برگ و 80 تجزیه آب بر روی نمونه‌ها انجام شد. نیتروژن کل به روش میکروکلدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی توسط اسپکتروفتومتر با طول موج 880 نانومتر و پتاسیم به وسیله فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (احیایی و بهبهانی،

1375). عناصر روی، منگنز، آهن و مس توسط محلول DTPA استخراج و توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perken elemer 3110 قرائت شد (احیایی و بهبهانی، 1375). در هر مزرعه هنگام برداشت، عملکرد، رقم مورد استفاده و ویژگی‌های هواشناسی دوره رشد یادداشت‌برداری شد همچنین مقدار، نوع، زمان و مرحله رشدی مصرف کودها مشخص شد. اطلاعات حاصل از مناطق وارد مدل‌های تشخیص چندگانه عناصر غذایی و انحراف از حد بهینه شد و وضعیت تغذیه‌ای مزارع کلزای منطقه با استفاده از نتایج خاک و گیاه، مورد تحلیل قرار گرفت و محدودیت‌های عملکرد از لحاظ عناصر غذایی شناسایی شد.

## محاسبات و فرمول‌ها

روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی (CND):  
این روش با استفاده از روابط ریاضی و آماری بصورت گام به گام بشرح ذیل انجام شد (پرنت و دافیر، 1992 و دریاشناس و ثقفی، 1390).

1- ترکیبات بافت گیاهی به صورت یک سادک ( $S^d$ ) حاوی عناصر غذایی ( $N, P, K, \dots$ ) و یک بخش باقیمانده ترکیبات ( $R_d$ ) بشکل رابطه ذیل قابل بیان است که در آن  $d$  نماینده تعداد عناصر غذایی و  $R_d$  بیانگر باقیمانده ترکیبات گیاهی است.

$$S^d = [(N, P, K, \dots, R_d): N > 0, P > 0, K > 0, \dots, R_d > 0 \quad N + P + K + \dots + R_d = 100] \quad (1)$$

در این رابطه عدد 100 بیان کننده کل غلظت ماده خشک گیاه است (درصد) و  $N, P, K, \dots$  و  $R_d$  عناصر غذایی تشکیل دهنده بافت گیاهی هستند که  $R_d$  نشانگر سایر عناصر غذایی باقیمانده و اندازه‌گیری نشده است که از رابطه (2) محاسبه می‌شود.

(2)

$$R_d = 100 - (N + P + K + \dots)$$

2- میانگین هندسی عناصر غذایی با رابطه 3 نشان داده می‌شود.

(3)

<sup>1</sup>. Simplex

استاندارد و یا ارقام مرجع CND محسوب می‌شوند.  $V_N$ ،  $V_P$ ،  $V_K$  و  $V_{Rd}$  نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است.  $I_N$ ،  $I_P$ ،  $I_K$  و  $I_{Rd}$  به ترتیب شاخص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر باقیمانده هستند.

4- شاخص تعادل عناصر غذایی با روش CND از طریق رابطه ذیل قابل محاسبه است. در این رابطه  $r^2$  مجموع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی است و همیشه می‌تواند اعداد صفر و بیشتر را به خود اختصاص دهد. از نظر تئوری هر اندازه  $r^2$  به عدد صفر نزدیک‌تر شود تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد.

(7)

$$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \dots + I_{Rd}^2$$

بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق بدست آوردن  $r^2$  می‌توان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد. با توجه به اینکه شاخص‌های عناصر غذایی CND متغیری مستقل و نرمال هستند بنابراین مجموع این شاخص‌ها یعنی  $r^2$  از یک توزیع مربع کای با درجه آزادی  $d+1$  تبعیت می‌کند.

5- یک روش مناسب برای تمایز جامعه عملکرد به دو گروه زیاد و کم می‌تواند بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس شاخص‌های عناصر غذایی باشد. این تابع عملکرد - عنصر غذایی شکل کاوی<sup>1</sup> دارد که با تعیین نقاط عطف منحنی<sup>2</sup> می‌توان گروه‌های عملکردی را با دقت ریاضی تفکیک نمود. مراحل به طریق زیر تعیین می‌شود:

1- عملکردها از زیاد به کم ردیف می‌شوند؛

2- نسبت لگاریتمی ( $V_x$ ) عناصر غذایی محاسبه می‌شود؛

3- واریانس مقادیر  $V_x$  برای اولین گروه عملکرد و برای سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آنها براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود. این عمل برای دومین گروه عملکرد و الی آخر انجام می‌شود؛

$$G = [N \times P \times K \times \dots \times R_d]^{\frac{1}{d+1}}$$

3- نسبت لگاریتم طبیعی عناصر از طریق روابط ذیل محاسبه می‌شود.

(4)

$$Z_i = \log[x_i / g(x)]$$

(5)

$$V_N = \ln\left(\frac{N}{G}\right), \quad V_P = \ln\left(\frac{P}{G}\right), \quad V_K = \ln\left(\frac{K}{G}\right), \dots, V_{Rd} = \ln\left(\frac{R_d}{G}\right)$$

$$V_N + V_P + V_K + \dots + V_{Rd} = 0$$

در نتیجه  $V_x$  بیانگر نسبت لگاریتمی عناصر برای  $x$  عنصر است. رابطه 5 درستی محاسبات را تأیید می‌کند. براساس این تعریف، مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد 100 است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقیمانده ترکیبات ( $R_d$ ) برابر صفر خواهد بود.  $V_x$  برای عناصری مانند  $N$ ،  $P$ ،  $K$ ،  $R_d$  فرم بیانی از وضعیت و نسبت عناصر غذایی در گیاه است که مقادیر آن در جامعه با عملکرد زیاد بیانگر غلظت مطلوب و ایده آل است و به عنوان ارقام مرجع یا نرم‌های استاندارد CND محسوب می‌شوند و معمولاً با  $V_N^*$ ،  $V_P^*$ ،  $V_K^*$  و  $V_{Rd}^*$  نشان داده می‌شود. در نتیجه اگر غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه را با غلظت ایده‌آل یا همان نرم‌های CND استاندارد کنیم شاخص عناصر غذایی CND بدست خواهد آمد و برای عناصر  $N$ ،  $P$ ،  $K$  و  $R_d$  بشرح ذیل محاسبه می‌شود:

(6)

$$I_{zi} = (Z_i - z_i) / S_{zi}$$

$$I_N = \frac{V_N - V_N^*}{SD_N^*}$$

$$I_P = \frac{V_P - V_P^*}{SD_P^*}$$

$$I_K = \frac{V_K - V_K^*}{SD_K^*}$$

$$I_{Rd} = \frac{V_{Rd} - V_{Rd}^*}{SD_{Rd}^*}$$

در این روابط  $V_N^*$ ،  $V_P^*$ ،  $V_K^*$ ،  $V_{Rd}^*$ ،  $SD_N^*$ ،  $SD_P^*$ ،  $SD_K^*$ ،  $SD_{Rd}^*$

به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که بعنوان نرم

<sup>1</sup> concavity

<sup>2</sup> Inflection point

روش DOP: این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (مونتانس و همکاران، 1993).

(13)

$$DOP = \left[ \frac{C \times 100}{C_{ref}} \right] - 100$$

C: غلظت عنصر غذایی در نمونه مورد ارزیابی است و  $C_{ref}$  غلظت مطلوب (بهبه) عنصر غذایی است. در تفسیر نتایج حاصل از این روش دو قانون ساده وجود دارد که شامل: 1- مقدار قدر مطلق شاخص DOP اهمیت و یا شدت خروج از حالت تعادل را نشان می‌دهد، زیرا عدد صفر بیانگر حالت تعادل و مقادیر بالای قدر مطلق شاخص DOP نشان دهنده انحراف زیاد از حالت تعادل است. 2- برای هر عنصر مقدار منفی شاخص DOP نشان دهنده حالت کمبود و مقدار مثبت نشانگر حالت زیادی عنصر است. بنابراین در روش DOP اعداد منفی‌تر بیانگر محدودیت بیشتر عنصر غذایی مربوطه و اعداد مثبت‌تر بیانگر مقادیر بیشتر این عناصر و اعداد صفر بیانگر وضعیت متعادل عناصر غذایی مربوطه نسبت به غلظت‌های مرجع می‌باشند که بر اساس این اعداد اولویت یا ترتیب نیاز این عناصر غذایی به دست می‌آید.

### نتایج و بحث

در خاک مناطق مورد ارزیابی مقدار شوری از 0/62 تا 6 دسی‌زیمنس بر متر، مقدار اسیدیته از 7/06 تا 8/0، کربن آلی از 0/2 تا 12 درصد و فسفر، پتاسیم، آهن، مس، منگنز و روی به ترتیب از 3/8 تا 16/9، 60 تا 367، 0/28 تا 10/22، 0/38 تا 4/36، 0/3 تا 4/84 و 0/3 تا 2/56 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود (جدول 1). با توجه به حد آستانه تحمل کلزا به شوری (حدود 6-8 دسی‌زیمنس بر متر) فقط 6/7 درصد از مزارع دارای محدودیت شوری بودند (نورقلی‌پور و همکاران، 1393). اسیدیته مناسب جهت رشد کلزا 5/5 تا 8 است (نورقلی‌پور و همکاران، 1393) که بر این اساس تقریباً هیچ مزرعه‌ای دارای محدودیت نبود. 10 درصد از مزارع دارای کربن‌آلی کمتر از 0/5 درصد و 86/6 درصد از مزارع دارای کربن‌آلی کمتر از یک درصد بودند. با توجه

(8)

$$F_i(V_x) = \frac{\text{مشاهده } n_1 \text{ برای } V_x \text{ واریانس}}{\text{مشاهده } n_2 \text{ برای } V_x \text{ واریانس}}$$

4- تابع تجمعی نسبت واریانس نیز به روش بند 3 براساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود؛

(9)

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-1} f_i(V_x)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i(V_x)} \times 100$$

5- تابع تجمعی  $F_i^c(V_x)$  مرتبط با عملکرد (Y) با الگوی درجه 3 قابل نمایش است؛

(10)

$$F_i^c(V_x) = aY^3 + bY^2 + cY + d$$

6- نقطه عطف این منحنی که شکل کاوی دارد، از طریق مشتق اول و دوم معادله بدست خواهد آمد؛

(11)

$$\frac{\partial F_i^c(V_x)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c$$

(12)

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_x)}{\partial Y^2} = 6ay + 2b = 0$$

از حل معادله (12) مقدار  $-b/3a$  بیانگر عملکرد حد واسط بین گروه عملکرد کم و زیاد است که برای 1+ d عنصر غذایی قابل محاسبه است (جدول 3). جهت مقایسه مقدار کای اسکویئر بحرانی با  $r^2$  بحرانی به روش کیت - نلسون (نلسون و اندرسون، 1977) باید توجه داشت که توزیع متغیر  $r^2$  شبیه توزیع تابع مربع کای است (خیاری و همکاران، 2001c). در این روش با استفاده از نرم‌های CND و روابط 6 و 7 مقادیر  $I_N, I_P, \dots, I_{Rd}$  و سپس  $r^2$  بحرانی برای 30 مزرعه کلزا محاسبه می‌شود و بعد از آن با استفاده از دو متغیر عملکرد دانه و  $d^2$  دیاگرام ارتباط بین آنها ترسیم می‌شود.

در نمونه‌های برگ، نیتروژن کل از 2/69 تا 6/63، فسفر از 0/18 تا 0/58، پتاسیم از 2/06 تا 3/8 درصد، آهن از 89 تا 470، مس از 6 تا 67، روی از 40 تا 112 و منگنز از 37 تا 87 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی نوسان داشتند. با توجه به اینکه در مرحله اوائل ساقه‌دهی مقدار نیتروژن برگ بطور متوسط بیش از 4 درصد است (گرنٹ و بیل، 1990)، در 6/7 درصد از مزارع کمبود نیتروژن وجود داشت. با توجه به حد بحرانی 0/4 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر در برگ (گرنٹ و بیل، 1990)، در 26/7 درصد از مزارع کمبود عنصر مذکور رویت شد. در منابع حد بحرانی پتاسیم در برگ، 3/5 درصد ذکر گردیده (گرنٹ و بیل، 1990) که بررسی‌ها نشان داد 80 درصد از مزارع دارای کمبود این عنصر بودند. در منابع حد بحرانی آهن، روی، مس و منگنز در برگ به ترتیب حدود 60 تا 80، 30-38، 4-6/2 و 14-30 میلی‌گرم در کیلوگرم در برگ بود (گرنٹ و بیل، 1990) که نتایج تجزیه برگ نشان داد، کمبودی از نظر عناصر کم مصرف در مزارع کلزا وجود نداشت.

میزان عملکرد دانه کلزا در منطقه در محدوده 1200 تا 4221 کیلوگرم در هکتار بود. میانگین آن 3100، میانه آن 3258 و نما 2700 کیلوگرم در هکتار بودند.

به تأثیر موادآلی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، استفاده از موادآلی مناسب در منطقه تأکید می‌گردد. غلظت بهینه فسفر در خاک برای کلزای آبی حدود 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک برآورد شده است (نورقلی‌پور و همکاران، 1393). بر این اساس 96/6 درصد از خاک‌های منطقه دارای مقدار فسفر کمتر از 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند حد بحرانی پتاسیم قابل جذب خاک نیز برای کلزای آبی 250-300 میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شده است (نورقلی‌پور و همکاران، 1393). 73/3 درصد مزارع دارای مقدار پتاسیم قابل دسترس کمتر از 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. مقدار پتاسیم اندازه‌گیری شده در 6/6 درصد از مزارع 200-250، در 10 درصد بین 250-300 و در 10 درصد مزارع مقدار پتاسیم بیش از 300 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بودند. در 6/6 درصد مزارع، مقدار شن خاک بیشتر از 50 درصد بود که این مساله باعث سبکی بافت خاک شده است. توزیع کلاس بافت خاک در مزارع مورد مطالعه به صورت لومی (60%)، لومی سیلتی (30%)، لومی شنی (6/6%) و رسی سیلتی (3/3%) بود که نشان از لومی بودن بافت خاک غالب منطقه در بیش از 96/6 درصد مزارع مورد مطالعه داشت (جدول 1).

جدول 1- نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع کلزا (خوزستان، 98-1397)

| فاکتورهای<br>اندازه گیری | سیلت       | رس           | شن           | منگنز        | روی          | مس           | آهن          | پتاسیم<br>قابل جذب  | فسفر<br>قابل جذب | کربن<br>آلی  | اسیدیته<br>گل<br>اشباع | هدایت الکتریکی<br>عصاره اشباع<br>دسی زیمنس بر متر |
|--------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------------------|
|                          | درصد       |              |              |              |              |              |              | میلی گرم بر کیلوگرم |                  |              |                        |                                                   |
| میانگین                  | 47<br>±2/1 | 25/6<br>±2/8 | 27/3<br>±4/3 | 1/8±<br>0/19 | ±1/1<br>0/10 | 1/7±<br>0/12 | 2/5±<br>0/46 | 168±15/3            | 9/2±0/63         | ±1/1<br>0/37 | 7/65±<br>0/38          | 2/01±0/26                                         |
| میانه                    | 44         | 30           | 26           | 1/5          | 1            | 1/8          | 1/5          | 135                 | 8/4              | 0/8          | 7/7                    | 1/7                                               |
| نما                      | 44         | 30           | 26           | 1/4          | 0/8          | 1/8          | 1/3          | 121                 | 4                | 0/8          | 7/7                    | 1                                                 |
| حداقل داده               | 38         | 2            | 4            | 0/4          | 0/3          | 0/4          | 0/3          | 60                  | 3/8              | 0/2          | 7                      | 0/62                                              |
| حداکثر داده              | 62         | 40           | 60           | 4/8          | 2/5          | 4/4          | 10/2         | 367                 | 16/9             | 12           | 8                      | 6                                                 |

جدول 2- نتایج تجزیه عناصر پرمصرف و کم مصرف در برگ کلزا در اوائل ساقه‌دهی (خوزستان، 1397-98)

| فاکتورهای اندازه گیری | منگنز               | روی                 | مس                  | آهن                 | پتاسیم | فسفر | نیتروژن | عملکرد دانه<br>کیلوگرم در هکتار |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|------|---------|---------------------------------|
|                       | میلی گرم بر کیلوگرم | میلی گرم بر کیلوگرم | میلی گرم بر کیلوگرم | میلی گرم بر کیلوگرم | درصد   | درصد | درصد    | درصد                            |
| میانگین               | 62                  | 63                  | 26                  | 309                 | 3/1    | 0/44 | 5/1     | 3100                            |
| میانه                 | 63                  | 57                  | 195                 | 306                 | 3/2    | 0/46 | 5/2     | 3258                            |
| نما                   | 55                  | 48                  | 6                   | 279                 | 3/4    | 0/42 | 4/9     | 2700                            |
| حداقل داده            | 37                  | 40                  | 6                   | 89                  | 2/06   | 0/18 | 2/7     | 1200                            |
| حداکثر داده           | 87                  | 112                 | 67                  | 470                 | 3/8    | 0/6  | 6/6     | 4221                            |

برآورد عملکرد حد واسط در جامعه با عملکردهای کم و زیاد به روش تشخیص چندگانه (CND):

برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه کم و زیاد، ارتباط بین عملکرد و مقادیر تجمعی نسبت واریانس هر عنصر غذایی محاسبه و بصورت هشت معادله درجه 3 برای هفت عنصر و یک قسمت باقیمانده (Rd) برآزش داده شد که در جدول 3، مشخصات نمودارها ارائه شده است. مدل درجه سه برای کلیه عناصر در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار و مقادیر  $R^2$  آنها در محدوده 0/97-، 0/99، محاسبه شدند. عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه از مزارع با عملکرد کم و زیاد (2/82) تن در هکتار) ملاک قرار گرفت. در نتیجه از مجموع 30 مزرعه تعداد 19 مزرعه معادل 63/3 درصد در گروه عملکرد زیاد

و 11 مزرعه معادل 36/6 درصد در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND):

با توجه به اینکه میانگین غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (مستشاری و گل محمدی، 1389)، در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد حد 2/82 تن در هکتار مقدار  $V^*_{N}$ ،  $V^*_{P}$ ،  $V^*_{K}$ ،  $V^*_{Mn}$ ،  $V^*_{Zn}$ ،  $V^*_{Fe}$ ،  $V^*_{Cu}$ ،  $V^*_{Rd}$  منعکس شده در جدول چهار، به عنوان اعداد مرجع CND برآورد شد. بر این اساس غلظت‌های بهینه این عناصر نیز بدست آمد.

جدول 3- برآورد عملکرد حد واسط بر اساس روش تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی مزارع مورد مطالعه (خوزستان، 1397-98)

| عناصر غذایی   | $R^2$ | $-b/3a$<br>تن در هکتار |
|---------------|-------|------------------------|
| نیتروژن       | 0/98  | 2/41                   |
| فسفر          | 0/98  | 2/08                   |
| پتاسیم        | 0/99  | 2/66                   |
| آهن           | 0/97  | 4                      |
| مس            | 0/98  | 3/33                   |
| روی           | 0/98  | 4/12                   |
| منگنز         | 0/98  | 2/1                    |
| جزء باقیمانده | 0/99  | 2/35                   |

جدول 4- اعداد مرجع مطلوب عناصر غذایی مربوط به میانگین عملکردهای مطلوب و اعداد مرجع تشخیص چند گانه مزارع مورد مطالعه (خوزستان، 98-1397)

| عناصر غذایی | غلظت مطلوب عناصر غذایی درصد | انحراف معیار | اعداد مرجع CND | انحراف معیار | میانگین |
|-------------|-----------------------------|--------------|----------------|--------------|---------|
| نیترژن      | 5/24                        | 0/46         | $V^*_{N}$      | 0/14         | 3/27    |
| فسفر        | 0/47                        | 0/07         | $V^*_{P}$      | 0/17         | 0/83    |
| پتاسیم      | 2/97                        | 0/42         | $V^*_{K}$      | 0/20         | 2/73    |
| آهن         | 0/0338                      | 0/006        | $V^*_{Fe}$     | 0/13         | -1/89   |
| مس          | 0/0033                      | 0/001        | $V^*_{Cu}$     | 0/53         | -4/23   |
| روی         | 0/0070                      | 0/002        | $V^*_{Zn}$     | 0/30         | -3/45   |
| منگنز       | 0/0062                      | 0/001        | $V^*_{Mn}$     | 0/26         | -3/46   |

بر مبنای نتایج حاصله، عملکرد مطلوب کلزا در منطقه مورد مطالعه از مقدار 2882 کیلوگرم در هکتار به بالا بدست آمد. غلظت‌های مطلوب عناصر غذایی برای این عملکرد بر اساس میانگین غلظت‌های عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در مزارع بیشتر و کمتر از عملکرد فوق‌الذکر، برای نیترژن  $5/24 \pm 0/46$  درصد، فسفر  $0/47 \pm 0/07$  درصد، پتاسیم  $2/97 \pm 0/42$  درصد، آهن  $338 \pm 65/9$  میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس  $33 \pm 17/5$  میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی  $70 \pm 21/9$  میلی‌گرم بر کیلوگرم، منگنز  $62 \pm 10/4$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول 4).

#### ارزیابی وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا به روش CND برای منطقه شمال خوزستان

یکی از مزایای روش CND نسبت به روش‌های DRIS و DOP این است که رابطه شاخص عناصر غذایی CND با عملکرد شبیه یک تابع کای اسکویر است و دارای این پتانسیل است که می‌توان شاخص‌ها را به صورت یک محدوده بیان داشت (دریاشناس و ثقفی، 1390). در این ارتباط برای تعیین محدوده بحرانی شاخص عناصر غذایی به روش CND برای کلزا، مربع شاخص‌های بحرانی ( $I^2x$ ) به ترتیب  $0/69$  برای  $I^2_N$ ،  $0/83$  برای  $I^2_P$ ،  $0/90$  برای  $I^2_K$ ،  $1/64$  برای  $I^2_{Fe}$ ،  $0/78$  برای  $I^2_{Cu}$ ،  $0/72$  برای  $I^2_{Zn}$ ،  $0/79$  برای  $I^2_{Mn}$  و  $0/89$  برای  $I^2_R$  بدست آمد (جدول 6). سپس با استفاده از این

شاخص‌ها وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا با انتخاب شش مزرعه تصادفی با پوشش عملکردهای بالا و پایین انجام شد (جدول 7). در این جدول وضعیت تغذیه عناصر غذایی به سه وضع نامتعادلی کمبود، نامتعادلی بیش‌بود و متعادل کافی تشریح شده است. بررسی نتایج این شش مزرعه نشان می‌دهد میزان نامتعادلی به ترتیب برای عناصر نیترژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی، و منگنز به ترتیب  $67\%$ ،  $67\%$ ،  $83\%$ ،  $50\%$ ،  $50\%$ ،  $33\%$  و  $67\%$  است که کمترین نامتعادلی مربوط به عنصر روی و بیشترین نامتعادلی مربوط به عنصر پتاسیم می‌باشد. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد بیشترین وضعیت تعادلی عناصر در گروه عملکرد بالا و بیشترین وضعیت نامتعادلی در گروه مزارع با عملکرد پایین ( $2/25$  تن در هکتار) بود که این نتایج با فلسفه روش CND که غلظت عناصر غذایی گروه‌های عملکرد بالا متعادل‌ترین غلظت هستند، تطابق داشت (دریاشناس و ثقفی، 1390). جدول 7 نشان می‌دهد در گروه عملکرد 3000 کیلوگرم در هکتار و بالاتر 62 درصد مورد متعادل کافی عناصر غذایی مشهود است در حالی‌که در گروه عملکرد کمتر از 3000 کیلوگرم در هکتار یعنی 2700، 2000 و 1800 کیلوگرم در هکتار، فقط 19 درصد مورد متعادل کافی عناصر غذایی مشاهده گردید.



جدول 6- مقدار شاخص عناصر غذایی و محدوده بحرانی آن برای 7 عنصر غذایی کلزا منطقه شمال خوزستان

| حد بالای بحرانی | حد پایین بحرانی | $I^2_x$ بحرانی | عملکرد بحرانی<br>(کیلو گرم در هکتار) | مربع شاخص<br>CND |
|-----------------|-----------------|----------------|--------------------------------------|------------------|
| 0/83            | -0/83           | 0/69           | 2413                                 | $I^2_N$          |
| 0/91            | -0/91           | 0/83           | 2083                                 | $I^2_P$          |
| 0/95            | -0/95           | 0/90           | 2666                                 | $I^2_K$          |
| 1/28            | -1/28           | 1/64           | 4007                                 | $I^2_{Fe}$       |
| 0/88            | -0/88           | 0/78           | 3333                                 | $I^2_{Cu}$       |
| 0/85            | -0/85           | 0/72           | 4126                                 | $I^2_{Zn}$       |
| 0/89            | -0/89           | 0/79           | 2100                                 | $I^2_{Mn}$       |
| 0/93            | -0/93           | 0/89           | 2361                                 | $I^2_R$          |

جدول 7 - ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای تعدادی از مزارع کلزا در منطقه شمال خوزستان با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

| عملکرد<br>کیلوگرم در<br>هکتار | N                 | P               | K                 | Fe              | Cu              | Zn                | Mn                |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 4168                          | نامتعادل. بیش بود | متعادل. کافی    | نامتعادل. بیش بود | متعادل. کافی    | نامتعادل. کمبود | نامتعادل. کمبود   | متعادل. کافی      |
| 3908                          | متعادل. کافی      | متعادل. کافی    | نامتعادل. کمبود   | متعادل. کافی    | متعادل. کافی    | نامتعادل. بیش بود | متعادل. کافی      |
| 3000                          | متعادل. کافی      | نامتعادل. کمبود | متعادل. کافی      | متعادل. کافی    | متعادل. کافی    | متعادل. کافی      | نامتعادل. بیش بود |
| 2700                          | نامتعادل. کمبود   | نامتعادل. کمبود | نامتعادل. بیش بود | نامتعادل. کمبود | متعادل. کافی    | متعادل. کافی      | نامتعادل. بیش بود |
| 2000                          | نامتعادل. بیش بود | نامتعادل. کمبود | نامتعادل. بیش بود | نامتعادل. کمبود | نامتعادل. کمبود | متعادل. کافی      | نامتعادل. بیش بود |
| 1800                          | نامتعادل. کمبود   | نامتعادل. کمبود | نامتعادل. بیش بود | نامتعادل. کمبود | نامتعادل. کمبود | متعادل. کافی      | نامتعادل. بیش بود |
| درصد مزارع<br>نامتعادل        | 67%               | 67%             | 83%               | 50%             | 50%             | 33%               | 67%               |

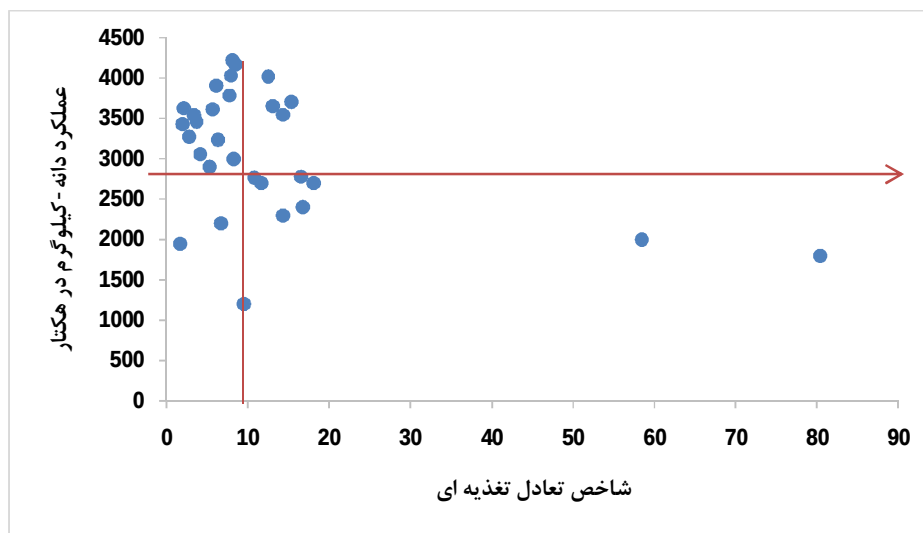
#### ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی ( $r^2$ ) با عملکرد

##### کلزا حاصل از روش CND

شاخص تعادل تغذیه‌ای ( $r^2$ ) با استفاده از روش کیت-نلسون بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوتر ( $K^2$ ) با درجه آزادی  $d+1$  مشخص شد و مقدار آن برای عملکرد 2882 کیلوگرم در هکتار مقدار 9/68 بدست آمد (جدول 6 و شکل 1). تحلیل این گراف نشان می‌دهد برای بدست آوردن عملکردهای بیش از 2882 کیلوگرم در هکتار مقدار شاخص تعادل تغذیه‌ای ( $r^2$ ) باید کمتر از عدد 9/68 باشد. از جنبه کاربردی برای حصول  $r^2$  کمتر از 9/68 باید

قبل از سرکدهی و استناد به نتایج تجزیه گیاه مقادیر عناصر غذایی کود سرک را تنظیم کرد، در واقع روش تجزیه گیاه و استفاده از روش CND بویژه در گیاهان زراعی وقتی ارزشمند است که بتوان به کمک آن کوددهی را در مرحله سرکدهی بهینه کرد. دریا شناس و همکاران (1399) با استفاده از روش تجزیه گیاه و مدل توسعه یافته‌تری از روش CND و شاخصی بنام " تعادل ترازویی"<sup>1</sup> مصرف عناصر غذایی را برای چغندر قند منطقه شمال خوزستان از طریق سرکدهی پیشنهاد داده‌اند.

<sup>1</sup> Pan balance



شکل 1- رابطه بین عملکرد دانه ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) و شاخص تعادل تغذیه ای ( $r^2$ ) در روش CND در مزارع کلزا

#### شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP)

3/76-، فسفر 1/43-، پتاسیم 19/20، آهن 1/64-، مس 34/8-، روی 21/03- و منگنز 8/34- بدست آمد. بر اساس تفسیر نتایج شاخص‌های محاسبه شده انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پر نیاز، نیتروژن و فسفر و در میان عناصر کم مصرف، مس و روی منفی‌ترین شاخص بودند. در مزارع با عملکرد پایین ترتیب نیاز عناصر غذایی بصورت  $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{N} > \text{Fe} > \text{P}$  بود. بر اساس شاخص DOP، عناصر Cu و Zn به ترتیب در 80% و 76% درصد از مزارع مورد بررسی منفی بودند. نکته قابل توجه دیگر این‌که جمع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای باغ‌های با عملکرد پایین، همگی بزرگتر از صفر بود که دلالت بر نبود تعادل بین عناصر غذایی جذب شده در مزارع کلزا دارد. علت اصلی منفی شدن شاخص‌های عناصر مس و روی در دو روش DOP و CND در منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های خاک مانند pH، قلیایی و آهکی بودن خاک است (ملکوتی و حامدی، 1370).

در روش DOP پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد، نمونه‌ها به دو جامعه با عملکرد بالا و عملکرد کم تفکیک شدند. میانگین غلظت هر عنصر غذایی در نمونه‌های با عملکرد بالا به عنوان غلظت استاندارد محاسبه شد و 5 مزرعه در گروه با عملکرد زیاد و 25 مزرعه در گروه با عملکرد پایین (کم و متوسط) قرار گرفتند. میانگین عملکرد در مزارع با عملکرد پایین (کم و متوسط) 2906 و در مزارع با عملکرد بالا 4070 کیلوگرم در هکتار بودند. از میانگین غلظت عناصر غذایی در مزارع با عملکرد زیاد به عنوان ارقام استاندارد تعیین شده برای محاسبه شاخص‌های انحراف از درصد بهینه استفاده شد (مونگ و همکاران، 1995). حد بهینه عنصر نیتروژن 5/27 درصد، فسفر 0/44 درصد، پتاسیم 2/72 درصد و آهن 313 میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس 37 میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی 77 میلی‌گرم بر کیلوگرم و منگنز 67 میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. متوسط شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای مزارع با عملکرد پایین بصورت نیتروژن

جدول 8- نتایج محاسبات آماری عناصر موجود در برگ مزارع با عملکرد زیاد ( خوزستان، 98-1397 )

| منگنز               | روی    | مس     | آهن    | پتاسیم | فسفر  | نیتروژن | فاکتورهای اندازه گیری |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-----------------------|
| میلی گرم بر کیلوگرم |        |        |        | درصد   |       |         |                       |
| 0/0067              | 0/0077 | 0/0037 | 0/0313 | 2/72   | 0/44  | 5/27    | میانگین               |
| 0/0006              | 0/0003 | 0/002  | 0/005  | 0/30   | 0/05  | 0/34    | انحراف معیار          |
| 0/0060              | 0/0040 | 0/0014 | 0/0231 | 2/42   | 0/36  | 4/8     | حداقل داده            |
| 0/0077              | 0/0112 | 0/0067 | 0/0380 | 3/2    | 0/51  | 5/72    | حداکثر داده           |
| 0/562               | -0/377 | 0/230  | -0/601 | 1/24   | -0/94 | -0/103  | چولگی                 |
| 0/314               | -2/97  | -2/34  | 0/99   | 1/75   | 2/07  | -0/66   | کشیدگی                |

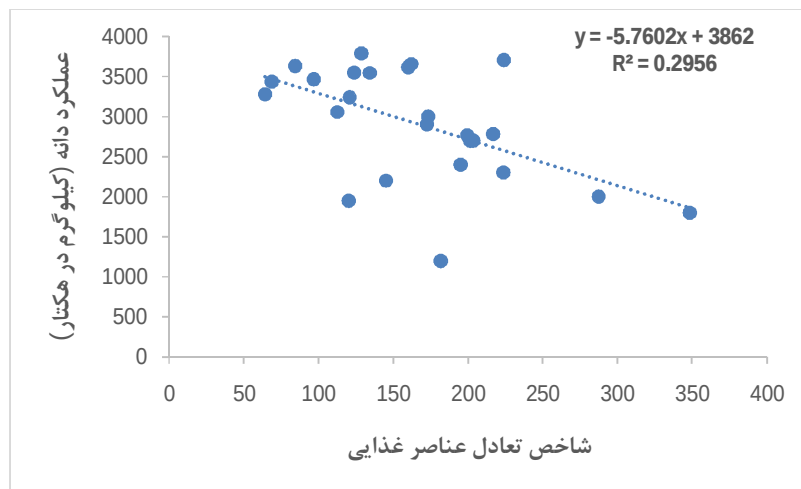
جدول 9- نتایج محاسبات آماری عناصر موجود در برگ مزارع کلزا با عملکرد کم ( خوزستان، 98-1397 )

| منگنز               | روی    | مس     | آهن    | پتاسیم | فسفر  | نیتروژن | فاکتورهای اندازه گیری |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-----------------------|
| میلی گرم بر کیلوگرم |        |        |        | درصد   |       |         |                       |
| 0/0061              | 0/0061 | 0/0024 | 0/0308 | 3/24   | 0/43  | 5/07    | میانگین               |
| 0/0012              | 0/0015 | 0/001  | 0/0097 | 0/39   | 0/11  | 0/83    | انحراف معیار          |
| 0/0037              | 0/0042 | 0/0006 | 0/0089 | 2/06   | 0/18  | 2/69    | حداقل داده            |
| 0/0087              | 0/0089 | 0/0067 | 0/0470 | 3/8    | 0/58  | 6/63    | حداکثر داده           |
| -0/13               | 0/53   | 1/07   | -0/49  | -1/31  | -0/82 | -0/80   | چولگی                 |
| -0/30               | -1/24  | 0/85   | 0/32   | 2/51   | -0/20 | 1/65    | کشیدگی                |

## ارتباط شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP با عملکرد کلزا

$\Sigma|DOP|$  برآورد شده در کلیه مزارع با عملکرد پایین و متوسط در محدوده 64/08 تا 348/31 بدست آمد که حاکی از عدم تعادل بین غلظت عناصر غذایی در گیاهان نمونه‌برداری شده است. لازم بذکر است هرچه

تعادل تغذیه‌ای در گیاه بیشتر بهم بخورد، عملکرد بیشتر کاهش می‌یابد (مستشاری و گل محمدی، 1389). با توجه به شکل 2 رابطه معکوس بین شاخص تعادل عناصر غذایی و عملکرد دانه کلزا در استان خوزستان و در پژوهش حاضر وجود دارد.



شکل 2- رابطه بین جمع قدر مطلق شاخص DOP (شاخص تعادل عناصر غذایی) با عملکرد دانه

### ارزیابی وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا به روش

#### DOP برای منطقه شمال خوزستان

با استفاده از روش DOP وضعیت تغذیه شش مزرعه مندرج در جدول 7 بررسی شد که حاصل آن در جدول 10 منعکس شده است. بررسی جدول 3 با استفاده از روش DOP نشان داد که این روش وضعیت تغذیه را به صورت کمبود و بیش بود نشان داد و این روش توانایی نداشته که هیچ مزرعه‌ای از عملکرد بالا تا پایین

را به صورت وضعیت متعادل کافی نشان دهد در حالی که در روش CND تعدادی از مزارع از شرایط متعادل برخوردار بوده که اهمیت و برتری روش CND را از نظر تشخیص وضعیت عناصر غذایی نسبت به روش DOP نشان می‌دهد. در واقع روش DOP فقط می‌تواند میزان درصد انحراف از حد بهینه عناصر غذایی را اولویت‌بندی نسبی نماید.

جدول 10 - ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای تعدادی از مزارع کلزا در منطقه شمال خوزستان با استفاده از روش انحراف از درصد بهینه (DOP)

| عملکرد کیلوگرم در هکتار  | N       | P       | K       | Fe    | Cu    | Zn      | Mn      |
|--------------------------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|
| 4168                     | بیش بود | بیش بود | بیش بود | کمبود | کمبود | کمبود   | کمبود   |
| 3908                     | بیش بود | کمبود   | کمبود   | کمبود | کمبود | بیش بود | بیش بود |
| 3000                     | کمبود   | کمبود   | کمبود   | کمبود | کمبود | کمبود   | بیش بود |
| 2700                     | بیش بود | کمبود   | بیش بود | کمبود | کمبود | کمبود   | کمبود   |
| 2000                     | کمبود   | کمبود   | بیش بود | کمبود | کمبود | کمبود   | بیش بود |
| 1800                     | کمبود   | کمبود   | بیش بود | کمبود | کمبود | کمبود   | بیش بود |
| درصد مزارع دارای کمبود   | 50      | 84      | 33      | 100   | 100   | 84      | 33      |
| درصد مزارع دارای بیش بود | 50      | 16      | 67      | 0     | 0     | 16      | 67      |

### نتیجه‌گیری کلی

پژوهش اخیر نشان داد که در توصیه‌های کودی تنها استناد به ویژگی‌های خاک کافی نبوده و آزمون برگ حائز اهمیت است. وضعیت عناصر مزارع کلزا در شمال استان خوزستان بیانگر نبود مدیریت صحیح و کوددهی

نامتعادل در این مزارع است که با استفاده از روش‌های افزایش کارایی مصرف کودها می‌توان رشد و عملکرد کلزا را در منطقه بهبود بخشید. بطورکلی روش CND نسبت به روش DOP به دلیل لحاظ نمودن اثرات متقابل کلیه

## سپاسگزاری

تحقیق حاضر در قالب پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک و آب با شماره مصوب 970098-01-10-10-023-96056 انجام شد. نویسنده بدینوسیله از همکاران محترم بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد همچنین موسسه تحقیقات خاک و آب تشکر و قدردانی می‌نماید.

عناصر می‌تواند جامعیت بیشتری جهت تشخیص اختلالات تغذیه‌ای داشته باشد و روش DOP فقط می‌تواند میزان درصد انحراف از حد بهینه عناصر غذایی را اولویت‌بندی نسبی نماید.

## فهرست منابع:

1. احیایی، ع و ا. بهبهانی زاده. 1375 روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه. 893 وزارت جهاد کشاورزی. موسسه خاک و آب. تهران. ایران.
2. احمدی، ک، ح. عبادزاده، ح. حاتمی، ش. محمدنیا افروزی، ا. اسفندیاری پور و ر. عباس طاقانی. 1400. آمارنامه کشاورزی، جلد اول (محصولات زراعی). وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران. صفحه 70
3. دریا شناس، ع و ک. ثقفی. 1390. تشخیص چندگانه عناصر غذایی برای چغندر قند (CND). مجله پژوهش‌های خاک. جلد 25. شماره 1. صفحه 1-12.
4. دریا شناس، ع، ک. ثقفی و ح. داوودی. 1399. تشخیص تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف با استفاده از تخمین گره‌ای فاصله ماهالانوبیس و فاصله ایچسن و تعادل ترازویی. مجله پژوهش‌های خاک. دوره 34. شماره 2. صفحه 263-247.
5. شریف‌مند، م، ی. سپهر، ا. بایبوردی. (1396). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کدو با استفاده از روش‌های DOP و CND در منطقه خوی. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.
6. فیضی زاده، م و ع. صمدی. 1395. مقایسه روش‌های DOP و DRIS برای بالانس عناصر غذایی در پیاز. مجله علوم آب و خاک. جلد 25. شماره 2. صفحه 271-286.
7. قریشی، س، ج. ا. سپهر و ع. صمدی. 1396. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه با استفاده از روش DRIS در آذربایجان غربی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد 3. شماره 7. صفحه 167-180.
8. گیکلوی، ا، ا. ریحانی تبار و ن. نجفی. 1397. تعیین و اعتبارسنجی نرم‌های تشخیص عناصر غذایی برای گندم در منطقه مغان. نشریه پژوهش‌های خاک. جلد 32. شماره 3. صفحه 319-330.
9. مستشاری، م، م. گل‌محمدی. 1389. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و تعیین حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در درختان زیتون استان قزوین. گزارش پژوهشی موسسه خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. صفحه 1-87.
10. ملکوتی، م و آ. حامدی. 1370. حاصلخیزی خاک و کودها. مرکز نشر دانشگاهی. شماره انتشارات 598.
11. میران، ن، ع. صمدی. 1391. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند با استفاده از روش DRIS و مقایسه آن با روش DOP در استان آذربایجان غربی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک، 206-197: 61.
12. نورقلی‌پور، ف، ح. رضایی، ک. میرزاشاهی، ح. حقیقت‌نیا، م. ر. رمضانپور، م. ح. ارزانش، ه. اسدی رحمانی، م. ه. میرزاپور، ص. ع. زمانی، ص. محمدی کیا و م. افضلی. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا. نشریه فنی. چاپ اول. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

13. Aitchison, J. 1987. Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, New York- Ross, S.M. 1987. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. John Wiley & Sons, New York.
14. Anonymous. 2018. Oil crops, market summaries (FAO). Available at [http:// www. fao. org/ fileadmin/ templates/ est/ Comm\\_ markets\\_ Monitoring/ Oilcrops/ Documents/ Food\\_ outlook\\_ oilseeds/ FO\\_ Oilcrops. pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Comm_markets_Monitoring/Oilcrops/Documents/Food_outlook_oilseeds/FO_Oilcrops.pdf).
15. Anonymous. 2019. Oilseeds, world markets and trade (USDA). Available at [https:// apps. fas. usda. gov/ psd on line/ circulars/ oilseeds. pdf](https://apps.fas.usda.gov/psd/online/circulars/oilseeds.pdf).
16. Bertrand, I.R., E. Holloway., R.D. Armstrong., and M.J Mclaughlin. 2003. Chemical Characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. Aust. J. Soil. Res. 41:61-76.
17. Bleiholder, H., E. Weber., P. Lancashire., C. Feller., L. Buhr., M. Hess., and R. Klose. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
18. Grant, C.A., and L.D. Bailey. 1990. Fertility management in canola production. In: Proceed. International Canola Conference, April 1990, Atlanta, GA, USA. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, GA, USA.
19. Khiari, L., L.E. Parent., and N. Tremblay. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93:809–814.
20. Khiari, L., L.E. Parent., and N. Tremblay. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. Agron. J. 93:802–808.
21. Monge, E., L. Montañés., J. Val., and M. Sanz. 1995. A comparative study of the DOP and DRIS methods, for evaluating the nutritional status of peach trees. Acta. Horticulturae. J. 383: 191-199.
22. Montanes, L., L. Heras., J. Abadia., and M. Sanz. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage. J. Plant. Nutr. 16: 1289-1308.
23. Nelson, L.A., and R.L. Anderson. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. p. 19–38. In M. Stelly (ed.) Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. ASA Spec. Publ. 29. ASA, Madison.
24. Parent L.E., and M. Dafir. 1994. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hort. Sci. 117: 239-242.
25. Sharma J., S.D. Shikhamany., R.K. Singh., and H.B. Raghupathi. 2005. Diagnosis of nutrient balance in Thompson Seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 36( 19-20): 2823-2838.

## تأثیر مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک بر برخی صفات کمی و کیفی و توازن تغذیه‌ای انگور سفید بی‌دانه

عزیز مجیدی<sup>1</sup>، رحیم مطلبی و حسین عزیزی

دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ارومیه، ایران؛ Az.majidi89@gmail.com

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تبریز، ایران؛ motalebifard@gmail.com

استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

ارومیه، ایران؛ hosseinazizi48@yahoo.com

دریافت: 1400/11/6 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

برای ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک<sup>2</sup> بر رشد و توازن تغذیه‌ای انگور سفید بی‌دانه (*Vitis vinifera*)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار در پنج منطقه شهرستان ارومیه، در سال‌های 1399 و 1400 اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل (1) شاهد (عدم مصرف کود)، (2) عرف باغدار، (3) مصرف بهینه عناصر معدنی (80-30 گرم اوره، 80-100 گرم سولفات پتاسیم و 50 گرم سولفات روی به ازای هر درختچه انگور بسته به مکان) و (4) مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک (200 میلی‌لیتر مایه تلقیح زیستی نیتروژن، 300 گرم مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی، 80-100 گرم سولفات پتاسیم، 15-35 گرم سولفات روی و 500 گرم کود حیوانی به ازای هر درختچه انگور بسته به مکان) بودند. نتایج نشان داد که بین مکان‌های اجرای تحقیق اختلافی از نظر صفات عملکرد میوه، شاخص کلروفیل، اسیدیته قابل تیتراسیون و تجمع غلظت مواد جامد محلول میوه وجود نداشت ولی، تفاوت معنی‌داری بین غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، به‌جز عنصر آهن، مشاهده شد. عملکرد میوه انگور در تمامی تیمارها نسبت به شاهد افزایش یافت ( $p \leq 0.05$ ) و مقدار افزایش آن در تیمارهای 3 و 4 نسبت به تیمار 2 به ترتیب معادل 2/27 و 4/04 کیلوگرم بر تاک بود. شاخص کلروفیل برگ در تیمار 4 به ترتیب به میزان 10/99% و 9/69% نسبت به تیمارهای 2 و 3 افزایش یافت. اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در تیمار 4 کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار 1 به میزان 16/09% نشان داد ( $p \leq 0.05$ ). بالاترین تجمع درصد مواد جامد محلول میوه نیز در تیمار 4 مشاهده شد ( $p \leq 0.05$ ). تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار 3 و 4 از نظر این دو صفت کیفی وجود نداشت. استفاده از اعداد مرجع تشخیص چندگانه در تیمارهای شاهد نشان داد که به‌طور متوسط، ترتیب نیاز غذایی تاک‌ها به‌صورت  $K=Ca>Mg>N>P$  و  $Fe>Zn>Mn>Cu>B$  بود. کمترین شاخص توازن تغذیه‌ای به میزان 9/02 در تیمار مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و بیشترین مقدار در تیمار شاهد معادل 35/02 به دست آمد. به‌طور کلی، با توجه به افزایش قابل توجه صفات کمی و کیفی محصول انگور با مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک، این فن‌آوری مؤثرترین راهکار برای مدیریت بهینه کود دهی و تولید بهینه محصول در تاکستان‌ها محسوب می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سلامت خاک، عملکرد انگور، کیفیت انگور، مصرف متعادل کود

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: ارومیه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، بخش تحقیقات خاک و آب

<sup>2</sup> Integrated Soil Fertility Management (ISFM)

## مقدمه

مصرف کود یکی از جنبه‌های اساسی مدیریت باغ در سیستم‌های کشت متراکم بوده و از این رو، نیازمند بهره‌مندی از دستاوردهای نوین علمی است (امیری و فلاحی، 2007). کارایی مصرف کود ناشی از مصرف بی‌رویه در باغ‌های میوه معمولاً پائین بوده و فاصله نسبتاً زیادی نسبت به شرایط بهینه دارد. به عنوان مثال، کارایی مصرف نیتروژن در باغ‌ها به طور متوسط در حدود 40% است در حالی که، پتانسیل آن در شرایط بهینه نزدیک به 70% برآورد می‌شود (لو و همکاران، 2012). در اغلب موارد در باغ‌های میوه عمدتاً از منابع معدنی عناصر استفاده شده و منابع زیستی و آلی برای ارتقاء سطح حاصلخیزی خاک کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرف دیگر در مدیریت سنتی تغذیه باغات، مقدار مصرف یا کمتر از حد مورد نیاز برای تولید عملکردهای بهینه یا بیشتر از آن است. نتیجه چنین رویکردی از مشاهده باغ‌هایی با سیستم ریشه‌ای ضعیف و در نتیجه عملکرد و کیفیت پائین محصول قابل درک است (وو و ما، 2015).

استفاده از فن‌آوری‌های نوین مدیریت حاصلخیزی خاک، کارایی مصرف عناصر غذایی را ارتقاء داده و در نتیجه شرایط را برای بهبود عملکرد کمی و کیفی محصول فراهم می‌کند (گان‌شاموتی و همکاران، 2015). استفاده از ترکیبات آلی به همراه نسبت‌های مناسبی از کودهای شیمیایی و زیستی بر مبنای تشخیص نیاز غذایی درختان جزو این فن‌آوری‌های مهم محسوب می‌گردد (گادیس، 2020). هدف نهایی استفاده همزمان از منابع مذکور در فن‌آوری‌های نوین مدیریت حاصلخیزی خاک که از آن به عنوان سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی<sup>1</sup> نام می‌برند، ارتقاء سیستم ریشه و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی است (اورتگا، 2013). استفاده از این منابع مشروط به بی‌خطر بودن آنها از نظر زیست‌محیطی و مقرون به صرفه بودن آنها از نظر اقتصادی است. در این روش، تمامی جنبه‌های چرخه عناصر شامل ورود و خروج نیتروژن،

فسفر، پتاسیم و سایر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف باهدف همزمان سازی تقاضای محصول به عناصر غذایی و رهاسازی آن در محیط بهینه‌سازی می‌شود (وو و ما، 2015). با اجرای عملیات مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی، تلفات از طریق آبیاری، آبدوی، تصعید و تثبیت به حداقل رسیده در حالی که، کارایی جذب عناصر غذایی به بالاترین مقدار خود خواهد رسید (ژانگ و همکاران، 2014).

انگور یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده که با شرایط اقلیمی معتدل سازگار شده است. این محصول یکی از تولیدات باغی متداول در شمال غرب ایران است و در حال حاضر، در کشور مساحتی در حدود 300 هزار هکتار با تولید 3/39 میلیون تن در سال را به خود اختصاص داده است. استان‌های فارس، قزوین، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان رتبه‌های اول تا پنجم تولیدکننده‌های انگور در کشورند. استان آذربایجان غربی با سطح زیر کشت 21/12 هزار هکتار و با تولید 184 هزار تن، مقام پنجم را در کشور دارد. متوسط عملکرد انگور آبی و دیم در این استان به ترتیب معادل 11 و 4 تن در هکتار برآورد شده است (احمدی و همکاران، 1399). در بین بسیاری از ارقام کشت‌شده، رقم سفید بی‌دانه جایگاه نخست را در شمال غرب کشور مانند استان‌های آذربایجان غربی و شرقی دارد.

این رقم چندمنظوره بوده که هم برای مصرف تازه خوری مناسب بوده و هم برای تولید کشمش مورد استفاده قرار می‌گیرد. سلامت خاک تحت کشت انگور به دلیل مصرف بی‌رویه و غیراصولی کودهای شیمیایی برای تولید محصول سال به سال تنزل می‌یابد بنابراین، بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین مدیریت حاصلخیزی خاک کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. آزمایش‌های بلندمدت استفاده از منابع معدنی عناصر غذایی به اثبات رسانده که استفاده از این منابع به تنهایی نمی‌تواند سلامت خاک و پتانسیل تولیدی آنرا برای

<sup>1</sup> Integrated Plant nutrient System (IPNS)



می‌دهند. پاتیل و همکاران (2008) دریافتند که عملکرد میوه انگور با مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک نسبت به مصرف کودهای شیمیائی افزایش معنی‌داری نشان داد. اورتگا-بلو و همکاران (2016) بیان کردند که مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در انگور تأثیر مطلوبی روی سلامت خاک گذاشته و شرایط رشد بیشتر ریشه و اندام‌های هوئی انگور را فراهم، سیواستوا و همکاران (2021) با بررسی نتایج تحقیقات به انجام رسیده درزمینهٔ مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در محصولات باغی هندوستان، ایران و چین به این نتیجه رسیدند که مدیریت تلفیقی تغذیه درختان میوه بر ویژگی‌های کیفی و سلامت خاک تأثیر مطلوبی گذاشته و شرایط را برای رشد بهتر درختان، بهبود کمیت و کیفیت و تولید پایدار محصول فراهم می‌نماید.

برنامه تغذیه انگور در ایران معمولاً شامل مصرف مقادیری از عناصر غذائی به‌ویژه نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی است. اخیراً، ترکیبات کربن آلی و محرک‌های زیستی شامل هورمون‌های طبیعی مشتق شده از جلبک‌ها به‌صورت برگ پاشی و باکتری‌های محرک رشد مورد استفاده قرار می‌گیرند. مورد اخیر معمولاً دربرگیرنده میکروارگانیسم‌هایی هستند که سلامت و کیفیت خاک را بهبود بخشیده و به‌واسطه آن عملکرد و کیفیت میوه بهبود می‌یابد. ماهیت اصلی مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی بر مصرف همزمان منابع زیستی، آلی و شیمیائی متناسب با وضعیت حاصلخیزی خاک و نیازهای غذائی محصول متناسب با عملکرد مورد انتظار استوار است. بنابراین، هدف تحقیق حاضر، ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک بر عملکرد میوه، برخی ویژگی‌های کیفی میوه و توازن تغذیه‌ای عناصر در باغ‌های انگور رقم سفید بی‌دانه در استان آذربایجان غربی بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغ‌های انگور شهرستان ارومیه در سال‌های 1399 و 1400 به اجرا گذاشته شد. مشخصات جغرافیائی باغ‌های محل انجام آزمایش در جدول (1) آورده شده است. مکان‌های اجرای آزمایش

بلندمدت حفظ کرده و کمیت و کیفیت محصول و سلامت درختان میوه را تأمین نماید (گادیس، 2020؛ لوو و همکاران، 2012). مجیدی و دولتی (1398) گزارش کردند که مصرف کود شیمیائی اوره در انگور موجب برهم خوردن تعادل تغذیه‌ای باغ شده درحالی‌که، مصرف مایه تلقیح زیستی نیتروژن به همراه کود حیوانی توازن تغذیه‌ای را بهبود بخشیده و موجب ارتقای عملکرد و کیفیت محصول انگور شده است. یکی از روش‌هایی که به‌طور گسترده برای ارتقای کیفیت خاک در تاکستان‌های انگور مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از کود حیوانی پوسیده یا سایر ترکیبات آلی است (گایوتی و همکاران، 2017). کالجا-سروانتس و همکاران (2015) گزارش کردند که کربن آلی خاک، قابلیت جذب عناصر غذایی و تنوع زیستی باکتری‌ها با مصرف کود حیوانی در خاک آهکی یک تاکستان افزایش یافته و به مدت 12 سال دارای اثرات باقیمانده بوده است. ولیسن و همکاران (2020) دریافتند که با مصرف کود حیوانی پوسیده، وضعیت حاصلخیزی خاک و رشد تاکستان حداقل به مدت دو سال بعد از مصرف در شرایط بهینه‌ای بوده است. از طرفی، ریشه انگور با بسیاری از موجودات زنده در خاک در ارتباط بوده که رشد و فیزیولوژی آنرا تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از این روابط مهم به قارچ‌های آربسکولار میکوریزا مربوط می‌شود.

قارچ‌های میکوریزی، قارچ‌های اندوفیت ریشه-ای اجباری هستند که با تعداد کثیری از گیاهان زراعی و باغی ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند (لوپز-گارسیا و همکاران، 2020). قارچ‌های میکوریزایی از طریق بهبود شرایط تغذیه، حمایت در مقابل بیمارگرهای ریشه و افزایش مقاومت در مقابل تنش‌های غیرزنده می‌تواند بر بهبود شرایط رشد انگور تأثیر بگذارد (ولاسکوز و همکاران، 2020). بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی موجب افزایش کلروفیل برگ، حجم ریشه، زیست‌توده و طول شاخسارها در پایه‌های انگور شد (هولند و همکاران، 2018). استفاده از ترکیبات آلی و کودهای زیستی دو رکن اساسی مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک را در تاکستان‌ها تشکیل

جزو رده خاک‌های اینسپتی سول بودند (ستاد مطالعات خاک، 2014).

آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و پنج مکان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل (1) شاهد (عدم مصرف کود)، (2) عرف باغدار (مصرف کود به‌روش سنتی مطابق نظر و روش مرسوم باغدار) (3) مصرف عناصر از منابع کودهای شیمیائی بر مبنای آزمون خاک و تجزیه گیاه و (4) مصرف بهینه کود بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی<sup>1</sup> (روبی، 1995) بودند. به‌منظور انتخاب مکان‌های اجرای آزمایش، از تاکستان‌های انگور شهرستان ارومیه بازدید و نسبت به انتخاب آنها بر مبنای سن، سیستم هرس و مدیریت عمومی باغ اقدام گردید. یادداشت‌برداری‌های لازم در ارتباط با مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه باغ، هرس و سیستم آبیاری به انجام رسید. در باغ‌های مذکور با سیستم آرایش کوردون، فواصل بین ردیف‌ها سه متر و فواصل درختچه‌ها در هر ردیف دو متر بود. عملیات داشت شامل هرس باردهی از نوع مختلط با تعداد 80 جوانه باقی‌مانده بعد از هرس، آبیاری و مبارزه برعلیه آفات و بیماری‌ها به‌طور یکسان در مورد تمامی کرت‌ها در هرکدام از باغ‌های محل اجرای تحقیق اعمال گردید. در آبیاری تمامی باغ‌ها، از سیستم شیاری یک‌طرفه در فاصله عرضی نیم متری از تنه درختچه استفاده شده است. در هرکدام از تاکستان‌های مذکور، درختچه‌های هم سن (20-15 سال) و یکسان از نظر شرایط رشد، آرایش هرس و میوه‌های روی آن انتخاب و برای هر کرت آزمایشی تعداد سه درختچه انگور از رقم سفید بی‌دانه در نظر گرفته شد.

در سال 1399، نمونه‌های مرکب خاک از عمق 0-30 و 31-60 سانتیمتری هر بلوک تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس دستورالعمل‌های موجود اندازه‌گیری شدند (جدول 2). بافت خاک به‌روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به‌روش خشتی کردن با اسید، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت سنج الکتریکی، واکنش خاک در گل اشباع (pH<sub>s</sub>) به‌وسیله الکتروود شیشه‌ای، کربن آلی

به‌روش اکسید کردن با اسیدسولفوریک غلیظ در مجاورت دی کرومات پتاسیم، فسفر قابل‌استفاده با روش اولسن، پتاسیم قابل‌استفاده به‌روش استات آمونیوم نرمال و غلظت عناصر کم‌مصرف به‌روش دی تی پی<sup>2</sup> اندازه‌گیری شدند (علی‌احیائی، 1376). نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی خاک مکان‌های اجرای آزمایش در جدول (2) نشان داده شده است. خاک‌های مذکور، غیر شور با pH قلیائی، مقدار کربن آلی کم تا متوسط و بافت خاک لومی تا لومی رسی بودند. همچنین از نظر غلظت عناصر آهن، منگنز، مس، پتاسیم و فسفر در حد متوسط و از نظر روی در حد کم بوده و از نظر مقدار آهک نیز در حد متوسط تا زیاد بودند (هازلتون و مورفی، 2007؛ هورنک و همکاران، 2011).

نمونه برگ در اواخر تیرماه سال 1399 از برگ‌های کامل (پهنک و دم برگ) و سالم روبروی خوشه تهیه گردید. اکسیداسیون نمونه‌های برگ با روش اکسیداسیون خشک انجام گردید. تجزیه‌های شیمیایی برگ مطابق روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (امامی، 1375).

نتایج تجزیه برگ در جدول (3) ارائه شده است. تفسیر نتایج تجزیه برگ با روش دامنه کفایت<sup>3</sup> (جونز، 1985) به انجام رسید و عناصر غذایی بر مبنای تفسیر نتایج تجزیه برگ مطابق تیمارها در کرت‌های مربوطه مصرف شدند.

در جدول (4) نوع و مقدار مصرف کودهای مربوط به هر تیمار نشان داده شده است. در اواخر اسفندماه سال 1399، نسبت مصرف کودهای پایه و اعمال تیمارهای آزمایشی به‌روش کانال کود (دو شیار به عمق 30 سانتیمتر و به طول 40 سانتیمتر در فاصله 50 سانتی‌متری از طرفین تنه انگور) مطابق تیمارها اقدام شد.

<sup>2</sup> DTPA

<sup>3</sup> Sufficiency Range Approach

<sup>1</sup> Integrated Plant Nutrient System (IPNS)

**جدول 1- مختصات جغرافیائی و رده بندی خاک مکان های اجرای آزمایش (ارومیه، 1400)**

| ردیف | شهرستان | نام روستا | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | سری خاک                               |
|------|---------|-----------|---------------|---------------|---------------------------------------|
| 1    | ارومیه  | لشنلو     | 37°31'9/2     | 45°11'52/1    | fine, mixed, mesic typic Haploxerepts |
| 2    | ارومیه  | گوی تپه   | 37°30'49/0    | 45°9'41/4     | fine, mixed, mesic typic Calcixerepts |
| 3    | ارومیه  | قزل عاشق  | 37°37'4/5     | 45°3'37/0     | fine, mixed, mesic typic Calcixerepts |
| 4    | ارومیه  | یورقانلو  | 37°38'21/2    | 44°58'52/6    | fine, mixed, mesic typic Calcixerepts |
| 5    | ارومیه  | میاوق     | 37°34'31/5    | 45°13'41/3    | fine, mixed, mesic typic Calcixerepts |

**جدول 2- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (ارومیه، 1400)**

| مکان      | عمق       | هدایت الکتریکی (dS/m) | اسیدیتته گل اشباع | مواد خشی شوونده | کربن آلی | شن رس | رس بافت خاک | فسفر قابل جذب | پتاسیم قابل جذب | مس قابل جذب           | روی قابل جذب | منگنز قابل جذب | آهن قابل جذب |
|-----------|-----------|-----------------------|-------------------|-----------------|----------|-------|-------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|
|           |           |                       | (درصد)            |                 |          |       |             |               |                 | (میلی گرم بر کیلوگرم) |              |                |              |
| شلو       | 30-0      | 0/83 <sup>r</sup>     | 7/11              | 6/8             | 1/43     | 30    | 24          | SiL           | 14/3            | 242                   | 2/52         | 3/2            | 4/28         |
|           | -30<br>60 | 0/64                  | 7/16              | 8/8             | 0/39     | 30    | 36          | CL            | 3/9             | 236                   | 1/06         | 2/9            | 2/19         |
|           | 30-0      | 0/93                  | 7/27              | 13/0            | 0/9      | 42    | 26          | L             | 9/1             | 255                   | 1/15         | 4/62           | 2/52         |
| گوی تپه   | -30<br>60 | 0/93                  | 7/27              | 13/0            | 0/9      | 40    | 28          | L             | 8/4             | 225                   | 1/10         | 8/42           | 1/47         |
|           | 30-0      | 0/97                  | 7/38              | 17/1            | 1/38     | 38    | 32          | CL            | 16/6            | 243                   | 1/53         | 5/8            | 2/06         |
| قرل عاشق  | -30<br>60 | 0/79                  | 7/58              | 19/3            | 0/66     | 42    | 30          | CL            | 6/2             | 236                   | 0/96         | 4/80           | 0/93         |
|           | 30-0      | 1/47                  | 7/76              | 12/5            | 1/18     | 41    | 24          | L             | 38/9            | 208                   | 1/37         | 4/60           | 2/68         |
| بور قانلو | -30<br>60 | 1/19                  | 7/86              | 12/0            | 0/63     | 33    | 22          | SiL           | 18/2            | 235                   | 0/93         | 5/90           | 0/44         |
|           | 30-0      | 1/17                  | 7/76              | 19/5            | 0/88     | 34    | 32          | CL            | 29/3            | 316                   | 1/13         | 5/20           | 2/42         |
| میاقوق    | -30<br>60 | 0/93                  | 7/92              | 20/5            | 0/22     | 32    | 34          | CL            | 8/1             | 327                   | 0/61         | 3/40           | 1/13         |

†هر عدد میانگین سه تکرار است.

1394). pH (1:5) برابر 7/74، هدایت الکتریکی ( $\text{dS m}^{-1}$ )، 15/27، نیترژن کل، فسفر کل، پتاسیم کل به ترتیب معادل 2/53، 0/71، 2/28 درصد بودند. میزان کربن آلی توده معادل 31/45، نسبت کربن: نیترژن 13/95 و مقادیر عناصر کم مصرف منگنز کل، روی کل، آهن کل و مس کل به ترتیب معادل 361، 148، 6895 و 273 میلی گرم بر کیلوگرم بود.

کود حیوانی مورد استفاده از نوع گاوی بود. قبل از مصرف، نمونه مرکب متشکل از 10 نمونه ساده از توده کودی تهیه شد. نمونه کودی آسیاب شده و از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد و در آن اسیدیته (pH)، قابلیت هدایت الکتریکی ( $EC_e$ )، کربن آلی، نیتروژن، نسبت کربن: نیتروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، عناصر کم مصرف آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شد (داودی و همکاران،

جدول 3- نتایج تجزیه برگ تاکستان‌های محل اجرای آزمایش و تفسیر آن به‌روش دامنه کفایت<sup>†</sup> (ارومیه، 1400)

| عنصر    | مکان    | لشنلو  | گوی تپه | قزل عاشق | یورقانلو | میاوق   |
|---------|---------|--------|---------|----------|----------|---------|
| نیتروژن |         | 2/88→  | 1/54↓   | 2/66→    | 2/60→    | 1/38↓   |
| فسفر    |         | 0/40→  | 0/39→   | 0/40→    | 0/44→    | 0/34→   |
| پتاسیم  | (%)     | 1/20↓  | 0/93↓   | 1/25↓    | 0/95↓    | 1/40↓   |
| کلسیم   |         | 2/02→  | 0/42↓   | 2/76→    | 2/27→    | 2/14→   |
| منیزیم  |         | 0/49→  | 0/42→   | 0/48→    | 0/51→    | 0/39→   |
| آهن     |         | 141/9→ | 125/11→ | 161/8→   | 155/40→  | 133/90→ |
| منگنز   | (mg/kg) | 44/60→ | 43/60→  | 35/5→    | 88/00→   | 24/50↓  |
| روی     |         | 17/60↓ | 10/90↓  | 16/9↓    | 27/70→   | 15/70   |
| مس      |         | 19/40→ | 20/70→  | 17/70→   | 21/20→   | 12/70→  |
| بور     |         | 57/10→ | 55/00→  | 68/50→   | 87/60↑   | 55/50→  |

↑ : کمبود ؛ → : کفایت و ↓ : بیش‌بود

جدول 4- نوع و مقدار کودهای شیمیائی، آلی و زیستی مورد استفاده در آزمایش (ارومیه، 1400)

| مکان     | تیمار                         | اوره | سوپرفسفات<br>تریپل | سولفات<br>پتاسیم | سولفات<br>روی | کود<br>حیوانی<br>گاوی | مایه تلقیح<br>میکوریزی | مایه تلقیح<br>زیستی نیتروژن | تلقیح               |
|----------|-------------------------------|------|--------------------|------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|
|          |                               |      |                    |                  |               |                       |                        |                             | (میلی لیتر لارختجه) |
|          | شاهد                          | 0    | 0                  | 0                | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | عرف باغدار                    | 100  | 50                 | 50               | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
| لشنلو    | مصرف بهینه عناصر<br>معدنی     | 50   | 0                  | 100              | 50            | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | مدیریت تلفیقی<br>حاصلخیزی خاک | 0    | 0                  | 100              | 25            | 500                   | 300                    | 200                         |                     |
|          | شاهد                          | 0    | 0                  | 0                | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | عرف باغدار                    | 60   | 60                 | 50               | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
| گوی تپه  | مصرف بهینه عناصر<br>معدنی     | 80   | 0                  | 100              | 50            | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | مدیریت تلفیقی<br>حاصلخیزی خاک | 0    | 0                  | 100              | 35            | 500                   | 300                    | 200                         |                     |
|          | شاهد                          | 0    | 0                  | 0                | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | عرف باغدار                    | 70   | 50                 | 0                | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
| قزل عاشق | مصرف بهینه عناصر<br>معدنی     | 30   | 0                  | 100              | 50            | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | مدیریت تلفیقی<br>حاصلخیزی خاک | 0    | 0                  | 80               | 30            | 500                   | 300                    | 200                         |                     |
|          | شاهد                          | 0    | 0                  | 0                | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | عرف باغدار                    | 80   | 0                  | 80               | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
| یورقانلو | مصرف بهینه عناصر<br>معدنی     | 50   | 0                  | 100              | 50            | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | مدیریت تلفیقی<br>حاصلخیزی خاک | 0    | 0                  | 100              | 30            | 500                   | 300                    | 200                         |                     |
|          | شاهد                          | 0    | 0                  | 0                | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | عرف باغدار                    | 60   | 50                 | 50               | 0             | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
| میاوق    | مصرف بهینه عناصر<br>معدنی     | 50   | 0                  | 80               | 50            | 0                     | 0                      | 0                           | 0                   |
|          | مدیریت تلفیقی<br>حاصلخیزی خاک | 0    | 0                  | 80               | 35            | 500                   | 300                    | 200                         |                     |

(2)

$$Rd = 100 - (N + P + K \dots)$$

برای استفاده از این روش، ابتدا عملکردها از زیاد به کم ردیف شدند، سپس میانگین هندسی عناصر غذایی و نسبت لگاریتم طبیعی عناصر با روابط زیر محاسبه گردید.

(3)

$$G = (N \times P \times K \times \dots \times Rd)^{\frac{1}{d+1}}$$

(4)

$$Z_i = \log[x_i/g(x)]$$

واریانس، نسبت واریانس و تابع تجمعی نسبت واریانس برای گروه‌های عملکردی محاسبه گردید. سپس رابطه تابع تجمعی نسبت واریانس با عملکرد ترسیم - گردید. از طریق میانگین‌گیری از نقاط عطف منحنی‌ها، گروه‌های عملکردی کم‌وزیاد از هم تفکیک شدند. فرم بیان ( $Z_i$ ) در جامعه با عملکرد بالا بیانگر غلظت مطلوب بوده و به‌عنوان ارقام مرجع یا نرم‌های CND ( $Z_i^*$ ) محسوب شدند (مطلبی فرد و همکاران، 1400). با استاندارد کردن غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه با نرم‌های CND، شاخص عناصر غذایی CND به دست آمد (معادله 8). شاخص تعادل تغذیه‌ای CND ( $r^2$ ) نیز با استفاده از معادله 9 محاسبه گردید.

(5)

$$I_{zi} = \frac{Z_i - Z_i^*}{SD_{Zi}^*}$$

(6)

$$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \dots + I_{Rd}^2$$

پس از برداشت محصول در مهرماه، عملکرد میوه اندازه‌گیری و نمونه‌های مرکب میوه از هر کرت آزمایشی تهیه و صفات کیفی اسیدیته قابل تیتراسیون و درصد مواد جامد محلول در آنها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول از عصاره صاف‌شده میوه‌ها و دستگاه رفاکومتور دیجیتالی (مدل پال-1) استفاده شد. میزان تجمع مواد جامد محلول برحسب درصد (درجه بریکس) بیان شد. برای تعیین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه، از روش تیتراسیون با سود 0/1 نرمال

کودهای زیستی مورد استفاده در تیمار چهارم شامل مایه تلقیح قارچ‌های اندومیکورایزا آربسکولار به صورت مخلوط سه گونه گلوموس موسه، گلوموس اینترارادیس و گلوموس اوتونیکاتوم<sup>1</sup> و مایه تلقیح تثبیت‌کننده نیتروژن شامل ترکیبی از باکتری‌های نیتروژنوباکتر کروکوکوم<sup>2</sup> و آزوسپیریلیوم لیپوفر<sup>3</sup> (سویه‌های تجاری ایران) با تعداد 108 سلول زنده در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح مایع تولیدشده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب بودند که همراه با سایر کودها در اسفند 1399 به صورت کانال کود در این تیمار مصرف شدند.

تمامی مراحل داشت شامل هرس، آبیاری، سم‌پاشی برعلیه سفیدک سطحی مو به‌طور یکسان در مورد تمامی کرت‌های آزمایشی اعمال گردید. نمونه‌های برگ کامل مقابل خوشه‌های انگور در اوایل تیرماه سال بعد (1400) نیز از هرکدام از کرت‌های آزمایشی تهیه و جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی به آزمایشگاه منتقل شدند. در همان زمان نسبت به اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلروفیل سنج اسپد-502 مینولتا در قسمت میانی پهنک 10 برگ مقابل خوشه در هرکدام از تیمارها اقدام شد.

تفسیر نتایج تجزیه برگ، با استفاده از اعداد مرجع تعریف‌شده به‌روش CND<sup>4</sup>، انجام گرفت (مطلبی فرد و همکاران، 1400). مبانی ریاضی و آماری این روش توسط پرنه و دافیر (1992) بیان شده است. ترکیبات بافت گیاهی حاوی عناصر غذایی (N, P, K...) و یک بخش باقیمانده (Rd) است. مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد 100 است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب (Rd) مقدار باقیمانده ترکیبات برابر صفر خواهد بود.

(1)

$$(N + P + K + \dots + Rd = 100)$$

<sup>1</sup> *G.mosseae*, *G.intraradice*, *G.etunicatum*

<sup>2</sup> *Azotobacter chroococcum*

<sup>3</sup> *Azospirillum lipoferum*

<sup>4</sup> CND: Compositional Nutrient Diagnosis

استفاده شد و از روی میزان سود مصرفی مقدار اسیدیت قابل تیتراسیون بر اساس اسید تارتاریک محاسبه شد (مستوفی و نجفی، 2005).

قبل از انجام تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده‌های آزمایشی انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای صفات مورد مطالعه بر اساس آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9/2 انجام گرفت. مقایسه‌های میانگین تیمارها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات مورد مطالعه در جدول (5) ارائه شده است. بین مکان‌های آزمایش تفاوت کاملاً معنی‌داری از نظر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی، مس و بور برگ وجود داشت ( $p \leq 0.01$ ). تفاوت معنی‌داری هم در رابطه با غلظت کلسیم و منیزیم برگ مشاهده شد ولی، از نظر عملکرد میوه، شاخص کلروفیل، اسیدیت قابل تیتراسیون میوه، مواد جامد محلول و غلظت آهن برگ اختلافی بین مکان‌ها مشاهده نشد ( $p \leq 0.05$ ). این امر به احتمال زیاد به دلیل متفاوت بودن ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و جنبه‌های مدیریتی باغ اعم از مسائل تغذیه‌ای و آبیاری بوده که قابلیت استفاده غلظت عناصر مذکور را تحت تأثیر قرار داده است. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که ویژگی‌های خاک بر رشد انگور تأثیرگذار بوده و کمیت و کیفیت محصول با مدیریت مؤثر خاک می‌تواند به‌طور قابل توجهی بهبود یابد (ویلر و پیکرینگ، 2003).

اثر تیمارهای کودی بر صفات عملکرد میوه انگور، شاخص کلروفیل، اسیدیت قابل تیتراسیون میوه، درصد مواد جامد محلول در میوه و غلظت عناصر پتاسیم، آهن، روی، مس و بور برگ کاملاً معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ )؛ ولی بر صفات غلظت عنصر فسفر در سطح احتمال پنج درصد

معنی‌دار بوده و بر روی صفات غلظت عناصر نیتروژن، کلسیم و منیزیم تأثیر معنی‌داری نداشتند ( $p \leq 0.05$ ). اثر متقابل تیمار در تکرار بر روی صفات غلظت‌های منگنز و روی برگ به ترتیب کاملاً معنی‌دار و بر روی سایر صفات معنی‌دار نبود.

### اثر تیمارها بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انگور:

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌های اثر تیمارها بر عملکرد میوه، شاخص کلروفیل و برخی ویژگی‌های کیفی شامل اسیدیت قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول در میوه انگور در شکل (1) و غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف برگ در جدول (6) نشان داده شده است.

مدیریت تغذیه‌ای باغ مطابق عرف باغدار در تیمار (2) هرچند باعث افزایش معنی‌دار عملکرد میوه به میزان 18/04 درصد نسبت به شاهد شد ولی، تأمین نیازهای غذایی به عناصر معدنی بر مبنای تفسیر نتایج تجزیه برگ در تیمار (3)، افزایش بیشتر عملکرد میوه را به میزان 2/27 کیلوگرم به ازای هر تاک در پی داشت. مدیریت تلفیقی تغذیه انگور در تیمار (4) با استفاده از منابع معدنی، آلی و زیستی نیز، عملکرد میوه را به میزان 4/04 کیلوگرم نسبت به تیمار عرف باغدار موجب شد (شکل 1). تغییرات عملکرد میوه تحت تأثیر تیمارهای کودی مبین این واقعیت است که هرچند مصرف کود بر مبنای تجربیات محلی باغداران در منطقه موجب بهبود تولیدشده ولی، رعایت اصول مصرف بهینه کود بر مبنای تجزیه برگ، ضمن تأمین نیازهای محصول برای بهبود توازن تغذیه‌ای باغ، میزان تولید محصول را نیز افزایش داده است.

استفاده از منابع زیستی، معدنی و آلی در تأمین نیازهای محصول در تیمار (4)، افزایش بیشتر تولید محصول را در پی داشت. در این تیمار هیچ‌گونه کود نیتروژنی معدنی مصرف نشد (جدول 3). با این وجود، بیشترین افزایش عملکرد در تیمار (4) حاصل گردید.

جدول 5- تجزیه واریانس برخی صفات مورد بررسی در انگور (ارومیه، 1400)

| منابع تغییر  | درجه آزادی | عملکرد میوه         | شاخص کلروفیل         | اسیدیته قابل تیتراسیون | مواد جامد محلول     | N                  | P                   |
|--------------|------------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| مکان         | 4          | 21/46 <sup>ns</sup> | 49/35 <sup>ns</sup>  | 0/01 <sup>ns</sup>     | 6/14 <sup>ns</sup>  | 2/24 <sup>**</sup> | 0/097 <sup>**</sup> |
| خطا          | 10         | 11/12               | 35/13                | 0/02                   | 2/13                | 0/12               | 0/011               |
| تیمار        | 3          | 89/60 <sup>**</sup> | 103/67 <sup>**</sup> | 0/10 <sup>**</sup>     | 69/43 <sup>**</sup> | 0/19 <sup>ns</sup> | 0/007 <sup>*</sup>  |
| تیمار*مکان   | 12         | 3/11 <sup>ns</sup>  | 7/34 <sup>ns</sup>   | 0/01 <sup>ns</sup>     | 3/07 <sup>ns</sup>  | 0/04 <sup>ns</sup> | 0/002 <sup>ns</sup> |
| خطا          | 30         | 3/77                | 21/32                | 0/01                   | 6/62                | 0/18               | 0/002               |
| ضریب تغییرات | 17/64      | 17/64               | 12/36                | 13/61                  | 12/10               | 17/06              | 12/20               |

## ادامه جدول 5

| منابع تغییر  | K                  | Ca                 | Mg                  | Fe                    | Mn                    | Zn                   | Cu                   | B                     |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| مکان         | 0/69 <sup>**</sup> | 0/53 <sup>*</sup>  | 0/045 <sup>*</sup>  | 895/40 <sup>ns</sup>  | 1906/23 <sup>**</sup> | 200/51 <sup>**</sup> | 55/86 <sup>**</sup>  | 1087/20 <sup>**</sup> |
| خطا          | 0/11               | 0/12               | 0/01                | 430/50                | 111/58                | 21/88                | 6/50                 | 61/90                 |
| تیمار        | 1/42 <sup>**</sup> | 0/27 <sup>ns</sup> | 0/005 <sup>ns</sup> | 3879/20 <sup>**</sup> | 346/89 <sup>**</sup>  | 828/03 <sup>**</sup> | 147/65 <sup>**</sup> | 243/70 <sup>*</sup>   |
| تیمار*مکان   | 0/06 <sup>ns</sup> | 0/13 <sup>ns</sup> | 0/01 <sup>ns</sup>  | 640/11 <sup>ns</sup>  | 146/91 <sup>**</sup>  | 21/70 <sup>*</sup>   | 7/58 <sup>ns</sup>   | 16/40 <sup>ns</sup>   |
| خطا          | 0/04               | 0/12               | 0/01                | 320/35                | 27/99                 | 9/50                 | 6/57                 | 57/40                 |
| ضریب تغییرات | 15/20              | 18/44              | 20/42               | 12/70                 | 11/11                 | 16/56                | 22/98                | 12/09                 |

<sup>ns</sup> معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، <sup>\*</sup> معنی دار در سطح احتمال یک درصد، <sup>\*\*</sup> غیر معنی دار

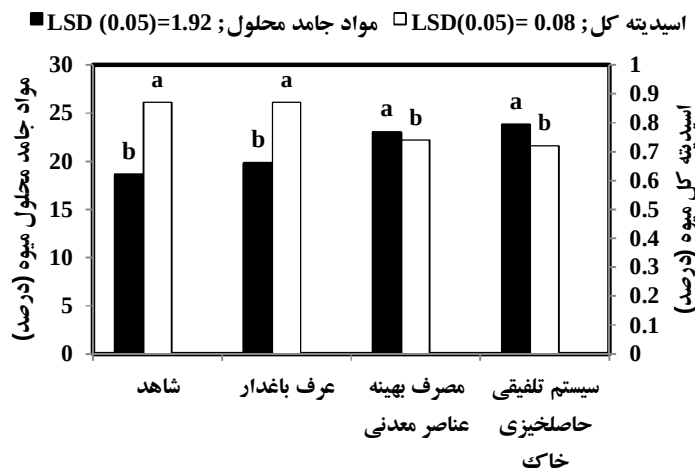
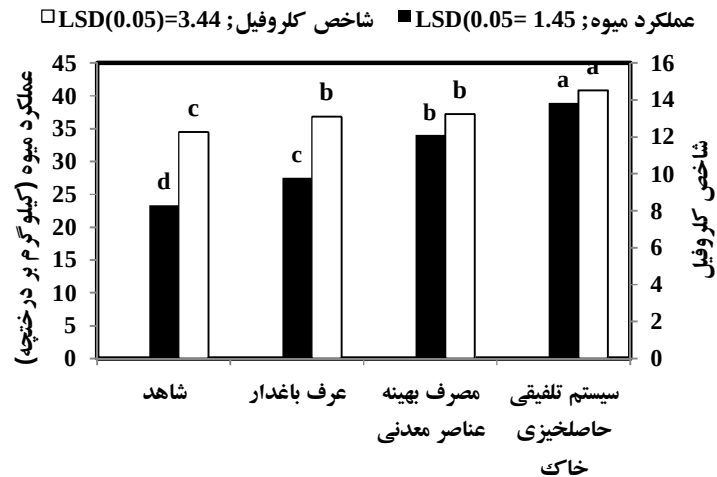
شاخص نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تغییراتی معادل 10/99 و 9/69 درصد در تیمار مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک نسبت به تیمارهای عرف باغدار و مصرف بهینه عناصر معدنی مشاهده شد که دلیلی بارز بر ارجحیت مدیریت تغذیه تلفیقی نسبت به مصرف کود بر مبنای عرف باغدار و مصرف بهینه عناصر معدنی را نشان می‌دهد. افزایش بیشتر شاخص کلروفیل برگ در تیمار (4) می‌تواند ناشی از برقراری همزیستی میکوریزایی در این تیمار باشد. هاولین و همکاران (2022) گزارش کردند که با مصرف مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی، کلروفیل برگ انگور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در تیمارهای (3) و (4)، کاهش زیادی را نسبت به شاهد و عرف باغدار نشان داد. رابطه عکسی نیز در ارتباط با درصد مواد جامد محلول میوه مشاهده شد (شکل 1). بدین مفهوم که در تیمارهای (3) و (4)، این صفت افزایش قابل‌توجهی نسبت به شاهد و عرف باغدار نشان داد. هرچند که معمولاً بین عملکرد کمی و کیفیت محصول رابطه عکسی وجود دارد ولی، نتایج این تحقیق بیانگر این واقعیت است که وجود ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در تیمارهای شاهد و عرف باغدار، موجب عدم دستیابی به عملکرد کمی و

استفاده از منابع زیستی، معدنی و آلی در تأمین نیازهای محصول در تیمار (4)، افزایش بیشتر تولید محصول را در پی داشت. در این تیمار هیچ‌گونه کود نیتروژنی معدنی مصرف نشد (جدول 3). با این وجود، بیشترین افزایش عملکرد در تیمار (4) حاصل گردید.

چنین استنباط می‌گردد که مجموعه نیتروژن قابل جذب بومی خاک با مقدار موجود در کود حیوانی و نیتروژن حاصل از فعالیت باکتری‌های همیار تثبیت‌کننده نیتروژن، نیاز این محصول را به عنصر نیتروژن تأمین کرده است. این مطلب با نتایج مجیدی و دولتی (1398) مطابقت می‌نماید. بنابراین، چنین استنباط می‌گردد که مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک مؤثرترین روش برای تأمین نیازهای غذایی محصول و حفظ تعادل تغذیه‌ای در باغات انگور منطقه تحت شرایط مشابه انجام این آزمایش باشد. نتایج مذکور با یافته‌های پاتیل و همکاران (2008)، اورتگا-بلو و همکاران (2016) و سیروانتا و همکاران (2020) مطابقت می‌نماید.

روند مشابهی نیز در ارتباط با شاخص کلروفیل مشاهده شد. این شاخص بیانگر میزان کلروفیل برگ بوده و بیشتر بودن مقدار آن درواقع به مفهوم کارایی بالاتر فتوسنتز است. در تمامی تیمارهای مصرف کودی این



تیمار

شکل 1- میانگین اثر تیمارها بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انگور (ارومیه، 1400)

کم‌مصرف در انگور، 77/1 درصد افزایش عملکرد محصول را نسبت به شاهد در پی داشت. همچنین دریافتند در تیمارهایی که از عناصر کم‌مصرف استفاده شده بود در مقایسه با شاهد که فقط نیتروژن و فسفر دریافت کرده بودند، دارای میزان مواد جامد محلول بیشتری بوده که نشان‌دهنده تأثیر این عناصر بر روی یکی از صفات مهم کیفی میوه انگور است. همچنین نتایج این تحقیق، نتایج امان و همکاران (2008) را تأیید نمود. آنان دریافتند که مصرف توأم نیتروژن با اسید هیومیک و کود زیستی نیتروژن نه تنها موجب افزایش

کیفیت بهینه محصول گردیده و بنابراین در شرایطی که گیاه با ناهنجاری‌های تغذیه‌ای مواجه باشد، مدیریت بهینه تغذیه گیاه قادر است ضمن افزایش کمیت محصول، کیفیت آنرا نیز بهبود دهد. نتایج مذکور با نتایج آگاو (1984) مطابقت می‌نماید. نامبرده نشان داد که با مدیریت بهینه تغذیه گیاهی، عملکرد و کیفیت محصول انگور به‌طور همزمان بهبود یافت. کومار و باشان (1980) نیز دریافتند که مصرف متعادل عناصر ضمن افزایش عملکرد میوه موجب ارتقاء درصد آب انگور، مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته میوه گردید. شهابیان و همکاران (1376) بیان نمودند که مصرف متعادل عناصر پرمصرف و



27/01 درصدی عملکرد میوه شد بلکه، میزان مواد جامد محلول را از 17 به 18/7 درصد نیز افزایش داد.

### اثر تیمارها بر غلظت برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف

اثر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و غلظت عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، روی و بور برگ در جدول 6 نشان داده شده است.

غلظت نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت. تیمار عرف باغدار به میزان 15/63 درصد غلظت فسفر را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. ولی، مقدار آن در تیمارهای (3) و (4) به میزان فقط 6/25 درصد افزایش نشان داد. غلظت پتاسیم برگ در تیمارهای (3) و (4) نیز به ترتیب به میزان 27/64 و 38/20 درصد بیشتر از تیمار عرف باغدار بود. افزایش غلظت عنصر با مقادیر مصرف پتاسیم در تیمارهای مذکور منطبق بود. هرچند تغییراتی در غلظت عناصر کلسیم و منیزیم مشاهده شد ولی، این تغییرات نمی‌تواند متأثر از اثرات تیمارهای کودی باشد زیرا، اثرات این تیمارها بر غلظت عناصر مذکور معنی‌دار نبوده است.

غلظت عناصر آهن، منگنز، روی و مس در تیمار عرف باغدار تفاوتی با تیمار شاهد نداشت. تفاوتی نیز از نظر غلظت عناصر آهن، منگنز و بور بین تیمارهای (2) و (3) مشاهده نشد. غلظت عنصر روی و مس با مصرف بهینه عناصر معدنی در تیمار (3) افزایش نشان دادند. همچنین در این تیمار غلظت بور در برگ به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (1) کاهش یافت. تغییرات غلظت این عناصر تحت تأثیر تیمار (3) ممکن است ناشی از اثرات مثبت مصرف متعادل کود بر جذب آنها توسط ریشه گیاه باشد. تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است. ولی، مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در تیمار (4) موجب افزایش تمامی عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، روی، مس و کاهش غلظت بور (B) در برگ شد. افزایش غلظت این عناصر علیرغم عدم مصرف منابع معدنی آن در خاک

بسیار حائز اهمیت است و نقش مهم کاربرد سیستم‌های میکوریزایی را در تغذیه انگور را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داده است پس از برقراری رابطه همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه، تولید هورمون اکسین در سلول‌های ریشه بیشتر شده و این امر موجب افزایش چشمگیر حجم ریشه نسبت به شرایط غیر مایکوریزایی شده که موجب جذب بیشتر عناصر غذائی فسفر و کم‌مصرف شده و در نتیجه کارایی مصرف کود افزایش خواهد یافت (کریشنا و همکاران، 2005؛ اوزدمیر و همکاران، 2010؛ ولاسکوز و همکاران، 2020). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که غلظت فسفر با مصرف قارچ میکوریزی تغییری نکرد زیرا، مقدار آن در تیمار (3) مشابه تیمار (4) بود (جدول 6). چنین استنباط می‌گردد که در شرایطی که حاصلخیزی خاک در رابطه با عرضه فسفر قابل‌جذب در شرایط بهینه‌ای باشد (جدول 3) همزیستی میکوریزی تأثیری بر جذب بیشتر فسفر توسط گیاه نداشته باشد. تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است.

غلظت بور در تیمار (4) نسبت به سایر تیمارها کاهش نشان داد. با توجه به بالا بودن غلظت بور در خاک‌های منطقه ناشی از سازندهای زمین‌شناسی و احتمال بروز مسمومیت آن در درختان میوه (مجیدی و ملکوتی، 1386)، کاهش غلظت این عنصر در برگ در تیمار (4) بسیار مهم بوده و به‌احتمال‌قوی متأثر از تأثیر کاهش غلظت بور در محلول خاک اطراف ریشه ناشی از افزایش احتمالی جذب سطحی توسط کلونیدهای آلی کود حیوانی (مجیدی و همکاران، 2010؛ شارما و همکاران، 2006) و یا همزیستی قارچ‌های میکوریزی با ریشه درختچه‌های انگور است. لازم به ذکر است که جذب میکوریزی بور هنوز به‌درستی شناخته نشده است. بررسی‌ها نشان داده که کربوهیدرات‌های قارچ‌های میکوریزی به‌ویژه ساکروز تمایل بالایی برای تشکیل کمپلکس با بور داشته و در نتیجه انتقال بور از قارچ همزیست به گیاه میزبان را تحت تأثیر قرار داده و کاهش می‌دهند (شیرین و همکاران، 2018).

جدول 6- میانگین اثر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در برگ انگور (ارومیه، 1400)

| ویژگی<br>تیمار  | N      | P      | K     | Ca    | Mg    | Fe                    | Mn      | Zn     | Cu     | B       |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-----------------------|---------|--------|--------|---------|
|                 | (درصد) |        |       |       |       | (میلی گرم بر کیلوگرم) |         |        |        |         |
| 1†              | 2/33a  | 0/32b  | 1/03c | 1/72a | 0/46a | 126/60b               | 45/24ab | 13/24c | 8/90c  | 67/74a  |
| 2               | 2/59a  | 0/37a  | 1/23b | 1/95a | 0/47a | 131/18b               | 43/70b  | 12/70c | 8/47c  | 63/54b  |
| 3               | 2/48a  | 0/34ab | 1/57a | 1/94a | 0/48a | 143/52ab              | 46/94ab | 19/88b | 12/05b | 61/16bc |
| 4               | 2/50a  | 0/34ab | 1/70a | 2/03a | 0/50a | 162/58a               | 54/54a  | 28/62a | 15/21a | 58/20c  |
| LSD<br>(P≤0.05) | 0/32   | 0/04   | 0/19  | 0/28  | 0/06  | 20/13                 | 9/64    | 3/71   | 2/19   | 3/22    |

† تیمارها: 1- شاهد، 2- عرف باغدار، 3- مصرف بهینه عناصر غذایی، 4- سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی

(بیانگر توازن تغذیه‌ای) در تیمارهای مذکور روندی کاهشی داشت

(جدول 7). در روستای گوی‌تپه نیز پتاسیم در بین عناصر پرمصرف و روی در بین عناصر کم‌مصرف منفی‌ترین نشانه‌ها را در تیمار پایه به خود اختصاص دادند. با مصرف پتاسیم در تیمار عرف باغدار، شاخص پتاسیم افزایش ولی شاخص روی کاهش نشان داد. در تیمارهای (3) و (4)، هردو نشانه پتاسیم و روی نیز متناسب با افزایش عملکرد محصول افزایش و جمع جبری نشانه‌ها که مبین وضعیت تغذیه‌ای بود مشابه روستای لشنلو کاهش یافت. روند مشابهی نیز در روستای قزل عاشق و یورقانلو مشاهده شد و عناصر پتاسیم و روی منفی‌ترین نشانه‌ها را به خود اختصاص دادند و تحت تأثیر تیمارهای کودی مقادیر آنها افزایش یافته و تیمار مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی بیشترین نشانه‌های سیستم تشخیص چندگانه و عملکرد محصول را به خود اختصاص و کمترین شاخص تعادل تغذیه‌ای را نیز شامل شدند.

در روستای میاوق، غلظت پتاسیم خاک در محدوده 0-60 سانتیمتری در حدود 320 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. چنین استنباط می‌گردد که خاک از نظر پتاسیم قابل‌جذب خاک در شرایط بهینه‌ای قرار دارد زیرا نشانه‌های تشخیص چندگانه مثبت بوده هرچند با مصرف این عنصر در تیمارهای کودی افزایش نشان داد.

تفسیر نتایج تجزیه برگ با استفاده از اعداد مرجع تشخیص چندگانه نشان داد که در 71/4 درصد داده‌ها پتاسیم و کلسیم، 52/4 درصد داده‌ها منیزیم، 9/5 درصد داده‌ها نیتروژن و تنها در 4/8 درصد آنها عنصر فسفر شاخص تغذیه‌ای منفی بود. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ترتیب نیاز غذایی عناصر پرمصرف در باغ‌های انگور به صورت  $K=Ca>Mg>N>P$  بود. همچنین نتایج بیانگر این واقعیت بود که در 100 درصد داده‌ها کمبود آهن، 85/7 درصد دچار کمبود روی، 71/4 درصد دارای کمبود منگنز، 66/4 درصد مواجه کمبود مس و فقط در 9/5 درصد باغات مشکل کمبود بور بوده و بنابراین، ترتیب نیاز غذایی عناصر کم‌مصرف در مکان‌های اجرای تحقیق به صورت  $Fe>Zn>Mn>Cu>B$  برآورد شد.

در جدول (7) نشانه‌های سیستم تشخیص چندگانه و ترتیب نیاز غذایی متناسب با اثرات تیمارهای کودی در باغات مکان‌های اجرای تحقیق ارائه شده است. در تیمار پایه (شاهد) در لشنلو، پتاسیم در بین عناصر پرمصرف کوچک‌ترین نشانه را دارا بوده و طبعاً محدودکننده‌ترین عنصر از میان عناصر پرمصرف است. با مصرف پتاسیم در تیمارهای (2)، (3) و (4) نشانه پتاسیم افزایش یافته است. روی نیز در بین عناصر کم‌مصرف منفی‌ترین نشانه را در تیمار پایه به خود اختصاص داده و با مصرف آن در تیمارهای (2) و (3)، مقدار شاخص آن افزایش نشان داد. افزایش نشانه‌های پتاسیم و روی با افزایش عملکرد محصول همراه بود و جمع نشانه‌ها

جدول 7- اثر تیمارها بر نشانه‌های سیستم تشخیص چندانگانه (Ix) و توازن تغذیه‌ای (NBI) انگور محل‌های اجرای آزمایش (ارومیه، 1400)

| مکان     | تیمار                      | IN    | IP    | IK    | ICa   | IMg   | ترتیب نیاز غذایی | IFe   | ICu   | IZn   | IMn   | IB    | ترتیب نیاز غذایی | NBI  | عملکرد میوه<br>(کیلوگرم/تاکی) |
|----------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|-------------------------------|
| لشنلو    | شاهد                       | 2/58  | 3/01  | -1/14 | -1/13 | 0/33  | K>Ca>Mg>N>P      | -0/71 | -1/31 | -2/28 | -0/24 | 1/75  | Zn>Cu>Fe>Mn>B    | 32/6 | 5/43                          |
|          | عرف باغدار                 | 2/58  | 3/10  | -0/53 | -0/17 | 0/37  | K>Ca>Mg>N>P      | -1/21 | -1/08 | -2/21 | -0/58 | 0/79  | Zn>Fe>Cu>Mn>B    | 26/7 | 7/94                          |
|          | مصرف بهینه عناصر معدنی     | 1/18  | 1/95  | -0/58 | -0/75 | 0/53  | Ca>K>Mg>N>P      | -1/20 | 0/44  | -0/42 | -0/48 | 0/33  | Fe>Mn>Zn>B>Cu    | 8/6  | 10/52                         |
|          | مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک | 0/86  | 1/66  | -0/44 | -0/81 | 0/43  | Ca>K>Mg>N>P      | -1/19 | 1/06  | 0/37  | -0/37 | -0/37 | Fe>B=Mn>Zn>Cu    | 9/3  | 13/18                         |
|          | شاهد                       | 2/52  | 3/09  | -1/53 | -0/70 | 0/10  | K>Ca>Mg>N>P      | -1/32 | 0/50  | -2/74 | -0/95 | 2/13  | Zn>Fe>Mn>Cu>B    | 43/1 | 8/31                          |
| گوی‌تپه  | عرف باغدار                 | 2/17  | 2/97  | -1/25 | 0/75  | 0/29  | K>Mg>Ca>N>P      | -0/83 | -1/12 | -3/07 | -0/46 | 1/43  | Zn>Cu>Fe>Mn>B    | 32/3 | 9/67                          |
|          | مصرف بهینه عناصر معدنی     | 2/00  | 2/85  | -0/23 | -0/49 | -0/12 | Ca>K>Mg>N>P      | -1/45 | 0/51  | -1/97 | -0/40 | 0/70  | Zn>Fe>Mn>Cu>B    | 19/6 | 11/36                         |
|          | مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک | 1/30  | 2/17  | -0/55 | -0/81 | -0/24 | Ca>K>Mg>N>P      | -0/68 | 0/71  | -1/45 | 0/07  | -0/10 | Zn>Fe>B>Mn>Cu    | 11/2 | 14/12                         |
|          | شاهد                       | 2/13  | 2/95  | -1/06 | -0/43 | 0/73  | K>Ca>Mg>N>P      | -1/12 | -1/66 | -2/55 | -0/99 | 3/01  | Zn>Cu>Fe>Mn>B    | 41/1 | 9/87                          |
|          | عرف باغدار                 | 2/62  | 3/14  | -1/05 | -0/59 | 0/26  | K>Ca>Mg>N>P      | -1/08 | -1/52 | -2/23 | -0/72 | 2/42  | Zn>Cu>Fe>Mn>B    | 35/8 | 8/13                          |
| قزل عاشق | مصرف بهینه عناصر معدنی     | 1/63  | 2/30  | -0/50 | -0/43 | -0/06 | K>Ca>Mg>N>P      | -0/50 | -0/17 | -1/63 | -0/91 | 1/30  | Zn>Mn>Fe>Cu>B    | 14/1 | 12/45                         |
|          | مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک | 1/17  | 2/08  | -0/39 | -0/33 | -0/57 | Mg>K>Ca>N>P      | -0/72 | 0/97  | -0/50 | -0/97 | 0/58  | Mn>Fe>Zn>B>Cu    | 9/9  | 13/55                         |
|          | شاهد                       | 1/05  | 2/17  | -2/29 | 0/23  | -0/30 | K>Mg>Ca>N>P      | -1/05 | -1/42 | -1/30 | 1/59  | 2/66  | Cu>Zn>Fe>Mn>B    | 25/6 | 10/41                         |
|          | عرف باغدار                 | 1/08  | 2/41  | -1/61 | -0/11 | -0/72 | K>Mg>Ca>N>P      | -1/07 | 1/25  | -2/13 | 0/72  | 2/13  | Zn>Fe>Mn>Cu>B    | 22/8 | 13/12                         |
|          | مصرف بهینه عناصر معدنی     | 0/77  | 1/71  | 0/42  | 0/05  | -1/04 | Mg>Ca>K>N>P      | -1/29 | -1/11 | -0/72 | 0/65  | 1/87  | Fe>Cu>Zn>Mn>B    | 12/5 | 13/45                         |
| یورقانلو | مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک | 0/17  | 1/12  | 0/35  | -0/24 | -0/93 | Mg>Ca>N>K>P      | -1/10 | -0/57 | 0/67  | 0/56  | 1/13  | Fe>Cu>Mn>Zn>B    | 8/4  | 15/13                         |
|          | شاهد                       | -0/65 | -1/17 | 0/83  | 0/88  | 0/11  | N>P>Mg>K>Ca      | -0/57 | -2/07 | -1/44 | 0/33  | 3/01  | Cu>Zn>Fe>Mn>B    | 32/7 | 7/49                          |
|          | عرف باغدار                 | 0/94  | 1/18  | 1/51  | 0/45  | 0/02  | Mg>Ca>N>P>K      | -0/99 | -2/13 | -2/36 | -0/58 | 2/10  | Zn>Cu>Fe>Mn>B    | 28/2 | 10/15                         |
|          | مصرف بهینه عناصر معدنی     | 0/10  | 0/03  | 1/51  | 0/30  | 0/23  | P>N>Mg>Ca>K      | -0/56 | -2/04 | 0/58  | -0/41 | 1/53  | Cu>Fe>Mn>Zn>B    | 15/3 | 12/56                         |
|          | مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک | -0/29 | 0/07  | 1/53  | -0/22 | -0/81 | Ca>N>Mg>P>K      | -0/74 | -0/79 | 0/49  | -0/29 | 0/55  | Cu>Fe>Mn>Zn>B    | 6/6  | 13/22                         |

مصرف عناصر غذایی در تاکستان‌ها با شناخت وضعیت تغذیه‌ای باغ بر مبنای تجزیه برگ و تفسیر آن با روش تشخیص چندگانه عناصر با هدف برقراری و حفظ توازن تغذیه‌ای درختچه‌های انگور به انجام برسد. استفاده همزمان و متناسب از کود زیستی باکتری‌های همیار تثبیت‌کننده نیتروژن، قارچ‌های همزیست اندومیکوریز آربسکولار همراه با کود حیوانی و منابع معدنی عناصر موردنیاز تحت شرایط مشابه انجام این تحقیق، سه رکن مهم تحقق تأثیر مدیریت بهینه تغذیه تاکستان‌ها برای بهبود کمی و کیفی محصول انگور است.

در این مکان، شاخص روی در تیمارهای پایه و عرف باغدار منفی ولی با مصرف روی در تیمارهای (3) و (4)، مقدار شاخص‌های روی افزایش و متناسب با افزایش عملکرد میوه تحت تأثیر تیمارهای کودی، جمع جبری قدر مطلق نشانه‌ها که بیانگر وضعیت تعادل تغذیه‌ای مشابه سایر مکان‌ها کاهش یافت.

به‌طورکلی، شاخص‌های تمامی عناصر مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت. شاخص تعادل تغذیه‌ای (جمع جبری نشانه‌ها) در تمامی مکان‌های اجرای تحقیق هماهنگی کاملی با عملکرد میوه انگور داشت بطوریکه با کاهش جمع جبری قدر مطلق شاخص -ها، میزان عملکرد میوه افزایش یافت (جدول 8). بنابراین، نتایج مذکور بر مبنای سیستم تشخیص چندگانه بیانگر بهبود وضعیت توازن تغذیه‌ای باغات انگور با مصرف بهینه عناصر غذایی به‌ویژه در تیمار مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در این آزمایش شد.

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که ناهنجاری‌های تغذیه‌ای یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید انگور سفید بی‌دانه در تاکستان‌های استان آذربایجان غربی است. تحقیق حاضر، اثربخشی مثبت مدیریت بهینه تغذیه بر روی بهبود وضعیت رشد انگور را نشان داد. هرچند که مصرف بهینه عناصر معدنی موجب بهبود وضعیت رشد و تولید در انگور شد ولی، بالاترین مقادیر شاخص‌های کمی و کیفی محصول با مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک به دست آمد. نتایج این تحقیق به اثبات رساند که مصرف کودهای آلی و زیستی، شامل باکتری‌های همیار تثبیت‌کننده نیتروژن و قارچ‌های همزیست میکوریزی، نقش انکارناپذیری بر بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی و ارتقاء توازن تغذیه‌ای انگور دارند. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که مدیریت تغذیه انگور بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی یکی از مهم‌ترین فناوری‌ها برای حفظ تعادل تغذیه‌ای تاکستان‌ها و دستیابی به اهداف تولید پایدار محصول انگور تحت شرایط مشابه انجام این تحقیق بوده و ضروری است

## فهرست منابع:

1. احمدی، ک.، عباد زاده، ح.، حاتمی، ف.، حسین پور، ر. و ه. عبد شاه. 1399. آمارنامه کشاورزی سال 1398: محصولات باغبانی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.
2. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشریه شماره 982. کرج، ایران.
3. داودی، م. ح.، ک. شهبازی، م. فیض اله زاده اردبیلی و ح. رضایی. 1394. روش‌های تجزیه کودهای آلی. چاپ اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
4. شهباییان، م.، ملکوتی، م. ج و ع. طلایی. 1367. تعیین اثرات برخی عناصر غذایی اصلی و ریزمغذی‌ها در بهبود کیفی و کمی انگور در قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
5. علی احیائی، م. 1376. شرح روش‌های تجزیه شیمیائی خاک. جلد دوم، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره 1024. تهران، ایران.
6. مجیدی، ع.، و ح. دولتی بانه. 1398. تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی نیتروژن بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انگور سفید بی‌دانه. مجله علوم باغبانی ایران. 50 (4): 947-957.
7. مجیدی، ع و م. ج. ملکوتی. 1386. بررسی مسمومیت بور (B) در باغ‌های میوه حاشیه دریاچه ارومیه. نشریه فنی شماره 002. انتشارات سنا، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
8. مطلبی فرد، ر.، مجیدی، ع. و طاهری، م. 1400. شناخت وضعیت تغذیه‌ای باغات انگور. گزارش نهائی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
9. Agaev, N. 1984. Effect of microelements on grapevine yield and quality. Sadovodstvo, Vinogradarstvo i Vinodelie Moldavii. 8: 41-42.
10. Amiri, M. E., and E. Fallahi. 2007. Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. J. Plant Nutri. 30: 463-470.
11. Calleja-Cervantes, M. E., Menéndez, S., Fernández-González, A. J., Irigoyen, I., Cibriain-Sabalza, J., Toro, N., Aparicio-Tejo, P. M., and M. Fernández-López. 2015. Changes in soil nutrient content and bacterial community after 12 years of organic amendment application to a vineyard. Euro. J. Soil Sci. 66: 802-812.
12. Eman, A., El-Monem, A., Saleh, M., and E. Mostafa. 2008. Minimizing the quantity of mineral nitrogen fertilizers on grapevine by using humic acid, organic and biofertilizers. Res. J. Agri. Bio. Sci. 4: 46-50.
13. Gadisa, N. 2020. Integrated nutrient management for enhancing and sustaining soil fertility and crop productivity in Ethiopia. J. Nat. Sci. Res. 11: 9-20.
14. Gaiotti, F., Marcuzzo, P., Belfiore, N., Lovat, L., Fornasier, F., and D. Tomasi. 2017. Influence of compost addition on soil properties, root growth and vine performances of *Vitis vinifera* cv Cabernet sauvignon. Sci. Hortic. 225: 88-95.
15. Ganeshamurthy, A., Kalaivanan, D., Selvakumar, G., and P. Panneerselvam. 2015. Nutrient management in horticultural crops. Indian J. Fert. 11: 30-42.
16. Hazelton, P., and B. Murphy. 2007. Interpreting Soil Test Results [OP]: What Do All the Numbers Mean? . 2<sup>nd</sup> Ed. CSIRO Publishing, Australia.
17. Holland, T. C., Hart, M. M., Bogdanoff, C., and P. Bowen. 2018. Response of Grapevine Rootstocks to Soil Inocula from Different Sources. Am. J. Enol. Vitic. 69: 94-100.

18. Horneck, D. A., Sullivan, D. M., Owen, J. S., and J. M. Hart. 2011. Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University, Extension Service. Available at: file:///C:/Users/AZMAJ\_~1/AppData/Local/Temp/ec1478.pdf.
19. Jones Jr, J. B. 1985. Soil testing and plant analysis: guides to the fertilization of horticultural crops. *Hortic. Rev.* 7: 1-68.
20. Krishna, H., Singh, S., Sharma, R., Khawale, R., Grover, M., and V. Patel. 2005. Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular-mycorrhizal fungi (AMF) inoculation during ex vitro acclimatization. *Sci. Hortic.* 106: 554-567.
21. Kumar, P. S., Geetha, S. A., Savithri, P., Mahendran, P., and K. Ragunath. 2003. Evaluation of DRIS and CND indexes for effective nutrient management in Muscat grapevines (*Vitis vinefera*). *J. Applied Hortic.* 5: 76-80.
22. López-García, Á., Jurado-Rivera, J. A., Bota, J., Cifre, J., and E. Baraza. 2020. Space and Vine Cultivar Interact to Determine the Arbuscular Mycorrhizal Fungal Community Composition. *J. Fungi.* 6: 317.
23. Lu, S., Yan, Z., Chen, Q., and F. Zhang. 2012. Evaluation of conventional nitrogen and phosphorus fertilization and potential environmental risk in intensive orchards of north China. *J. Plant Nutr.* 35: 1509-1525.
24. Majidi, A., Rahnemaie, R., Hassani, A., and M.J. Malakouti. 2010. Adsorption and desorption processes of boron in calcareous soils. *Chemosphere* 80: 733-739.
25. Mostofi, Y., and F. Najafi. 2005. Analytical laboratory methods in horticulture. Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Farsi)
26. Ortega-Blu, R., Martinez, M., and P. A. Ospina. 2016. Effects of the integrated nutrient management on soil properties in table grape 'Crimson Seedless' during establishment. *Acta Hortic.* 1146: 121-128.
27. Ozdemir, G., Akpinar, C., Sabir, A., Bilir, H., Tangolar, S., and I. Ortas. 2010. Effect of inoculation with mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of grapevine genotypes (*Vitis spp.*). *Eur. J. Hortic. Sci.* 75: 103-110.
28. Parent, L.E., and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117: 239-242.
29. Patil, D. R., Sulikeri, G. S., Patil, H. B., and R. A. Balikai. 2008. Studies on the integrated nutrient management in Thompson Seedless grapes. pp. 383-388. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium.
30. Roy, R.N. 1995. FAO soil fertility and integrated plant nutrition management programmes. International Atomic Energy Agency (IAEA): IAEA.
31. Sharma, K., Srivastava, P., Srivastava, P., and Singh, V. 2006. Effect of farmyard manure application on boron adsorption-desorption characteristics of some soils. *Chemosphere* 65: 769-777.
32. Shireen, F., Nawaz, M. A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., and Z. Bie. 2018. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *Int. J. Mol. Sci.* 19: 1856-1876.
33. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy . 12 th Ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
34. Srivastava, A., Wu, Q.-S., Mousavi, S. M., and D. Hota. 2021. Integrated Soil Fertility Management in Fruit Crops: An Overview. *Int. J. Fruit Sci.* 21: 413-439.
35. Velásquez, A., Vega-Celedón, P., Fiaschi, G., Agnolucci, M., Avio, L., Giovannetti, M., D'Onofrio, C., and M. Seeger. 2020. Responses of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon roots to the arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* and the plant growth-promoting rhizobacterium *Ensifer meliloti* include changes in volatile organic compounds. *Mycorrhiza.* 30: 161-170.

36. Wheeler, S., and Pickering, G. 2003. Optimizing grape quality through soil management practices. *J. Food Agric. Environ.* 1: 190-197.
37. Wilson, S. G., Lambert, J.-J., and R. Dahlgren. 2021. Compost Application to Degraded Vineyard Soils: Effect on Soil Chemistry, Fertility, and Vine Performance. *Am. J. Enol. Vitic.* 72: 85-93.
38. Wu, W., and Ma, B. 2015. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A review. *Sci. Total Environ.* 512: 415-427.
39. Zhang, H., Lal, R., Zhao, X., Xue, J.-F., and F. Chen. 2014. Opportunities and Challenges of Soil Carbon Sequestration by Conservation Agriculture in China. *Adv. Agron.* 124: 1-36.





## ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در گوجه فرنگی به روش تشخیص چندگانه در استان بوشهر

مختار زلفی باوریانی<sup>1</sup>، سیدعلی غفاری نژاد و مهرداد نوروزی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، بوشهر، ایران؛ mzolfi2001@yahoo.com

استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ ma\_ghaffari51@yahoo.com

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، بوشهر، ایران؛ nowroozi50@yahoo.com

دریافت: 1400/10/20 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

گوجه‌فرنگی از مهمترین محصولات زراعی استان بوشهر است و کشت آن به صورت خارج از فصل اهمیت آن را دوچندان نموده است. رسیدن به حد مطلوب عملکرد با برقراری تعادل بین عناصر غذایی امکان‌پذیر است. برای تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و در پی آن مصرف بهینه کودهای شیمیایی، از شاخص‌های تغذیه‌ای استفاده می‌شود. به این منظور پروژه تحقیقاتی حاضر به مدت دو سال زراعی (1397-1399) با انتخاب تعداد 79 مزرعه گوجه‌فرنگی با عملکرد متفاوت و در نقاط مختلف استان اجرا شد. در مزارع انتخابی نمونه خاک از عمق 0-30 سانتی‌متری و نمونه برگ در اوایل میوه‌دهی برداشت شد. میانگین عملکرد هر مزرعه در پایان برداشت محصول اندازه‌گیری و نیز تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها به روش استاندارد انجام شد. داده‌های حاصله از اجرای آزمایش با مدل تشخیص چندگانه عناصر غذایی (Ccompositional Nutrient Diagnosis) برازش داده شد. با انجام محاسبات مطابق روش مذکور، مزارع مورد مطالعه به دو گروه با عملکرد کم و زیاد با مرز عملکرد 86/7 تن در هکتار دسته‌بندی شد. براساس نتایج بدست آمده اعداد مرجع برای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور به ترتیب  $2/79 \pm 0/202$ ،  $0/460 \pm 0/174$ ،  $2/62 \pm 0/143$ ،  $2/57 \pm 0/195$ ،  $2/08 \pm 0/225$ ،  $2/20 \pm 0/134$ ،  $3/10 \pm 0/134$ ،  $3/74 \pm 0/200$ ،  $4/34 \pm 0/250$ ،  $3/25 \pm 0/173$  محاسبه شد. همچنین دامنه غلظت مطلوب برای حصول عملکرد 86/7 تن در هکتار برای نیتروژن  $3/38 \pm 0/94$  % فسفر  $0/074 \pm 0/324$  %، پتاسیم  $2/77 \pm 0/397$  %، کلسیم  $2/63 \pm 0/423$  %، و منیزیم  $1/64 \pm 0/394$  %، و برای آهن  $221 \pm 24/6$ ، منگنز  $90/9 \pm 14/8$ ، روی  $48/3 \pm 11/1$ ، مس  $27/3 \pm 8/40$  و بور  $79/3 \pm 17/5$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود. بر این اساس، عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن و روی به دلیل کمبود و منیزیم، کلسیم و منگنز به دلیل بیش‌بود به ترتیب به عنوان عناصر غذایی غیرمتعادل در تولید گوجه‌فرنگی در استان بوشهر مشخص شد. این موضوع می‌تواند ناشی از آهکی بودن خاک و نیز مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی باشد.

واژه‌های کلیدی: تعادل عناصر غذایی، حد بحرانی، تجزیه گیاه

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: بوشهر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر

## مقدمه

بیش از 11 هزار هکتار از اراضی زراعی استان بوشهر به کشت گوجه فرنگی اختصاص دارد (احمدی و همکاران، 1399). کشت خارج از فصل این محصول در استان بوشهر و نقش آن در تأمین بخشی از نیاز داخلی و نیز صادرات، اهمیت آن را دوچندان نموده است. متوسط عملکرد گوجه فرنگی در استان براساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی 98-1397 حدود 50 تن در هکتار گزارش شده است (احمدی و همکاران، 1399). درآمد نسبتاً زیاد حاصل از کشت این گیاه زمینه مناسب برای توسل کشاورزان به راههای مختلف برای بهبود عملکرد را فراهم نموده است. یکی از مهمترین اقدامات اعمال شده در این راستا مصرف انواع کودهای شیمیایی بدون در نظر گرفتن ملاحظات تعادل عناصر غذایی است.

شناخت وضعیت موجود تغذیه‌ای گیاه برای رسیدن به حدودی از غلظت عناصر در برگ که در اغلب شرایط عملکرد نسبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به منظور پی بردن به اثرگذارترین یا محدودکننده‌ترین عامل یا عوامل تغذیه‌ای مؤثر در عملکرد امری ضروری است (ملکوتی، 1387). هرچند آزمون خاک در مدیریت کوددهی بسیاری از گیاهان زراعی یکساله مناسب‌ترین روش به منظور ارزیابی حاصلخیزی خاک و انجام توصیه صحیح کودی است، اما با توجه به اینکه کشت گوجه فرنگی در ردیف‌هایی با فاصله حدود 2 متر از یکدیگر انجام می‌شود، آزمون خاک به تنهایی به دلیل دقت پایین در نمونه‌برداری، نمی‌تواند در مدیریت کوددهی این محصول چندان مؤثر باشد. از سوی دیگر در برخی موارد مشاهده شده است که غلظت عنصر در گیاه با غلظت عنصر در خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری ندارد (ملکوتی، 1387). در این شرایط غلظت عناصر در برگ تعیین کننده وضعیت تغذیه‌ای گیاه است نه شرایط خاک (بصیرت و همکاران، 1395). بنابراین شناخت و ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه فرنگی منطقه با استفاده از تجزیه گیاه از اولویت بیشتری برخوردار بوده و روش آزمون

خاک می‌تواند مکمل این روش در مدیریت تغذیه مزرعه باشد.

به‌طور کلی روش تجزیه گیاه بر این پایه استوار است که مقدار یک عنصر معین در گیاه نشانه‌ای از تأمین آن عنصر از خاک است. میانگین غلظت عناصر غذایی در گیاه، تابع شرایط متعددی از جمله اقلیم، خاک، آب، گونه و رقم گیاه و نیز زمان، روش و پراکنش نمونه‌برداری است. مطلوب و کاربردی بودن ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای از طریق تجزیه گیاه با وجود نرم‌های مطلوب برای هر عنصر غذایی و در هر منطقه میسر است. بنابراین اولین قدم در اجرای هر روش تشخیص وضعیت تغذیه‌ای از طریق تجزیه گیاه ایجاد ارقام مرجع یا نرم است (ملکوتی، 1378). برای تفسیر و تحلیل نتایج حاصل از تجزیه برگ روش‌های متعددی معرفی شده است. مهمترین ویژگی روش‌های معرفی شده، تعیین اولویت و فراوانی کمبود عناصر در وضعیت تغذیه گیاه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (دریاشناس و ثقفی، 1390). با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه‌ای می‌توان وضعیت تغذیه‌ای منطقه مورد مطالعه را ارزیابی و مقایسه کرد و نشان داد در عملکرد مطلوب چه شاخص‌هایی بایستی اصلاح گردد.

مهمترین روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه شامل غلظت بحرانی (CVA)، دریس (DRIS)، انحراف از حد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه (CND) می‌باشد. هر کدام از این روش‌ها دارای معایب و محاسنی نسبت به یکدیگر هستند. روش تشخیص چندگانه که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت اولین بار توسط پرنس و دافیر (1992) ارائه شد. با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی می‌توان شناخت مناسبی از وضعیت عناصر غذایی در گیاه پیدا کرد و اعداد مرجعی به دست آورد که به کمک آنها می‌توان سیاست مصرف بهینه کود را نه تنها در سطح یک باغ و مزرعه بلکه در یک منطقه با دقت بیشتری اعمال و در سطوح کلان تحقق داده و ضمن حفظ حاصلخیزی خاک و

محیط زیست، سبب حصول عملکرد کمی و کیفی مناسب شد (پرنت، 2011؛ دریاشناس و ثقفی، 1390؛ خیارى (2001a). در روش تشخیص چندگانه به داده کمتری نسبت به روش‌های دیگر نیاز است و تعداد نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه تا حد امکان کاهش می‌یابد (دریاشناس و ثقفی، 1390). در روش تشخیص چندگانه تفکیک گروه‌های عملکردی مطلوب با دقت زیاد تعیین می‌شوند که این مقادیر در آن جامعه بیانگر غلظت مطلوب و ایده‌آل برای گیاه است و راهنمای مناسبی برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه می‌باشد. مزیت روش تشخیص چندگانه این است که وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی کلیه عناصر محاسبه می‌شود و اثرات متقابل یک عنصر نسبت به کلیه عناصر سنجیده می‌شود (والورد و سامرن، 1987 و خیارى و همکاران، 2001). اما یکی از مهمترین معایب این روش انجام محاسبات آماری نسبتاً پیچیده است. خیارى و همکاران (2001a) با استفاده از روش CND توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم‌های استاندارد CND را برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای ذرت تعیین نمایند. در این تحقیق با مقایسه شاخص نیتروژن به روش‌های مختلف گزارش شد که این شاخص در روش CND از برتری نسبی برخوردار است.

خیاری و همکاران (2001b) در تحقیق دیگر نرم‌های CND را برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در سیب زمینی بررسی کردند. در این تحقیق نیز با مقایسه روش‌های مختلف گزارش شد که روش CND از دقت بیشتری برخوردار است. همچنین CND برای پیاز توسط پرنت و خیارى (2003) و لوبیا چشم بلبلی توسط جوز و همکاران (2005) و نوعی کاکتوس دارویی توسط رافائل و همکاران (2004) تعیین شده است. دریاشناس و ثقفی (1390) با بررسی وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند با روش CND، نرم‌های استاندارد برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز، بور و گوگرد را برای این گیاه مشخص

نمودند. در این تحقیق با بررسی و مقایسه انجام شده برتری روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی نسبت به روش دریس گزارش شده است. بصیرت و همکاران (1395) در پژوهشی که بر روی انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چندگانه انجام شد، مشخص کردند کمبود کلسیم و نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر بیشتر بوده است. چاکرال‌حسینی و همکاران (1395) با مطالعه با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی اعداد مرجع و محدودیت‌های عناصر غذایی را در پرتقال تعیین کردند. نتایج حاصل از بررسی وضعیت تغذیه‌ای لیموترش در استان هرمزگان به روش تشخیص چندگانه نشان داد که کمبود عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز، محدودکننده‌های عمده تولید لیموترش در باغ‌های هرمزگان بودند. علاوه بر این، زیادی عناصر فسفر، کلر، آهن و بور نیز تأثیر نامطلوبی بر عملکرد محصول لیمو نشان دادند. در این تحقیق غلظت بهینه عناصر غذایی برای رسیدن به عملکرد مشخص شد (حسینی و همکاران، 1399). با توجه به اهمیت گوجه‌فرنگی در استان بوشهر، این آزمایش به منظور بررسی وضعیت تغذیه‌ای آن به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) و ارائه راهکار مناسب به منظور اصلاح وضعیت موجود و بهبود عملکرد محصول اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های 1397 و 1398 بر روی محصول گوجه‌فرنگی استان بوشهر اجرا شد. طی دو سال اجرای آزمایش تعداد 79 مزرعه گوجه‌فرنگی با وضعیت ظاهری و عملکردهای متفاوت از نقاط مختلف استان انتخاب شدند. در تمامی مزارع نمونه‌برداری مرکب خاک از عمق 0-30 سانتی متری کف جوی انجام و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها نظیر بافت، کربن آلی، pH، گل اشباع توسط pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع توسط هدایت سنج، کربنات کلسیم معادل از طریق تیتراسیون با سود، مواد آلی به روش والکلی بلاک، فسفر به روش اولسن، پتاسیم با

در این معادله، 100 مجموع غلظت عناصر غذایی، N، P، K و ... سهم نسبی غلظت عناصر غذایی برحسب درصد، d نماینده تعداد عناصر غذایی و  $R_d$  بیانگر باقی مانده ترکیبات گیاهی است که مطابق معادله شماره 2 محاسبه می شود (خیاری و همکاران، 2001).

$$[R_d = 100 - (N + P + K + \dots)] \quad (2)$$

سهم نسبی غلظت عناصر غذایی با تقسیم غلظت هرکدام از عناصر بر میانگین هندسی (G) آنها مطابق معادلات زیر به مقیاس نامتغیری تبدیل می شود (اتکینسن، 1986)

$$(3)$$

$$G = [N \times P \times K \times \dots \times R_d]^{\frac{1}{d+1}}$$

در هرکدام از مزارع نسبت لگاریتمی هرکدام از عناصر غذایی ( $V_x$ ) با استفاده از رابطه 4 محاسبه می شود. براساس فرضیه اولیه (رابطه 1) مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد 100 بوده و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقی مانده ترکیبات بایستی برابر صفر باشد. لذا برای کنترل صحت محاسبات، مجموع نسبت لگاریتمی عناصر غذایی در هر مزرعه بایستی مطابق رابطه 5 برابر با صفر باشد.

$$(4)$$

$$V_N = \ln\left(\frac{N}{G}\right), \quad V_P = \ln\left(\frac{P}{G}\right), \quad V_K = \ln\left(\frac{K}{G}\right), \dots, V_{R_d} = \ln\left(\frac{R_d}{G}\right)$$

$$(5)$$

$$V_N + V_P + V_K + \dots + V_{R_d} = 0$$

اگر مقادیر  $V_N^*$ ،  $V_P^*$ ،  $V_K^*$  و  $V_{R_d}^*$ ،  $SD_N^*$ ،  $SD_P^*$ ،  $SD_K^*$  و  $SD_{R_d}^*$  که به ترتیب میانگین و انحراف معیار مربوط به نسبت لگاریتمی هرکدام از عناصر در جامعه با عملکرد زیاد می باشد به عنوان نرم ها یا اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه (CND) در نظر گرفته شود، شاخص های هر کدام از عناصر ( $I_x$ ) مطابق رابطه 6 محاسبه می شود

$$(6)$$

$$I_x = (V_x - V_x^*) / SD_x^*$$

روش عصاره گیری با استات آمونیم و عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس، منگنز) با روش عصاره گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی تیپ Solaar 969 MKII اندازه گیری شد (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1375). در اوایل مرحله میوه دهی (ماه های آذر و دی) نمونه برگ از برگ های کامل نزدیک به میوه تهیه شد (ملکوتی و همکاران، 1384). تجزیه آزمایشگاهی نمونه های برگ به روش معمول موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (علی احیایی و امامی، 1375). میزان عملکرد در هر مزرعه طی بازدید میدانی توسط کشاورزان مشخص شد. نتایج تجزیه آزمایشگاهی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور در نمونه های برگ به عنوان داده های پایه در بانک اطلاعاتی ایجاد شده در محیط نرم افزاری SPSS برای بهره برداری بعدی دسته بندی شد. همچنین برنامه نویسی شاخص CND با برنامه Excel انجام شد.

#### محاسبات روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی که دارای مبانی ریاضی و آماری است، اولین بار توسط پرنس و دافیر (1992) ارائه شد. برای انجام محاسبات لازم ابتدا عملکرد محصول در تمامی مزارع نمونه برداری شده از زیاد به کم به صورت ستونی منظم می شود. سپس برای هر کدام از مزارع نمونه برداری شده غلظت عناصر غذایی برحسب درصد در ستون های مجزا در جلو آن وارد می شود. در این روش کل ترکیبات بافت گیاهی شامل مواد معدنی و آلی به صورت یک نمونه ساده ( $S_d$ ) در نظر گرفته می شود که با توجه به تأکید بر ارزیابی تعادل عناصر غذایی، غلظت آن ها را به عنوان یک بخش اصلی و بقیه ترکیبات را به عنوان بخش باقی مانده ( $R_d$ ) فرض کرده و به شکل رابطه 1 قابل بیان است.

$$(1)$$

$$S_d = [(N, P, K, \dots, R_d): N > 0, P > 0, K > 0, \dots, R_d > 0, N + P + K + \dots + R_d = 100]$$

(10) و نقاط عطف منحنی‌ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادله‌ها محاسبه می‌شوند (رابطه های 11 و 12). از حل رابطه 12، مقدار  $-b/3a$  که بیانگر عملکرد در نقطه عطف می‌باشد برای تمامی عنصر غذایی و مقدار باقیمانده قابل محاسبه است. از بین تمامی عناصر، حداکثر عملکرد نقطه عطف تعیین کننده مرز بین گروه عملکرد زیاد و کم بوده و گروه‌ها از یکدیگر تفکیک می‌شود.

(9)

$$F_i^c = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} f_i(V_x)}{\sum_{i=1}^{n-1} f_i(V_x)} \times 100$$

(10)

$$F_i^c(V_x) = aY^3 + BY^2 + cy + d$$

(11)

$$\frac{\partial F_i^c(V_x)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c$$

(12)

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_x)}{\partial Y^2} = 6ay + 2b = 0$$

در گام بعدی برای تعیین اعداد مرجع به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی، غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان عدد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند (حسینی و همکاران، 1399).

### نتایج و بحث

#### نتایج تجزیه خاک مزارع مورد مطالعه

برای بررسی وضعیت خاک مناطق مورد مطالعه، برخی فاکتورهای خاک شامل درصد ماده آلی، غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز، مس، آهک، قابلیت هدایت الکتریکی، واکنش شیمیایی خاک در عمق صفر تا 30 سانتی‌متری مورد بررسی قرار گرفت. براساس محدوده‌های در نظر گرفته شده برای هر کدام از ویژگی‌های خاک (جونز، 2001؛ ملکوتی و غیبی، 1379؛ طبقه بندی خاک، 1999) که در جدول شماره یک آمده است، مقادیر حداقل و حداکثر داده، انحراف از میانگین

در این معادله  $V_x^*$  و  $SD_x^*$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که به عنوان اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه محسوب می‌شوند.  $V_x$  نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است.  $I_x$  شاخص‌های هر کدام از عناصر غذایی می‌باشد. حال با داشتن شاخص‌های عناصر غذایی، شاخص تعادل یا عدم تعادل عناصر غذایی از رابطه 7 به دست خواهد آمد.

(7)

$$I^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \dots + I_{Rd}^2$$

شاخص‌های عناصر غذایی همیشه می‌تواند اعداد صفر و بیشتر را به خود اختصاص دهد. از نظر تئوری هر اندازه این ویژگی به عدد صفر نزدیک‌تر شود، تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر بوده و عملکرد بیشتر حاصل خواهد شد (خیاری و همکاران، 2001). بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق به دست آوردن شعاع،  $r$ ، آن می‌توان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد. با توجه به این که شاخص‌های عناصر غذایی در روش تشخیص چندگانه، متغیری مستقل و نرمال (Unit-Normal) هستند، مجموع این شاخص‌ها یعنی  $I^2$  از یک توزیع  $K^2$  با درجه آزادی  $d+1$  تبعیت می‌کند (رز، 1987).

#### انتخاب جامعه با عملکرد مطلوب

برای تمایز جامعه عملکرد به دو گروه مطلوب و نامطلوب، ابتدا تابع عملکرد-عنصر غذایی را ترسیم نموده و با تعیین نقاط عطف منحنی، می‌توان گروه‌های عملکردی را با دقت ریاضی به شرح ذیل تفکیک نمود (خیاری و همکاران، 2001C). برای این منظور واریانس مقادیر  $V_x$  برای اولین عملکرد و سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آن‌ها بر اساس رابطه 8 محاسبه می‌شود. این عمل برای دومین عملکرد به بعد نیز انجام می‌شود.

(8)

$$F_i(V_x) = \frac{\text{واریانس } V_x \text{ برای } i \text{ جامعه مطلوب}}{\text{واریانس } V_x \text{ برای } i \text{ جامعه نامطلوب}}$$

در ادامه تابع تجمعی نسبت واریانس  $F_i^c(V_x)$  براساس رابطه 9 محاسبه و ارتباط تابع تجمعی هر عنصر غذایی با عملکرد ( $Y$ ) با الگوی درجه 3 نمایش داده شده (رابطه

(SD) و درصد فراوانی غلظت عناصر غذایی در خاک مشخص شد (جدول 2).

جدول 1- محدوده های در نظر گرفته شده برای محاسبه درصد فراوانی

| محدوده در نظر گرفته شده |         |            |             | فاکتور اندازه گیری شده                      |
|-------------------------|---------|------------|-------------|---------------------------------------------|
| کافی تا زیاد            | متوسط   | کم         | خیلی کم     |                                             |
| بیشتر از 1/5            | 1-1/5   | 0/5-1      | کمتر از 0/5 | کربن آلی (%)                                |
| بیشتر از 15             | 10-15   | 5-10       | کمتر از 5   | فسفر ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                 |
| بیشتر از 250            | 200-250 | 150-200    | کمتر از 150 | پتاسیم ( $\text{mgkg}^{-1}$ )               |
| بیشتر از 8              | 5-8     | 2/5-5      | کمتر از 2/5 | آهن ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                  |
| بیشتر از 2              | 1-2     | 0/5-1      | کمتر از 0/5 | روی ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                  |
| بیشتر از 10             | 8-10    | 4-8        | کمتر از 4   | منگنز ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                |
| بیشتر از 1/2            | 1/2-0/9 | 0/8-0/3    | کمتر از 0/3 | مس ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                   |
| بیشتر از 15             |         | کمتر از 15 |             | کربنات کلسیم معادل (%)                      |
| بیشتر از 8              | 4-8     | 4-2        | کمتر از 2   | قابلیت هدایت الکتریکی ( $\text{dSm}^{-1}$ ) |

1379)، انتظار می رود بخش اعظم مزارع دچار کمبود

نسبی پتاسیم باشد.

مقدار آهن قابل جذب خاک در بیش از 70 درصد موارد کمتر از 5 میلی گرم در کیلوگرم خاک بود (جدول 2). به طور طبیعی قابلیت استفاده آهن در خاک های شدیداً آهکی منطقه بسیار کم است و مصرف کودهای حاوی آهن عمومیت دارد. مقدار آهن بیش از 5 میلی گرم در کیلوگرم خاک در 30 درصد مزارع، ناشی از مصرف کودهای آهن است. قابلیت استفاده عناصر غذایی منگنز، روی و مس در خاک های مورد بررسی نسبتاً زیاد بود. با توجه به آهکی بودن خاک های منطقه و پایین بودن قابلیت استفاده عناصر غذایی کم مصرف کاتیونی در این خاک ها (هاولین و همکاران، 2005)، مصرف کودهای حاوی ریزمغذی های روی، منگنز و مس در مزارع گوجه فرنگی منطقه عمومیت دارد. معمولاً کودهای مرکب حاوی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به نسبت های مختلف، بدون برنامه منسجم و یا آزمون خاک مصرف می شود. اضافه می نماید سموم حاوی مس و منگنز به دلیل بارندگی و رطوبت زیاد هوا در فصول پاییز و زمستان و در نتیجه شیوع عوامل بیماری زا در حد زیادی مورد استفاده قرار می گیرد. احتمال می رود این امر یکی از عوامل مؤثر بر مقدار زیاد عناصر غذایی مس و منگنز در خاک باشد.

نتایج نشان دهنده پایین بودن مقدار کربن آلی در تمامی مزارع است. در مزارع گوجه فرنگی عمدتاً کود مرغی به مقدار حدود 2 تا 5 تن در هکتار به عنوان منبع ماده آلی استفاده می شود. در اکثر موارد نیز تنها شیره این کود برای بهبود وضعیت تغذیه مورد استفاده قرار می گیرد. گرم و خشک بودن منطقه مهمترین دلیل پایین بودن کربن آلی خاک است، اما مصرف کود مرغی در مقادیر ذکر شده به روش فوق نیز مزید بر علت شده و تأثیری بر افزایش کربن آلی خاک نداشته است. مقدار بالای آهک که در تمامی موارد بیشتر از 40 درصد بود از عوامل مهم تأثیرگذار بر وضعیت تغذیه ای می تواند باشد (جدول 2).

قابلیت استفاده فسفر در 40 درصد مزارع در دامنه کافی تا زیاد و در 60 درصد مزارع خیلی کم و یا کم بود (جدول 2). به دلیل آهکی بودن خاک های منطقه و پایین بودن قابلیت جذب فسفر در این خاک ها (هاولین و همکاران، 2005)، مصرف مقادیر متفاوت کودهای حاوی فسفر در مزارع گوجه فرنگی منطقه معمول است. این موضوع می تواند در دامنه نسبتاً وسیع قابلیت استفاده فسفر در خاک در مزارع مختلف مؤثر باشد. در 80% مزارع مورد مطالعه میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک کمتر از 180 میلی گرم در کیلوگرم بود. با توجه به اینکه حذبهرانی پتاسیم در خاک برای گوجه فرنگی 200 میلی گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (ملکوتی و غیبی،

جدول 2- وضعیت خاک‌های مزارع انتخابی

| فاکتور اندازه گیری                          | حداقل | حداکثر | میانگین | انحراف معیار | درصد فراوانی |    |            |
|---------------------------------------------|-------|--------|---------|--------------|--------------|----|------------|
|                                             |       |        |         |              | خیلی کم      | کم | متوسط زیاد |
| کربن آلی (%)                                | 0/04  | 1/23   | 0/42    | 0/2          | 85           | 13 | 2          |
| فسفر ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                 | 1/8   | 33/9   | 12/1    | 7/67         | 16           | 32 | 13         |
| پتاسیم ( $\text{mgkg}^{-1}$ )               | 60    | 230    | 127     | 47/6         | 26           | 55 | 19         |
| آهن ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                  | 1/54  | 10/86  | 6/41    | 1/70         | 8            | 64 | 24         |
| منگنز ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                | 3/81  | 18/3   | 7/96    | 3/37         | 0            | 12 | 48         |
| روی ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                  | 0/26  | 14/6   | 3/26    | 3/03         | 4            | 16 | 32         |
| مس ( $\text{mgkg}^{-1}$ )                   | 0/26  | 37/8   | 2/25    | 3/99         | 0            | 4  | 20         |
| کربنات کلسیم معادل (%)                      | 52/8  | 89/5   | 61/8    | 7/7          | 0            | 0  | 0          |
| رس (%)                                      | 9/60  | 49/6   | 19/0    | 9/16         | -            | -  | -          |
| شن (%)                                      | 24/4  | 76/4   | 49/5    | 16/9         | -            | -  | -          |
| قابلیت هدایت الکتریکی ( $\text{dSm}^{-1}$ ) | 2/24  | 15/3   | 7/22    | 1/57         | 0            | 48 | 46         |

## نتایج تجزیه گیاه و محدوده کفایت و بحرانی عناصر

## غذایی در روش تشخیص چندگانه

براساس نتایج حاصل از تجزیه آزمایشگاهی محدوده نسبتاً وسیعی از غلظت هرکدام از عناصر غذایی در مزارع مورد مطالعه وجود داشت (جدول 3). عملیات گام به گام بررسی وضعیت تغذیه‌ای به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی، مطابق روش پیشنهادی (خیاری و همکاران، 2001abc)، (دریانشاس و ثقفی، 1390) و (بصیرت و همکاران، 1395) انجام شد.

جدول 3- دامنه غلظت عناصر غذایی در برگ گوجه‌فرنگی مزارع مورد مطالعه

| عناصر غذایی                  | پارامترهای آماری |        |         |       |
|------------------------------|------------------|--------|---------|-------|
|                              | حداقل            | حداکثر | میانگین | میان  |
| نیتروژن (%)                  | 0/643            | 4/93   | 2/49    | 2/45  |
| فسفر (%)                     | 0/023            | 0/418  | 0/268   | 0/254 |
| پتاسیم (%)                   | 0/139            | 3/55   | 2/06    | 2/12  |
| کلسیم (%)                    | 2/00             | 4/80   | 2/96    | 2/86  |
| منیزیم (%)                   | 0/840            | 3/54   | 2/24    | 2/28  |
| آهن ( $\text{mgkg}^{-1}$ )   | 82               | 1132   | 231     | 179   |
| منگنز ( $\text{mgkg}^{-1}$ ) | 37               | 278    | 105     | 92    |
| روی ( $\text{mgkg}^{-1}$ )   | 6                | 73     | 36      | 35    |
| مس ( $\text{mgkg}^{-1}$ )    | 0/3              | 257    | 33      | 19    |
| بور ( $\text{mgkg}^{-1}$ )   | 32               | 105    | 63      | 60    |

## مرحله اول

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به 79 مزرعه گوجه‌فرنگی مورد مطالعه براساس میزان عملکرد از زیاد به کم مرتب شد. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی 10 عنصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور) و نیز مقدار باقیمانده ( $R_d$ ) بر اساس معادلات 3 و 4 محاسبه شد. در ادامه براساس معادله 8 مقادیر تابع نسبت واریانس عناصر غذایی ( $F_i(V_x)$ ) برای کلیه عناصر محاسبه شد. متعاقب آن تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی ( $F_i^C(V_x)$ ) براساس معادله

نشان‌دهنده برازش مناسب نقاط با معادله درجه 3 و انتخاب دقیق و با اطمینان بالاتر نقطه عطف یعنی عملکرد تمایزکننده می‌باشد. بر این اساس عملکرد 86/7 تن در هکتار به عنوان حداکثر عملکرد که ناشی از عنصر غذایی منیزیم بود، مرز تفکیک دو گروه با عملکرد زیاد و کم از یکدیگر قرار گرفت. بر این اساس از 79 مزرعه مورد مطالعه 16 درصد از آنها در گروه با عملکرد زیاد و 84 درصد در گروه با عملکرد کم قرار گرفتند.

9 برآورد شد. برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه با عملکرد کم و زیاد ارتباط بین عملکرد و مقادیر تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی هر عنصر غذایی محاسبه و ترسیم شد که بصورت 11 معادله درجه 3 برای 10 عنصر و یک قسمت باقیمانده ( $R_d$ ) برازش داده شد (جدول 4). نقاط عطف منحنی‌ها نیز از طریق محاسبه مشتق دوم معادلات ( $-b/3a$ ) برای هر 10 عنصر و ترکیبات باقی‌مانده برآورد شد (جدول 4). بالا بودن ضریب تبیین

جدول 4- برآورد عملکرد حد واسط براساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی از مزارع

| عناصر غذایی | $F_i^c (V_x) = aY^3 + bY^2 + cY + d$                   | $R^2$  | $(-b/3a)$<br>$\text{ton.ha}^{-1}$ |
|-------------|--------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------|
| N           | $-0.0007x^3 + 0.1717x^2 - 13.359x + 358.98$            | 0.96** | 80.9                              |
| P           | $-0.000447x^3 + 0.105084x^2 - 8.663911x + 264.136286$  | 0.96** | 78.4                              |
| K           | $-0.000628x^3 + 0.150403x^2 - 12.179588x + 345.933982$ | 0.97** | 79.8                              |
| Ca          | $-0.000445x^3 + 0.105750x^2 - 8.777955x + 269.053813$  | 0.97** | 79.2                              |
| Mg          | $-0.000303x^3 + 0.078772x^2 - 7.143617x + 230.753586$  | 0.96** | 86.7                              |
| Fe          | $-0.000424x^3 + 0.107627x^2 - 9.190590x + 267.995591$  | 0.96** | 84.6                              |
| Mn          | $-0.000343x^3 + 0.088032x^2 - 7.681118x + 230.800223$  | 0.95** | 85.6                              |
| Zn          | $-0.000655x^3 + 0.150753x^2 - 11.490096x + 296.662046$ | 0.90** | 76.7                              |
| Cu          | $-0.000639x^3 + 0.153038x^2 - 12.174935x + 326.409249$ | 0.93** | 79.8                              |
| B           | $-0.000265x^3 + 0.067883x^2 - 6.425140x + 230.749784$  | 0.98** | 85.4                              |
| Rd          | $-0.000553x^3 + 0.127510x^2 - 10.063960x + 287.126489$ | 0.96** | 76.8                              |

## مرحله 2

شاخص‌های عناصر ( $I_x$ ) در روش تشخیص چندگانه برای هر کدام از عناصر غذایی و در هرکدام از نمونه‌های برداشت شده براساس رابطه 6 محاسبه شد. با کمک شاخص‌های عناصر غذایی و با استفاده از رابطه 7 شاخص عدم تعادل عناصر غذایی ( $r^2$ ) در هر کدام از مزارع نمونه‌برداری شده محاسبه شد. همچنانکه در مرحله یک اشاره شد 84 درصد جمعیت در گروه با عملکرد پایین قرار گرفت و مقدار مربع کای مربوطه با درجه آزادی 11 برابر با 17/4 بود. حد بحرانی مربع کای 17/4 حداکثر مقدار مربع کای برای واجد شرایط بودن یک نمونه برای قرار گرفتن در زیرجمعیت با عملکرد بالا است (خیاری و همکاران، 2001).

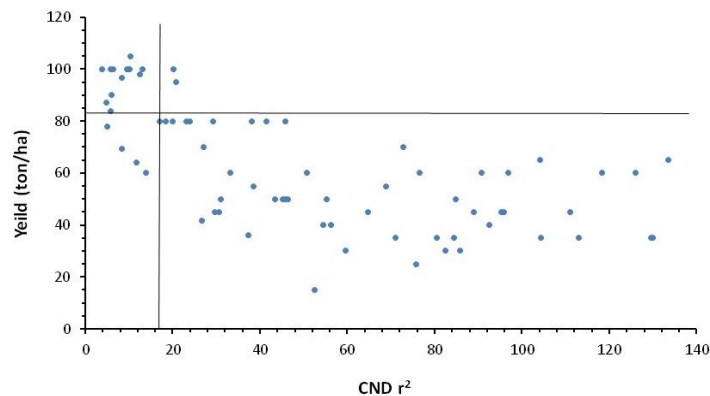
## مرحله 3

میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی برای 10 عنصر مورد مطالعه در نمونه‌های با عملکرد زیاد که عملکرد آنها بیشتر از 86/7 تن در هکتار بود به عنوان نرم‌های CND در جدول شماره 5 آمده است. شاخص‌های عناصر مختلف غذایی ( $I_x$ ) و  $CNDr^2$  به عنوان متغیرهای خطی و استاندارد محاسبه شدند (خیاری و همکاران 2001). برای مطالعه اعتبارسنجی با استفاده از روش پارتیشن بندی کیت -نلسون، ارتباط بین  $CNDr^2$  و عملکرد گوجه‌فرنگی برای 79 نمونه مستقل ترسیم شد که مقدار عملکرد مرزی 84 و مقدار  $CNDr^2$  برابر با 17 را نشان داد (شکل 2). این نتایج تأیید کننده عملکرد مرزی بدست آمده در مرحله یک و مقدار حد بحرانی مربع کای بدست آمده در مرحله 2 است.



جدول 5- نرم‌های CND عناصر غذایی در زیرگروه جمعیت با عملکرد بیشتر از 86/7 تن در هکتار

| نسبت لگاریتمی | میانگین | انحراف معیار |
|---------------|---------|--------------|
| $V_N^*$       | 2/79    | 0/202        |
| $V_P^*$       | 0/460   | 0/174        |
| $V_K^*$       | 2/62    | 0/143        |
| $V_{Ca}^*$    | 2/57    | 0/195        |
| $V_{Mg}^*$    | 2/08    | 0/225        |
| $V_{Fe}^*$    | -2/20   | 0/134        |
| $V_{Mn}^*$    | -3/10   | 0/134        |
| $V_{Zn}^*$    | -3/74   | 0/200        |
| $V_{Cu}^*$    | -4/34   | 0/250        |
| $V_B^*$       | -3/25   | 0/173        |



شکل 2- رابطه بین شاخص عدم تعادل عناصر غذایی  $CND\ r^2$  و عملکرد محصول

#### مرحله 4- ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه فرنگی

استان بوشهر

برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه‌فرنگی مورد بررسی، از میانگین شاخص‌های عملکردی عناصر

غذایی در جمعیت با عملکرد مطلوب استفاده شد (جدول 6). در این جدول حدود بحرانی بالا و پایین از ریشه دوم شاخص بحرانی عناصر غذایی حاصل شده است (دریاشناس و ثقفی، 1390).

جدول 6- مقدار شاخص عناصر غذایی و محدوده بحرانی آن برای 10 عنصر غذایی مورد بررسی

| حد بالا بحرانی | حد پایین بحرانی | $I^2_x$ بحرانی | عملکرد بحرانی<br>(تن در هکتار) |            |
|----------------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------|
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 81                             | $I^2_N$    |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 78/4                           | $I^2_P$    |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 79/8                           | $I^2_K$    |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 79/2                           | $I^2_{Ca}$ |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 86/7                           | $I^2_{Mg}$ |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 84/6                           | $I^2_{Fe}$ |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 85/6                           | $I^2_{Mn}$ |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 76/7                           | $I^2_{Zn}$ |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 79/8                           | $I^2_{Cu}$ |
| 0/961          | -0/961          | 0/923          | 76/9                           | $I^2_B$    |

درصد بود (جدول 7). این نتیجه با فلسفه روش CND که غلظت عناصر غذایی گروه‌های عملکرد بالا متعادل‌ترین غلظت هستند تطابق دارد (دریاشناس و ثقفی، 1390).

از بین عناصر غذایی مورد بررسی بطور میانگین بیشترین نامتعادلی کمبود مربوط به عنصر غذایی پتاسیم بود. به طوریکه از 79 مزرعه مورد بررسی، 56 درصد آن دچار نامتعادلی کمبود پتاسیم بودند. از این حیث عناصر غذایی نیتروژن، روی و بور به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین بیشترین نامتعادلی زیادبود مربوط عنصر غذایی منیزیم بود که در 68 درصد کل مزارع مورد بررسی مشاهده شد. عناصر غذایی کلسیم و منگنز به ترتیب در رتبه‌های بعدی ایجاد نامتعادلی زیادبود قرار گرفتند.

بررسی وضعیت تغذیه‌ای عناصر مختلف غذایی در گروه‌های با عملکرد متفاوت نشان داد که عامل ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در هر کدام از این گروه‌ها، عناصر مختلفی هستند. به عنوان مثال در گروه با عملکرد بیشتر از 90 تن در هکتار که نامتعادلی کمبود تنها در 16 درصد مزارع مشاهده شد، بیشترین آن ناشی از عناصر غذایی کلسیم، منیزیم و فسفر بود. در حالیکه در مزارع با عملکرد کمتر از 45 تن در هکتار که 47 درصد آنها دچار نامتعادلی کمبود بودند، بیشترین نامتعادلی کمبود ناشی از عنصر

برای مشخص شدن وضعیت تغذیه‌ای گیاه در مزارع با عملکرد متفاوت، ابتدا تمامی مزارع مورد بررسی براساس میزان عملکرد محصول به 5 گروه عملکردی شامل عالی (بیشتر از 90)، خوب (80-90)، متوسط (60-80)، کم (45-60) و خیلی کم (کمتر از 45 تن در هکتار) تقسیم شد. سپس در هر کدام از مزارع، شاخص هر کدام از عناصر غذایی محاسبه و وضعیت آن نسبت به محدوده بحرانی مشخص شد. شاخص‌های قرار گرفته در محدوده بحرانی به عنوان وضعیت متعادل و خارج از آن به عنوان وضعیت غیرمتعادل کمبود و یا زیادبود تعریف شد (جدول 7). در این جدول وضعیت تغذیه عناصر غذایی به سه وضع نامتعادلی کمبود، نامتعادلی زیادبود و متعادل کافی تشریح شده است. بررسی نتایج نشان داد از مجموع 10 عنصر غذایی در 79 مزرعه مورد بررسی، تعداد 313، 268 و 209 رکورد به ترتیب در وضعیت تغذیه‌ای متعادل کافی، نامتعادل کمبود و نامتعادل زیادبود بوده است. همچنین مزارع با عملکرد زیاد از وضعیت تغذیه‌ای متعادل‌تری برخوردار بودند. به عنوان مثال در گروه‌های با عملکرد بیش از 90 و یا 80-90 تن در هکتار به ترتیب 67 و 59 درصد رکوردها در وضعیت متعادل کافی قرار داشت، در حالیکه این ارقام برای گروه‌های عملکرد 45-60 و یا کمتر از 45 تن در هکتار به ترتیب 30 و 22

عناصر غذایی پتاسیم و آهن بیشتر از سایر عناصر بود. به طوریکه نامتعادلی زیاده بود عناصر مذکور در 25 درصد مزارع این گروه مشاهده شد. در حالیکه در گروه با عملکرد کمتر از 45 تن در هکتار، از بین عناصر غذایی مورد بررسی، منیزیم و کلسیم دارای بیشترین نامتعادلی زیاد بود بودند که به ترتیب در 85 و 80 درصد مزارع این گروه مشاهده شد.

غذایی پتاسیم بود که در 85 درصد این مزارع مشاهده شد. در این گروه، نامتعادلی کمبود ناشی از نیتروژن و روی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که به ترتیب در 75 و 65 درصد مزارع این گروه مشاهده شد. عامل ایجاد نامتعادلی زیاده بود نیز در گروه‌های با عملکرد مختلف، متفاوت بود. به عنوان مثال در گروه با عملکرد بیشتر از 90 تن در هکتار، نامتعادلی زیاده بود در

جدول 7- وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه فرنگی مورد بررسی در دامنه‌های مختلف عملکردی با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND-CLR)

| تعداد مزارع دارای وضعیت تغذیه‌ای متعادل و یا نامتعادل ناشی از عناصر مختلف غذایی |     |    |     |       |     |        |       |        |      |         | وضعیت تعادلی عناصر | تعداد مزرعه | عملکرد (تن در هکتار) |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|----|-----|-------|-----|--------|-------|--------|------|---------|--------------------|-------------|----------------------|
| مجموع                                                                           | بور | مس | روی | منگنز | آهن | منیزیم | کلسیم | پتاسیم | فسفر | نیتروژن |                    |             |                      |
| 19                                                                              | 1   | 1  | 2   | 2     | 1   | 3      | 3     | 1      | 3    | 2       | نامتعادل کمبود     |             |                      |
| 80                                                                              | 9   | 10 | 8   | 8     | 8   | 7      | 6     | 8      | 8    | 8       | متعادل کافی        | 12          | >90                  |
| 21                                                                              | 2   | 1  | 2   | 2     | 3   | 2      | 3     | 3      | 1    | 2       | نامتعادل زیاده بود |             |                      |
| 26                                                                              | 6   | 4  | 2   | 1     | 7   | 1      | 0     | 2      | 1    | 2       | نامتعادل کمبود     |             |                      |
| 65                                                                              | 3   | 6  | 9   | 6     | 3   | 3      | 7     | 9      | 10   | 9       | متعادل کافی        | 11          | 90-80                |
| 19                                                                              | 2   | 1  | 0   | 4     | 1   | 7      | 4     | 0      | 0    | 0       | نامتعادل زیاده بود |             |                      |
| 53                                                                              | 6   | 8  | 8   | 1     | 7   | 0      | 1     | 10     | 6    | 6       | نامتعادل کمبود     |             |                      |
| 65                                                                              | 9   | 7  | 6   | 5     | 5   | 7      | 8     | 6      | 5    | 7       | متعادل کافی        | 16          | 80-60                |
| 42                                                                              | 1   | 1  | 2   | 10    | 4   | 9      | 7     | 0      | 5    | 3       | نامتعادل زیاده بود |             |                      |
| 77                                                                              | 11  | 7  | 11  | 2     | 8   | 1      | 1     | 14     | 10   | 12      | نامتعادل کمبود     |             |                      |
| 59                                                                              | 6   | 6  | 8   | 9     | 6   | 0      | 6     | 4      | 6    | 8       | متعادل کافی        | 20          | 60-45                |
| 64                                                                              | 3   | 7  | 1   | 9     | 6   | 19     | 13    | 2      | 4    | 0       | نامتعادل زیاده بود |             |                      |
| 93                                                                              | 12  | 8  | 13  | 6     | 10  | 0      | 1     | 17     | 11   | 15      | نامتعادل کمبود     |             |                      |
| 44                                                                              | 6   | 3  | 6   | 5     | 5   | 3      | 3     | 3      | 7    | 3       | متعادل کافی        | 20          | <45                  |
| 63                                                                              | 2   | 9  | 1   | 9     | 5   | 17     | 16    | 0      | 2    | 2       | نامتعادل زیاده بود |             |                      |
| 268                                                                             | 36  | 28 | 36  | 12    | 33  | 5      | 6     | 44     | 31   | 37      | نامتعادل کمبود     |             |                      |
| 313                                                                             | 33  | 32 | 37  | 33    | 27  | 20     | 30    | 30     | 36   | 35      | متعادل کافی        | 79          | مجموع                |
| 209                                                                             | 10  | 19 | 6   | 34    | 19  | 54     | 43    | 5      | 12   | 7       | نامتعادل زیاده بود |             |                      |

منگنز در این مزارع، لزوم دقت در عدم مصرف کودهای حاوی این عناصر در این مزارع را نشان می‌دهد. البته این نکته قابل ذکر است که به احتمال قوی، زیادی کلسیم و منیزیم به دلیل آهکی بودن شدید خاک، سبب تشدید بروز کمبود پتاسیم شده است. آنتاگونیستی پتاسیم، کلسیم و منیزیم که در منابع به آن اشاره شده است (مارشتر، 2012) می‌تواند مؤید این موضوع باشد. براساس گزارش والورد و سامرن (1987) اثرات متقابل عناصر در مشخص کردن عناصر محدودکننده در روش CND نقش اساسی دارد.

نتایج فوق نشان می‌دهد که در مزارع با عملکرد پایین‌تر از 80 تن در هکتار که بخش اعظم مزارع را تشکیل می‌دهد، وضعیت تغذیه‌ای گیاه نامتعادل است. این نتایج لزوم مصرف کودهای حاوی عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن، روی و آهن را به ترتیب اولویت در این مزارع نشان می‌دهد. پایین بودن میزان ماده آلی و آهکی بودن شدید خاک می‌تواند در بروز و تشدید کمبود عناصر غذایی مذکور مؤثر باشد (هاولین و همکاران، 2005). همچنین با توجه به مشهود بودن زیاده بود منیزیم، کلسیم و

## سپاسگزاری

بدینوسیله از راهنمایی‌های جناب آقای مهندس عبدالمحمد دریاشناس از همکاران محترم بازنشسته کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. موسسه تحقیقات خاک و آب در تعیین و استفاده از نرم‌ها

## فهرست منابع:

1. احمدی، ک. ح. عبادزاده، فرشاد حاتمی، ه. عبدشاه و آ. کاظمیان. 1399. آمارنامه کشاورزی سال 98-1397. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
2. بصیرت، م. ا. اخیانی و ع. دریاشناس. 1395. برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. نشریه پژوهش‌های خاک. جلد 30. شماره 1: 2-11.
3. چاکرالاحسینی، م. ر. خراسانی، ا. فتوت، و م. بصیرت. 1395. تعیین اعداد مرجع و محدودیت عناصر غذایی برای پرتقال با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد 6. شماره 2: 161-172.
4. حسینی، ی. ج. صالح، و م. چاکرالاحسینی. 1399. ارزیابی وضعیت تغذیه‌های باغهای لیموترش در هرمزگان با روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. سال دهم، شماره 2. 81-92.
5. علی احیایی، م. و ع. امامی. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. (جلد اول). نشریه 982. وزارت جهاد کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران
6. علی احیایی، م. و ع. بهبهانی‌زاده. 1375. روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه 893. وزارت جهاد کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران
7. دریاشناس، ع. و ک. تقفی. 1390. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندر قند. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 25، شماره 1: 1-12.
8. ملکوتی، م. ج. 1387. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودها برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
9. ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. 1379. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک. نشر آموزش کشاورزی. تهران، ایران
10. ملکوتی، م. ج. ن. کریمیان، پ. کشاورز. 1384. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. چاپ ششم (با تجدید نظر کامل). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.
11. Aitchison, J. 1986. Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, New York.
12. Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
13. Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7th Ed. Pearson Education Inc., Upper Saddle River. New Jersey, USA. 515 p.
14. Jose, L., D. Garcia-Hernandez, Ricardo. Y. Valdez- Cepeda, Narciso. S. Avila, M. Bernardo, N. Alejandra, M. Rafael, L. Juan and T. Enriquir. 2005) Preliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) grown on desert calcareous soil. Plant and Soil. Volume 271, Numbers 1-2. pp 297-307.
15. Khiari, L., L. E. Parent, and N. Tremblay. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93:809-814.

16. Khiari, L., L. E. Parent, and N. Tremblay. 2001b. The Phosphorus Compositional Nutrient Diagnosis Range For Potato. *Agron. J.* 93:815–819.
17. Khiari, L., Parent, L. E., and Tremblay, N. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J.* 93: 802-808.
18. Marschner H. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3 rd edn). University of Adelaide press: Australia.
19. Parent, L. E., and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117:239–242.
20. Parent, L. E., L. Khiari. 2003. The compositional nutrient diagnosis of onions .xxxvi international horticultural congress: Toward ecologically sound fertilization strategies for field vegetable production. <http://www.actahort.org>.
21. Parent, L. E. 2011. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. *Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal.* 33: 321-334.
22. Refael, M., D. Ricardo, B. Fidel, M. Miguel, R. Raul, P. Oscar, L. Jose, M. Bernardo, D. Jose, and M. Enrique. 2004. Compositional Nutrient Diganosis In: Nopal (*Opuntia ficus-indica*). (on line). Available at <http://www.Jpacd.org> (verified 24 Mar .2009).
23. Ross, S. M. 1987. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. John Wiley & Sons, New York, 233p.
24. Walworth, J. L., and M. E. Sumner. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Adv. Soil Sci.* 6:149–188.



## بررسی ویژگی‌های ریشی، فیزیولوژی و زردبرگی نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در برخی خاک‌های آهکی مازندران

علی اسدی کنگرشاهی<sup>1</sup> و نگین اخلاقی امیری

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران؛ kangarshahi@gmail.com

استادیار بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران؛ neginakhlghi@yahoo.com

دریافت: 1400/7/24 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

در استان مازندران، استفاده از سیترنج‌ها از جمله کاریزوسیترنج به عنوان پایه جایگزین برای مرکبات در حال توسعه و ترویج است. با در نظر گرفتن دامنه تغییرات زیاد آهک و بافت در خاک‌های منطقه، بررسی واکنش این پایه به شرایط خاک‌های منطقه بسیار ضروری است. هدف پژوهش حاضر ارزیابی روند رشد، و تحمل پایه کاریزوسیترنج به خاک‌های آهکی شرق مازندران بود. به این منظور، آزمایشی به مدت دو سال (94-1393) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هفت خاک با بافت متفاوت از لوم شنی تا رسی و دامنه کربنات کلسیم معادل از 2% تا 45% انجام شد. اندازه‌گیری‌ها شامل روند رشد ریشی، وزن خشک، شاخص درجه زردی، شاخص فلورسنس، کلروفیل، غلظت عناصر غذایی در برگ و ریشه بود. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی از خاک‌های با بافت لوم و آهک کل 2% و همچنین خاک‌های با بافت شن لومی و آهک کل 40% حاصل شد. بیشترین درجه زردی برگ از خاک‌های با بافت لوم، آهک 45% و آهک فعال 16% به دست آمد و کمترین درجه زردی از خاک‌های با آهک کل 2% و بدون آهک فعال حاصل شد. میانگین غلظت آهن کل در ریشه‌ها، 8/94 برابر میانگین غلظت آن در برگ‌ها بود که تجمع و رسوب آهن در ریشه‌ها را نشان می‌دهد. مقدار منگنز قابل استفاده برای درختان مرکبات در بیشتر خاک‌ها بیش از حد مطلوب بود اما میانگین غلظت منگنز برگ در بیشتر خاک‌ها کمتر از حد کفایت بود که نشان می‌داد کمبود منگنز در برگ درختان مرکبات به علت کمبود منگنز در خاک نبود بلکه ناشی از انتقال منگنز از ریشه به اندام هوایی بود. به طور کلی، میانگین غلظت منگنز در ریشه، 6/67 برابر میانگین غلظت آن در برگ بود. براساس نتایج، منگنز محدود کننده‌ترین عنصر برای این پایه و پیوندک بود در حالی که تجمع آهن در ریشه بیشتر از منگنز بود. نتایج میانگین مقدار کلروفیل و شاخص فلورسنس کلروفیل ( $F_v/F_m$ ) برگ‌ها نشان داد که خاک‌های با بافت متوسط و آهک کل کم و همچنین خاک‌های با بافت سبک و آهک کل زیاد، بیشترین مقدار کلروفیل و شاخص فلورسنس را داشتند. بر پایه نتایج، این پایه در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14% علائم زرد برگی و کاهش رشد داشت. نیز، بافت خاک و مقدار آهک در تحمل پایه کاریزوسیترنج به خاک‌های آهکی بیشترین تاثیر را نشان داد به طوری که در خاک‌های با بافت سنگین و متوسط و آهک کل بیشتر از 14% علائم شدید زرد برگی و کاهش رشد نشان می‌داد اما در خاک‌های با بافت سبک و آهک کل 40% علائم کلروز ظاهر نشد یا بسیار خفیف بود. بنابراین به باغداران توصیه می‌شود در انتخاب این پایه، بافت خاک و مقدار آهک خاک را لحاظ نمایند.

واژه‌های کلیدی: آهن فعال، رشد ریشی، زرد برگی، فلورسنس، مرکبات

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

## مقدمه

به طور کلی نتایج پژوهش‌های مختلف در خاک‌های آهکی نشان داده است که شدت زرد برگی (کلروز) ژنوتیپ‌های مختلف درختان میوه در خاک‌ها، فصول و سال‌های مختلف، بسیار متفاوت است و معمولاً بیشترین شدت زرد برگی ناشی از کمبود آهن در فصل تابستان رخ می‌دهد (اسدی کنگرشاهی، 1398). همچنین تغییرات شدت زردی در سال‌های مختلف، عمدتاً ناشی از ویژگی‌های متفاوت خاک به ویژه در لایه‌های زیرین خاک (منطقه ریشه) به علاوه تغییرات شرایط محیطی گزارش شده است که موجب کاهش تهویه خاک و کاهش توسعه ریشه و در نتیجه کاهش قابلیت استفاده و جذب آهن می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ آلکانترا و همکاران، 2012).

یکی از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز که در قابلیت استفاده آهن برای گیاهان اختلال ایجاد می‌کند کربنات کلسیم است که در بیش از 30 درصد اراضی جهان وجود دارد (چن و باراک، 1982، لوپرت و همکاران، 1994). در استان مازندران نیز مقدار کربنات کلسیم خاک باغ‌های این منطقه از میانه به طرف شرق به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که مقدار کربنات کلسیم خاک‌ها در شرق ساری و نکا به بیش از 40 درصد می‌رسد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394). آهک کل ممکن است برای پیش‌بینی توسعه کلروز آهن، مناسب نباشد ولی آهک فعال که قادر به تولید و نگهداری غلظت‌های زیاد بی‌کربنات در خاک است، می‌تواند شاخص مناسب‌تری باشد. آهک فعال، معرف بخشی از آهک خاک است که سطح ویژه بالایی (تقریباً معادل رس خاک) داشته و بسیار واکنش‌پذیر می‌باشد. این آهک فعال به طور غیر مستقیم مسئول کاهش رشد و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مانند عارضه زرد برگی است (کاستل و نونالی، 2009؛ یانگ و همکاران، 2010). بنابراین گونه‌های مختلف درختان میوه می‌توانند بر اساس سطحی از آهک فعال که شروع به توسعه علائم کلروز می‌کنند،

رتبه‌بندی شوند. ژنوتیپ‌های خیلی حساس در سطوح کربنات کلسیم فعال کم‌تر از 0/5 درصد، کلروز نشان می‌دهند، در صورتی‌که بعضی ژنوتیپ‌ها قادرند کربنات کلسیم فعال 10 تا 15 درصد را نیز تحمل کنند (تگلیاوانی و رومبلا، 2001).

از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک که در تهویه و جذب آهن نقش دارد بافت خاک است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394؛ تگلیاوانی و رومبلا، 2001). در استان مازندران، در بخش‌های جنوبی منطقه (پایین دست ارتفاعات در امتداد بخش‌های جنوبی) رسوبات لسی قرار دارند و پس از آن، آبرفت‌های رودخانه‌ای با بافت سنگین تا متوسط هستند که تا وسط دشت ادامه دارند و از وسط دشت تا حاشیه دریا، آبرفت-های رودخانه‌ای با بافت متوسط تا سبک قرار دارند در حاشیه سواحل، آبرفت‌های کم عمق رودخانه‌ای با بافت سبک قرار دارند که بر روی رسوبات ساحلی با بافت بسیار سنگین قرار دارند و پس از آن، رسوبات ساحلی با بافت سبک هستند که در امتداد دریای مازندران قرار دارند و حاشیه باریکی را تشکیل می‌دهند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1399).

تحمل درختان مرکبات به آهک خاک و کلروز، بیشتر به پایه آنها بستگی دارد. پایه کاریزوسیترنج، در سال‌های اخیر به صنعت مرکبات استان مازندران وارد شده است و در این مناطق به شدت در حال گسترش و ترویج است در حالی که مشاهدات میدانی نگارنده‌گان درباغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران و همچنین برخی گزارش‌های از منابع علمی نشان داده است که این پایه در خاک‌های با آهک زیاد، اغلب دچار کلروز ناشی از آهک، کاهش رشد، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394؛ لوزدا و همکاران، 2008). گزارش‌های زیادی در مورد کلروز آهن درختان مرکبات در خاک‌های آهکی وجود دارد (مارتینز و همکاران، 45؛ پستانا و همکاران، 2005). کلروز شدید آهن، ممکن است منجر به کاهش یا توقف کامل باردهی



محصول و کاهش سود اقتصادی باغ‌دار شود. به طور معمول روش‌های جلوگیری یا رفع کلروز آهن، غیر قابل اطمینان و گران هستند و مناسب‌ترین روش برای جلوگیری از کلروز آهن، استفاده از پایه مناسب در زمان احداث باغ است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ موراليس و همکاران، 1998). نتایج پژوهش‌های لوزدا و همکاران (2008) نشان داده است که پایه‌های کاریزوسیترنج در خاک‌های آهکی کلروز آهن نشان می‌دهند و شدت کلروز به تدریج با افزایش سن درختان تشدید و موجب زوال درختان می‌شوند.

به طور کلی مهمترین علایم کمبود آهن در درختان مرکبات، زردی بین رگبرگ‌ها (ابتدا در برگ‌های جوان تر ظاهر می‌شود)، ظاهر شدن و تشکیل برگ‌های نازک (بیشتر در مقابل نور خورشید ظاهر می‌شوند)، خشکیدگی شدید سرشاخه‌ها در پیرامون درختان به ویژه در انتهای درختان، در برخی موارد سفید شدن و سوخته شدن نوک و حاشیه برگ‌ها و همچنین کاهش اندازه و ریزش برگ‌ها است. درختان دارای کمبود، نسبت به درختان طبیعی، گل‌دهی کمتر، تشکیل میوه کمتر و همچنین رنگ میوه ضعیف‌تر دارند. درختان دارای کمبود شدید، سرانجام زوال خواهند یافت، اما بسیاری از آنها قبل از این مرحله، به علت تولید میوه کم و اقتصادی نبودن باغ، توسط باغ‌دار قطع می‌شوند. همچنین کلروز آهن می‌تواند موجب کاهش عملکرد، کیفیت و تأخیر در رسیدن میوه مرکبات شود (اسدی کنگرشاهی، 1398؛ کوارتیز و همکاران، 2007؛ رامهلد، 2000). به طور کلی آهن در بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارند. لذا کمبود آهن می‌تواند موجب کاهش غلظت کلروفیل شود (لاری و همکاران، 2006؛ مولاسیوتیس و همکاران، 2006).

گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که مناسب‌ترین روش برای حل چالش کلروز آهن، انتخاب پایه‌های متحمل است (کاستل و همکاران، 2010؛ پستانا و همکاران، 2001). بررسی‌ها برای انتخاب پایه جایگزین نارنج در خاک‌های آهکی جنوب تگزاس نشان داد که

سیترنج‌ها پایه مناسبی برای این خاک‌ها نمی‌باشد (لوزدا و همکاران، 2008). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که از برخی پارامترهای فتوسنتز مانند غلظت کلروفیل و شاخص فلورسنس کلروفیل می‌توان برای انتخاب و غربالگری ژنوتیپ‌های مختلف به تنش‌های محیطی استفاده شود، این پارامترهای فتوسنتزی هر گونه تنش و محدودیت در فرآیندهای فتوسنتزی را به خوبی نشان می‌دهند و ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش، تغییرات کمتری در پارامترهای فتوسنتزی در پاسخ به تنش دارند (بلخوجا و همکاران، 1994؛ میسرا و همکاران، 2011؛ سالیسبوری و روس، 1992). با اندازه‌گیری فلورسنس کلروفیل، می‌توان عملکرد دستگاه فتوسنتزی را به خوبی پایش کرد و این فلورسنس در پاسخ به تنش‌ها تغییر می‌کند، بنابراین می‌تواند در ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان به تنش‌های مختلف استفاده شود (پدروس و همکاران، 2008). همچنین نتایج پژوهش‌های اسدی و همکاران (1392) نشان داد که فلورسنس کلروفیل می‌تواند به عنوان یک روش جدید و در حال توسعه برای انتخاب و غربالگری ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به تنش استفاده شود، به طوری که با افزایش تنش، نشر فلورسنس پایه ( $F_0$ ) افزایش می‌یابد و همبستگی معنی‌داری بین شاخص فلورسنس و تحمل به تنش مانداب ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد.

بنابراین در باغداری، پیش‌بینی امکان توسعه کلروز آهن در زمان احداث باغ از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و اشتباه در این مرحله، موجب کاهش رشد، عملکرد و کیفیت میوه، افزایش هزینه‌های مدیریت باغ می‌شود و در کل موجب کاهش سود اقتصادی باغدار خواهد شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ لوپرت و همکاران، 1994). در استان مازندران با توجه به گسترش بیماری تریستیزا و حساسیت نارنج به عنوان پایه معمول منطقه به این بیماری، دامنه تغییرات زیاد آهک در خاک‌های منطقه (از صفر تا بیشتر از 40 درصد)، روند افزایش تدریجی آهک در مناطق جلگه‌ای و دشت، از

میان به طرف شرق و در مناطق دامنه‌ای، میان‌بند و حاشیه جنگل‌ها (جنوب) به طرف منطقه جلگه‌ای و دشت (شمال) و همچنین روند توسعه و ترویج سیترنج‌ها از جمله کاریزوسیترنج به عنوان پایه جایگزین برای مرکبات در این مناطق (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ تهرانی و همکاران، 1390)، بررسی پاسخ این پایه به مقادیر مختلف آهک در خاک‌های این منطقه بسیار ضروری است. پایه کاریزوسیترنج، هیبرید پرتقال و پونسایروس (*Citrus sinensis* Osb. × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) است که متحمل به ترسیتزای مرکبات است و همچنین عملکرد و کیفیت میوه روی این پایه بسیار خوب گزارش شده است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1399؛ سینگ و همکاران، 2002). بنابراین، پژوهش حاضر به ارزیابی روند رشد، پاسخ‌های تغذیه‌ای و تحمل پایه کاریزوسیترنج به کلروز در خاک‌های آهکی شرق مازندران اختصاص داده شد.

### مواد و روش‌ها

با توجه نقشه خاک و گزارش‌های خاکشناسی و همچنین مطالعات انجام شده در باغ‌های شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)، هفت نمونه خاک به گونه‌ای انتخاب گردید که دارای بافت متفاوت و دامنه وسیعی از کربنات کلسیم (از 2 تا 45 درصد) بودند و همچنین منطقه وسیعی از نظر جغرافیایی (نواحی عمده کشت مرکبات) در برداشتند. خاک‌های آزمایشی از باغ‌های مناطق مختلف شرق مازندران (بابل، قائم‌شهر، ساری و نکا) جمع‌آوری شدند و پس از خشک کردن در هوا، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها از جمله کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید (باشور و سایه، 2007)، کربنات کلسیم فعال به روش تیتراسیون با پرمنگنات پتاسیم (باشور و سایه، 2007)، رس، سیلت و شن به روش هیدرومتری (گی و بادر، 1986)، واکنش خاک در خمیر اشباع (مکلین، 1982)، ماده آلی به روش والکلی - بلک (نلسون و سامر، 1982)، پتاسیم به روش استات

آمونیم (اسچنیدر، 1997)، فسفر به روش اولسن و سامرز (اولسن و سامرز، 1982)، منگنز، آهن، و روی به روش دی تی پی ای (لیندسی و نورول، 1978) اندازه‌گیری شد. دامنه آهک معادل خاک‌ها از 2 تا 45 درصد، آهک فعال از صفر تا 16 درصد، رس از 13 تا 41 درصد، سیلت از 18 تا 37 درصد، شن از 34 تا 58 درصد و کربن آلی از 0/65 تا 1/80 درصد متغییر بود (جدول 1).

مقدار 30 کیلوگرم خاک از نمونه‌های خاک مورد نظر، در سطل‌های پلاستیکی ریخته شد. کود نیتروژنی به میزان 60 میلی‌گرم نیتروژن خالص در کیلوگرم خاک به صورت سولفات آمونیوم اضافه گردید (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). قبل از کاشت، کودهای فسفر (سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) فقط به خاک‌هایی افزوده شد که به ترتیب کمتر از 15 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (اولسن و سامرز، 1982) و کمتر از 300 میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم داشتند. 20 میلی‌گرم فسفر و 200 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم به خاک شماره 5 و 25 میلی‌گرم فسفر و 100 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم به خاک شماره هفت افزوده شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397).

سپس نهال‌های نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج (جدول 2) تقریباً یکسان با ارتفاع حدود 50 سانتی‌متر و قطر حدود یک سانتی‌متر در هر خاک کاشته شد. آزمایش به مدت دو سال و به شکل گلدانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت خاک با دامنه متفاوت کربنات کلسیم معادل در چهار تکرار با 28 گلدان انجام شد. بعد از کاشت نهال‌ها، در طول دوره رشد، تغذیه به صورت کود آبیاری با کودهای نیترات پتاسیم (1/4 میلی‌مول در لیتر)، سولفات پتاسیم (0/6 میلی‌مول در لیتر)، سولفات منیزیم (یک میلی‌مول در لیتر)، مونوآمونیم فسفات (0/6 میلی‌مول در لیتر)، سولفات آمونیوم (3 میلی‌مول در لیتر)، مولیبدات آمونیوم (یک میکرومول در لیتر) هر دو هفته یک بار انجام شد (بومن و همکاران،

## شاخص درجه زردی

برای تعیین درجه زردی برگ‌ها، در سال دوم رشد بر اساس درجه زردی برگ‌های جدید توسعه یافته و شمارش آن‌ها، به هر نهال در هر خاک به طور میانگین درجه‌ای از یک تا پنج (جدول 3) داده شد (اسدی کنگرشاهی، 1397؛ بایرن و همکاران، 1995).

## غلظت کلروفیل برگ

در سال دوم آزمایش، نمونه‌های برگ از هر تیمار تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1398). مقدار 0/2 گرم از نمونه برگ‌های هر تیمار به دقت وزن، در هاون چینی ساییده و استون 80 درصد به آن اضافه شد. سپس محلول حاوی کلروفیل نمونه‌ها استخراج و میزان جذب آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای این منظور، ابتدا قرائت اسپکتروفتومتر برای استون روی صفر تنظیم شد و میزان جذب محلول در طول موج‌های 645 نانومتر و 663 نانومتر قرائت شد. سپس غلظت کلروفیل محاسبه شد (آبادیا و آبادیا، 1993).

## ضریب انتقال

ضریب انتقال<sup>1</sup> عناصر غذایی که توانایی گیاهان برای انتقال عناصر از ریشه به برگ‌ها را نشان می‌دهد از طریق رابطه زیر محاسبه شد (اسدی کنگرشاهی، 1397).

$$TF = C_{NE.L} / C_{NE.R}$$

TF = ضریب انتقال

$C_{NE.L}$  = غلظت عنصر در برگ

$C_{NE.R}$  = غلظت عنصر در ریشه

(2008) و آبیاری با توزین تصادفی گلدان‌های آزمایشی (فدی و همکاران، 2008) به طور منظم (ضریب تخلیه رطوبت حدود 35 درصد) انجام شد. نمونه‌های برگ در مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر نهال تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1398). نمونه‌های گیاه ابتدا به روش خشک اکسید شد و سپس غلظت آهن، منگنز، روی و مس توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

## آهن فعال

اندازه‌گیری آهن فعال به روش عصاره‌گیری با محلول فانتروولین 1/5 درصد و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (باسر، 2003). آهن فعال در برگ و ریشه، معرف بخشی از آهن است که به شکل دو ظرفیتی و از نظر متابولیکی فعال است که با محلول فانتروولین عصاره‌گیری و در طول موج 510 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (باسر، 2003؛ نیامن و آگاری، 2007).

## شاخص فلورسنس: شاخص فلورسنس کلروفیل

در برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته نهال‌ها در خاک‌های مختلف  $\{F_0: \text{فلورسنس پایه}, F_m: \text{فلورسنس حداکثر در اولین پالس اشباع نوری بعد از سازگاری با تاریکی و } F_v: \text{تغییرات فلورسنس } (F_m - F_0)\}$  با استفاده از فلورومتر پرتابل (Efficiency Analyser, PEA, Hansatech Instrument Ltd., England Plant) بعد از 30 دقیقه انطباق تاریکی اندازه‌گیری شد. برای سازگاری با تاریکی، ابتدا بخشی از برگ نهال‌ها (با کلیپ‌های مخصوص) برای مدت زمان 30 دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از اتمام سازگاری با تاریکی، با قرار دادن سنسور فلورومتر به کلیپ‌ها، ارتباط اندام سازگاری شده با تاریکی و منبع نور تنظیم شده فلورومتر برقرار نموده و پارامترهای فلورسنس کلروفیل قرائت گردید. سپس شاخص تغییرات کلروفیل فلورسنس  $(F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m)$  محاسبه گردید (آربونا و همکاران، 2009؛ مکسول و جانسون، 2000).

<sup>1</sup> Translocation Factor

جدول 1- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

| ویژگی                        | خاک و منطقه |              |           |         |          |          |
|------------------------------|-------------|--------------|-----------|---------|----------|----------|
|                              | 1           | 2            | 3         | 4       | 5        | 6        |
|                              | جنوب بابل   | غرب قائم شهر | جنوب ساری | غرب نکا | شمال نکا | غرب ساری |
| رس (درصد)                    | 23          | 29           | 19        | 41      | 13       | 37       |
| سیلت (درصد)                  | 30          | 26           | 35        | 18      | 29       | 29       |
| شن (درصد)                    | 47          | 45           | 46        | 41      | 58       | 34       |
| کلاس بافتی خاک               | لوم         | لوم رسی      | لوم       | رسی     | لوم شنی  | لوم رسی  |
| آهک کل (درصد)                | 2           | 9            | 14        | 30      | 40       | 25       |
| آهک فعال (درصد)              | 0           | 3            | 5         | 14      | 7        | 10       |
| کربن آلی (درصد)              | 1/17        | 0/95         | 1/80      | 1/60    | 0/65     | 1/52     |
| واکنش گل اشباع               | 6/81        | 7/45         | 7/86      | 7/60    | 7/77     | 7/78     |
| فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)   | 26/34       | 22/21        | 15/09     | 17/11   | 11/20    | 18/30    |
| پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) | 404         | 380          | 360       | 460     | 221      | 325      |
| آهن (میلی گرم در کیلوگرم)    | 7/20        | 6/40         | 8/80      | 8/90    | 4/40     | 8/22     |
| منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)  | 3/10        | 4/20         | 3/96      | 5/40    | 3/20     | 7/71     |
| روی (میلی گرم در کیلوگرم)    | 2/40        | 2/50         | 0/70      | 0/60    | 0/91     | 1/60     |

جدول 2- برخی ویژگی‌های پایه \* مورد آزمایش

| نام          | ویژگی                                      |                    |               |
|--------------|--------------------------------------------|--------------------|---------------|
|              | هیبرید                                     | واکنش به تریتستیزا | واکنش به سرما |
| کاریزوسیترنج | <i>C. sinensis. &amp; P. trifoliata L.</i> | متحمل              | متحمل         |

\*منبع (سینگ و همکاران، 2002)

جدول 3- راهنمای تعیین درجه زردی برگ (براساس درجه زردی برگ‌های جدید توسعه یافته و شمارش آن‌ها)

| درجه زردی برگ | علائم ظاهری                                                               |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1             | برگ‌ها سبز و بدون هیچ گونه علائمی                                         |
| 2             | بین رگبرگ‌ها سبز متمایل به زرد و رگبرگ‌ها سبز                             |
| 3             | بین رگبرگ‌ها زرد متمایل به سبز و رگبرگ‌ها سبز                             |
| 4             | بین رگبرگ‌ها زرد و رگبرگ‌ها سبز                                           |
| 5             | بین رگبرگ‌ها زرد متمایل به سفید، رگبرگ‌ها سبز رنگ پریده و مقداری ریزش برگ |

به روش نشر اتمی (باشور و سایه، 2007)، کلسیم، منیزیم، آهن کل، منگنز، روی و مس به روش جذب اتمی (زایت و استوزنکی، 1996)، آهن فعال به روش عصاره‌گیری با محلول فناترولین (باسار، 2003) در برگ و ریشه (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392) بود. در پایان، کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین پارامترهای مورد مطالعه

به طور کلی پاسخ‌های گیاهی شامل روند رشد رویشی، وزن خشک، شاخص‌های درجه زردی برگ (بایرن و همکاران، 1995)، رابطه آهک فعال در خاک (باشور و سایه، 2007) با آهن فعال در برگ، غلظت نیتروژن به روش کج‌دال (بریمر، 1996)، فسفر به روش مولبدات وانادات (کیتسون و ملون، 1944)، سولفور به روش کدورت سنجی (جونس و همکاران، 1991)، پتاسیم

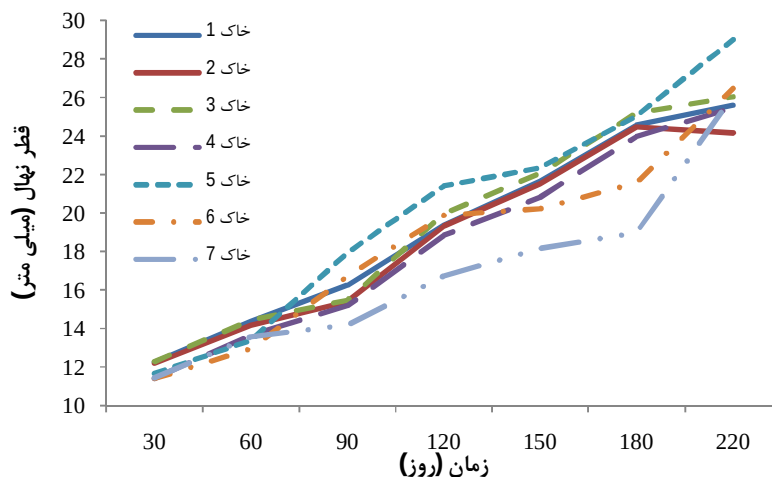
با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند و توصیه‌های لازم ارائه شد.

## نتایج و بحث

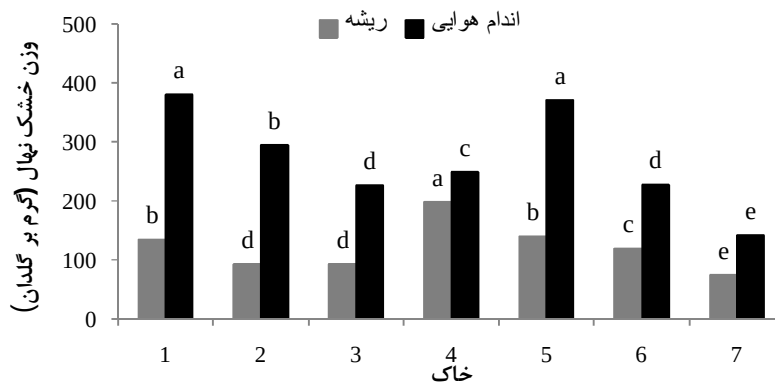
### روند رشد رویشی و وزن خشک

نتایج میانگین روند رشد قطری نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف در طول دوره رشد نشان داد که بیشترین رشد قطری در پایان دوره از خاک پنج با بافت سبک (لوم شنی)، آهک کل 40 درصد و آهک فعال 7 درصد و

کمترین رشد از خاک هفت با بافت لوم، آهک کل 45 درصد و آهک فعال 16 درصد حاصل شد (شکل 1). تأثیر خاک‌های مختلف بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود به طوری که نتایج میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه از خاک یک با آهک کل دو درصد حاصل شد. در مقابل کمترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه از خاک هفت با آهک کل 45 و آهک فعال 16 درصد بود (شکل 2).



شکل 1- میانگین روند رشد قطری نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف



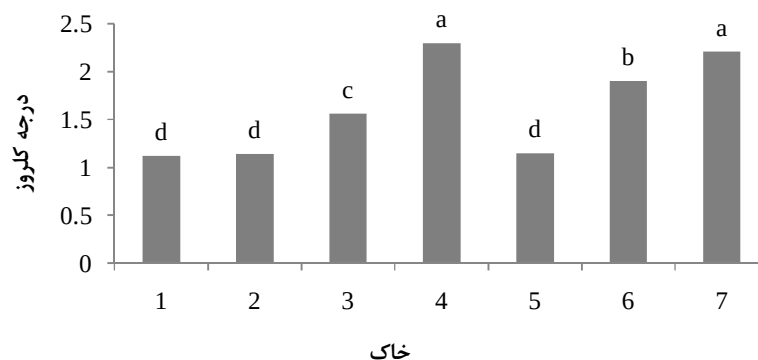
شکل 2- میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

## شاخص درجه زردی برگ

نتایج میانگین درجه کلروز نهال‌های نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف نشان داد که کمترین درجه زرد برگی در خاک‌های 1، 2 و 5 به ترتیب با آهک کل 2 (بدون آهک فعال)، 9 (آهک فعال 2 درصد) و 40 درصد (آهک فعال 7 درصد) به وقوع پیوست و بیشترین درجه زرد برگی از خاک‌های 4 و 7 با آهک کل 30 (آهک فعال 14 درصد) و 45 درصد (آهک فعال 16 درصد) حاصل شد. میانگین درجه زرد برگی در خاک‌های شش و سه به ترتیب با آهک‌های کل 25 و 14 درصد و آهک فعال 10 و 5 درصد به ترتیب پس از خاک‌های چهار و هفت قرار گرفتند. علائم درجه زردی برگی نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف در شکل 3 نشان داده شده است. اگرچه کربنات کلسیم کل اغلب در بیان خصوصیات شیمیایی خاک استفاده می‌شود، اما همیشه یک ارتباط خوبی بین مقدار کربنات کلسیم کل و کاهش رشد و زردی ناشی از کمبود آهن در درختان مشاهده نشده است (کاستل و نونالی، 2009).

به طور کلی نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که دو شکل اصلی کربنات (کلسیت و دولومیت) در خاک وجود دارد، کلسیت عمدتاً در سیلت ریز و رس درشت و

دولومیت در سیلت و شن ریز حضور دارد (باشور و سایه، 2007). حلالیت کلسیت حدود 100 برابر دولومیت می‌باشد، به علت اینکه فسفات خاک و همچنین بیشتر اسیدهای آلی تولید شده توسط گیاهان و ریزجانداران به آسانی روی سطح کلسیت جذب می‌شوند، بنابراین مانع یا موجب کاهش رشد طبیعی بلورهای کلسیت می‌شوند. لذا ذرات کلسیت به صورت بلورهای ریز و به شکل دانه‌های کروی هستند و مرم (مارال) عموماً به صورت بلورهای الماسی شکل با ساختمان به خوبی مشخص می‌باشد (باشور و سایه، 2007؛ بای و همکاران، 1390). یکی از ویژگی‌های خاک‌ها که معمولاً برای تشخیص حساسیت زردی ناشی از کمبود آهن گیاهان در خاک‌های آهکی استفاده می‌شود آهک فعال می‌باشد، که یک شاخص غیر مستقیم از توزیع اندازه ذرات یا سطح ویژه کربنات کلسیم است و به طور غیر مستقیم مسئول کاهش رشد و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مانند زردی ناشی از کمبود آهن می‌باشد. براساس پژوهش‌های انجام شده، خاک‌های با مقدار کربنات کلسیم کل برابر، ممکن است کربنات کلسیم فعال متفاوتی داشته باشند. خاک‌های حاصل از سنگ‌های آهکی سخت نسبت به خاک‌های حاصل از سنگ‌های آهکی نرم یا مارل، آهک فعال کمتری دارند (باشور و سایه، 2007؛ یانگ و همکاران، 2010).



شکل 3- میانگین درجه زردی برگ نهال‌های نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

## غلظت عناصر پر مصرف در برگ و ریشه

میانگین غلظت آن‌ها در برگ به ترتیب حدود 1/37، 1/49، 2/33، 2/09 برابر غلظت آن‌ها در ریشه بود. نتایج نشان داد که منیزیم از بیشترین اختلاف غلظت بین ریشه و برگ برخوردار بود. میانگین ضریب انتقال عناصر پر مصرف نشان داد که گوگرد به علت تحرک پایین در درختان مرکبات، کمترین ضریب انتقال و منیزیم بیشترین ضریب انتقال از ریشه به اندام هوایی را داشتند و عناصر کلسیم، پتاسیم، نیتروژن و فسفر به ترتیب پس از منیزیم قرار داشتند (اسدی کنگرشاهی، 1398). به طور کلی دامنه این میانگین ضرایب انتقال برای عناصر پر مصرف از 0/43 تا 2/33 متغیر بود که نشان دهنده تفاوت در روند تجمع و تخلیه عناصر در ریشه است (شکل 4).

نتایج میانگین غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد در ریشه و برگ نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج به ترتیب در جدول‌های دو و سه نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت فسفر در ریشه و برگ تقریباً یکسان است اما غلظت گوگرد در ریشه بیشتر از غلظت آن در برگ است به طوری که میانگین غلظت گوگرد در ریشه 0/49 درصد و در برگ‌ها 0/21 درصد بود که نشان داد میانگین غلظت آن در ریشه حدود 2/31 برابر غلظت در برگ است. میانگین غلظت نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در ریشه کمتر از غلظت این عناصر در برگ بود به طوری که

جدول 4- میانگین غلظت عناصر پر مصرف (درصد) برگ نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف

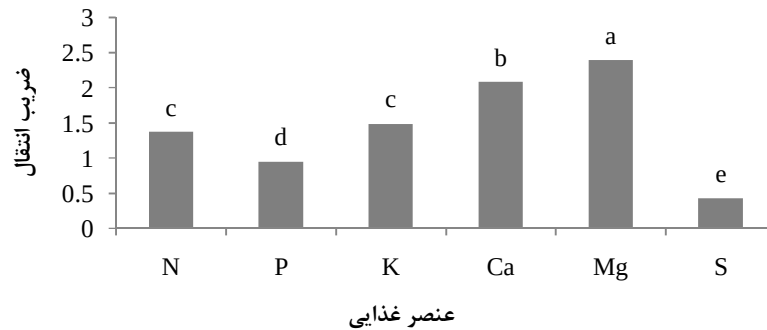
| خاک     | غلظت عناصر پر مصرف در برگ (درصد بر اساس وزن خشک)* |         |        |       |         |
|---------|---------------------------------------------------|---------|--------|-------|---------|
|         | نیتروژن                                           | فسفر    | پتاسیم | کلسیم | منیزیم  |
| 1       | 2/71a                                             | 0/141a  | 1/31a  | 3/11c | 0/642b  |
| 2       | 2/43c                                             | 0/141a  | 1/22b  | 6/77a | 0/507cd |
| 3       | 2/54b                                             | 0/140a  | 0/99cd | 3/24c | 0/655b  |
| 4       | 2/39cd                                            | 0/127b  | 1/22b  | 6/21a | 0/411d  |
| 5       | 2/36d                                             | 0/137ab | 1/36a  | 3/18c | 0/592c  |
| 6       | 2/23e                                             | 0/123b  | 1/08c  | 4/67b | 0/802a  |
| 7       | 2/40c                                             | 0/106c  | 0/96d  | 1/58d | 0/307e  |
| میانگین | 2/44                                              | 0/131   | 1/16   | 4/11  | 0/559   |

\*. میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول 5- میانگین غلظت عناصر پر مصرف (درصد) ریشه نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف

| خاک     | غلظت عناصر پر مصرف در ریشه (درصد بر اساس وزن خشک)* |        |         |       |        |
|---------|----------------------------------------------------|--------|---------|-------|--------|
|         | نیتروژن                                            | فسفر   | پتاسیم  | کلسیم | منیزیم |
| 1       | 1/30d                                              | 0/177a | 0/778c  | 2/15b | 0/243b |
| 2       | 2/00a                                              | 0/109d | 0/603e  | 1/31d | 0/183d |
| 3       | 1/97ab                                             | 0/138b | 0/634de | 1/81c | 0/203c |
| 4       | 1/61c                                              | 0/115c | 1/029b  | 1/71c | 0/163d |
| 5       | 1/64c                                              | 0/182a | 1/145a  | 2/86a | 0/403a |
| 6       | 1/90b                                              | 0/128b | 0/668d  | 1/68c | 0/253b |
| 7       | 2/03a                                              | 0/114c | 0/602e  | 2/28b | 0/233b |
| میانگین | 1/78                                               | 0/138  | 0/780   | 1/97  | 0/240  |

\*. میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل 6- میانگین ضریب انتقال عناصر پرمصرف از ریشه به اندام هوایی نهال‌های نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

#### غلظت عناصر کم مصرف در برگ و ریشه

آهکی مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر آهن جذب شده در آپوپلاست سلول‌های ریشه رسوب و ذخیره می‌شود (مارتینز و همکاران، 2017؛ مورالس و همکاران، 1998). نتایج این پژوهش نشان داد که رابطه معنی‌داری بین مقدار آهن قابل استفاده خاک با غلظت آهن ریشه و برگ و همچنین بین غلظت آهن ریشه و برگ وجود نداشت که نشان داد که غلظت آهن کل نمی‌تواند شاخص مناسبی برای تشخیص کلروز آهن در این پایه باشد و این نتایج با گزارش‌های مارتینز و همکاران (2017) و اسدی کنگرشاهی (1397) مطابقت دارد (154 و 45). بنابراین اندازه‌گیری مقدار آهن قابل استفاده در خاک (به روش DTPA)، شاخص مناسبی برای پیش‌بینی درجه زرد برگی در درختان مرکبات یا حداقل در این پایه و پیوندک نمی‌باشد. ناهنجاری کلروز آهن در برگ‌ها، عمدتاً به علت اختلال در جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن از ریشه به برگ‌ها است (مارتینز و همکاران، 2017). برگ‌های دارای کلروز در خاک‌های آهکی ممکن است دارای غلظت بیشتری از آهن نسبت به برگ‌های بدون علائم کلروز باشند بنابراین کلروز آهن تنها به علت اختلال در جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن از ریشه به اندام هوایی نیست بلکه راندامان آهن در برگ‌ها نیز بستگی دارد و آهن ممکن است در برگ‌ها غیرمتحرک شود به طوری که نتایج این پژوهش نشان داد که حدود 2/69 درصد آهن ریشه و 22/83 درصد آهن

نتایج میانگین غلظت آهن کل، آهن فعال، منگنز، روی و مس در ریشه و برگ نهال‌های نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج در جدول‌های چهار و پنج نشان داده شده. نتایج میانگین غلظت آهن فعال در ریشه و برگ نشان داد که غلظت آهن فعال در برگ و ریشه در خاک‌های مختلف متفاوت بود به طوری که کمترین غلظت آهن فعال ریشه از خاک هفت با آهک 45 درصد حاصل شد که حدود 20 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اما بیشترین غلظت آهن فعال ریشه از خاک پنج با بافت سبک و آهک 40 درصد حاصل شد که حدود 48 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد غلظت آهن فعال در برگ و ریشه تحت تأثیر ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد. به طور کلی میانگین غلظت آهن فعال در ریشه حدود 36/57 و در برگ حدود 34/71 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین غلظت آهن کل در ریشه‌ها 1359 و در برگ‌ها 152 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد غلظت آهن کل در ریشه، بسیار بیشتر از غلظت آن در برگ است. همچنین میانگین ضریب انتقال آهن کل و فعال نشان داد که آهن کل کمترین ضریب انتقال و آهن فعال بیشترین ضریب انتقال از ریشه به اندام هوایی را دارد. میانگین غلظت آهن کل در ریشه در خاک‌های مختلف در حدود 8/94 برابر غلظت آهن برگ بود که نشان می‌دهد بیشتر آهن جذب شده از خاک‌ها در ریشه‌ها تجمع و رسوب کرده است که با نتایج دیگر پژوهشگران در خاک‌های



برگ به شکل فعال بود و حدود 93 درصد آهن در ریشه و 72 درصد آن در برگ‌ها از نظر فیزیولوژی و بیوشیمیایی به شکل غیر قابل استفاده هستند که اصطلاحاً تضاد آهن نامیده می‌شود (آربنا و همکاران، 2009؛ سالیبوری و روس، 1992). کمبود آهن در اوایل رشد در هنگام ظاهر شدن فلش‌های بهاره، منجر به کند شدن رشد برگ‌های جدید و کاهش اندازه برگ‌ها می‌شود اما اگر کمبود آهن در هنگام توسعه برگ‌ها رخ دهد موجب کاهش غلظت کلروفیل و زردی می‌شود بنابراین در خاک‌های آهکی، کاهش اندازه برگ‌ها و ریز بودن آن‌ها از علائم کمبود آهن می‌باشد (کاستل و نونالی، 2009؛ مارتینز و همکاران، 2017).

نتایج میانگین غلظت روی در ریشه و برگ نشان می‌دهد که بیشترین غلظت روی ریشه از خاک یک با آهک دو درصد حاصل شد به طوری که غلظت روی ریشه در این خاک 115 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در برگ، بیشترین غلظت روی از خاک دو با آهک 9 درصد حاصل شد. میانگین غلظت روی در ریشه و برگ در خاک‌های مختلف به ترتیب حدود 114/5 و 23/7 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد میانگین غلظت روی در ریشه حدود 4/83 برابر میانگین غلظت روی در برگ بود. نتایج میانگین غلظت منگنز نشان داد که ریشه‌ها در خاک پنج با آهک 40 درصد بیشترین غلظت منگنز را داشتند و غلظت منگنز آن‌ها 107 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اما میانگین غلظت منگنز برگ در همه خاک‌ها پایین بود به طوری که میانگین آن در خاک‌های مختلف از 6/7 تا 19/8 میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود که کمتر از غلظت بهینه منگنز در برگ نارنگی‌های انشو می‌باشد (اسدی و ملکوتی، 2003). به طور کلی میانگین غلظت منگنز در ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف 65/43 میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ 10/26 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد میانگین غلظت منگنز در ریشه 6/67 برابر میانگین غلظت منگنز برگ است. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت منگنز

در برگ نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در همه خاک‌های آزمایشی کمتر از حد بهینه بود. نتایج میانگین غلظت مس در ریشه و برگ نشان می‌دهد که ریشه‌ها در خاک با آهک 40 درصد بیشترین غلظت مس (49/1 میلی‌گرم در کیلوگرم) داشتند. کمترین غلظت مس در ریشه حدود 14/13 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در خاک با آهک 45 درصد حاصل شد. اما بیشترین و کمترین غلظت مس در برگ به ترتیب 7/1 و 4/6 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از خاک‌های با آهک 9 و 2 درصد به دست آمد به طور کلی میانگین غلظت مس در ریشه حدود 4/15 برابر میانگین غلظت مس در برگ بود. میانگین ضرایب انتقال عناصر کم مصرف در خاک‌های مختلف نشان داد که ضریب انتقال عناصر مس، روی و منگنز به ترتیب پس از آهن فعال قرار داشتند و دامنه این میانگین ضرایب انتقال برای عناصر کم مصرف از 0/11 تا 0/95 متغیر بود (شکل 6).

گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (1397) نشان می‌دهد که حد کفایت منگنز و روی قابل استفاده در خاک (عصاره گیر DTPA) برای درختان مرکبات به ترتیب حدود 2/5 و 2 میلی‌گرم در کیلوگرم است (اسدی کنگرشاهی، 1397). از طرفی دامنه منگنز قابل استفاده خاک‌های آزمایشی از 3/10 تا 7/71 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بیشتر از حد کفایت است. همچنین حد کفایت منگنز و روی در برگ درختان نارنگی انشو به ترتیب 25 تا 80 و 25 تا 50 میلی‌گرم در کیلوگرم است (اسدی کنگرشاهی، 1397؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1390). نتایج آزمون برگ در این آزمایش نشان داد که دامنه غلظت منگنز برگ در خاک‌های آزمایشی از 9/3 تا 13/8 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهشگرهای دیگر مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر از 90 درصد باغ‌های مرکبات شرق مازندران کمبود منگنز دارند (اسدی و ملکوتی، 1379 و 1380). کمبود منگنز در خاک‌های آهکی با ماده آلی زیاد و همچنین خاک‌های رسی سیلتی با آهک و ماده آلی زیاد و زهکشی ضعیف

بسیار شایع است (اسدی کنگرشاهی، 1398؛ مورودت و همکاران، 1991). همچنین اسدی کنگرشاهی (1398) گزارش کردند که کمبود منگنز در برگ درختان مرکبات در خاک‌های با کربنات کلسیم و مواد آلی زیاد مانند اغلب باغ‌های شرق مازندران مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج این پژوهش، بین قابلیت استفاده منگنز در خاک با غلظت آن در ریشه و برگ و همچنین بین غلظت منگنز در ریشه با غلظت آن در برگ رابطه معنی‌داری وجود ندارد و بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کمبود منگنز در برگ درختان مرکبات شمال کشور، به علت کمبود منگنز در خاک نیست بلکه ناشی از انتقال منگنز از ریشه به اندام هوایی است که با وجود غلظت زیاد منگنز در خاک و ریشه، غلظت منگنز برگ در همه خاک‌ها در دامنه کمبود قرار داشت که با گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (1398) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1399) مطابقت دارد.

قابلیت فراهمی روی در خاک تحت تأثیر خواص شیمیایی خاک است در خاک‌های با پ‌ه‌اش بالا رابطه بین مقدار روی خاک با روی برگ درختان بسیار ضعیف است (سلاتو و همکاران، 2018). با توجه به حد کفایت روی قابل استفاده برای مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1399)، در این آزمایش مقدار روی قابل استفاده در

خاک‌های 3، 4 و 5 به ترتیب با آهک 14، 30 و 40 درصد کمتر از حد کفایت، در خاک‌های 6 و 7 به ترتیب با آهک 25 و 45 درصد در حد کفایت و در خاک‌های 1 و 2 به ترتیب با آهک 2 و 9 درصد بیش از حد کفایت بود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394). نتایج این آزمایش نشان داد که غلظت روی برگ در خاک‌های با آهک دو درصد در حد کفایت و در سایر خاک‌ها کمتر از حد کفایت است که نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری بین مقدار روی قابل استفاده خاک و غلظت روی در برگ درختان در این آزمایش وجود ندارد. اما به طور کلی در خاک‌های با مواد آلی زیاد، واکنش روی با اسیدهای هیومیک و هیومین ممکن است موجب تشکیل کمپلکس‌های پایدار روی با وزن مولکولی زیاد شوند که می‌تواند موجب کاهش قابلیت استفاده روی شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ مورودت و همکاران، 1991). همچنین افزایش آهک فعال خاک و pH محلول خاک به طور کلی موجب افزایش جذب روی توسط اجزای ساختمانی خاک، رسوب و همچنین کاهش انتقال روی از محلول خاک به سطح ریشه می‌شوند که در کل می‌توانند قابلیت استفاده روی را کاهش دهند (اسدی کنگرشاهی، 1397؛ اسدی کنگرشاهی و ملکوتی، 1382).

جدول 6- میانگین غلظت عناصر کم مصرف (میلی گرم بر کیلوگرم) در برگ نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف

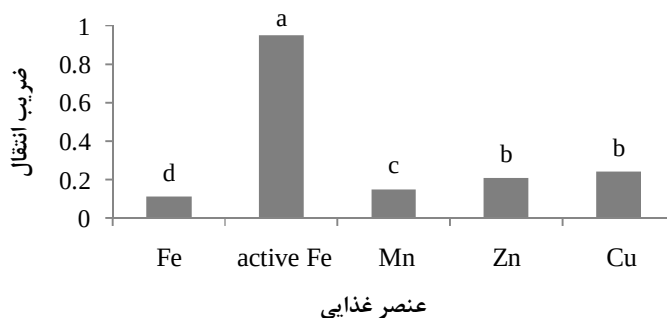
| خاک     | غلظت عناصر کم مصرف در برگ (میلی گرم بر کیلوگرم بر اساس وزن خشک)* |          |       |      |      |
|---------|------------------------------------------------------------------|----------|-------|------|------|
|         | آهن                                                              | آهن فعال | منگنز | روی  | مس   |
| 1       | 137bc                                                            | 54a      | 6/7d  | 19b  | 4/6c |
| 2       | 135bc                                                            | 31bc     | 6/3d  | 30a  | 7/1a |
| 3       | 206a                                                             | 27c      | 9/0c  | 21b  | 5/8b |
| 4       | 157b                                                             | 34bc     | 9/2c  | 26ab | 5/6b |
| 5       | 127c                                                             | 29c      | 9/4c  | 27ab | 5/7b |
| 6       | 157b                                                             | 32bc     | 11/4b | 17b  | 4/0c |
| 7       | 145bc                                                            | 36b      | 19/8a | 26ab | 7/0a |
| میانگین | 152                                                              | 34/7     | 10/3  | 23/7 | 5/7  |

\*. میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول 7- میانگین غلظت عناصر کم مصرف (میلی گرم بر کیلوگرم) در ریشه نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های مختلف

| خاک     | غلظت عناصر کم مصرف در ریشه (میلی گرم در کیلوگرم بر اساس وزن خشک)* |          |       |       |         |
|---------|-------------------------------------------------------------------|----------|-------|-------|---------|
|         | آهن                                                               | آهن فعال | منگنز | روی   | مس      |
| 1       | 1379d                                                             | 39b      | 56c   | 115b  | 18/16c  |
| 2       | 877f                                                              | 32c      | 36d   | 60d   | 16/13cd |
| 3       | 1052e                                                             | 37b      | 48c   | 97c   | 28/20b  |
| 4       | 917f                                                              | 40b      | 53c   | 115b  | 22/16bc |
| 5       | 2079a                                                             | 48a      | 107a  | 237a  | 49/10a  |
| 6       | 1711b                                                             | 40b      | 94ab  | 88c   | 17/13c  |
| 7       | 1499c                                                             | 20d      | 85b   | 89c   | 14/13d  |
| میانگین | 1359                                                              | 36/6     | 68/4  | 114/5 | 23/6    |

\*. میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل 5- میانگین ضریب انتقال عناصر کم مصرف از ریشه به اندام هوایی نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

کلروفیل، را برای درختان مرکبات را حدود 0/83 گزارش کرده‌اند و اعداد کمتر از آن را نشان دهنده وجود تنش دانستند. همچنین نتایج این پژوهش با گزارش‌های مارتینز و همکاران (2017) مطابقت دارد که نشان دادند کمبود آهن در برگ‌ها موجب کاهش کلروفیل و شاخص فلورنس کلروفیل می‌شود (مارتینز و همکاران، 2017). به طور کلی گزارش‌های مختلف نشان داده است که شاخص فلورنس کلروفیل، یک شاخص حساسیت برای راندمان عملکرد دستگاه فتوسنتزی است و نشر فلورنس کلروفیل با فتوسنتز رابطه معکوس دارد و تحت شرایط تنش، تولید گرما در بافت‌های گیاهی (برای اتلاف زیادی انرژی) افزایش می‌یابد. اگر چه در برخی موارد، در مراحل اولیه تنش، نشر فلورنس ممکن است به طور

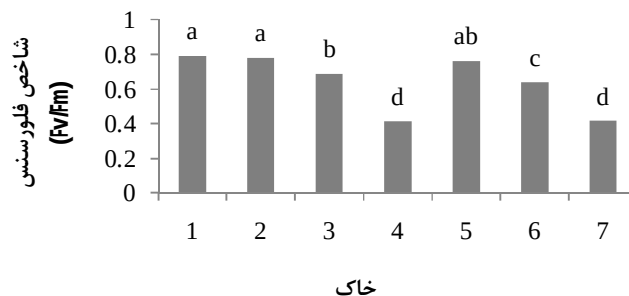
شاخص فلورنس: نتایج این پژوهش نشان داد که نهال‌های نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های یک، دو و پنج، بیشترین شاخص فلورنس کلروفیل (Fv/Fm) را داشتند و در مقابل کمترین شاخص از خاک‌های چهار و هفت حاصل شد (شکل 6). شاخص فلورنس کلروفیل در خاک‌های بدون آهن و آهن کم به طور متوسط حدود 0/79 بود که نشان می‌دهد درختان در این خاک‌ها، حداقل تنش داشتند (شرایط غیر تنش) و اعداد کمتر از آن نشان دهنده افزایش تنش است، این نتیجه با یافته‌های دیگر محققان (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392؛ پستانا و همکاران، 2005) تقریباً همخوانی دارد که عدد مناسب شاخص فلورنس

موقت کاهش (افزایش موقتی شاخص فلورسنس) یابد. اما همواره یک تعادل نسبی بین سه مکانیسم عمده مصرف و اتلاف انرژی (فتوسنتز، تولید گرما و نشر فلورسنس کلروفیل) وجود دارد این تعادل، الگوی واقعی پایش فلورسنس کلروفیل را در تنش های مختلف تعیین می کند (مارتینز و همکاران، 2017؛ سالیبری و همکاران، 1992).

### کلروفیل برگ

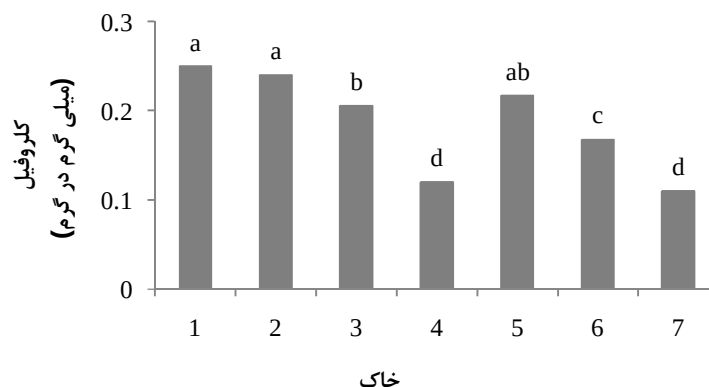
نتایج اثر خاک های مختلف بر میانگین غلظت کلروفیل برگ نشان داد که بیشترین میانگین غلظت کلروفیل از خاک های یک و دو حاصل شد و کمترین میانگین غلظت کلروفیل از خاک هفت به دست آمد. میانگین غلظت کلروفیل در خاک های سه، شش، چهار و هفت به ترتیب پس از خاک دو قرار گرفتند (شکل 7). به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش کربنات کلسیم فعال خاک، میانگین غلظت آهن فعال برگ ها کاهش یافت و با کاهش میانگین غلظت آهن فعال برگ، میانگین غلظت کلروفیل برگ ها کاهش نشان داد. این یافته ها با نتایج پژوهش های گذشته مطابقت دارد که گزارش کردند کمبود آهن بر بیوشیمی، مورفولوژی و فیزیولوژی برگ درختان مرکبات تاثیر دارد، زیرا آهن یک کوفاکتور مهم برای بسیاری از آنزیم ها است که برخی از این آنزیم ها در بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارند، بنابراین کمبود آهن می تواند موجب کاهش غلظت کلروفیل برگ می شود و با کمبود آهن، غلظت کلروفیل کاهش می یابد (مارتینز و همکاران، 2013 و 2017).

مهمترین علت کمبود آهن در خاک های آهکی، زیادی یون بی کربنات می باشد که موجب افزایش پهاش خاک و کاهش قابلیت استفاده آهن می شود که به زردی ناشی از آهک معروف است (پستانا و همکاران، 2011 و 2005). درختان مرکبات با پایه کاریزوسیترنج که در این خاک های با آهک زیاد کشت می شوند اغلب علائم کمبود شدید آهن یا زردی ناشی از کمبود آهن نشان می دهند که به علت قابلیت استفاده کم آهن در این خاک ها می باشد. کمبود آهن بر بیوشیمی، مورفولوژی و فیزیولوژی درختان مرکبات اثر می گذارد زیرا آهن یک کوفاکتور مهم برای بسیاری از آنزیم ها می باشد که برخی از این آنزیم ها در بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارند، بنابراین کمبود آهن موجب کاهش غلظت کلروفیل می شود (لاربی و همکاران، 2006؛ منگل، 1995). کمبود آهن همچنین موجب کاهش تعداد سرشاخه های جدید می شود، با کمبود آهن غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کاربوتنوئیدها نیز کاهش می یابد و کلروز با زرد شدن نوک برگ ها شروع می شود و تا زرد شدن کل سر شاخه های جدید ادامه پیدا می کند. کمبود آهن موجب چندین خسارت بیوشیمیایی و ریزساختاری می شود که مانند دیگر تنش های زنده و غیر زنده، تولید گونه های فعال اکسیژن را افزایش می دهد. تولید این گونه های اکسیژن فعال پیامد تغییر در زنجیره انتقال الکترون، خسارت فراساختاری به کلروپلاست ها و کاهش بیوسنتز کاربوتنوئیدها می شود (مارتینز و همکاران، 2017؛ منگل، 2001).



شکل 6- میانگین شاخص فلورسنس برگ نهال های نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج

(میانگین های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند)

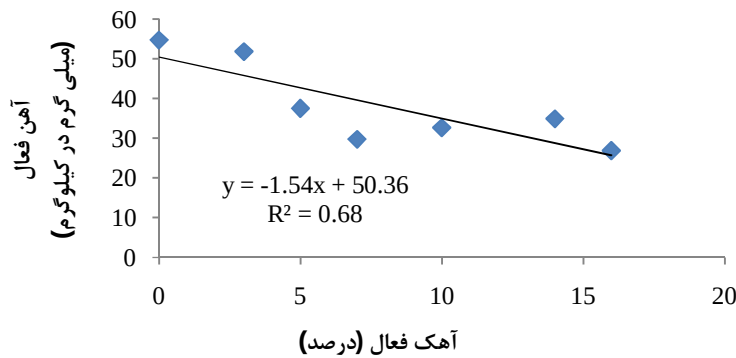


شکل 7- میانگین غلظت کلروفیل کل برگ نهال‌های نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

#### رابطه آهک فعال خاک با غلظت آهن فعال برگ

نتایج این پژوهش نشان داد بین آهک فعال خاک‌ها و غلظت آهن فعال برگ نهال‌های نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج، همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد و با افزایش آهک فعال خاک‌ها، غلظت آهن فعال برگ کاهش یافت (شکل 8). به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین علائم زرد برگ (کلروز) در خاک چهار و هفت با آهک کل 30 و 45 درصد و آهک فعال 14 و 16 درصد وجود داشت (شکل 3). حد کفایت آهن قابل استفاده در خاک (با عصاره‌گیر DTPA) برای درختان مرکبات حدود 4 تا 5 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). دامنه آهن قابل استفاده خاک‌های آزمایشی از 4/40 تا 8/90 میلی‌گرم در کیلوگرم بود بنابراین مقدار آهن قابل استفاده خاک‌ها بیشتر از حد کفایت است. در خاک‌های یک و پنج که کمترین علائم زرد برگ را داشتند مقدار آهن قابل استفاده آن‌ها به ترتیب 7/20 و 4/40 میلی‌گرم در کیلوگرم بود، اما در مقابل بیشترین درجه زرد برگی در خاک‌های چهار و هفت با آهک کل 30 و 45 درصد مشاهده شد که مقدار آهن قابل استفاده

آن‌ها به ترتیب 8/90 و 6/80 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. لذا زرد برگی نارنگی انشو میاگوا با پایه کاریزوسیترنج به عواملی دیگر غیر از مقدار آهن قابل استفاده خاک بستگی دارد. بافت خاک، آهک خاک، بی‌کربنات محلول خاک، ویژگی‌های بیولوژیکی و فیزیکی خاک نیز از عوامل اصلی کنترل‌کننده غلظت آهن در محلول خاک هستند که نقش زیادی در فراهمی آهن برای درختان در خاک‌های آهکی دارند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1399). اما نتایج این تحقیق نشان داد که تنها بین مقدار آهک فعال با غلظت آهن فعال در برگ همبستگی منفی معنی‌داری (شکل 8) وجود داشت و بین سایر ویژگی خاک‌ها و غلظت آهن فعال برگ رابطه معنی‌داری حاصل نشد. لذا مقدار آهک فعال مهمترین ویژگی خاکی برای پیش‌بینی درجه کلروز برای پایه کاریزوسیترنج است. بنابراین در کل نتایج این تحقیق نشان داد که درختان نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های آهکی با بافت متوسط و سنگین و آهک بیشتر از 14 درصد یا آهک فعال بیشتر از 5 درصد علائم زرد برگی نشان می‌دهند اما در خاک‌های با بافت سبک و آهک حدود 40 درصد زردبرگی نداشتند یا علایم بسیار ضعیفی داشتند (شکل 9).



شکل 8- رابطه بین کربنات کلسیم فعال خاک با غلظت آهن فعال در برگ نهال‌های نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج

خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14 درصد، با وجود مقدار آهن قابل استفاده بیش از حد کفایت در خاک، علائم زرد برگی به وضوح در درختان نارنگی انشو میاگاو با پایه کاریزوسیترنج وجود داشت (اماری و منگل، 2006؛ چن و باراک، 1982). این نتایج با نتایج دیگر پژوهشگران در خاک‌های آهکی مطابقت دارد (مارتینز و همکاران، 2013؛ منگل و کربی، 2001).

#### نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، تأثیر زیادی در پاسخ‌های تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی پایه کاریزوسیترنج دارد. به طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی ریشه نارنگی انشو میاگاو با پایه کاریزوسیترنج از خاک‌های با بافت متوسط و سنگین و آهک کمتر از 14 درصد حاصل شد. اما بیشترین رشد قطری از خاک پنج با بافت سبک و آهک کل 40 درصد و کمترین رشد از خاک هفت با آهک کل 45 درصد حاصل شد. همچنین با افزایش آهک فعال در خاک‌ها، غلظت آهن فعال در برگ کاهش یافت. بنابراین براساس نتایج این تحقیق در خاک‌های با بافت متوسط و سنگین، این پایه برای خاک‌های با آهک کل تا حدود 14 درصد یا آهک فعال حدود 5 درصد توصیه می‌شود، اما در خاک‌های با بافت سبک، این پایه آهک حدود 40 درصد را نیز به خوبی تحمل کرده و رشد خوبی داشت. در کل نتایج این پژوهش نشان داد که درختان نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های

به طور کلی درختان مرکبات با اسیدی کردن ریزوسفر، کاهش آهن سه ظرفیتی ( $H^+-ATP_{ase}$ ) و آنزیم-های احیاء کننده کلات‌های آهن سه ظرفیتی می‌توانند موجب افزایش فراهمی و جذب آهن توسط ریشه در شرایط کمبود آهن شوند (ایوانو و همکاران، 2012؛ مارتینز، 2013). آهن عمدتاً به شکل دو ظرفیتی و سه ظرفیتی در محلول خاک وجود دارد و مقدار نسبی آن‌ها به pH و pe (پتانسیل اکسید و احیا) محلول خاک بستگی دارد. بخش عمده آهن به شکل دو ظرفیتی توسط ریشه درختان مرکبات جذب می‌شود. آنزیم رداکتاز آهن، که در کاهش آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی نقش دارد در غشای خارجی (پلاسمالما) نوک ریشه‌ها وجود دارد، فعالیت این آنزیم به pH بستگی دارد با افزایش pH، فعالیت آن کاهش می‌یابد (اماری و منگل، 2006؛ مارتینز و همکاران، 2017). به طور کلی pH بالای محلول خاک و همچنین محلول آپوپلاست سلول‌های ریشه و قدرت بافری زیاد آن‌ها در خاک‌های آهکی، موجب کاهش فعالیت آنزیم رداکتاز آهن و رسوب آهن در دیواره سلول‌های ریشه می‌شود (مارتینز و همکاران، 2013). لذا امکان دارد قابلیت استفاده آهن در خاک، فراهمی و غلظت آن در محلول خاک و همچنین آپوپلاست سلول‌های ریشه زیاد باشد اما گیاهان از کمبود آهن رنج ببرند (اماری و منگل، 2006). نتایج این پژوهش نیز نشان داد میانگین غلظت آهن کل در ریشه حدود 8/94 برابر میانگین غلظت آهن کل در برگ بود که تجمع و رسوب آهن در آپوپلاست سلول‌های ریشه را نشان می‌دهند و در

متوسط و سنگین و آهک کل بیشتر از 14 درصد از پایه کاریزوسیترنج استفاده نشود. اما در خاک‌های با بافت سبک، استفاده تاز این پایه در خاک‌های با آهک 40 درصد نیز امکان‌پذیر است.

آهکی با بافت متوسط یا سنگین و آهک بیشتر از 14 درصد یا آهک فعال بیشتر از 5 درصد علائم زرد برگی نشان دادند اما در خاک‌های آهکی با بافت سبک، این پایه مقدار آهک کل بسیار بیشتری را نیز به خوبی تحمل می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود در خاک‌های با بافت



شکل 9- علائم زردی برگی نارنگی انثو با پایه کاریزوسیترنج در خاک‌های آهکی  
ویژگی خاک‌ها در جدول 1 تعریف شده است)

## فهرست منابع:

1. اخلاقی امیری، ن. 1399. هرس درختان مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.
2. اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.
3. اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. بررسی وضعیت مدیریت منگنز متناسب با مراحل رشد و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت مرکبات شرق مازندران. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 9 شماره 5، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، ع. 1397. روند رشد، واکنش تغذیه‌ای و تحمل تریوسیترنج به خاک‌های آهکی. نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی، جلد 9 شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
5. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1399. بررسی مقدار رشد و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی انشو با پایه سی-35 در چند خاک آهکی. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 32، شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
6. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1397. مدیریت احداث باغ پایدار مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.
7. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری و علیرضا فلاح. 1397. راهنمای نمونه‌برداری و تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای درختان مرکبات. نشریه فنی 561، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
8. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1394. بررسی شاخص درجه زردی پایه‌های مختلف مرکبات در خاک‌های آهکی شرق مازندران. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه ولی عصر رفسنجان، کرمان، ایران.
9. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات. جلد اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.
10. اسدی کنگرشاهی، ع.، غ. ر. ثوابی، م. سمر و م. فرحبخش. 1392. امکان استفاده از فلورسنس کلروفیل برای ارزیابی تحمل تعدادی از پایه‌های مرکبات به تنش ماتداب. مجله به زراعی کشاورزی، جلد 15، شماره 4، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
11. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری و م. ج. ملکوتی. 1390. تأثیر مصرف چهار ساله روی بر عملکرد و کیفیت پرتقال سانگین. مجله علوم خاک و آب. جلد 42، شماره 1، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
12. اسدی کنگرشاهی، ع. و م. محمودی. 1379. ضرورت مصرف عناصر روی و منگنز در باغ‌های مرکبات شرق مازندران. مجله علمی پژوهش خاک و آب (ویژه نامه باغبانی)، موسسه تحقیقات خاک و آب. جلد 12 شماره 8، تهران، ایران.
13. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری، م. محمودی و م. جعفر ملکوتی. 1381. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها): قسمت دوم - عناصر ریزمغذی. نشریه فنی شماره 269. نشر آموزش کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
14. اسدی کنگرشاهی، ع. و م. ج. ملکوتی و ع. چراتی. 1385. کالبراسیون منگنز تحت شرایط مزرعه‌ای و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 37، شماره 5، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
15. اسدی کنگرشاهی، ع. و م. ج. ملکوتی. 1386. تأثیر مصرف روی در رشد، غلظت و جذب روی توسط سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 38، شماره 2، دانشگاه تهران، تهران، ایران، صفحه 328 - 321.
16. اسدی کنگرشاهی، ع. و م. ج. ملکوتی و ع. چراتی. 1385. کالبراسیون روی تحت شرایط مزرعه‌ای و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم خاک و آب. جلد 17، شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.



17. طهرانی، م.م.، م. پسندیده و م.ح. داودی. 1390. تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان های گیلان، مازندران، همدان، کرمانشاه، آذربایجان غربی و اصفهان. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. نشریه شماره 1618.
18. Abadia, J. and A. Abadia. 1993. Iron and plant pigments. In: Barton, L.L. & Hemming, B.C., eds. Iron chelation in plants and soil microorganisms. New York, Academic Press, 327-343.
19. Alcantara, E., I. Montilla, P. Ramirez, P. Garcia-Molina and F.J. Romera. 2012. Evaluation of quince clones for tolerance to iron chlorosis on calcareous soil under field conditions. *Scientia Horti*. 138: 50 – 54.
20. Ammari, T. and K. Mengel. 2006. Total soluble Fe in soil solution of chemically different soils. *Geoderma*. 136: 876 – 885.
21. Arbona, V., M.F. Lopez-Climent, R.M. Perez-Clement and A. Gomez-Cadenas. 2009. Maintenance of a high photosynthetic performance is linked to flooding tolerance in citrus. *Environmental and Experimental Botany*. 66: 135 – 142.
22. Basar, H. 2003. Analytical methods for evaluating chlorosis in peach trees. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 34: 327-341.
23. Bashour, I. and A.A. Sayegh. 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. P. 49-53.
24. Belkhodja, R., F. Morales, A. Abadia, J. Gomes and J. Abadia. 1994. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiol*. 104: 667-673.
25. Boman, B.J., T.A. Obreza and K.T. Morgan. 2008. Citrus Best Management practices: Fertilizer rate recommendation and precision application in Florida. *Proceeding of The 11<sup>th</sup> International Society of Citriculture*. pp. 573 – 578.
26. Bremner, J.M. 1996. Total Nitrogen. P.1085-1122. In: D. L. Sparks et al. (eds.) *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
27. Bui, E.N., R.H. Loeppert and L.P. Wilding. 1990. Carbonate Phases in calcareous soils of western United States. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 54: 39- 45.
28. Byrne, D.H., R.E. Rouse and J. Sudahono. 1995. Tolerance to citrus rootstocks to lime-induced iron chlorosis. *Subtrop. Plant Science*. 47: 7 – 11.
29. Castle, B. and E. Stover. 2001. Update on use of swingle citromelo rootstock. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences.
30. Castle, W.S. and J. Nunnallee. 2009. Screening citrus rootstocks and related selections in soil and solution culture for tolerance to low-iron stress. *HortScience*. 44: 638-645.
31. Castle, W.S., J.W. Grosser, F.G. Gmitter, R.J. Schnell, T. Ayala – Silva, J.H. Crane and K.D. Bowman. 2004. Evaluation of new citrus rootstocks for Tahiti lime production in Southern Florida. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*. 117: 174 -181.
32. Castle, W.S., J.C. Baldwin and R.P. Muraro. 2010. Rootstocks and the performance and economic returns of 'Hamlin' sweet orange trees. *HortScience*. 45: 875-881.
33. Chen, Y. and P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron*. 35: 217 – 240.
34. Fadl, A., M. El-Otmani, M.C. Benismail, A. Abouatallah and E. Jaouhari. 2008. Optimizing irrigation water supply in a young citrus orchard. *Proceeding of The 11<sup>th</sup> International Society of Citriculture*. pp. 573 – 578.
35. Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. P. 383 – 411. In: A. Klute, (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part1. SSSA, Madison, WI.
36. Ivanov, R., T. Brumbarova and P. Bauer. 2012. Fitting into the harsh reality: regulation of iron deficiency responses in dicotyledonous plants. *Molecular Plant*. 5: 27-42.

37. Jones, J.B., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Macro-Micro Pub. Inc., Athens, GA.
38. Kitson, R.E. and M.G. Mellon. 1944. Colorimetric determination of P as a molybdovanadate phosphoric acid. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 16: 379-383.
39. Larbi, A., A. Abadia, J. Abadia and M. Morales. 2006. Down co-regulation of light absorption, photochemistry and carboxylation in Fe-deficient plants growing in different environment. Photosynth. Res. 89: 113-126.
40. Lindsay, W.L. and W.A. Norvel. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421-428.
41. Loeppert, R.H., L.C. Wei and W.R. Ocumpaugh. 1994. Soil factors influencing the mobilization of iron in calcareous soils. In: Manthey, J.A., Crowley, D.A., Luster, D.G. (Eds.), Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. Lewis Publishers. Boca Raton. PP. 343 – 360.
42. Louzada, E.S., H.S. Rio, M. Setamou, J.W. Watson and D.M. Swietlik. 2008. Evaluation of citrus rootstocks for the high pH, calcareous soils of South Texas. *Euhytica*. 164: 13 – 18.
43. Martinez-Cuenca, M.R., A. Quinones, E. Primo-Millo and M.A. Forner-Giner. 2015. Flooding impairs Fe uptake and distribution in citrus due to the strong down-regulation of genes involved in strategy I responses to Fe deficiency in roots. PLOS ONE 10: e0123644
44. Martinez-Cuenca, M.R., M.A. Forner-Giner, D.J. Iglesias, E. Primo-Millo and F. Legaz. 2013. Strategy I responses to Fe-deficiency of two Citrus rootstocks differing in their tolerance to iron chlorosis. *Scientia Horticulturae* 153:56–63.
45. Martinez-Guenca, M.R., A. Primo-Capella, A. Quinones, A. Bermejo and M.A. Froner-Giner. 2017. Rootstock influence on iron uptake responses in citrus leaves and their regulation under the Fe paradox effect. *Peer J*. 5:e3553 <https://doi.org/10.7717/peerj.3553>
46. Maxwell, K. and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *Journal of Experimental Botany*. 51: 659-668.
47. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. P. 199- 224. In: A.L. Page et al. (ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. SSSA. Madison, WI.
48. Mengel, K. and E. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> edition, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
49. Mengel, K. 1995. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis in calcareous soils, in: J. Abadia (Ed.), *Iron Nutrition in Soils and Plant*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 389-397.
50. Mishra, A., K.B. Mishra, H. Hoermiller, A.G. Heyer and L. Nedbal. 2011. Chlorophyll fluorescence emission as a reporter on cold tolerance in *Arabidopsis thaliana* accession. *Plant Signaling and Behavior*. 6: 301-310.
51. Molassiotis, A., G. Tanoa, G. Diamantidis, A. Patakas and I. Therios. 2006. Effect of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. *J. Plant Physiol*. 163: 176-186.
52. Morales, F., R. Grasa, A. Abadia and J. Abadia. 1998. Iron chlorosis paradox in fruit trees, *Journal of Plant Nutrition*. 24: 815-825.
53. Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch. 1991. Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
54. Neaman, A. and L. Aguirre. 2007. Comparison of different methods for diagnosis of iron deficiency in avocado. *Journal Plant Nutrition*. 30: 1098 – 1108.

55. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539 – 579. In: A.L. Page et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis*. Part II. 2th ed. ASA, SSSA, Madison, WI.
56. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: A.L. Page et al., (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Monograph no 9. (pp. 403-430). American Agronomy, Madison, WI.
57. Pedros, R., I. Moya, Y. Goulas and S. Jacquemoud. 2008. Chlorophyll fluorescence emission spectrum inside a leaf. *Photochemical and Photobiological Sciences* 7: 498-502.
58. Pestana, M., P.J. Correia, M. David, A. Abadia, J. Abadia and A. Varennes. 2011. Response of five citrus rootstocks to iron deficiency. *J. Plant Nutr. And Soil Sci.* 174: 837 – 846.
59. Pestana, M., M. David, A. de Varennes, J. Abadia and E. A. Faria. 2001. Responses of Newhall orange trees to iron deficiency in hydroponics: effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency and root ferric chelate reductase activity. *Journal of Plant Nutrition*. 24: 1609-1620.
60. Pestana, M., A. de Varnnes, J. Abadia and E. Araujo Faria. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia Horticulturae*. 104: 25 – 36.
61. Qrtiz, P.R., B.J.C. Meza, F.R. Garza Requena, G.M. Flores and J.D. Etchevers Barra. 2007. Evaluation of different iron compound in chlorotic Italian lemon. *Plant Physiology and Biochemistry*. 45: 330-334.
62. Romheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation in leaves as a secondary event in Fe deficiency chlorosis. *Journal of Plant Nutrition*. 23: 1629–1643.
63. Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 682 pp.
64. Sallato, B., T. DuPont and D. Granatstein. 2018. Tree fruit soil fertility and plant nutrition in cropping orchards in central Washington. WSU Extension.
65. Schneider, A. 1997. Release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samples. *European Journal of Soil Science*. 48: 263 – 271.
66. Singh. A., S. Naqvi and S. Singh. 2002. *Citrus Germplasm Cultivar and Rootstocks*. Natural Research Centre for Citrus, Kalyani publishers. New Delhi, India.
67. Tagliavini, M. and A.D. Rombola. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *Eur. J. Agron.* 15: 71– 92.
68. Wright, R.J. and T.I. Stuczynski. 1996. Atomic absorption and flame emission spectroscopy. In: *Methods of Soil Analysis*. Sparks, D.L. (Ed.), Part III, Chemical Methods, SSSA Book Series No.5, SSSA, Madison, WI. P. 65–91.
69. Yang, L., G. Li, Q. Lin and X. Zhao. 2010. Active carbonate of chestnut soils in different lands. *Ecology Environmental Science*. 19: 428 – 432.



## ارزیابی اثر مدیریت‌های مختلف مصرف نیتروژن بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی توت فرنگی رقم کوئین الیزا

محمدحسین سدری<sup>1</sup> و فرهاد کرمی

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

سنندج، ایران؛ Sedri\_mh@yahoo.com

استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، سنندج، ایران؛ farhad.karami@gmail.com

دریافت: 1400/8/22 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

به منظور ارزیابی اثر مقدار نیتروژن و زمان‌های مصرف بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی توت فرنگی رقم کوئین الیزا در سامانه کشت چند ساله، آزمایشی مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی گریزه شهرستان سنندج از سال 1396 لغایت 1398 اجرا شد. تیمارهای آزمایش، شامل چهار سطح  $N_0$ ،  $N_{50}$ ،  $N_{100}$  و  $N_{150}$  (کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع کودی اوره و چهار زمان مصرف  $T_1$ -کل نیتروژن در بهار (دو هفته قبل از گل‌دهی)،  $T_2$ -کل نیتروژن در بهار (یک روز پس از آخرین چین برداشت)،  $T_3$ -کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه و  $T_4$ -نیتروژن در سه تقسیط مساوی در زمان‌های  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_3$  در سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر عملکرد، TSS، pH، اسیدیته، ماده خشک میوه معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ). اثرات اصلی سطوح نیتروژن و زمان مصرف بر عملکرد، ماده خشک و TSS معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ). اثر متقابل سال و زمان مصرف بر عملکرد میوه معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ). اثر متقابل زمان مصرف و سطوح نیتروژن بر عملکرد و ماده خشک و TSS میوه معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). بیشترین عملکرد در تیمار  $N_{150}$  و زمان مصرف  $T_4$  به میزان 629 گرم در بوته به دست آمد و پس از آن، تیمارهای  $T_3 N_{150}$ ،  $T_4 N_{100}$  و  $T_3 N_{100}$  به ترتیب بیشترین عملکرد را نشان دادند. در حالی که عملکرد در تیمارهای  $N_{150}$  و  $N_{100}$  در زمان  $T_2$ ، نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. اثرات اصلی زمان مصرف نیتروژن بر شاخص کلروفیل و غلظت نیتروژن برگ، معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ). با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت نیتروژن در برگ، به طور صعودی، افزایش یافت. بین غلظت نیتروژن در برگ و شاخص کلروفیل برگ، همبستگی مثبت و قوی وجود داشت. سطوح نیتروژن و زمان مصرف، موجب افزایش معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) ماده خشک و درجه بریکس (TSS) میوه شد و بر اسیدیته کل و pH میوه تاثیر نداشت. تیمار  $N_{100}$  در زمان  $T_4$ ، بیشترین عملکرد میوه، ماده خشک و درجه بریکس را داشت.

واژه‌های کلیدی: اوره، زمان مصرف کود، خصوصیات میوه

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: سنندج، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، بخش تحقیقات خاک و آب

## مقدمه

توت‌فرنگی به دلیل مزیت‌های نسبی فراوان، از مهمترین میوه‌های دانه ریز در سراسر جهان است. ارزش غذایی فوق‌العاده توت‌فرنگی و اهمیت مصرف آن در حوزه سلامت، باعث شده است تا مصرف سرانه توت فرنگی در دنیا بویژه در کشورهای توسعه یافته، رشد فزاینده‌ای داشته باشد (سیمپسون، 2018). بیشترین سطح زیر کشت توت فرنگی در کشور ایران، متعلق به استان کردستان با سطح 3400 هکتار است. نیتروژن یکی از عناصر اصلی و ضروری برای رشد گیاه می‌باشد و از بین عناصر تغذیه‌ای، مهمترین عنصر معدنی است که در تعیین عملکرد و کیفیت میوه دخالت دارد. نیتروژن، عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می‌باشد. نیتروژن در گیاهان، بالاترین غلظت را داشته و گلوگاه رشد است و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد؛ به‌طوری‌که کمبود آن، بیش از سایر عناصر غذایی، عملکرد را محدود می‌کند. مهمترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز محصولات کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنی است. علاوه بر این، برای تولید اقتصادی محصولات مختلف کشاورزی و تأمین نیاز غذایی جامعه، مدیریت نیتروژن، از اولویت ویژه‌ای، برخوردار است. بنابراین استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی برای افزایش تولید محصول و افزایش کارایی نیتروژن، از مهمترین مباحث روز است (ملکوتی و همایی، 1373).

افزایش جمعیت دنیا، باعث افزایش تقاضای مواد غذایی شده و از طرف دیگر، ورود بیش از حد نیتروژن به آب، یکی از مشکلات زیست‌محیطی به شمار می‌آید. به کارگیری روش‌های جدید مدیریتی که بر اساس افزایش کارایی نیتروژن و آب استوار باشد، می‌تواند علاوه بر افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، سبب ارتقاء سطح سلامت جامعه شود و در این بین، انتخاب نوع، مقدار و زمان مصرف صحیح کود، می‌تواند در افزایش کارایی بسیار مؤثر باشد. در مطالعات تغذیه‌ای بررسی اثر زمان و سطوح مختلف مصرف کود نیتروژنی بر روی

توت‌فرنگی، نتایج گوناگونی گزارش شده، که این تناقض در نتایج، عمدتاً به دلیل وجود تفاوت در کودپذیری ارقام مختلف توت‌فرنگی، اختلاف در سیستم کاشت، روش و زمان مصرف کود نیتروژنی و نوع خاک بوده است. در تحقیقی، مشاهده شد بوته‌های توت‌فرنگی رقم "الان" که در پاییز کود نیتروژن دریافت کرده بودند، نسبت به بوته‌های شاهد تعداد گل‌آذین و گل بیشتری داشتند. همچنین بوته‌هایی که هم در پاییز و هم در بهار، کود نیتروژن دریافت کرده بودند، نسبت به بوته‌هایی که فقط در بهار، کود نیتروژن دریافت کرده بودند، تعداد گل بیشتری داشتند (دورنر، 2017). در تحقیقی دیگر، اثر سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم "پاروس" را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این محققان، نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد، درصد ماده خشک و TSS دارد و بیشترین عملکرد با مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمده بود (عینی‌زاده و شکوهیان، 2018).

در تحقیقی مشخص شد که توت‌فرنگی رقم "چندلر"، در سیستم کاشت سالانه، با مصرف تقسیتی کود نیتروژنی در بهار و پاییز، بالاترین عملکرد را داشته است (مینر و همکاران، 1997). در تحقیقی دیگر گزارش شد که مصرف کود نیتروژنی در بهار و در فصل میوه‌دهی، نسبت به مصرف کود پس از مرحله برداشت میوه، ارجحیت دارد (هارت و همکاران، 2000). در مکزیک مصرف کود نیتروژنی، برای تولید بهینه توت‌فرنگی، به میزان 597 کیلوگرم در هکتار در مراحل مختلف رشد (بصورت تقسیتی) توصیه شده که این میزان، حدود دو و نیم برابر عرف محلی مصرف کود نیتروژنی است (کاردیناس و همکاران، 2004). در آژانتین محققین گزارش نمودند که با افزایش مصرف نیتروژن در رقم توت‌فرنگی "چاندلر" تا سطح مصرف 53 پوند در ایکر (معادل 59 کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، وزن میوه و تعداد میوه توت‌فرنگی افزایش یافت، اما با افزایش سطح

مصرف کود نیتروژنی، عملکرد میوه توت‌فرنگی کاهش پیدا کرده بود (گاریگیلیو و همکاران، 2000). افزایش مقادیر مصرف کود نیتروژنی، موجب افزایش اسیدیته میوه و کاهش قند توت‌فرنگی شده بود (بیلینسکی و چاندلر، 2009). در تحقیقی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر رشد رویشی و عملکرد توت‌فرنگی بررسی شد. نتایج این محققین نشان داد که مصرف بیش از حد نیتروژن، موجب کاهش عملکرد می‌شود (چاندرا موهان‌ردی و گوپال، 2020). نتایج تحقیقی مشخص نمود که مصرف کود نیتروژن در اوایل مرحله رشد، تأثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد توت‌فرنگی دارد (آجیهارا و همکاران، 2021). این پژوهش، با هدف تعیین مناسب‌ترین زمان مصرف و بهترین سطح کود نیتروژنی، برای دستیابی به بالاترین عملکرد و ارتقاء ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر زمان مصرف و سطوح مختلف نیتروژن بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم "کوئین الیز" در سیستم برداشت چند ساله، آزمایشی مزرعه‌ای با چهار سطح نیتروژن صفر، 50، 100 و 150 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کودی اوره و چهار زمان مصرف T1- مصرف کل نیتروژن در بهار (دو هفته قبل از گل‌دهی)، T2- مصرف کل نیتروژن در بهار (یک روز پس از آخرین چین برداشت)، T3- مصرف کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه، T4- مصرف نیتروژن در سه تقسیط مساوی در زمان‌های T1، T2 و T3 در سه تکرار، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در ایستگاه تحقیقاتی گریزه از فروردین 1396 (به عنوان سال کاشت) لغایت 1398 به مدت 2/5 سال اجرا شد.

ایستگاه گریزه با مختصات طول جغرافیایی 01' و 47° و عرض جغرافیایی 16' و 35° در ارتفاع 1400 متری از سطح دریا 1400 در فاصله 5 کیلومتری از شرق

شهرستان سنندج قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه این ایستگاه، نیز 486/1 میلی‌متر است. به منظور اجرای تحقیق، قطعه زمینی به مساحت 24 × 20 مترمربع، انتخاب شد. عملیات خاک‌ورزی بر روی قطعه زمین، شامل شخم عمیق و دیسک متقاطع در دو جهت انجام شد. پس از گونیا کردن، متراژ، میخ‌کوبی و طناب‌کشی، قطعه زمین به کرت‌هایی به ابعاد (طول 240 سانتی‌متر و عرض 270 سانتی‌متر)، تقسیم شد. بین تیمارها و تکرارها، یک متر فاصله، در نظر گرفته شد. در هر کرت، 3 پشته با عرض 50 سانتی‌متر و عرض‌جوی 30 سانتی‌متر، به طور دستی، طراحی و ایجاد شد. برای بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، قبل از اجرا تحقیق و اعمال تیمارهای کودی، از هر تکرار، 16 نمونه ساده از عمق 0-30 سانتیمتری خاک تهیه و فاکتورهای کربنات کلسیم معادل خاک با روش تیتراسیون، pH خاک (با روش گل اشباع و قرائت به وسیله الکترود شیشه‌ای)، کربن آلی (با روش دی‌کرومات پتاسیم)، پتاسیم قابل جذب (با روش استات آمونیوم)، نیتروژن (با روش کج‌دال)، فسفر (با روش اولسن)، هدایت الکتریکی خاک (با روش عصاره اشباع و اندازه‌گیری با دستگاه هدایت سنج)، مس، منگنز و روی قابل جذب با عصاره‌گیر DTPA و قرات به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل (روش لیندزی و نورول، 1978) و بور (با روش آب داغ و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر) تعیین شد (علی‌احیایی، 1373). در اوایل بهار، تعداد 1200 نشاء توت‌فرنگی از رقم غالب منطقه (رقم کوئین الیز)، برای کاشت به محل اجرای آزمایش منتقل شد. نشاءهای توت‌فرنگی، در سه ردیف بر روی پشته‌ها به فاصله کشت 30 سانتی‌متر کشت شدند و سپس سیستم آبیاری قطره‌ای در سطح کرت‌های آزمایش طراحی و اجرا شد. عملیات وجین علف هرز، حذف رانرها (ساقه‌های رونده) و سایر مراقبت‌های ویژه در طول فصل رشد بوته‌ها، از زمان استقرار بوته‌ها و به‌طور مستمر در بهار و تابستان هر دو سال انجام گرفت. در سال استقرار بوته‌های توت‌فرنگی، میزان کود فسفره

مورد نیاز بر اساس آزمون خاک تعیین و کود سوپرفسفات تریپل در سطح تمام کرت‌ها درز کنار ردیف‌های کشت، با روش نواری توزیع و به زیر خاک (با فاصله 5 سانتی-متری از بوته و در عمق 8 سانتی‌متری خاک) برده شد. به منظور مصرف کود نیتروژنی، میزان کود اوره مورد نیاز برای هر کرت محاسبه و سپس کود اوره هرکرت، در آزمایشگاه توزین و در اوایل تیر ماه، اوایل شهریور ماه، بهار سال بعد (دو هفته قبل از گل‌دهی) و تابستان سال بعد (پس از پایان برداشت میوه) به وسیله فوکا، مطابق نقشه آزمایش، به صورت نواری با فاصله 5 سانتی‌متر از بوته و در عمق 8 سانتی‌متری خاک، جایگذاری شد. با هدف تعیین غلظت نیتروژن در برگ گیاه، در مرحله گل-دهی (جونز و همکاران، 1991)،

از هرکرت، 100 گرم نمونه برگ، تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. برداشت میوه به فاصله هر 3 روز یک بار، انجام شد. به منظور تعیین ویژگی کیفی میوه، از هر کرت، 20 عدد میوه تهیه شد. برای تعیین شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفیل متر ( $SPAD^1$ )، به طور تصادفی، 10 قرائت از برگ‌های میانی توت فرنگی (جونز و همکاران، 1991)، در سطح هر کرت انجام شد. در آزمایشگاه شستشوی نمونه‌های میوه در دو مرحله متوالی با آب معمولی و آب مقطر انجام و سپس نمونه‌ها در شرایط آزمایشگاه، هوا خشک شدند. در آزمایشگاه از نمونه‌های میوه، تعدادی حبه توت فرنگی، به طور تصادفی انتخاب و سپس میوه‌ها در درون دستگاه مخلوط‌کن ریخته شد. پس از تهیه عصاره یکنواخت میوه، میزان مواد جامد محلول یا درجه بریکس میوه ( $TSS^2$ ) با دستگاه رفاکومتر (مدل ATAGO، ساخت ژاپن) و بر اساس پروتکل شماره 932.14C (AOAC، 2000) قرائت شد. برای اندازه‌گیری درصد ماده خشک میوه، از هرکرت آزمایش، ده عدد حبه توت فرنگی، توزین و توسط جاقو برش داده شدند. میوه‌ها به مدت 48 ساعت در آون (دمای

70 درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و سپس میوه‌های خشک شده، توزین و با محاسبه اختلاف وزن نمونه‌های تازه و خشک، درصد ماده خشک میوه در هر کرت تعیین شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته میوه، پس از تهیه نمونه میوه در مراحل دوم، سوم و چهارم برداشت میوه، تعدادی حبه توت فرنگی در ظرف مخلوط‌کن ریخته شد. پس از تهیه عصاره یکنواخت، اسیدیته قابل تیتراسیون میوه، با روش تیتراسیون، به کمک سود 0/1 نرمال، بر اساس حجم سود مصرفی، اسیدیته میوه تعیین شد (فولکی و فرانسیس، 1968). برای اندازه‌گیری pH میوه در هر مرحله از برداشت میوه، تعدادی حبه توت فرنگی، به طور تصادفی در ظرف مخلوط‌کن ریخته شد. پس از تهیه عصاره یکنواخت میوه، با دستگاه pH متر، pH میوه قرائت و در فرم یادداشت‌برداری ثبت شد (او آی وی، 2021). در مرحله گل‌دهی، مطابق استاندارد نمونه‌گیری، از سطح هرکرت آزمایشی، به طور تصادفی، حدود 100 گرم نمونه برگ تهیه شد.

سپس نمونه برگ‌ها در آزمایشگاه، با آب معمولی و آب مقطر در دو مرحله شستشو و در شرایط دمای آزمایشگاه، هوا خشک شدند. پس از این مرحله، نمونه برگ‌ها در پاکت کاغذی، بسته بندی و به مدت 48 ساعت در آون (در دمای 70 درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. پس از خارج کردن نمونه‌ها از آون، نمونه برگ‌ها با دستگاه آسیاب مخصوص، پودر شده و سپس در ظروف کوچک، برای انجام آنالیز غلظت نیتروژن، نگهداری و سپس غلظت نیتروژن نمونه‌های برگ توت فرنگی در تیمارهای مختلف پژوهش (48 کرت)، با روش کج‌دال، اندازه‌گیری شدند. در نهایت پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مربوط به فاکتورهای مورد بررسی، به کمک نرم افزار آماری SPSS و Mstat-C جدول تجزیه واریانس محاسبه و مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش، با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

<sup>1</sup> Soil Plant Analysis Development (SPAD) chlorophyll meter

<sup>2</sup> Total soluble solids



## نتایج

## ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سه نمونه خاک (عمق 0-30 سانتیمتری)، از سه تکرار مربوط به محل اجرای آزمایش در ایستگاه گریزه، نشان دهنده آن بود که آهک در حد پایین، pH خاک قلیایی، بافت خاک رسی و فاقد مشکل شوری بود. ماده‌آلی و نیتروژن خاک در حد مطلوب، غلظت فسفر قابل جذب خاک، کمتر از حد بحرانی فسفر (حد بحرانی فسفر در خاک 15 میلی‌گرم در کیلوگرم)، پتاسیم قابل جذب، بالاتر از حد بحرانی پتاسیم (حد بحرانی پتاسیم در خاک 250 میلی‌گرم در کیلوگرم)، میانگین غلظت آهن قابل جذب (عصاره-گیری با DTPA) به میزان 6/73 میلی‌گرم در کیلوگرم، بالاتر از حد بحرانی آهن (حد بحرانی آهن در خاک 4/68 میلی‌گرم در کیلوگرم)، غلظت روی قابل جذب (عصاره-گیری با DTPA) به میزان 1 میلی‌گرم در کیلوگرم، بالاتر از حد بحرانی روی (حد بحرانی روی در خاک 0/67 میلی‌گرم در کیلوگرم) و غلظت منگنز و مس قابل جذب خاک (عصاره‌گیری با DTPA) بالاتر از حد بحرانی (ملکوتی و غیبی، 1379) بود (جدول 1).

## نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد میوه و برخی از ویژگی‌های کیفی میوه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی سال بر عملکرد میوه، درجه بریکس (TSS)، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون و ماده خشک میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات اصلی زمان مصرف و سطوح نیتروژن بر عملکرد میوه، ماده خشک و TSS میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سال و زمان مصرف بر عملکرد میوه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان مصرف و سطوح نیتروژن بر عملکرد میوه در سطح آماری پنج درصد و بر ماده خشک و TSS میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سال، زمان مصرف و سطوح نیتروژن بر عملکرد میوه،

TSS، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون و ماده خشک میوه در هیچکدام از سطوح آماری معنی‌دار نبود (جدول 2).

## نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایش بر غلظت نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، مشخص شد که اثرات اصلی سال، زمان مصرف و سطوح نیتروژن بر غلظت نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سال و سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و بر غلظت نیتروژن در برگ معنی‌دار نشد. اثر متقابل زمان مصرف و سطوح نیتروژن بر غلظت نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. (جدول 2)

## مقایسه میانگین عملکرد میوه، TSS، pH، اسیدیته و ماده خشک میوه در سال‌های آزمایش

میانگین عملکرد میوه، درجه بریکس (TSS)، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون و ماده خشک میوه در سال دوم نسبت به سال اول، به ترتیب به میزان 753 گرم در بوته افزایش، 0/5 واحد افزایش، 0/62 واحد کاهش، 77 گرم در لیتر کاهش و 0/69 درصد افزایش نشان دادند که این تغییرات در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3).

## اثر سطوح مختلف نیتروژن بر میانگین عملکرد و سایر صفات مورد ارزیابی

مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد میوه نشان داد که تیمارهای N50، N100 و N150 نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، به ترتیب به میزان 73، 121 و 146 گرم در بوته افزایش داشتند که این اختلاف، فقط برای تیمارهای N100 و N150 معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) بود و هر دو سطح نیتروژن در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 4).

جدول 1- ویژگی‌های خاک مورد مطالعه قبل از اجرای آزمایش در عمق 0-30 سانتیمتری

| شماره نمونه | قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | واکنش خاک | درصد اشباع | کربن آلی | کربنات کلسیم معادل (درصد) | رس | سیلت | شن |
|-------------|------------------------------------------|-----------|------------|----------|---------------------------|----|------|----|
| 1           | 0/45                                     | 7/94      | 49/64      | 1/23     | 12                        | 42 | 34   | 24 |
| 2           | 0/45                                     | 7/91      | 49/06      | 1/12     | 12                        | 44 | 34   | 22 |
| 3           | 0/48                                     | 7/91      | 48/83      | 1/06     | 11/25                     | 46 | 34   | 22 |

| شماره نمونه           | نیترات | آمونیم | فسفر  | پتاسیم | آهن | منگنز | روی | مس  |
|-----------------------|--------|--------|-------|--------|-----|-------|-----|-----|
| (میلی‌گرم در کیلوگرم) |        |        |       |        |     |       |     |     |
| 1                     | 7/2    | 4/6    | 10/96 | 431    | 7/6 | 13/6  | 1/1 | 2/3 |
| 2                     | 5/4    | 4/9    | 7/46  | 384    | 6/4 | 17/5  | 1/2 | 2/0 |
| 3                     | 5/9    | 4/2    | 10/96 | 394    | 6/2 | 15/1  | 0/7 | 1/7 |

جدول 2- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد میوه، pH، TSS، اسیدیته و ماده خشک میوه، نیتروژن برگ و شاخص کلروفیل برگ در دو سال آزمایش

| منابع تغییر      | میانگین مربعات |                        |                     |                     |                        |                     |                     | شاخص کلروفیل        |
|------------------|----------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                  | درجه آزادی     | عملکرد                 | pH                  | TSS                 | اسیدیته قابل تیتراسیون | ماده خشک            | نیتروژن برگ         |                     |
| سال (Y)          | 1              | 13608969/010**         | 9/488*              | 5/777**             | 143376/042**           | 11/296**            | 0/229**             | 1/125**             |
| خطای A (Y* R)    | 4              | 1/042                  | 0/605               | 0/123               | 2223/958               | 0/006               | 0/000               | 0/006               |
| زمان مصرف (A)    | 3              | 58231/538**            | 0/498 <sup>ns</sup> | 28/776**            | 3953/819 <sup>ns</sup> | 94/172**            | 0/800**             | 12/309**            |
| اثر متقابل Y* A  | 3              | 37150/955**            | 0/476 <sup>ns</sup> | 0/014 <sup>ns</sup> | 5845/486 <sup>ns</sup> | 0/037 <sup>ns</sup> | 0/000 <sup>ns</sup> | 0/001 <sup>ns</sup> |
| سطوح نیتروژن (B) | 3              | 98905/733**            | 0/661 <sup>ns</sup> | 6/747**             | 1256/597 <sup>ns</sup> | 142/643**           | 5/850**             | 89/000**            |
| اثر متقابل Y * B | 3              | 63182/427**            | 0/652 <sup>ns</sup> | 0/007 <sup>ns</sup> | 5920/486 <sup>ns</sup> | 0/053 <sup>ns</sup> | 0/001 <sup>ns</sup> | 0/008*              |
| اثر متقابل A* B  | 9              | 8174/659*              | 0/627 <sup>ns</sup> | 7/181**             | 3394/560 <sup>ns</sup> | 65/679**            | 0/103**             | 1/633**             |
| اثر متقابل Y*A*B | 9              | 5204/557 <sup>ns</sup> | 0/554 <sup>ns</sup> | 0/006 <sup>ns</sup> | 4715/856 <sup>ns</sup> | 0/025 <sup>ns</sup> | 0/000 <sup>ns</sup> | 0/000 <sup>ns</sup> |
| خطای کل آزمایش   | 60             | 4108/953               | 1/587               | 0/411               | 4546/181               | 0/329               | 0/009               | 0/003               |
| CV(%)            |                | 13/36                  | 39/74               | 7/60                | 9/45                   | 4/10                | 4/92                | 0/54                |

\*\* و \* به ترتیب نشانه معنی‌دار بودن در سطح آماری یک درصد و پنج درصد و <sup>ns</sup> عدم معنی بودن است.

جدول 3- اثر سال بر میانگین عملکرد، pH، TSS، اسیدیته و ماده خشک میوه، نیتروژن برگ و شاخص کلروفیل برگ

| سال    | شاخص کلروفیل | نیتروژن برگ (%) | ماده خشک (%) | pH     | اسیدیته قابل تیتراسیون | TSS   | عملکرد (گرم در بوته) |
|--------|--------------|-----------------|--------------|--------|------------------------|-------|----------------------|
| اول    | 9/9 b        | 1/93 b          | 13/63 b      | 3/48 a | 752 a                  | 8/2 b | 103 b                |
| دوم    | 10/12 a      | 2/02 a          | 14/32 a      | 2/86 b | 675 b                  | 8/7 a | 856 a                |
| Lsd 5% | 0/21         | 0/08            | 1/01         | 2/02   | 122/31                 | 0/91  | 13/26                |

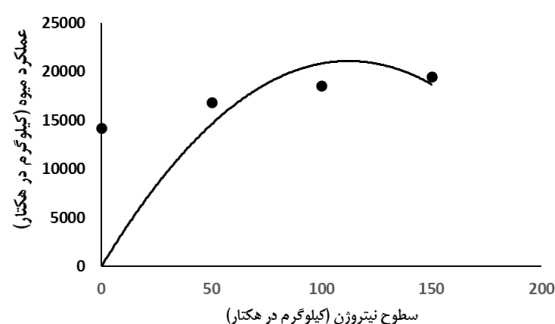
جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد، TSS، ماده خشک میوه، غلظت نیتروژن برگ و شاخص کلروفیل برگ تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن در دو سال آزمایش

| سطوح نیتروژن | شاخص کلروفیل برگ | غلظت نیتروژن برگ (%) | ماده خشک میوه (%) | TSS میوه | عملکرد (گرم در بوته) |
|--------------|------------------|----------------------|-------------------|----------|----------------------|
| N0           | 7/28 d           | 1/27 c               | 10/33 b           | 7/704 b  | 394/8 b              |
| N50          | 10/09 c          | 2/02 b               | 14/92 a           | 8/402 ab | 463/3 ab             |
| N100         | 11/09 b          | 2/24 a               | 15/40 a           | 8/883 a  | 515/6 a              |
| N150         | 11/59 a          | 2/38 a               | 15/24 a           | 8/762 a  | 540/8 a              |
| Lsd 5%       | 0/09             | 0/16                 | 0/967             | 1/081    | 108/1                |

#### رابطه بین سطوح نیتروژن مصرفی و عملکرد میوه

بیشترین میزان عملکرد میوه (21083 کیلوگرم در هکتار در 36000 بوته توت فرنگی در هکتار) با مصرف 112 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (معادل 243 کیلوگرم اوره در هکتار) برآورد شده است (شکل 1).

بین سطوح نیتروژن (N) و عملکرد میوه (Y)، رابطه - ای از نوع پلی نومیال، با معادله  $Y = -1.6707X^2 + 375.36X$  و  $R^2 = 0.90$  برقرار بود. بر اساس رابطه مذکور،



شکل 1- رابطه سطوح نیتروژن مصرفی با عملکرد میوه توت فرنگی

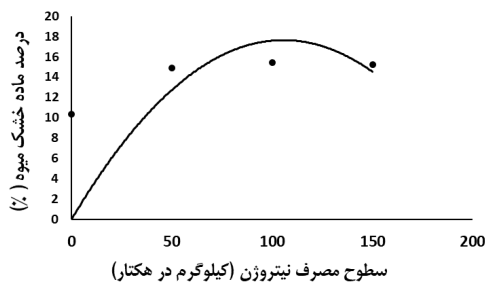
#### اثر سطوح مختلف نیتروژن بر میانگین ویژگی‌های کیفی

##### میوه

درجه بریکس میوه توت فرنگی (Y) به عنوان تابع، رابطه - ای از نوع پلی‌نومیال با معادله  $Y = -0.0009X^2 + 0.1895X$  و  $R^2 = 0.97$  برقرار بود. در این رابطه با افزایش صعودی سطح مصرف نیتروژن، میزان TSS میوه، به طور صعودی تا سطح N100 افزایش و در سطح N150 کاهش پیدا کرد. با حل این معادله، بیشترین میزان درجه بریکس میوه با مصرف 105 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برآورد شد (شکل 2). مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر ماده خشک میوه نشان داد که سطوح 50، 100 و 150 کیلوگرم

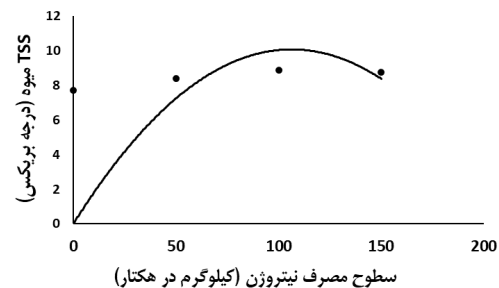
مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر TSS میوه نشان داد که سطوح 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، به ترتیب به میزان 0/7، 1/18 و 1/06 درجه بریکس افزایش داشتند که این اختلاف فقط برای سطوح 100 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) بود و هر دو سطح نیتروژن در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 4). بین سطوح مختلف مصرف نیتروژن (X) به عنوان متغیر و

به عنوان تابع، رابطه‌ای از نوع پلی‌نومیال با معادله  $Y = 0.3339X + 0.0016X^2$  با  $R^2 = 0.96$  برقرار بود. در این رابطه با افزایش صعودی سطح مصرف نیتروژن، میزان ماده خشک میوه، به طور صعودی تا سطح N100 افزایش و در سطح N150 کاهش پیدا کرد. با حل این معادله، بیشترین ماده خشک میوه با مصرف 106 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برآورد شد (شکل 3).



شکل 3- رابطه سطوح نیتروژن مصرفی با ماده خشک میوه

در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، به ترتیب به میزان 4/59، 4/07 و 4/91 درصد افزایش داشتند که این اختلاف برای هر سه سطح 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) بود و هر سه سطح نیتروژن در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 4). بین سطوح مختلف مصرف نیتروژن (X) به عنوان متغیر و ماده خشک میوه توت فرنگی (Y)



شکل 2- رابطه سطوح نیتروژن مصرفی با TSS (درجه بریکس) میوه

### اثر سطوح نیتروژن بر میانگین غلظت نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ

مقایسه میانگین اثر سطح نیتروژن مصرفی بر غلظت نیتروژن در برگ نشان داد که سطوح 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، به ترتیب به میزان 0/75، 0/97 و 1/11 درصد افزایش غلظت نیتروژن برگ داشتند که این اختلاف، نسبت به شاهد برای هر سه سطح 50، 100 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) بود (جدول 4). مقایسه میانگین اثر سطح نیتروژن مصرفی بر شاخص کلروفیل برگ نشان داد که سطوح 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن)، به ترتیب به میزان 2/81، 3/81 و 4/31 واحد افزایش داشتند که این اختلاف، نسبت به شاهد

برای هر سه سطح 50، 100 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) بود (جدول 4).

### اثر زمان مصرف نیتروژن بر میانگین عملکرد میوه

مقایسه میانگین‌های اثر زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد میوه نشان داد که زمان T4 (مصرف نیتروژن در سه تقسیم مساوی در مراحل T1، T2 و T3) با عملکرد 541 گرم در بوته، نسبت به زمان T2 (کل نیتروژن در بهار یک روز پس از آخرین چین برداشت) با عملکرد 418 گرم در هر بوته، به میزان 110 گرم در بوته، افزایش عملکرد داشتند، که این اختلاف در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. اما دو زمان T1 (کل نیتروژن در بهار دو هفته قبل از گل‌دهی) و T3 (کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه)، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در عملکرد میوه نداشتند (جدول 5).

جدول 5- اثر زمان مصرف بر میانگین عملکرد میوه، TSS میوه، ماده خشک میوه، نیتروژن برگ و شاخص کلروفیل برگ در دو سال آزمایش

| زمان مصرف | شاخص کلروفیل برگ | نیتروژن برگ (%) | ماده خشک میوه (%) | TSS میوه | عملکرد میوه (گرم در بوته) |
|-----------|------------------|-----------------|-------------------|----------|---------------------------|
| T1        | 9/47 c           | 1/81 b          | 11/39 c           | 7/12 c   | 464/3 ab                  |
| T2        | 10/89 a          | 2/14 a          | 13/91 b           | 8/07 bc  | 417/8 b                   |
| T3        | 9/38 c           | 1/83 b          | 14/41 b           | 8/89 ab  | 509/3 ab                  |
| T3        | 10/30 b          | 2/13 a          | 16/18 a           | 9/67 a   | 528/1 a                   |
| Lsd 5%    | 0/09             | 0/16            | 0/967             | 1/081    | 108/1                     |

T1- مصرف کل نیتروژن در بهار (دو هفته قبل از گل‌دهی)، T2- مصرف کل نیتروژن در بهار یک روز پس از آخرین چین برداشت، T3- مصرف کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه و T4- مصرف نیتروژن در سه تقسیط مساوی در مراحل T1، T2 و T3

جدول 6- اثر متقابل سطوح نیتروژن و زمان مصرف بر میانگین عملکرد میوه، TSS میوه، ماده خشک میوه، نیتروژن برگ و شاخص کلروفیل برگ در دو سال آزمایش

| زمان مصرف | سطوح نیتروژن | شاخص کلروفیل برگ | نیتروژن برگ (%) | ماده خشک میوه (%) | TSS میوه | عملکرد میوه (گرم در بوته) |
|-----------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|----------|---------------------------|
| T1        | N0           | 7/19 l           | 1/27 h          | 12/40f            | 7/70ef   | 394 d                     |
|           | N50          | 9/21 l           | 1/75 g          | 14/36 de          | 8/23 de  | 451 cd                    |
|           | N100         | 10/24 g          | 1/95 ef         | 10/32 g           | 6/73 fg  | 506 abcd                  |
|           | N150         | 11/24 d          | 2/25 cd         | 8/46 h            | 5/82 g   | 506 abcd                  |
| T2        | N0           | 7/38 j           | 1/22 h          | 12/40 f           | 7/68 ef  | 381 d                     |
|           | N50          | 11/43 c          | 2/31 bc         | 13/43 ef          | 7/44 ef  | 433 cd                    |
|           | N100         | 12/31 b          | 2/45 ab         | 14/39 de          | 8/40 de  | 425 cd                    |
|           | N150         | 12/43 a          | 2/56 a          | 15/43 cd          | 8/75 cde | 432 cd                    |
| T3        | N0           | 7/32 jk          | 1/24 h          | 8/26 h            | 7/75 ef  | 404 d                     |
|           | N50          | 9/40 h           | 1/85 fg         | 15/49 cd          | 8/70 cde | 493 bcd                   |
|           | N100         | 10/44 e          | 2/08 de         | 16/48 bc          | 9/27 cd  | 543 abc                   |
|           | N150         | 10/37 ef         | 2/16 cd         | 17/43 b           | 9/85 bc  | 596 ab                    |
| T4        | N0           | 7/22 kl          | 1/34 h          | 8/25 h            | 7/68 ef  | 400 d                     |
|           | N50          | 10/33 fg         | 2/16 cd         | 16/42 bc          | 9/23 cd  | 495 bcd                   |
|           | N100         | 11/35 c          | 2/46 ab         | 20/41 a           | 11/13 a  | 588 ab                    |
|           | N150         | 12/31 b          | 2/55 a          | 19/66 a           | 10/63 ab | 629 a                     |
| Lsd 1%    | 0/1028       | 0/178            | 1/076           | 1/203             | 83/72    |                           |

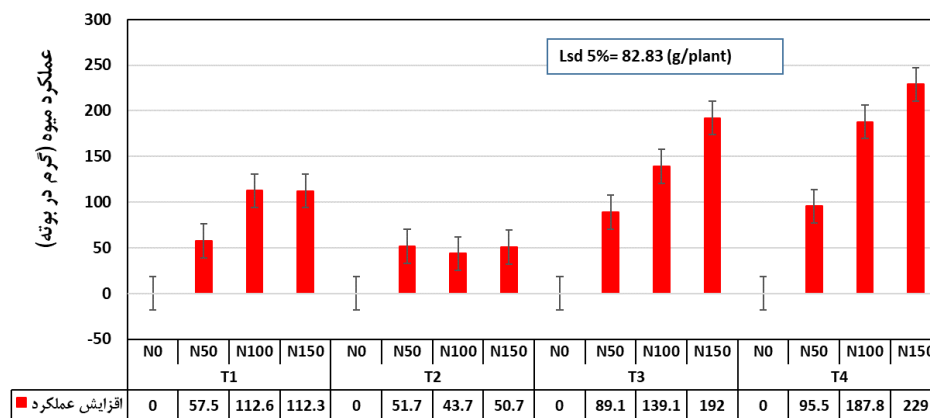
T1- مصرف کل نیتروژن در بهار (دو هفته قبل از گل‌دهی)، T2- مصرف کل نیتروژن در بهار یک روز پس از آخرین چین برداشت، T3- مصرف کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه و T4- مصرف نیتروژن در سه تقسیط مساوی در مراحل T1، T2 و T3

## اثر متقابل زمان مصرف و سطح نیتروژن بر میانگین

## عملکرد میوه

ماه)، به ترتیب با عملکرد میوه 229 و 192 گرم در بوته و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در زمان‌های T4 و T3 به ترتیب با عملکرد میوه 188 و 139 گرم در بوته، نسبت به شاهد افزایش داشتند که این اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بقیه تیمارها نسبت به شاهد، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول 3 و شکل 4).

مقایسه میانگین اثر متقابل زمان مصرف و سطح نیتروژن بر عملکرد میوه توت فرنگی نشان داد که مصرف 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در زمان‌های مصرف T4 (مصرف نیتروژن در سه تقسیم مساوی در زمان‌های T1، T2 و T3) و T3 (مصرف کل نیتروژن در ابتدای شهریور



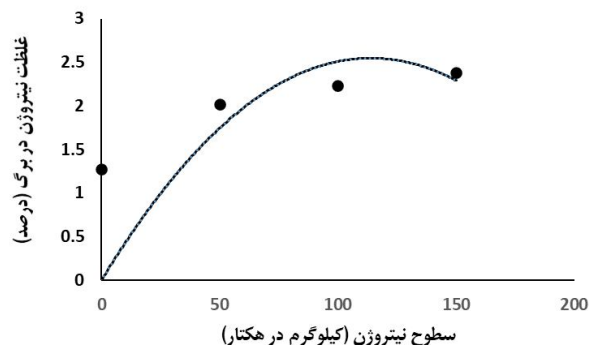
شکل 4- افزایش عملکرد میوه در تیمارهای سطوح مختلف نیتروژن (0، 50، 100 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و زمان‌های مصرف T1 (کل نیتروژن در بهار (دو هفته قبل از گل‌دهی))، T2 (مصرف کل نیتروژن در بهار (یک روز پس از آخرین چین برداشت))، T3 (مصرف کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه) و T4 (مصرف نیتروژن در سه تقسیم مساوی در زمان‌های T1، T2 و T3) در مقایسه با تیمار شاهد

## رابطه بین سطوح مصرف نیتروژن و غلظت نیتروژن در

## برگ

نیتروژن در برگ به طور صعودی افزایش یافت. بیشترین میزان عملکرد میوه، با مصرف 112 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برآورد شده است (شکل 5).

بین سطوح مصرف نیتروژن (X) به عنوان متغیر و غلظت نیتروژن برگ (Y) به عنوان تابع، رابطه‌ای از نوع پلی‌نومیل با معادله  $Y = -0.0002X^2 + 0.0447X$  با  $R^2 = 0.96$  برقرار بود. با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت

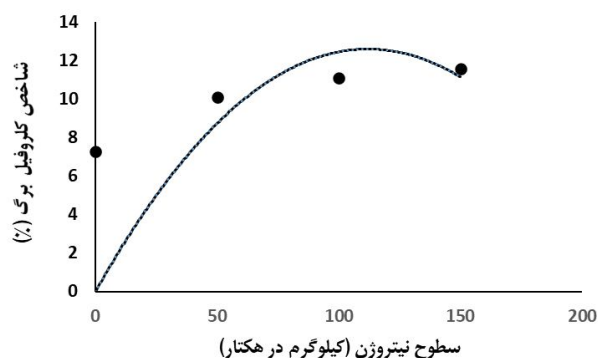


شکل 5- رابطه بین سطوح مصرف نیتروژن و غلظت نیتروژن در برگ توت فرنگی

#### رابطه بین سطوح نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ

کلروفیل در برگ به طور صعودی افزایش یافت. بیشترین میزان شاخص کلروفیل در برگ توت‌فرنگی، با مصرف 112 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برآورد شده است (شکل 6).

بین سطوح مصرف نیتروژن (X) به عنوان متغیر و شاخص کلروفیل برگ (Y) به عنوان تابع، رابطه‌ای از نوع پلی‌نومینال با معادله  $Y = -0.001X^2 + 0.2249X$  با  $R^2 = 0.96$  برقرار بود. با افزایش مصرف نیتروژن، شاخص

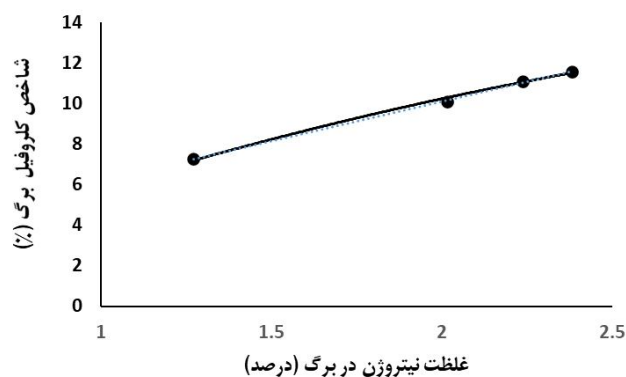


شکل 6- رابطه بین سطوح مصرف نیتروژن و شاخص کلروفیل برگ

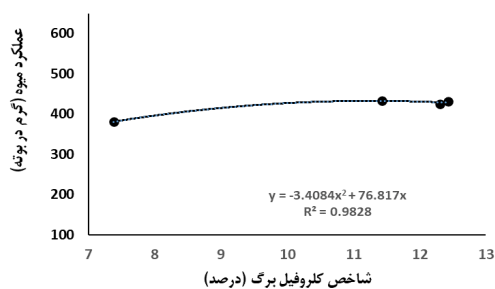
#### رابطه بین غلظت نیتروژن در برگ و شاخص کلروفیل برگ

رابطه‌ای خطی با معادله  $Y = 3.9005X + 2.3035$  با  $R^2 = 0.99$  برقرار بود (شکل 7). این رابطه نشان می‌دهد که با افزایش صعودی غلظت نیتروژن در برگ، شاخص کلروفیل برگ، به طور صعودی افزایش یافته است.

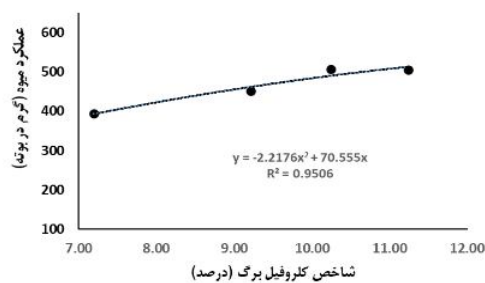
بین غلظت نیتروژن در برگ (X) به عنوان متغیر و شاخص کلروفیل برگ توت فرنگی (Y) به عنوان تابع،



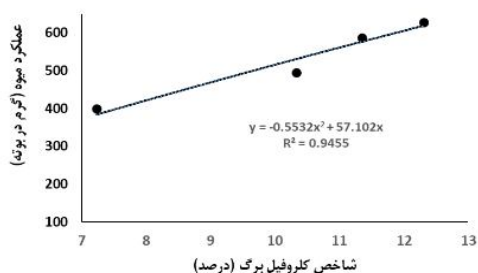
شکل 7 - رابطه بین غلظت نیتروژن در برگ و شاخص کلروفیل برگ



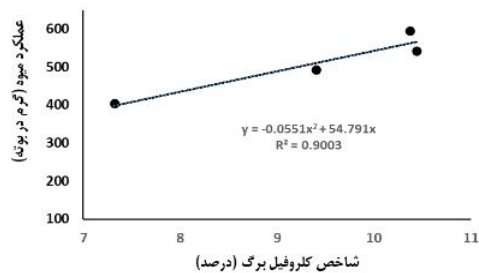
شکل 9- رابطه بین عملکرد میوه و شاخص کلروفیل برگ در زمان T2 (مصرف کل نیتروژن در بهار (یک روز پس از آخرین چین برداشت میوه))



شکل 8- رابطه بین عملکرد میوه و شاخص کلروفیل برگ در زمان T1 (کل نیتروژن در بهار (دو هفته قبل از گل‌دهی))



شکل 11- رابطه بین عملکرد میوه و شاخص کلروفیل برگ در زمان T4 (مصرف نیتروژن در سه تقسیط مساوی در زمان‌های T1، T2 و T3)



شکل 10- رابطه بین عملکرد میوه و شاخص کلروفیل برگ در زمان T3 (مصرف کل نیتروژن در ابتدای شهریور ماه)



## رابطه بین عملکرد میوه با شاخص کلروفیل برگ در

### زمان‌های مختلف مصرف

مصرف نیتروژن در زمان‌های T1، T2، T3 و T4 با شاخص کلروفیل برگ، از معادلات پلی نومیال به ترتیب با ضرایب تبیین 0/95، 0/98، 0/90 و 0/94 تبعیت نموده- اند (شکل‌های 8، 9، 10 و 11).

### همبستگی صفات

نتایج همبستگی صفات اندازه‌گیری شده طی دو سال آزمایش در جدول شماره 7 خلاصه شده است. این جدول نشان می‌دهد که بین عملکرد میوه و غلظت

نیتروژن برگ، همبستگی مثبت و قوی با ضریب همبستگی 0/812 برقرار بود. اما بین عملکرد میوه و pH و اسیدیته میوه، همبستگی ضعیف و منفی برقرار بود. بین غلظت نیتروژن برگ با کلروفیل برگ و ماده خشک میوه، همبستگی مثبت و بسیار قوی به ترتیب با ضریب همبستگی 0/976 و 0/611 وجود داشت. بین TSS میوه با نیتروژن برگ، کلروفیل برگ و ماده خشک میوه، نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری به ترتیب با ضریب 0/409، 0/327 و 0/840 برقرار بود (جدول 7).

جدول 7 - ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده طی دو سال آزمایش

| عملکرد | اسیدیته  | pH       | TSS     | ماده خشک | کلروفیل برگ | نیتروژن برگ | صفات        |
|--------|----------|----------|---------|----------|-------------|-------------|-------------|
|        |          |          |         |          |             | 1/000       | نیتروژن برگ |
|        |          |          |         |          | 1/000       | 0/976**     | کلروفیل برگ |
|        |          |          |         | 1/000    | 0/554**     | 0/611**     | ماده خشک    |
|        |          |          | 1/000   | 0/840**  | 0/327**     | 0/409**     | TSS         |
|        |          | 1/000    | -0/167  | -0/129   | -0/046      | -0/114      | pH          |
|        | 1/000    | 0/063    | 0/027   | 0/131    | 0/040       | 0/025       | اسیدیته     |
| 1/000  | -0/458** | -0/257** | 0/271** | 0/221*   | 0/166       | 0/812**     | عملکرد      |

\*\* ضریب همبستگی در سطح  $P < 0.01$  معنی‌دار است.

\* ضریب همبستگی در سطح  $P < 0.05$  معنی‌دار است.

## بحث

در این پژوهش، مصرف نیتروژن در کشت چند ساله توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا نسبت به شاهد (بدون مصرف کود نیتروژنی)، موجب افزایش عملکرد میوه شد. با بررسی تأثیر مصرف کود نیتروژنی بر عملکرد توت‌فرنگی، نتایج مشابهی توسط محققان گزارش شده است (کاریگیلیو و همکاران، 2000 و عینی‌زاده و شکوهیان، 2018). در این آزمایش، با افزایش صعودی مصرف سطح نیتروژن، عملکرد میوه توت‌فرنگی، به طور صعودی تا سطح مشخصی افزایش یافت و بر اساس تابع شکل یک،

حداکثر عملکرد میوه، با مصرف 112 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد. اما با مصرف نیتروژن بیش از این مقدار، عملکرد میوه کاهش یافت. نتایج مشابهی در خصوص تأثیر منفی مصرف بیش از حد نیتروژن بر عملکرد توت‌فرنگی گزارش شده است (چاندراموهان‌ردی و گوپال، 2020). در این پژوهش، مصرف نیتروژن در سه تقسیط مساوی (در بهار دو هفته قبل از گل‌دهی، یک روز پس از آخرین چین برداشت و در ابتدای شهریور ماه)، نسبت به زمان‌های دیگر مصرف نیتروژن، به عنوان برترین تیمار، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد میوه شد. نتایج

مشابهی در تأثیر مثبت مصرف تقسیطی کود نیتروژنی در بهار و پائیز بر روی عملکرد میوه توت‌فرنگی رقم "چاندلر" گزارش شده است (مینر و همکاران، 1997 و کاردیناس و همکاران، 2004). در تحقیقات مشابه دیگری، نیز مشخص شد که بوته‌های توت‌فرنگی که هم در پائیز و هم در بهار کود نیتروژن دریافت کرده بودند، نسبت به بوته‌هایی که فقط در بهار کود نیتروژن دریافت کرده بودند و عملکرد بیشتری داشتند (دورنر، 2017). اما بر خلاف نتیجه این پژوهش، برخی از محققین برتری مصرف یک باره کود نیتروژنی در بهار و در فصل میوه‌دهی توت-فرنگی را گزارش نمودند (هارت و همکاران، 2000). در این پژوهش، با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت نیتروژن در برگ توت‌فرنگی، به طور صعودی افزایش یافت که به تبع این افزایش در جذب نیتروژن در برگ، میزان عملکرد میوه توت‌فرنگی، نیز افزایش یافت. نتایج تحقیقات مشابه، نیز مشخص نمود که بین سطوح نیتروژن مصرفی و غلظت نیتروژن در برگ توت‌فرنگی، رابطه خطی برقرار است (گئورگ و همکاران، 1996).

بر اساس وجود رابطه پلی‌نومیال بین سطوح مختلف مصرف نیتروژن با عملکرد میوه توت‌فرنگی، بیشترین عملکرد میوه با مصرف 112 کیلوگرم نیتروژن در هکتار استحصال شد. این میزان مصرف در کود نیتروژنی، موجب افزایش غلظت نیتروژن برگ از 1/27 درصد به 2/94 درصد شده بود. نتایج مشابهی در ایالت فلوریدای آمریکا در خصوص افزایش غلظت نیتروژن در برگ توت فرنگی به دلیل مصرف کود نیتروژنی طی دو سال تحقیق گزارش شده است (هوچموث و همکاران، 1996). اثر زمان و سطوح مختلف نیتروژن بر pH میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه بی‌تأثیر بود. نتیجه مشابهی توسط برخی از محققین گزارش شده است (مینر و همکاران، 1997). این محققین معتقدند که pH، اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن قرار نمی‌گیرد. اما در مقابل، برخی از محققین دیگر معتقدند که با افزایش مقادیر مصرف کود نیتروژنی، اسیدیته میوه افزایش

می‌یابد (بیلینسکی و چاندلر، 2009). مقادیر مختلف کود نیتروژنی و زمان مصرف بر برخی از خصوصیات کیفی میوه، شامل درصد ماده خشک میوه و درجه بریکس (TSS) میوه تأثیر مثبت نشان داد. با مصرف نیتروژن، TSS میوه (درجه بریکس) افزایش نشان داد و این ویژگی کیفی میوه، در میزان مصرف 105 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به حداکثر خود رسید و سپس با افزایش مصرف نیتروژن، درجه بریکس میوه کاهش یافت. با مصرف نیتروژن ماده خشک میوه، به طور صعودی تا سطح مصرف 106 کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا کرد و با افزایش مصرف نیتروژن، کاهش نشان داد. به نظر می‌رسد علت متغییر بودن نتایج اثر مصرف نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی توت فرنگی نظیر pH اسیدیته قابل تیتراسیون میوه عمدتاً تحت تأثیر شرایط خاک و عوامل اقلیمی محل اجرای پژوهش بوده باشد.

در پژوهش انجام گرفته در ایالت فلوریدا آمریکا گزارش شده که عملکرد میوه توت‌فرنگی، به طور مؤثری، تحت استفاده از کود نیتروژنی در ابتدای فصل رشد گیاه توت‌فرنگی بوده و عوامل اقلیمی (نظیر میزان بارندگی، طول تابش خورشید، دما، رطوبت نسبی هوا و...) و محیطی (حاصلخیزی خاک) در تأثیر و یا عدم تأثیر کود نیتروژنی بر ویژگی‌های کیفی میوه نیز قابل توجه است (آگیهارا و همکاران، 2021). در مجموع از نتایج این پژوهش، چنین استنباط می‌شود بیشترین میزان عملکرد میوه و بهینه‌ترین خصوصیات کیفی میوه، با مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و به صورت تقسیطی در سه مرحله (دو هفته قبل از گل‌دهی، یک روز پس از آخرین چین برداشت در بهار و در ابتدای شهریور ماه)، به حداکثر خود رسید.

### نتیجه‌گیری کلی و توصیه فنی

به منظور افزایش عملکرد میوه توت فرنگی رقم کوئین الیزا در سیستم کشت چند ساله، مصرف کود نیتروژنی در خاک با بافت رسی و ماده آلی حدود یک

مدیریت و برنامه‌ریزی استان کردستان به خاطر تأمین اعتبار انجام این پژوهش، سپاسگزاری می‌شود. از آقایان مهندس محمدکوهسار بستانی و فرهنگ خالیدیان کارشناسان محترم بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان به پاس همکاری صمیمانه در اجرای این پژوهش و اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی نیز تشکر و تقدیر می‌شود.

درصد، حداکثر به میزان 112 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (معادل 243 کیلوگرم اوره در هکتار)، به صورت سه تقسیط (در بهار دو هفته قبل از گلدهی، یک روز پس از آخرین چین برداشت و در ابتدای شهریور ماه) برای استحصال 21083 کیلوگرم در هکتار میوه توت‌فرنگی توصیه می‌شود.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از استانداری کردستان و مدیرکل محترم دفتر آموزش و پژوهش‌های توسعه و آینده نگری سازمان

### فهرست منابع:

1. علی‌احیایی، م. 1373. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره 893. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.
2. ملکوتی، م، ج و م، ن، غیبی. 1379. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. چاپ دوم با بازنگری کامل. نشر آموزش کشاورزی. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی سازمان تات. وزارت کشاورزی. کرج. ایران.
3. ملکوتی، م، ج و م، همایی. 1373. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه‌حل‌های». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
4. Agehara, S., and M.C.d.N. Nunes. 2021. Season and nitrogen fertilization effects on yield and physicochemical attributes of strawberry under subtropical climate conditions. *Agronomy*, 11, 1391. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071391>
5. Bielinski, M.S., and C.K. Chandler. 2009. Influence of nitrogen fertilization rates on performance on strawberry cultivars. *International Journal of Fruit Science*. 9:126-135. <https://doi.org/10.1080/15538360902991337>
6. Cárdenas-Navarro, R., L. López-Pérez, P. Lobit, O. Escalante-Linares, V. Castellanos-Morales, and R. Ruíz-Corro. 2004. Diagnosis of N status in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Proc. Intl. Workshop on Models Plant Growth and Contr. Prod. Qual. In Hort. Prod. Acta Hort.* 654:257-262. <https://doi.org/10.1080/15538360902991337>
7. Chandramohan Reddy, G., and R.K. Goyal. 2020. Growth, yield and quality of strawberry as affected by fertilizer N rate and biofertilizers inoculation under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1806301>
8. Durner, E.F. 2017. Fall nitrogen enhances spring nitrogen enhanced flowering in the long day strawberry cultivar 'Elan'. *AIMS Agriculture and Food*. 2(2):149-164. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2017.2.149>
9. Einizadeh, S., and A.A. Shokouhian. 2018. The effect of biofertilizer and nitrogen rates on quantitative and qualitative properties of strawberry cultivar 'Paros'. *Journal of Central European Agriculture*, 19(3): 517-529. p.517-529. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.3.2078>
10. Fuleki, T., and F. Francis. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *Journal of Food Science and Technology*. 33, 78-83.

11. Garigilo, N.F., R.A. Pilatti, and B.L. Baldi. 2000. Using nitrogen balance to calculate fertilization in strawberries. *Hort Technology*. 10:147-150.
12. George, J.H., E.E. Albregts C.C. Chandler, J. Cornell, C., and J. Harrison. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. *J Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(4):660-665. <https://doi:10.21273/jashs.121.4.660>
13. Hart, J., T. Righetti, A. Sheets, and L.W. Martin. 2000. Strawberries, Fertilizer Guide. Ore. State Univ. Ext. Ser. Publ. FG 14.
14. Hochmuth, G.J., E.E. Albregts, C.C. Chandler, J. Cornell, and J. Harrison. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(4):660-665.
15. Jones, Jr. J. Benton, B. Wolf, and H.A. Milles. 1991. *Plant Analysis Handbook (A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide)*. ISBN 1-878148-001. Printed in the United States of America.
16. Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and, copper. *J. Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 42:421-428.
17. Miner, G.S., E.B. Polling, D.E. Carol, and L.A. Nelson. 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of "Chandler" strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122 (2):290-295.
18. OIV. 2021. *Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis*. International Organisation of Vine and Wine. Vol:1. Paris, ISBN: 978-2-85038-033-4, pp 154–196
19. Simpson, D. 2018. The economic importance of strawberry crops. In: Hytönen T., Graham J., Harrison R. (eds). *The genomes of Rosaceous berries and their wild relatives. Compendium of plant genomes*. Springer International Publishing, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9_1)

## اثر اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر فراهمی عناصر کم‌مصرف

لیلا رضاخانی<sup>1</sup>؛ بابک متشرع زاده، محمدمهدی طهرانی، حسن اعتصامی و حسین میرسیدحسینی

کارشناس بخش تحقیقات شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران؛ leila.rezakhani@yahoo.com

استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران؛ moteshare@ut.ac.ir

استادیار پژوهش بخش تحقیقات شیمی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج،

ایران؛ mtehrani2000@yahoo.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران؛ hassanetesami@ut.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران؛ mirseyed@ut.ac.ir

دریافت: 1400/9/21 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

با توجه به اینکه اغلب خاک‌های آهکی ایران دچار کمبود یک یا چند عنصر کم‌مصرف می‌باشد، تغذیه بهینه عناصر غذایی، نظیر سیلیسیم، تحت تأثیر تیمارهای زیستی، می‌تواند اثربخشی بالایی در این شرایط داشته باشد. از این رو، به منظور بررسی اثرات اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف توسط گندم، این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل چهار سطح سیلیسیم (صفر، 150، 300، 600) میلی‌گرم بر کیلوگرم سیلیسیم از منبع اسید سیلیسیک و سه سطح باکتری (عدم تلقیح باکتری، باسیلوس، و سودوموناس) در سه تکرار در گلخانه مؤسسه تحقیقات خاک و آب اجرا شد. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که کاربرد توأم اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات، موجب افزایش جذب منگنز و آهن نسبت به تیمار شاهد شد، اما اثر ناهمسازی یا غیرهم افزایی بین عناصر غذایی کم‌مصرف، موجب کاهش جذب روی در سطوح کاربرد بالاتر اسید سیلیسیک شد. اثر تلقیح باکتری باسیلوس و سودوموناس بر مقدار جذب روی، منگنز و آهن اندام هوایی گندم، نسبت به باکتری شاهد، برتری داشت. از طرفی کاربرد اسید سیلیسیک (600 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک به همراه باکتری سودوموناس)، غلظت فسفر اندام هوایی گندم را تا سطح بهینه، به‌طور معنی‌داری افزایش داد. از آنجایی که در خاک آهکی مصرف بیش از حد کود فسفاتی در جذب عناصر کم‌مصرف مشکل ایجاد می‌کند، لذا کاربرد ترکیبی اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر در فراهمی عناصر کم‌مصرف در خاک مورد مطالعه در شرایط گلخانه‌ای توصیه شود.

**واژه‌های کلیدی:** سیلیسیم، باکتری‌های محرک رشد، جذب عناصر غذایی، گندم، خاک آهکی

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: کرج، موسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

## مقدمه

سطح وسیعی از خاک‌های زراعی ایران را خاک‌های آهکی تشکیل می‌دهد. از دیدگاه مدیریتی، تولید محصول در خاک‌های آهکی با مشکلات ویژه‌ای همراه است. به دلیل وابستگی قابلیت جذب برخی عناصر غذایی کم‌مصرف به pH، معمولاً در چنین خاک‌هایی این عناصر تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شوند (مارشتر، 1995). کشاورزان برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از انواع مختلف کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند. کودهای شیمیایی اگرچه در کوتاه‌مدت نیاز گیاهان را تأمین می‌کنند ولی مصرف بیش از اندازه آن‌ها علاوه بر بالا بردن هزینه تولید، تأثیرات ضدیتی بر یکدیگر داشته و از جذب آن‌ها توسط ریشه گیاهان جلوگیری می‌کند. به عنوان مثال مصرف بیش از حد کود فسفوری در جذب عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی مشکلاتی ایجاد می‌کند. کشاورزان ناچار به افزایش کاربرد کود آهن و روی می‌شوند که کاربرد این دو ممکن است در جذب کاتیون‌های مشابه مانند مس و منگنز اختلال ایجاد نماید و این چرخه مصرف به تدریج منجر به تجمع کودها در خاک و افزایش هزینه تولید شود (اعتمادیان و همکاران، 1396).

اگرچه فسفر به مقدار فراوانی در خاک‌ها به دو شکل آلی و معدنی یافت می‌شود اما در مقایسه با سایر عناصر غذایی، فسفر در بیشتر خاک‌ها تحرک و قابلیت جذب کمی دارد و بخش زیادی از فسفات معدنی محلول که به شکل کود شیمیایی به خاک اضافه می‌شود تثبیت شده و برای گیاهان غیرقابل استفاده می‌شود. در میان باکتری‌ها، جنس‌های متعلق به سودوموناس، باسیلوس و ریزوبیوم توانمندترین جدایه‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول معدنی هستند، که از طریق انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی قابلیت جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می‌دهند (تیان و کولاول، 2004). تولید و ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باعث افزایش اسیدی شدن محیط اطراف ریشه و

کاهش pH خاک می‌شود و می‌تواند نقش مهمی در انحلال و آزادسازی عناصر غذایی کم‌محلول در خاک مانند آهن، روی، مس، منگنز و فسفر داشته باشد (الرحمن و همکاران، 2012؛ اولانیواجو و همکاران، 2017). در شرایطی که گیاه با تنش مواجه می‌شود، تغذیه صحیح گیاه با استفاده از عناصر معدنی از راهکارهای کاهش اثرهای زیانبار تنش‌های محیطی گزارش شده‌است. در این بین اثرهای مفید سیلیسیم بر رشد، عملکرد و تحمل برخی از گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی اثبات شده‌است (زرگر و همکاران، 2019). تغذیه بهینه سیلیسیم با افزایش رشد و توسعه حجمی و وزنی ریشه‌ها می‌تواند منجر به افزایش سطح کل جذب‌کننده عناصر شود (سنوب و همکاران، 2011).

اگرچه تغذیه گیاهان با کودهای حاوی سیلیسیم نشان‌دهنده افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول می‌باشد، به نظر می‌رسد اثرات مفید سیلیسیم تحت شرایط مطلوب چندان چشمگیر نبوده و تنها زمانی که گیاهان در معرض تنش قرار گیرند، اثرات سودمند سیلیسیم مشاهده می‌گردد (گونتزر و همکاران، 2012). اما در تحقیقی که توسط (رضاخانی و همکاران، 2019) بر روی گیاه گندم و گیاه سورگوم (رضاخانی و همکاران، 2020) انجام شد، نتایج نشان داد که کاربرد اسید سیلیسیک در شرایط حضور فسفر محلول در خاک (عدم تنش) نسبت به شرایط کمبود فسفر محلول (خاک فسفات) توانست منجر به افزایش ماده خشک و قابلیت دسترسی فسفر شود. مکانیزم‌هایی که به وسیله آن‌ها سیلیسیم (تنظیم ژن‌های انتقال‌دهنده برای جذب عناصر غذایی و افزایش ترشحات مالات و سیترات) (کستیک و همکاران، 2017) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (تولید اسیدهای آلی و کاهش pH خاک) (شارما و همکاران، 2013) می‌توانند قابلیت دسترسی عناصر غذایی را برای گیاهان افزایش دهند، تا حدی شناخته شده‌اند. نتایج تحقیقات (گریجر و همکاران، 2018) نیز نشان داد که کاربرد اسید سیلیسیک، فسفر قابل

(میرانصاری، 2013). همچنین باکتری‌های محرک رشد، می‌توانند اثرات منفی بیش‌بود این عناصر را با مکانیسم تولید سیدروفور و ترشحات ریشه‌ای کاهش دهند. باکتری‌های محرک رشد می‌توانند قابلیت دسترسی منگنز را در گیاهان با کاهش اکسیداسیون  $Mn^{4+}$  به  $Mn^{2+}$  کاهش دهند و بر رشد گیاه و ترشحات ریشه‌ای اثر گذارند (دوتا و پادیل، 2010). در ارتباط با عنصر آهن کاربرد سیلیسیم، کلروز ناشی از کمبود آهن را از طریق افزایش انتقال آهن از ریشه به ساقه، ایجاد تعادل با عناصر غذایی دیگر از قبیل نسبت آهن به منگنز، تجمع ترکیبات متحرک آهن از قبیل سترات (در آوندهای چوبی و بافت‌های ریشه و ساقه) و افزایش فعالیت کلات آهن رداکتاز، کاهش می‌دهد (اعتصامی و جیونگ، 2018). همچنین کاربرد سیلیسیم می‌تواند از طریق رهاسازی یون‌های هیدروکسیل ( $OH$ ) توسط ریشه، افزایش ظرفیت اکسیداسیونی ریشه‌ها (تغییر آهن دوظرفیتی  $(Fe^{2+})$  به آهن سه ظرفیتی  $(Fe^{3+})$ ) و افزایش رسوب آهن در سطح ریشه‌ها به صورت سیلیکات‌های آهن، موجب کاهش تنش سمیت آهن گردد (یوکیانگ و همکاران، 2012).

طبق تحقیقات انجام شده تولید هورمون ایندول استیک اسید و سیدروفور توسط باکتری‌های محرک رشد، می‌تواند تغذیه آهن را بهبود بخشد (راموس سلانو و همکاران، 2010). تحقیقات کمی در زمینه کاربرد سیلیسیک اسید به عنوان کود سیلیسمی و اثرات آن بر قابلیت دسترسی عناصر کم‌مصرف انجام شده است. همچنین با توجه به نتایج تحقیقاتی که در بررسی اثرات مثبت سیلیسیم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر رشد و عملکرد گیاهان بدست آمده و توجه به مسأله جلوگیری از مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی و به دنبال آن برهم خوردن تعادل بین عناصر غذایی به ویژه در خاک‌های آهکی ایران که با کمبود عناصر کم مصرف مواجه هستند، بررسی اثرات متقابل سیلیسیم و باکتری بر قابلیت دسترسی عناصر کم‌مصرف، ضروری می‌باشد. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثرات سیلیسیک اسید و باکتری-

جذب گیاه را افزایش می‌دهد (به دلیل کاهش ظرفیت تثبیت فسفر خاک و افزایش حلالیت فسفر که در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کودهای فسفاتی می‌گردد). در ارتباط با عناصر کم‌مصرف، حلالیت روی در ریزوسفور، از طریق اسیدی شدن محیط رشد و دفع عوامل کلات-کننده توسط ریشه، کنترل می‌شود (سینکلیر و کرامر، 2012). کاربرد سیلیسیم موجب ضخیم شدن دیواره سلولی ریشه‌ها و تأخیر در انتقال یون  $Zn^{2+}$  به ساقه می‌گردد. هنگامی که سیلیسیم و روی در مجاورت آندودرم ریشه قرار می‌گیرند، به شکل سیلیکات‌روی رسوب می‌کند (افزایش جذب  $(Zn^{2+})$  توسط سیلیکات‌ها  $(SiO_4^{4-})$ ) و مانع از انتقال روی به آوندهای چوبی می‌شود و در نهایت درون واکنش‌ها تجمع می‌یابد و از انتقال بیش از حد برخی فلزات به اندام‌های حساس گیاه جلوگیری می‌کند (شی و همکاران، 2013). محققین دریافتند که عوامل کلات‌کننده با وزن مولکولی کم (از قبیل سترات) حلالیت روی را از طریق تشکیل کمپلکس با عنصر روی افزایش می‌دهد (پاولویک و همکاران، 2013: بیتیوسکی و همکاران، 2014). بر طبق تحقیقات گذشته زمانی که سطح فسفر خاک پایین باشد، افزودن اسید سیلیسیک به خاک، موجب کاهش جذب منگنز به میزان 50 درصد و کاهش جذب آهن به میزان 20% می‌گردد.

در این صورت نسبت فسفر به آهن و نسبت فسفر به منگنز افزایش می‌یابد، لذا قابلیت جذب فسفر در گیاهانی که در شرایط کمبود و یا بیش‌بود فسفر هستند، به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد (لوکس و همکاران، 2003). توکلی و همکاران (2011) گزارش کردند که افزایش جذب فسفر تحت تأثیر سیلیسیم، به دلیل کاهش سمیت منگنز در اثر تغذیه سیلیسمی و افزایش نسبت فسفر به منگنز و فسفر به آهن در گیاه می‌باشد. ترشحات ریشه‌ای که توسط باکتری‌های محرک رشد آزاد می‌شوند، با عناصر آهن و منگنز و دیگر عناصر تشکیل کمپلکس می‌دهند و بدین‌صورت از رسوب آن‌ها جلوگیری می‌کنند

های حل‌کننده فسفات بر مقدار جذب عناصر غذایی کم- مصرف توسط محصول استراتژیک گندم در خاک آهکی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه موسسه تحقیقات خاک و آب اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح سیلیسیم (صفر، 150، 300 و 600 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک) از منبع اسید سیلیسیک ( $H_4SiO_4$ ) و سه

سطح (نوع) باکتری حل‌کننده فسفات (عدم تلقیح باکتری، باسیلوس و سودوموناس) بود. خاک آهکی با مقدار فسفر قابل جذب زیر سطح بحرانی (5/5 میلی‌گرم بر کیلوگرم) از مزرعه موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در کرج و از عمق سطحی (0-30 سانتی‌متری) نمونه‌برداری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مطابق روش‌های متداول آزمایشگاهی تعیین گردید و برای اندازه‌گیری غلظت سیلیسیم قابل جذب در خاک از روش (نارایاناسومی و پراکاش، 2009) استفاده شد (جدول 1).

جدول 1- ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

| Zn                   | Mn   | Cu   | Fe   | Si       | P   | K   |                    |      |       |          |      |     |      | کلاس بافت خاک   |
|----------------------|------|------|------|----------|-----|-----|--------------------|------|-------|----------|------|-----|------|-----------------|
| قابل استخراج با DTPA |      |      |      | قابل جذب |     |     | P <sub>total</sub> | OC   | CCE   | CEC      | EC   | pH  | FC   | جمعیت باکتری    |
| mg/kg                |      |      |      |          |     |     | mg/kg              | %    | %     | cmolc/kg | dS/m |     | %    | CFU/ml          |
| 0/93                 | 8/05 | 1/12 | 4/51 | 34/22    | 5/5 | 258 | 1186               | 0/60 | 10/96 | 14/52    | 1/03 | 7/8 | 22/7 | $3 \times 10^3$ |

روشنایی، 12 ساعت روشنایی و 12 ساعت تاریکی و رطوبت نسبی 60 درصد در نظر گرفته شد. برای اطمینان از یکسان بودن شرایط، متناوباً جای تیمارها و تکرارهای مربوط به هر تیمار تعویض شد تا خطای احتمالی ناشی از تفاوت نور، دما، تبخیر، تعرق و سایر عوامل تا حد ممکن برطرف گردد. آبیاری روزانه با محلول غذایی هوگلند (هوگلند و آرنون، 1950) و آب مقطر به صورت وزنی انجام گرفت به طوری که 80 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای تأمین گردد. برداشت گیاه بعد از گذشت 60 روز از جوانه‌زنی، در پایان دوره رویشی و قبل از ورود به دوره زایشی انجام شد. به‌منظور تجزیه اندام هوایی گیاه و تعیین غلظت عناصر کم‌مصرف و فسفر، از روش سوزاندن خشک و هضم با هیدروکلریک اسید استفاده گردید (والینگ و همکاران، 1989). غلظت عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز در عصاره حاصل، توسط دستگاه جذب اتمی و غلظت فسفر نیز در عصاره حاصل به روش آمونیم‌مولیدو وانادات (رایان و همکاران، 2007) تعیین شد. غلظت سیلیسیم گیاه با استفاده از روش رنگ‌سنجی و بر اساس ترکیب اسیدسیلیسیک و

گلدان‌های سه کیلوگرمی با دو منفذ برای زهکش تهیه گردید. انتخاب سطوح و ترکیب سیلیسیم با استفاده از نتایج تحقیقات گذشته انجام شد (صالح و همکاران، 2018؛ المیر و همکاران، 1396). قبل از کشت گیاه، تیمار سیلیسیک اسید (به صورت تجاری و ساخت کشور آلمان تهیه شد) طی یک مرحله به صورت محلول به خاک گلدان‌ها اعمال شد به گونه‌ای که با خاک داخل هر گلدان، به خوبی مخلوط گردد. بذر گندم با نام علمی (*Triticum*) رقم سیروان، از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شد. بعد از ضدعفونی بذرهای انجام تست جوانه‌زنی، تعداد چهار جوانه درون گلدان‌ها کشت شد. باکتری *Bacillus simplex* UT1 و باکتری *Pseudomonas sp.* FA1 از گروه بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک دانشگاه تهران فراهم شد و به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه (جدا شده از ریزوسفر گیاه گندم) استفاده شدند. بعد از کشت بذر، به ازای هر گیاهچه، یک میلی‌لیتر مایه تلقیح باکتری تهیه شده، در سطح ریشه تیمار گردید. در طول دوره آزمایش درجه حرارت روزانه و شبانه به ترتیب 25 و 15 درجه سانتی‌گراد، دوره



میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای Duncan در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تیمارهای (سیلیسیم-باکتری) بر تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده، معنی‌دار بود (جدول 2).

اسیدمولیبدیک و تشکیل اسیدسیلیکومولیبدیک (کمپلکس احیاء شده آبی رنگ) (هالمارک و همکاران، 1982) اندازه‌گیری شد. مقدار کل عناصر کم‌مصرف جذب شده از طریق حاصلضرب غلظت عنصر مورد نظر در وزن خشک همان قسمت بدست آمد (گش و سینگ، 2005). کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.4) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و برای مقایسه

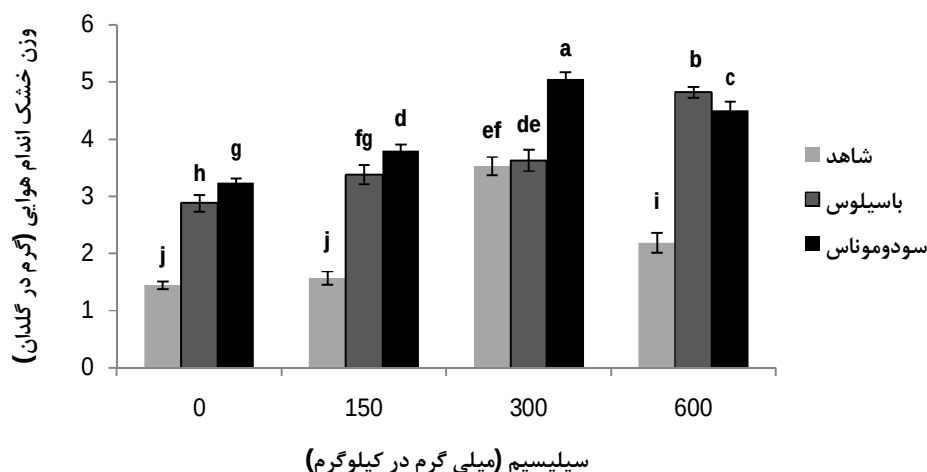
جدول 2- نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر مقدار شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گندم

| میانگین مربعات |           |         |           |              |         | درجه آزادی | منابع تغییرات  |
|----------------|-----------|---------|-----------|--------------|---------|------------|----------------|
| جذب آهن        | جذب منگنز | جذب روی | غلظت فسفر | غلظت سیلیسیم | وزن خشک |            |                |
| 0/068**        | 0/045**   | 0/001** | 0/026**   | 3/41**       | 4/91**  | 3          | سیلیسیم        |
| 0/084**        | 0/043**   | 0/016** | 0/089**   | 0/207**      | 12/66** | 2          | باکتری         |
| 0/014**        | 0/005**   | 0/001** | 0/001**   | 0/056*       | 0/883** | 6          | سیلیسیم×باکتری |
| 0/00008        | 0/00006   | 0/00006 | 0/00003   | 0/001        | 0/018   | 24         | خطا            |
| 4/05           | 4/37      | 5/65    | 2/37      | 3/72         | 4/05    |            | CV (%)         |

ns: غیرمعنی دار. \*, \*\*, \* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 درصد و یک درصد، ns: غیرمعنی دار

و باکتری سودوموناس) بدست آمد (شکل 1). اثر تیمار باکتری بر وزن خشک اندام هوایی گندم، نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری) برتری داشت.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی گندم به مقدار (5 گرم در گلدان) از تیمار (سطح 300 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم

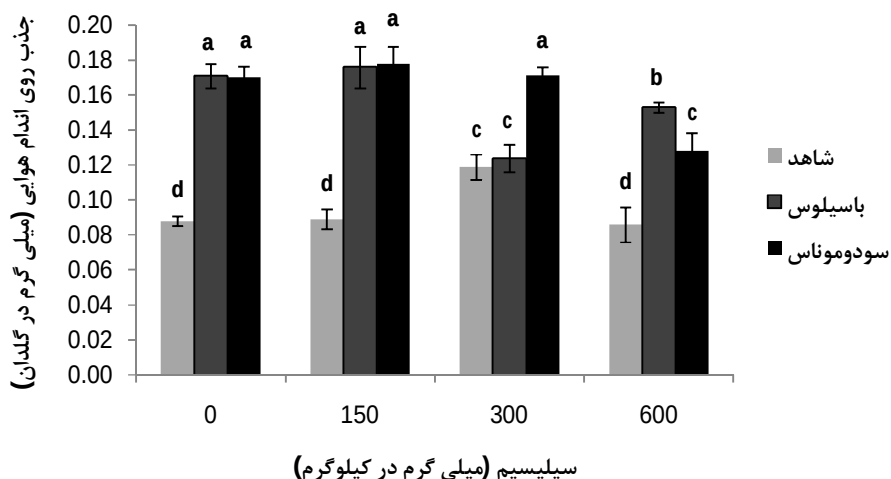


شکل 1- مقایسه میانگین اثرات دوگانه تیمارهای (سیلیسیم-باکتری) بر وزن خشک اندام هوایی گندم

و اسید سیلیسیک (کووالسکا و همکاران، 2021)، موجب افزایش بیوماس اندام هوایی گندم گردید. اثرات متقابل

نتایج تحقیقات نشان داد که کاربرد سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم (صابریان رنجبر و همکاران، 2019)

یافت (شکل 2)، بیشترین مقدار جذب روی اندام هوایی (0/18 میلی‌گرم در گلدان) از تیمار (سطح 150 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک و باکتری سودوموناس) بدست آمد. به‌طورکلی اثر باکتری باسیلوس و سودوموناس بر مقدار جذب روی در اندام هوایی گندم، نسبت به باکتری شاهد، برتری داشت.



شکل 2- مقایسه میانگین اثرات دوگانه تیمارهای (سیلیسیم-باکتری) بر جذب روی اندام هوایی گندم

2014) نشان دادند که کاربرد سیلیکون در شرایط کمبود روی، رشد رویشی و زایشی گیاه برنج و غلظت برخی عناصر مانند فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد. با توجه به نتایج تحقیقات گذشته، باکتری‌های محرک رشد می‌توانند قابلیت دسترسی عناصر کم‌مصرف را از طریق کاهش pH خاک و تولید ترکیبات مختلف (از قبیل کربوکسیلات و ترکیبات فنولیک) و عوامل کلات‌کننده (ترکیبات فنولیک و اسیدهای آلی)، در گیاهان افزایش دهند (میرانصاری، 2013) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به افزایش غلظت فسفر گیاه با کاربرد سطوح بالاتر سیلیسیم (سطح 600 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک)، این احتمال وجود دارد که اثر متقابل (سیلیسیم-باکتری) با افزایش غلظت فسفر گیاه، به‌علت برهمکنش منفی با عنصر روی، موجب کاهش جذب عنصر روی در سطوح بالاتر کاربرد سیلیسیم شده‌است. همچنین با توجه به رقابت بین عناصر کم‌مصرف در جذب توسط ریشه گیاه،

کاربرد اسید سیلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (سودوموناس و باسیلوس)، موجب افزایش ماده خشک اندام هوایی و ریشه گندم در خاک آهکی شد (رضاخانی و همکاران، 1398).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح سیلیسیم (بیشتر از 300 میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مقدار جذب روی در اندام هوایی گندم، کاهش معنی‌داری

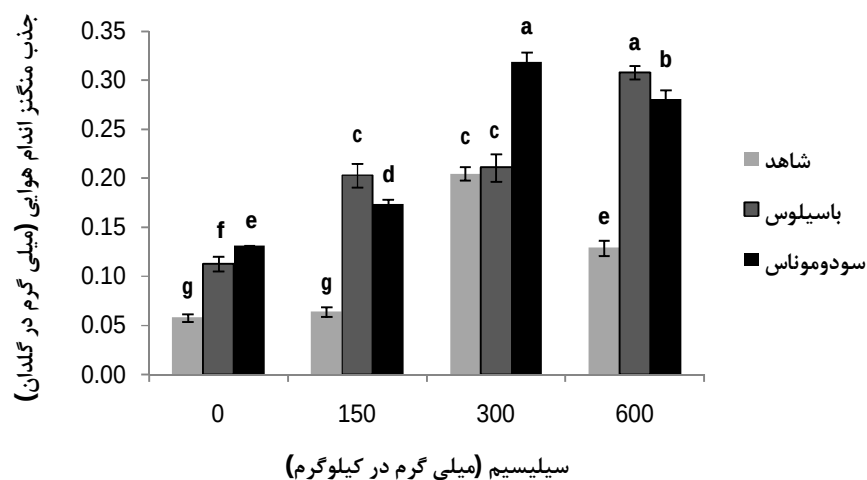
صالح و همکاران (1394) دریافتند که از بین تیمارهای سیلیسیم در چهار سطح (شاهد، 100، 200، 300 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک) از منبع سیلیسیک اسید در یک خاک لوم شنی با pH 7/2، سطح 300 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک، منجر به افزایش غلظت فسفر بخش هوایی برنج شد که با توجه به برهمکنش منفی عنصر روی بر جذب فسفر، می‌توان آن را به کاهش مقدار روی قابل عصاره‌گیری در خاک در حضور سیلیسیم نسبت داد، زیرا اسید سیلیسیک اسید قادر است با روی واکنش داده و سیلیکات‌های کم‌محلول نظیر  $ZnSiO_2$  و  $Zn_2SiO_4$  تشکیل دهد (ناسیمتو و همکاران، 2008). از طرفی (پاسکوال و همکاران، 2016) عنوان کردند زمانی که گیاه سویا، دچار کمبود روی در محیط رشد می‌شود، کاربرد سیلیسیم می‌تواند از طریق افزایش سیترات در گیاه و تغییر در توزیع روی، کمبود روی را برطرف کند. در تحقیقی (مهربان جوبانی و همکاران،

از تیمار (سطح 300 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم و باکتری سودوموناس) بدست آمد که با تیمار (سطح 600 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم و باکتری باسیلوس) از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشت. بیشترین مقدار جذب آهن اندام هوایی (0/43 میلی گرم در گلدان) نیز از تیمار (سطح 300 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم و باکتری سودوموناس) بدست آمد. به طور کلی اثر باکتری باسیلوس و سودوموناس بر مقدار جذب منگنز و آهن اندام هوایی گندم، نسبت به باکتری شاهد، برتری داشت.

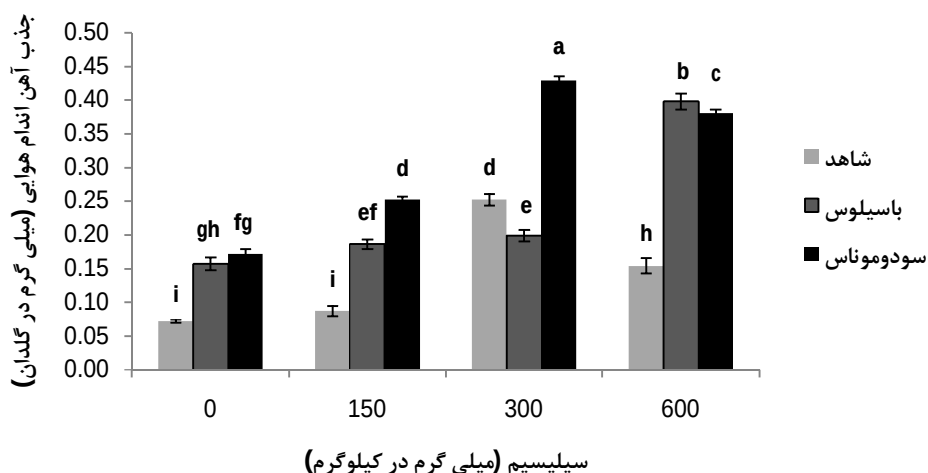
کاهش در مقدار جذب عنصر روی می تواند منجر به افزایش جذب آهن و منگنز گردد (بایوردی، 2006).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تغییرات در مقدار جذب منگنز و آهن از یک روند مشابهی پیروی کرد. به طوری که با افزایش سطوح سیلیسیم تا (سطح 300 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم)، مقدار جذب منگنز و آهن اندام هوایی گندم با و یا بدون تلقیح باکتری، افزایش یافت (شکل 3). در تیمار باکتری باسیلوس، این افزایش در مقدار جذب منگنز و آهن اندام هوایی تا (سطح 600 میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم)، ادامه داشت. بیشترین مقدار جذب منگنز اندام هوایی (0/32 میلی گرم در گلدان)

(الف)



(ب)



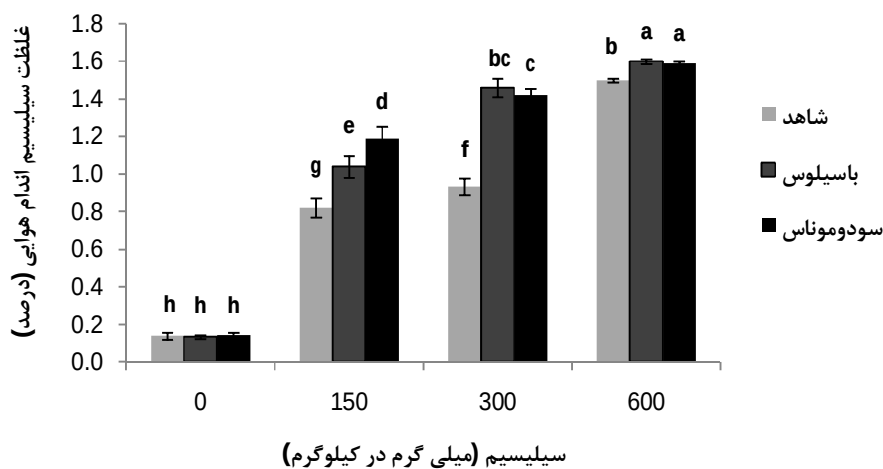
شکل 3- مقایسه میانگین اثرات دوگانه تیمارهای (سیلیسیم-باکتری) بر جذب الف) منگنز و ب) آهن اندام هوایی گندم

احتمالاً با افزایش جذب آهن از طریق بهبود کارکرد غشاهای زیستی و افزایش تحرک آهن از طریق افزایش فنل‌ها توانست اثرات کمبود آهن و کاهش رشد ناشی از آن را در گیاه برنج کاهش دهد. البته این احتمال نیز وجود دارد که به‌علت رقابت عناصر کم‌مصرف در جذب و به-سبب کاهش جذب عنصر روی، امکان جذب بیشتر منگنز و آهن توسط گندم فراهم شده است.

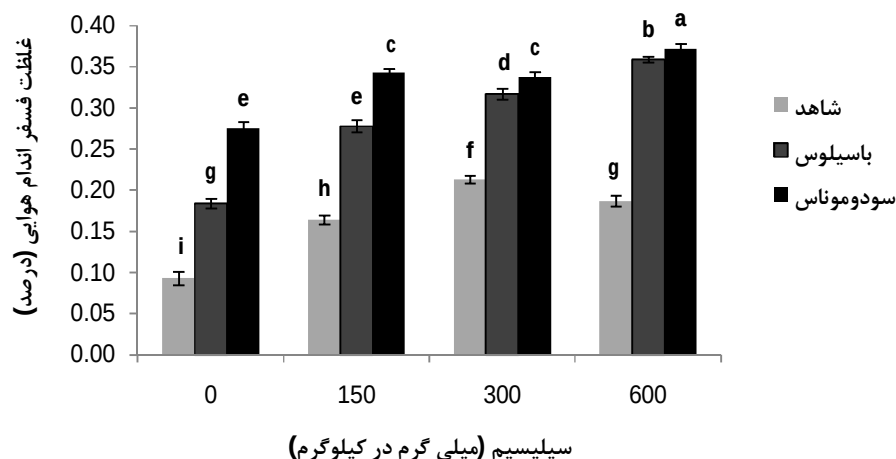
با افزایش سطوح سیلیسیم، غلظت سیلیسیم اندام هوایی گندم افزایش یافت و این اثر در حضور باکتری تشدید شد. بیشترین غلظت سیلیسیم اندام هوایی (1/6 درصد) از کاربرد توأم (سطح 600 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم و تلقیح باکتری باسیلوس) بدست آمد و با باکتری سودوموناس اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. کاربرد سیلیسیم با (سطح 600 میلی‌گرم سیلیسیم بر کیلوگرم به‌همراه باکتری سودوموناس)، غلظت فسفر اندام هوایی را تا سطح بهینه، به‌طور معنی‌داری افزایش داد (>0/3%) (شکل 4). تلقیح باکتری سودوموناس و باسیلوس بر افزایش غلظت سیلیسیم و فسفر اندام هوایی گندم در تمامی سطوح سیلیسیم کاربردی، نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری)، برتری داشت.

نتایج آزمایش یوسفی و اثنی‌عشری (1396) بر روی گیاه توت‌فرنگی در راستای نتایج (فخت کریستوفرز و همکاران، 2007) بر گیاه لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد که گزارش کردند کاربرد سیلیسیم باعث افزایش جذب منگنز توسط گیاه شد. لی و همکاران (1999) گزارش کردند که کاربرد سیلیسیم می‌تواند کمبود منگنز را از طریق افزایش ظرفیت اکسیداسیونی ریشه‌ها برطرف کند. همچنین سیلیسیم از طریق کاهش سمیت آهن و منگنز و آلومینیوم، موجب افزایش قابلیت دسترسی فسفر توسط گیاه می‌گردد. گزارش دیگری نیز افزایش جذب آهن توسط گیاه را با کاربرد سیلیسیم، عنوان کرد (فرشیدی و همکاران، 2012). همچنین افزودن سیلیسیم به محلول-غذایی، باعث کاهش علائم کلروز کمبود آهن در گیاه گردید (گونزالو و همکاران، 2013). با مطالعه اثر سیلیسیم بر ذرت کشت شده در محیط کشت هیدروپونیک، افزایش آهن در نتیجه کاربرد سیلیسیم گزارش شد و مشخص گردید که جذب زیاد آهن در گیاهان تیمار شده با سیلیسیم، مربوط به افزایش فعالیت کلات آهن رداکتاز FRO (Fe(III)-chelate reductase) در ریشه می‌باشد (گوتاردی و همکاران، 2014). در تحقیق کیانی و همکاران (1393) نتایج نشان داد که کاربرد سیلیسیم

(الف)



(ب)



شکل 4- مقایسه میانگین اثرات دوگانه تیمارهای (سلیسیم-باکتری) بر الف) غلظت سلیسیم و ب) غلظت فسفر اندام هوایی گندم

می‌شود، لذا کاربرد سلیسیم جذب فسفر را می‌تواند بهبود بخشد.

### نتیجه‌گیری کلی

اثرات توأم اسید سلیسیک و باکتری‌های حل-کننده فسفات بر جذب عناصر منگنز و آهن اندام هوایی گندم و وزن خشک گندم، اثر افزایشی داشت. وزن خشک اندام هوایی گندم در اثر کاربرد توأم اسید سلیسیک و باکتری،  $3/5$  برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در ارتباط با عنصر روی اثر ناهمسازی بین عناصر غذایی، موجب کاهش جذب روی در سطوح بالاتر کاربرد اسید سلیسیک شد اما در این شرایط، گیاه با کمبود روی مواجه نشد. به طور کلی کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، اثر سلیسیم را در افزایش فراهمی عناصر غذایی در گیاه گندم تشدید نمود. از آنجایی که در خاک آهکی مصرف بیش از حد کود فسفاتی در جذب عناصر کم-مصرف مشکل ایجاد می‌کند، لذا کاربرد ترکیبی اسید سلیسیک و باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر در فراهمی عناصر کم‌مصرف در شرایط گلخانه‌ای توصیه شود تا با ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی، رشد گیاه گندم را در این شرایط بهبود دهد.

نتایج تحقیقات (ال-لبودی و همکاران، 2019) در یک خاک رسی نشان داد که با افزایش کاربرد سطوح سلیسیم از صفر تا 400 میلی‌گرم سلیسیم در کیلوگرم خاک، غلظت سلیسیم اندام هوایی گندم از  $3/5$  میلی‌گرم بر گرم در تیمار شاهد به  $7/3$  میلی‌گرم بر گرم در تیمار (400 میلی‌گرم سلیسیم در کیلوگرم خاک)، افزایش یافت. همچنین عنوان شد که کاربرد سلیسیم موجب افزایش قابلیت دسترسی فسفر گندم شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. نتایج تحقیقات (الهاسوفی و همکاران، 2020) نشان داد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، موجب افزایش قابلیت دسترسی فسفر در منطقه ریزوسفیر گیاه گندم شد. به گزارش (الزوبی و جاییور، 2012) کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات مانند باسیلوس، قابلیت دسترسی فسفر را حدود 30 درصد افزایش می‌دهد. رضاخانی و همکاران (1400) گزارش کردند که کاربرد ترکیبی سلیسیم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (با داشتن اثرات هم‌افزایی)، در شرایط کمبود فسفر محلول خاک آهکی، توانست فسفر مورد نیاز گندم را تا سطح بهینه فراهم کند. سلیسیم به علت اثر رقابتی در جذب و نیز کمک به آزادسازی فسفر محلول سبب افزایش جذب فسفر محلول و آزاد شدن فسفر از فاز تبادلی به فاز محلول

## فهرست منابع:

1. اعتمادیان، م.، ا. حسینی، م. نورزاده حداد، و م. حنیفه ثی. 1396. کاربرد اسیدهای آلی و معدنی بر آزادسازی عناصر غذایی در خاک‌های آهکی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، 24 (5): 73-91.
2. رضاخانی، ل.، ب. متشع زاده، م. طهرانی، ح. اعتصامی، و ح. میرسیدحسینی. 1398. اثر سیلیسیم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر افزایش کارایی مصرف فسفر. شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، زنجان.
3. رضاخانی، ل.، ب. متشع زاده، م. طهرانی، ح. اعتصامی، و ح. میرسیدحسینی. 1400. بررسی دینامیک شکل‌های شیمیایی سیلیسیم در خاک آهکی و اثر آن بر فراهمی فسفر. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، کرج.
4. صالح، ج.، ن. نجفی، و ش. اوستان. 1394. تأثیر مصرف سیلیسیم بر رشد، ترکیب شیمیایی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط شور. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 72: 229-240.
5. کیانی، ز.، ا. عبدل زاده، و ح. ر. صادقی پور. 1393. تحریک رشد، افزایش آهن، پتاسیم و ترکیبات دیواره سلولی با کاربرد سیلیسیم در گیاه برنج تحت شرایط کمبود آهن. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، 12(1): 65-72.
6. مالمیر، ر.، ب. متشع زاده، و ل. تبریزی. 1396. تأثیر کاربرد منابع مختلف سیلیسیم بر محتوای عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و سیلیسیم گیاه استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*). پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. شهر یور. 1396. اصفهان، ایران.
7. یوسفی، ر.، و م. اثنی عشری. 1396. تأثیر میکرو و نانو ذرات سیلیسیم بر غظت عناصر پرمصرف، کم‌مصرف و میزان سیلیسیم گیاه توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک. نشریه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، 8 (1): 57-70.
8. Alzoubi, M. M., Gaibore, M. 2012. The effect of phosphate solubilizing bacteria and organic fertilization on availability of syrian rock phosphate and increase of triple superphosphate efficiency. World J. Agric. Sci, 8: 473–478, doi: 10.5829/idosi.wjas.2012.8.5.1668
9. Baybordi, A. 2006. Zinc in soils and crop nutrition. Paivar press. Tabriz, Iran. 180 pp. (In Persian).
10. Bityutskii, N., Pavlovic, J., Yakkonen, K., Maksimović, V., Nikolic, M. 2014. Contrasting effect of silicon on iron, zinc and manganese status and accumulation of meta mobilizing compounds in micronutrient-deficient cucumber. Plant Physiology and Biochemistry. 74: 205-211.
11. Dutta, S. and Podile, A. R. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. Critical Reviews in Microbiology. 36: 232-244.
12. Elhaisoufi, W., Khourchi, S., Ibnyasser, A., Ghoulam, Ch., Rchiad, Z., Zeroual, Y., Lyamlouli, K., and Bargaz, A. 2020. Phosphate solubilizing rhizobacteria could have a stronger influence on wheat root traits and aboveground physiology than rhizosphere P solubilization. Frontiers in plant science, doi: 10.3389/fpls.2020.00979
13. El-Leboudi, S., El-Sebaay, A. S., Hassan Abd Elrahman, Sh., Wafaa, M., Saad, H. Y. 2019. Effect of silicon and phosphorus additions and their interactions on wheat plants grown on a clay soil. Asian Soil Research Journal, 2(1): 1-10.
14. Elrahman, S.H.A., Mostafa, M.A.M., Taha, T.A., Elsharawy, M.A.O., and Eid, M.A. 2012. Effect of different amendments on soil chemical characteristics, grain yield and elemental content of wheat plants grown on salt-affected soil irrigated with low quality water. Annals of Agricultural Sciences. 57: 2. 175-182.
15. Etesami, H. and Jeong, B. R. 2018. Silicon (Si) review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. Ecotoxicology and Environmental Safety. 147(Supplement C): 881-896.

16. Farshidi, M., Abdolzadeh, A., Sadeghipour, H. R. 2012. Silicon nutrition alleviates physiological disorders imposed by salinity in hydroponically grown canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 34: 1779-1788.
17. Fecht-Christoffers, M.M., P. Maier, K. Iwasaki, H.P. Braun and W.J. Horst. 2007. The Role of the leaf apoplast in manganese toxicity and tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). PP. 307-321. In: Sattelmache, B. and W.J. Horst (Eds.), *The Apoplast of Higher Plants: Compartment of Storage, Transport and Reactions*, Springer, The Netherlands.
18. Gonzalo, M. J., Lucena, J. J., Hernández-Apaolaza, L. 2013. Effect of silicon addition on soybean and cucumber plants grown under iron deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*. 70: 455-461.
19. Gottardi, S., Iacuzzo, F., Tomasi, N., Cortella, G., Manzocco, L., Pinton, R., Romheld, V., Mimmo, T., Scampicchio, M., Costa, L. D., Cesco, S. 2014. Beneficial effects of silicon on hydroponically grown corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 56: 14-23.
20. Greger, M., Landberg, T., Vaculík, M. 2018. Silicon influences soil availability and accumulation of mineral nutrients in various plant species. *Plants*, 7:41.
21. Guntzer, F., Keller, C., Meunier, J. D. 2012. Benefits of plant silicon for crops: areview. *Agron. Sustain. Dev.* 32: 201-213.
22. Hallmark, C. T., Wilding, L. P., Smeck, N. E. 1982. Silicon. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R, editors. *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties*, Agronomy monograph no. 9. 2nd ed. Madison: The America Society of Agronomy and Soil Science. P. 263-73.
23. Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Circ. Calif. Agric. Exp. Station* 347.
24. Kostic, L., Nikolic, N., Bosnic, D., Samardzic, J., Nikolic, M. 2017. Silicon increases phosphorus (P) uptake by wheat under low P acid soil conditions. *Plant Soil*. 419: 447-455.
25. Kowalska, J., Tyburski, J., Jakubowska, M., Krzysińska, J. 2021. Effect of different forms of silicon on growth of spring wheat cultivated in organic farming system. *Silicon*, 13(1): 211–217. [https:// doi.org/10.1007/s12633-020-00414-4](https://doi.org/10.1007/s12633-020-00414-4)
26. Li, Y., Alva, A., Sumner, M. 1999. Response of cotton cultivars to aluminum in solutions with varying silicon concentrations. *Journal of Plant Nutrition*. 12(7): 881-892.
27. Lux, A., Luxova, M., Abe, J., Tanimoto, E., Hattori, T., Inanaga, S. 2003. The dynamics of silicon deposition in the sorghum root endodermis. *New Phytol.* 158: 437-441.
28. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London.
29. Miransari, M. 2013. Soil microbes and the availability of soil nutrients. *Acta Physiol. Plant.* 35: 3075-3084.
30. Narayanaswamy, C. and Prakash, N. 2009. Calibration and categorization of plant available silicon in rice soils of south India. *Journal of Plant Nutrition*. 32(8): 1237-1254.
31. Nascimento, C. W. A., Cunha, P. K. V., Silva, A. J. 2008. Silicon alleviates the toxicity of cadmium and zinc in maize (*Zea mays* L.) grown on a contaminated soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 171: 849-853.
32. Olanrewaju, O. S., Glick, B. R., Babalola, O. O. 2017. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 33: 197.
33. Pascual, M. B., Echevarria, V., Gonzalo, M. J., Hernández-Apaolaza, L. 2016. Silico addition to soybean (*Glycine max* L.) plants alleviate zinc deficiency. *Plant Physiol. Biochem.* 108: 132-138.
34. Pavlovic, J., Samardzic, J., Maksimovic, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K. H., Hansen, T. H., Husted, S., Schjoerring, J. K. Liang, Y., Nikolic, M. 2013. Silicon

- alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. *New Phytol.* 198(4): 1096-1107.
35. Ramos-Solano, B., García, J. A. L., Garcia-Villaraco, A., Algar, E., Garcia-Cristobal, J., Mañero, F. J. G. 2010. Siderophore and chitinase producing isolates from the rhizosphere of *Nicotiana glauca* Graham enhance growth and induce systemic resistance in *Solanum lycopersicum* L. *Plant Soil.* 334: 189-197.
36. Rayan, J., Estefan, G., Rashid, A. 2007. Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA.
37. Rezakhani, L., Motesharezadeh, B., Tehrani, M. M., Etesami, H., Mirseyed Hosseini, H. 2019. Phosphate-solubilizing bacteria and silicon synergistically augment phosphorus (P) uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) plant fertilized with soluble or insoluble P source. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 173:504-513. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.060
38. Rezakhani, L., Motesharezadeh, B., Tehrani, M. M., Etesami, H., Mirseyed Hosseini, H. 2020. Effect of Silicon and Phosphate-Solubilizing Bacteria on Improved Phosphorus (P) Uptake Is Not Specific to Insoluble P- Fertilized Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39 (1): 239-253. doi:10.1007/s00344-019-09978-x
39. Saberian Ranjbar, S., Motesharezadeh, B., Moshiri, F., Mirseyed Hosseini, H., Alikhani, H. A. 2019. Silicon utilization efficiency of different wheat cultivars in a calcareous soil. *Journal of Silicon*, doi.org/10.1007/s12633-018-0038-3
40. Saleh, J., Najafi, N., Oustan, S. h, Ghasemi-Golezani, K., Aliasghrizad, N. (2018). Silicon affects rice growth, superoxide dismutase activity and concentrations of chlorophyll and proline under different levels and sources of soil salinity. *Journal of Silicon*. doi.org/10.1007/s12633-018-0057-0.
41. Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., Gobi, T. A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2: 587.
42. Shi, Y., Wang, Y., Flowers, T. J., Gong, H. 2013. Silicon decreases chloride transport in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions. *Journal of Plant Physiology*. 170(9): 847-853.
43. Sinclair, S. A. and Krämer, U. 2012. The zinc homeostasis network of land plants. *Biochim. Et. Biophys. Acta (BBA) Mol. Cell Res.* 1823: 1553-1567.
44. Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, A. E., Kobayashi, S., Kawamura, Y., Tanaka, K., Inanaga, S. 2011. Effect of Si application on sorghum root responses to water stress. *Journal of Plant Nutrition*. 34: 71-82.
45. Tavakkoli, E., Lyons, G., English, P., Guppy, C. N. 2011. Silicon nutrition of rice is affected by soil pH, weathering and silicon fertilisation. *Journal of Plant Nutrition. Soil Science.* 174: 437-446.
46. Tian, G. and Kolawole, G. O. 2004. Comparison of various plant residues as phosphate rock amendment on Savanna Soils of West Africa. *Journal of Plant Nutrition*. 27(4): 571-583.
47. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V., Vanderlee, J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part. 7: 250.
48. You-Qiang, F. U., Hong, S., Dao-Ming, W. U., Kun-Zheng, C. A. I. 2012. Silicon-mediated amelioration of  $Fe^{2+}$  toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Pedosphere*. 22: 795-802.
49. Zargar, S. M., Mahajan, R., Bhat, J., Nazir, M and Deshmukh, R. 2019. Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system. *Journal of Biotech*, 9 (3): 73.



## اثر متقابل نوع کود نیتروژنی و شوری خاک بر فراریت نیتروژن از خاک

مصطفی بهبوئی‌ه جوزم، مهدی کریمی<sup>1</sup> و امیر بستانی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهد؛ mostafabehbouieh1371@gmail.com

استادیار پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛ karimi\_nsrc@yahoo.com

دانشیار، دانشگاه شاهد؛ bostani@shahed.ac.ir

دریافت: 1400/7/21 و پذیرش: 1400/9/29

### چکیده

آبشویی و فراریت نیتروژن (خروج گاز آمونیاک از داخل خاک به اتمسفر) مهمترین راه‌های هدرروی کودهای نیتروژنی می‌باشد و موجب کاهش کارایی جذب کودهای نیتروژنی می‌شوند. تحقیق اخیر با هدف بررسی اثر متقابل پنج نوع کود نیتروژنی (سولفات آمونیوم، نیتрат آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم) و سه سطح شوری خاک (2 و 8 دسی‌زیمنس بر متر) بر میزان فراریت روزانه و تجمعی نیتروژن در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. نتایج نشان داد که شوری و نوع کود نیتروژنی تأثیر معنی‌داری بر میزان فراریت روزانه و تجمعی نیتروژن دارند. نیتروژن فراریت شده از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم در شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل 51%، 44%، 45%، 6% و 0/01% از نیتروژن خالص مصرفی بود. با افزایش شوری عصاره اشباع خاک میزان فراریت افزایش یافت. در شوری عصاره اشباع خاک 12 دسی‌زیمنس بر متر فراریت کل از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم به ترتیب معادل 73/7%، 54%، 57%، 8% و 0/01% بود. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کود نیترات پتاسیم کمترین میزان فراریت را داشت و پس از آن کودهای اوره با پوشش گوگردی، اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم قرار داشتند. بنا براین کود نیترات پتاسیم به عنوان کارآمدترین منبع کود نیتروژن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اوره، سولفات پتاسیم، هدرروی نیتروژن، اوره با پوشش گوگردی

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: یزد، بلوار آزادگان (فرودگاه)، خیابان نهالستان، مرکز ملی تحقیقات شوری.

## مقدمه

جهت جبران پایین بودن سطح حاصلخیزی خاک‌ها مصرف کودهای شیمیایی ضرورت دارد (بنایی و همکاران، 1383). بر اساس گزارشات موجود سالانه حدود 118 میلیون تن کودهای نیتروژنی در دنیا مصرف می‌شود (فائو، 2017). در ایران سالانه حدود 2/5 میلیون تن کودهای نیتروژنی (ملکوتی و همکاران، 1397) مصرف می‌گردد که مصرف آن روند افزایشی نیز دارد. نتایج تحقیقات اخیر (متشعزاده، 2015) نیز موید روند افزایشی مصرف کودهای شیمیایی از سال 1980 تا 2010، همراه با نوسانات جزئی سالیانه، در ایران می‌باشد. متأسفانه شواهدی وجود دارد که کارایی مصرف کودهای نیتروژنی در برخی از مزارع ایران پایین می‌باشد. به عنوان مثال کریمی زارچی (1394) نشان داد که کارایی جذب کودهای نیتروژنی از نوع اوره، نترات آمونیوم و سولفات آمونیوم در اکثر مزارع گندم استان یزد کمتر از 20 درصد می‌باشد. به عبارت دیگر 80 درصد از کودهای نیتروژنی مصرفی مورد استفاده گیاه قرار نگرفته و موجب آلودگی منابع آب و خاک می‌گردد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف کود نیتروژنی در نیمی از مزارع مورد مطالعه نتوانست موجب افزایش عملکرد گندم گردد. این واقعیت تلخ بیانگر تحمیل هزینه های اضافی برای کشاورزان و احتمال آلودگی محیط زیست می باشد.

از جمله عواملی که می‌تواند در پایین بودن کارایی جذب کودهای نیتروژنی مؤثر باشد فراریت نیتروژن از سطح خاک است (سونگ و همکاران، 2004). نتایج تحقیقات مزرعه‌ای در چین (پاچولسکی و همکاران، 2006) نشان داد که بیش از 45 درصد از کود اوره مصرفی در مزرعه بصورت گاز آمونیاک از دسترس گیاه خارج می‌گردد. لازم به ذکر است که هدرروی نیتروژن از طریق فراریت ممکن است تا 80 درصد از کود مصرفی را شامل شود (پاچولسکی، 2006). لذا بررسی نقش فراریت نیتروژن به عنوان یکی از روش‌های هدرروی نیتروژن و بررسی عوامل مؤثر بر آن و ارائه راهکارهای مربوطه

می‌تواند موجب افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنی گردد (توفیق، 2005). عوامل زیادی بر میزان فراریت نیتروژن از کودهای مصرفی تأثیرگذار می‌باشد (فونتورا و بایر، 2010). نوع کود نیتروژنی، اسیدیته خاک و دما مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان فراریت نیتروژن محسوب می‌شوند (هی و همکاران، 1999). به طور کلی با افزایش pH خاک و دما میزان فراریت نیتروژن افزایش می‌یابد (پن و همکاران، 2016) لذا انتظار می‌رود میزان فراریت نیتروژن از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک نظیر خاک‌های ایران که عموماً آهکی هستند زیاد باشد. البته کاهش فراریت نیتروژن از مزارع با انجام اقدامات اصلاحی بر روی خاک یا کودهای شیمیایی امکان‌پذیر است. به عنوان مثال، نتایج تحقیقات کریمی‌زارچی و همکاران (2015) نشان داد که مصرف گوگرد عنصری موجب کاهش pH خاک و در نتیجه کاهش میزان فراریت نیتروژن از 80 به 30 درصد از کل اوره مصرفی گردید. سلوارج و همکاران (2020) نشان دادند که مخلوط کردن کود اوره با بیوجار حاصل از بقایای پوست برنج موجب کاهش فراریت نیتروژن در شرایط غرقابی شده‌است. نتایج تحقیقات مزرعه‌ای احمد و همکاران (2018) نشان داد که اسیدیته خاک تأثیر معنی‌داری بر میزان فراریت نیتروژن دارد و با کاهش pH خاک از 8/02 به 7/96 میزان فراریت نیتروژن از 29/9 به 18/4 درصد از کل نیتروژن مصرفی کاهش یافت. همچنین مصرف ان‌تیوفسفریک تری‌آمید همراه با کود اوره موجب کاهش فراریت نیتروژن به میزان 80 درصد گردید (احمد و همکاران، 2018).

تشش شوری یکی از عوامل جهانی تهدید کننده بخش کشاورزی است (بوچر و همکاران، 2016: بنایی و همکاران، 1383) و پیش‌بینی‌ها حاکی از این واقعیت تلخ است که در سال 2050 حدود 50 درصد از اراضی قابل کشت دنیا تحت تأثیر تشش شوری قرار خواهند گرفت (قدیر و همکاران، 2014: رضوانی‌مقدم و کوچکی، 2001). در ایران، بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت که

حدود 27 میلیون هکتار را شامل می‌شود متأثر از تنش شوری می‌باشد (رضوانی‌مقدم و کوچکی، 2001).

با توجه به موارد فوق‌الذکر مشخص می‌شود که دو عامل تنش شوری و فرارایت نیتروژن از جمله عوامل مؤثر در فعالیت‌های بخش کشاورزی هستند. با توجه به اینکه مطالعات مربوط به فرارایت نیتروژن در ایران بسیار محدود بوده و گزارشی توسط نگارندگان ملاحظه نگردید، این تحقیق با هدف بررسی اثر شوری و نوع کود نیتروژنی بر میزان فرارایت نیتروژن طراحی و با همکاری دانشگاه شاهد در مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع کود نیتروژنی و شوری عصاره اشباع خاک بر میزان هدرروی نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک فرارایت کرده در شرایط آزمایشگاهی در مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. در مرحله اول نسبت به ساخت دستگاه اندازه‌گیری فرارایت نیتروژن اقدام شد. دستگاه اندازه‌گیری فرارایت نیتروژن بر اساس روش پیشنهادی فن و همکاران (1973 و 1974) ساخته شد. هر واحد آزمایشی شامل یک پمپ آکواریوم جهت تولید شبانه‌روزی باد، واحد مرطوب کننده به منظور جلوگیری از کاهش سریع رطوبت خاک، اتاقک فرارایت نیتروژن (شامل خاک و کود) و واحد جمع‌آوری گاز آمونیاک می‌باشد. بدین صورت که ابتدا هوای تولید شده توسط پمپ آکواریوم به وسیله یک لوله استیل به واحد مرطوب کننده منتقل می‌شود. سپس هوای مرطوب شده بوسیله یک لوله استیل دیگر وارد اتاقک فرارایت نیتروژن می‌شود. در نهایت آمونیاک فرارایت کرده در واحد جمع‌آوری گاز آمونیاک جمع‌آوری و با استفاده از اسید کلریدریک 0/01 نرمال تیترو و محاسبه شد (جونز و جاکوبسین، 2005). خاک مورد مطالعه از مزرعه تحقیقات شوری صدوق واقع در شهرستان اشکذر - منطقه حسین آباد تهیه (کریمی، 1398) شد. جهت حصول شوری عصاره اشباع خاک‌های کمتر، نزدیک و بیشتر از حد آستانه تحمل به شوری گندم، مقداری از خاک مورد

مطالعه در گلدان‌های پلاستیکی دارای زهکش قرار داده شد و با آب‌های با هدایت الکتریکی 2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به مدت حدود دو ماه و هر هفته حداقل سه نوبت آبشویی گردید. در این فاصله زمانی، حداقل هفت نوبت نسبت به تهیه نمونه خاک و تعیین شوری عصاره اشباع خاک اقدام شد. پس از حصول تعادل هدایت الکتریکی آب آبیاری با شوری عصاره اشباع خاک (چراغی و کریمی، 1395)، خاک‌ها خشک و جهت آزمایش نگهداری گردید. خصوصیات خاک مانند قابلیت هدایت الکتریکی (آزمایشگاه خاک آمریکا، 1954)، بافت خاک به روش هیدرومتر (بیوکوس، 1962) اسیدیته در گل اشباع، کربن آلی به روش والکلی بلاک (پیچ، 1982)، فسفر قابل جذب به روش آبی آسکوربیک (پیچ، 1982) و پتاسیم با دستگاه فیلم فتومتر تعیین شد.

تیمارهای این تحقیق شامل سه سطح شوری عصاره اشباع خاک (2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر) و پنج نوع کود نیتروژنی (اوره، نترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، نترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی) بودند که در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا شد. درصد نیتروژن در کودهای اوره، نترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، نترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی به ترتیب معادل 46، 21، 21، 13 و 35 درصد بود. کود اوره از شرکت پتروشیمی شیراز و سایر کودها از شرکت خدمات حمایتی کشاورزی تأمین گردید. میزان گوگرد در کود سولفات آمونیوم معادل 24 درصد، میزان پتاسیم در کود نترات پتاسیم معادل 46 درصد و میزان گوگرد در کود اوره با پوشش گوگردی 15 درصد بود. میزان فرارایت روزانه نیتروژن با جمع‌آوری روزانه آمونیاک فرارایت کرده در اسید بوریک 2 درصد اندازه‌گیری شد. فرارایت تجمعی نیتروژن از جمع‌آوری روزانه گاز آمونیاک فرارایت کرده محاسبه گردید. به منظور ثابت نگه داشتن رطوبت خاک، نسبت به توزین تیمارها اقدام و کاهش وزن با افزودن آب مقطر جبران گردید. رطوبت خاک در طول تحقیق در حد شصت درصد ظرفیت زراعی

داده شده است. خاک مورد مطالعه خاکی است آهکی با 23/3 درصد آهک و بافت لوم رسی شنی. خاک مورد مطالعه حاوی 0/8 درصد ماده آلی است که از نظر حاصلخیزی، جز خاک‌های فقیر محسوب می‌شود (مشیری و همکاران، 2014). pH خاک مورد مطالعه بازی است (7/6) و انتظار می‌رود فراریت نیتروژن از این خاک زیاد باشد (پاچلسکی و همکاران، 2006). برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه پس از اعمال آبشویی نیز در جدول 2 گزارش شده است.

تنظیم گردید. هر اتاقک فراریت نیتروژن حاوی 150 گرم خاک مرطوب بود. مقدار نیتروژن خالص اضافه شده به سطح خاک هر تیمار مشابه و معادل 380 میلی گرم بود (کریمی‌زارچی و همکاران، 2015). داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و در قالب آماری طرح کاملاً تصادفی تجزیه تحلیل گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری 5 درصد مقایسه گردید.

## نتایج

نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه پیش از عملیت آبشویی در جدول 1 نشان

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

| شن (%) | رس (%) | سیلت (%) | کربن آلی (%) | نیتروژن (%) | CaCO <sub>3</sub> (%) | ECe (dSm <sup>-1</sup> ) | pH  | mg kg <sup>-1</sup> |        |      |       |      |      |
|--------|--------|----------|--------------|-------------|-----------------------|--------------------------|-----|---------------------|--------|------|-------|------|------|
|        |        |          |              |             |                       |                          |     | فسفر                | پتاسیم | آهن  | منگنز | روی  | مس   |
| 52     | 20/4   | 27/6     | 0/51         | 0/04        | 31/50                 | 7/5                      | 7/6 | 33/6                | 313/3  | 3/80 | 3/18  | 0/34 | 0/62 |

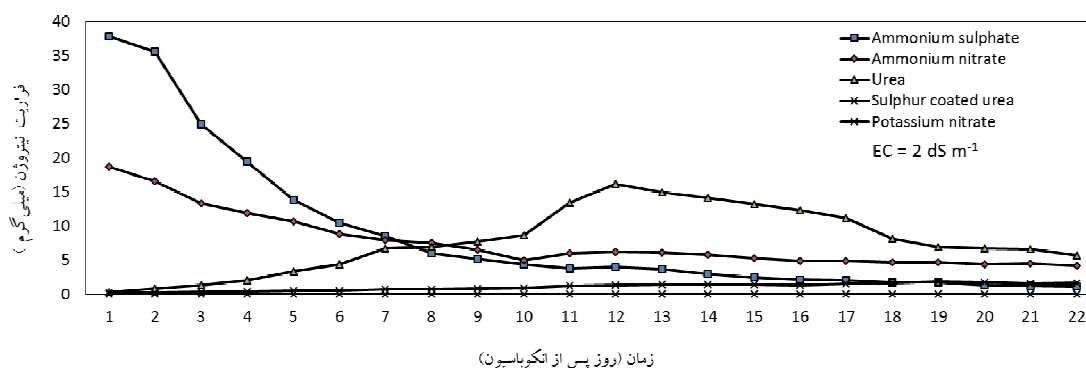
جدول 2- خصوصیات شیمیایی خاک پس از آبشویی.

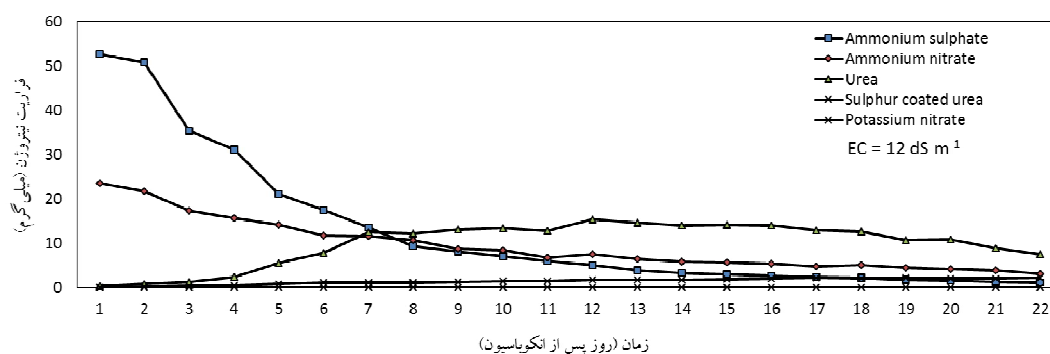
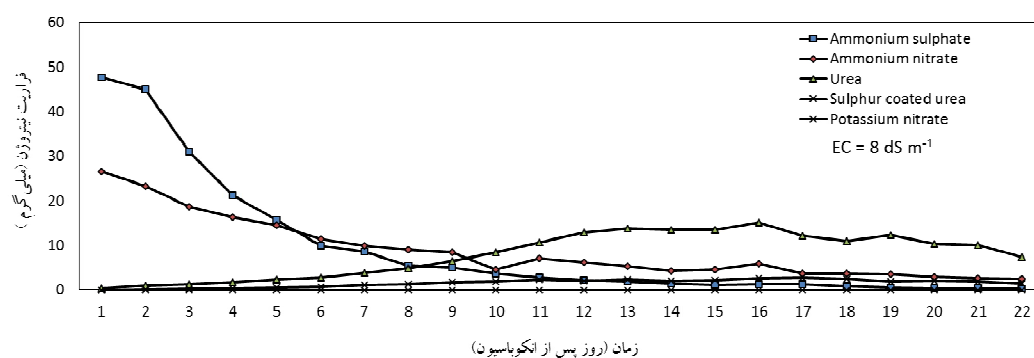
| ECe (dSm <sup>-1</sup> ) | pH   | SAR   | Na <sup>+</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Ca <sup>+2</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-3</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> |
|--------------------------|------|-------|-----------------|------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 2                        | 8/5  | 11/64 | 16/88           | 2/88             | 1/56             | 9/87                          | 6/25            | 5/25                           | 0                             |
| 8                        | 7/81 | 19/4  | 70              | 15/2             | 11/2             | 33/12                         | 60              | 4/25                           | 0                             |
| 12                       | 7/65 | 17/12 | 92/5            | 29/6             | 30               | 79/31                         | 71/25           | 2/75                           | 0                             |

## اثر نوع کود نیتروژنی بر فراریت روزانه نیتروژن

پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم) و از خاک با شوری‌های عصاره اشباع متفاوت را نشان می‌دهد. همانطور که از این شکل‌ها مشخص است الگوی

شکل 1 الگوی تعصید روزانه نیتروژن از پنج نوع کود نیتروژنی (سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با





شکل 1- فراریت روزانه نیتروژن از پنج نوع کود نیتروژنی از سطح خاک آهکی با هدایت الکتریکی 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر.

میلی گرم بود. برخلاف کودهای سولفات و نیترات آمونیوم، فراریت روزانه نیتروژن در مورد کودهای اوره و اوره با پوشش گوگردی و در هر سه سطح شوری خاک و در ابتدای انکوباسیون پایین بود و با گذشت زمان از روند افزایشی برخوردار شد و پس از رسیدن به حداکثر میزان، روند کاهشی خود را شروع و تا آخرین روز تحقیق ادامه یافت. پایین بودن میزان فراریت از کود اوره و اوره با پوشش گوگردی در روزهای ابتدایی انکوباسیون به دلیل زمان‌بر بودن هیدرولیز کود اوره و تبدیل آن به یون آمونیوم به عنوان منبع تولید گاز آمونیاک است (فیش و همکاران، 2016). این مشاهده با مشاهدات سایر محققین (ویرو و همکاران، 2018) هماهنگ می‌باشد. به عنوان مثال جونز و جاکوبسین (2005) گزارش کردند که

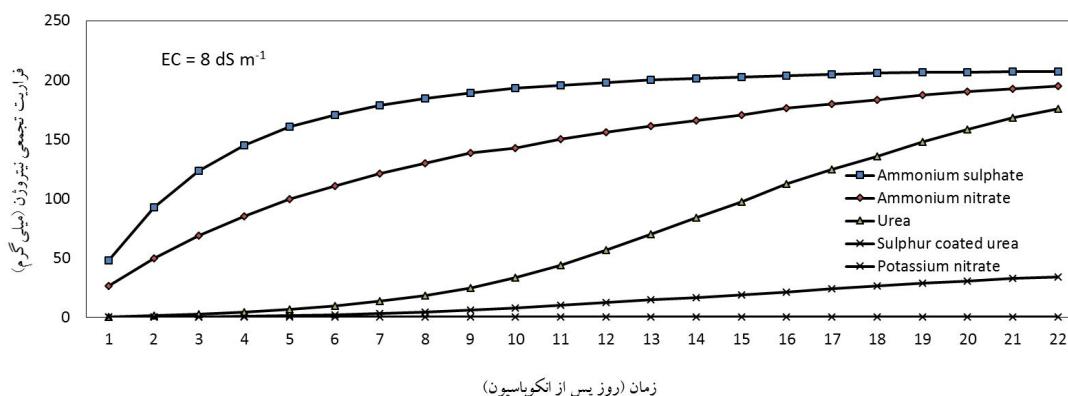
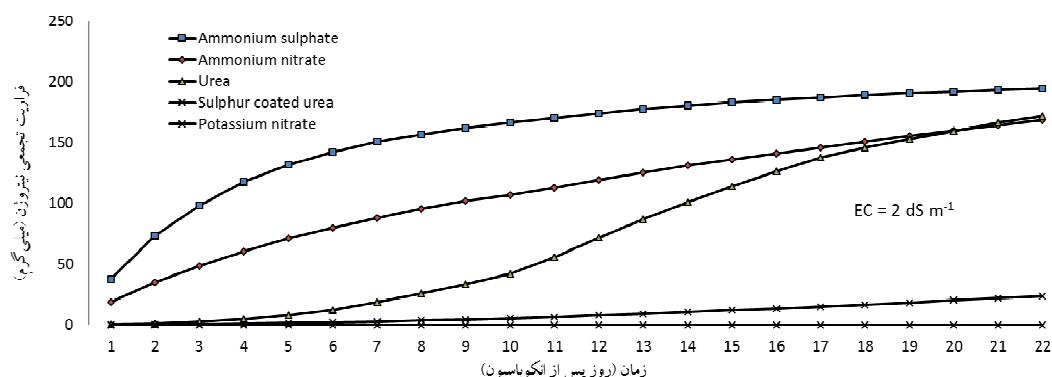
فراریت روزانه نیتروژن در شوری‌های مختلف عصاره اشباع خاک مشابه بود اما به نوع کود بستگی داشت. میزان فراریت روزانه نیتروژن در مورد کودهای سولفات و نیترات آمونیوم و در کلیه سطوح شوری خاک در اولین روز انکوباسیون حداکثر میزان بود و با گذشت زمان کاهش یافت. این میزان فراریت روزانه در مورد خاک با شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب 37/8 و 18/67 میلی گرم نیتروژن خالص بود. حداقل فراریت روزانه در مورد سولفات و نیترات آمونیوم در آخرین روز آزمایش (روز بیست و دوم) مشاهده شد و مقدار آن در خاک با شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل 1/175 و 4/17

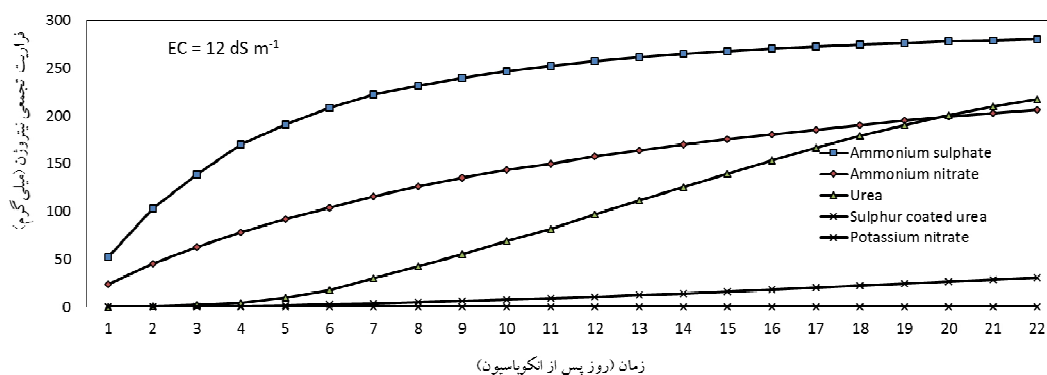
آمونیم تا هجدهمین روز انکوباسیون ادامه یافت و سپس به میزان ثابت رسید. روند افزایشی فراریت تجمعی در مورد سایر کودها شامل اوره، اوره با پوشش گوگردی و نترات آمونیم تا آخرین روز تحقیق ادامه یافت. در راستای تایید این مشاهده، روند مشابهی از فراریت تجمعی نیتروژن از کود اوره و از یک خاک از منطقه حاره با pH معادل 7/3 توسط سایر محققین (جونز و جاکوبسین، 2005) گزارش شد. لیکن روند فراریت تجمعی اوره با پوشش گوگردی گزارش شده (جونز و جاکوبسین، 2005) با مشاهده شده در شرایط این تحقیق مشابه نبود. علت این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت‌های خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه و یا کیفیت کودهای اوره با پوشش گوگردی مورد استفاده باشد. لازم به ذکر است که روند فراریت تجمعی نیتروژن از کودهای نترات و سولفات آمونیم مشاهده شده با نتایج تحقیقات هی و همکاران (1999) هماهنگ می‌باشد.

بیشترین فراریت نیتروژن از کود اوره و کودهای مایعی که از اوره ساخته می‌شوند عموماً 2 تا 3 هفته پس از مصرف کود صورت می‌گیرد. نکته قابل تأمل اینکه در طول دوره انکوباسیون و در کلیه سطوح شوری خاک مورد مطالعه، نیتروژنی از کود نترات پتاسیم فراریت نکرد.

### اثر نوع کود نیتروژنی بر فراریت تجمعی نیتروژن

شکل 2 الگوی فراریت تجمعی نیتروژن از کودهای شیمیایی نترات آمونیم، سولفات آمونیم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نترات پتاسیم را در یک خاک آهکی با سه سطح شوری عصاره اشباع خاک (2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر) را نشان می‌دهد. همانطور که از این شکل مشخص است الگوی فراریت تجمعی نیتروژن در شوری‌های مختلف عصاره اشباع خاک مشابه بود. لیکن الگوی فراریت تجمعی در مورد کودهای مختلف متفاوت بود. به عنوان مثال فراریت نیتروژن از کود نترات پتاسیم اتفاق نیافتاد اما فراریت تجمعی در مورد کود سولفات





شکل 2- فراریت جمعیتی نیتروژن (به صورت گاز آمونیاک و برحسب میلی گرم نیتروژن خالص) از پنج نوع کود نیتروژنی و از سطح یک خاک آهکی با هدایت الکتریکی 2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر.

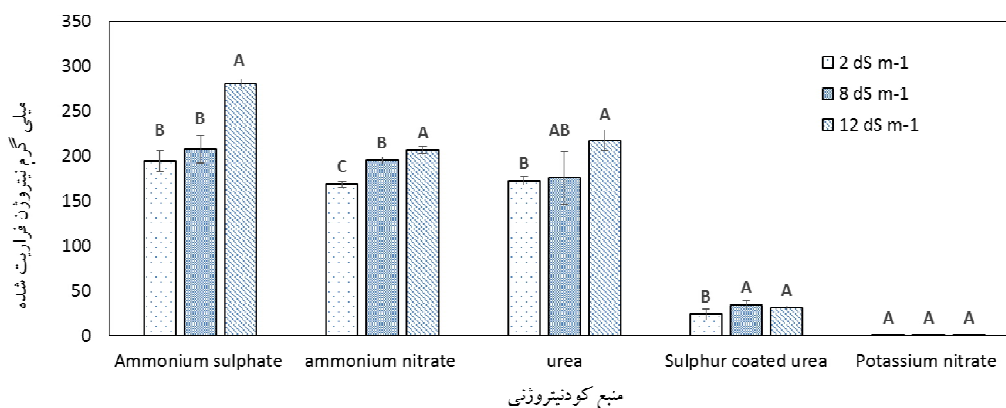
### اثر متقابل شوری و نوع کود نیتروژنی بر کل نیتروژن فراریت کرده

افزایش شوری‌های خاک به 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به 207/3 و 280/12 میلی گرم نیتروژن خالص افزایش یافت. به عبارت دیگر 51 درصد از کود سولفات آمونیوم مصرفی در خاک با هدایت الکتریکی 2 دسی زیمنس بر متر بصورت گاز آمونیاک از خاک خارج شد و هدر رفت. این موضوع موجب آلودگی هوا و کاهش کارایی جذب کود می‌گردد. همچنین با افزایش شوری خاک به 8 و 12 دسی زیمنس بر متر، میزان فراریت به ترتیب به 54/47 و 73/7 درصد افزایش یافت. این مشاهده با نتایج تحقیقات اقبال و همکاران (1998) هماهنگ بود. این محققین نیز تأثیر مثبت شوری بر فراریت نیتروژن از کود اوره را گزارش نمودند. لازم به ذکر است که شوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار کل نیتروژن فراریت کرده از کود اوره با پوشش گوگردی نداشت و در خاک‌های با شوری عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل 23/49، 33/89 و 30/6 میلی گرم نیتروژن خالص بود. این مقادیر معادل 6/1، 8/9 و 8 درصد از کل نیتروژن خالص مصرفی را شامل می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری، نوع کود نیتروژنی و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر کل نیتروژن فراریت کرده، بیشترین سرعت فراریت روزانه و زمان حداکثر فراریت روزانه دارد (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها (شکل 3) نشان داد که تنش شوری تأثیری بر میزان فراریت نیتروژن از کود نترات پتاسیم نداشت و در تمام سطوح شوری خاک مورد مطالعه میزان فراریت از این کود کمتر از 0/06 میلی گرم نیتروژن خالص بود. دلیل این مشاهده فرم نیتروژن در کود نترات پتاسیم می‌باشد. زیرا خروج گاز آمونیاک از خاک به اتمسفر تنها با حضور یون آمونیوم میسر می‌باشد (کریمی‌زارچی و همکاران، 2015). با افزایش شوری خاک میزان فراریت کل نیتروژن از کودهای سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و اوره افزایش یافت. به عنوان مثال کل نیتروژن فراریت کرده از کود سولفات آمونیوم در خاک با شوری 2 دسی زیمنس بر متر معادل 194/34 میلی گرم نیتروژن خالص بود و با

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع کود و سطوح مختلف شوری بر کل نیتروژن فراریت شده، بیشترین مقدار فراریت روزانه و زمان بروز بیشترین فراریت

| منابع تغییرات  | درجه آزادی | میانگین مربعات         |                       |                    |
|----------------|------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
|                |            | کل نیتروژن فراریت کرده | بیشترین فراریت روزانه | زمان حداکثر فراریت |
| شوری           | 2          | **4060/32              | **36/09               | **8/49             |
| نوع کود        | 5          | **102309/15            | **2996/93             | **538/29           |
| شوری × نوع کود | 10         | **10092/16             | **69/03               | **1/56             |
| خطا            | 34         | 266/29                 | 4/82                  | 2/47               |
| ضریب تغییرات   |            | 15/42                  | 14/91                 | 27/42              |



شکل 3- اثر متقابل سطوح مختلف شوری خاک و نوع کود بر میزان فراریت تجمعی نیتروژن از سطح خاک، خطوط عمودی روی میانگین‌ها مقدار خطای استاندارد می‌باشد.

در سطح بین‌المللی را گزارش کردند و به این نکته تأکید کردند که یکی از راهکارهای کاهش فراریت نیتروژن تغییر نوع کود نیتروژنی می‌باشد. اثر نوع کود نیتروژنی بر میزان فراریت نیتروژن توسط سایر محققین نظیر ویرو و همکاران (ویتهد و رایستریک، 1990) نیز گزارش شده است. نتایج تحقیقات مسعودی و همکاران (2017) نشان داد که بیشترین فراریت نیتروژن مربوط به کود اوره بود و به ترتیب در کودهای سولفات آمونیوم و نترات آمونیوم کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار کل آمونیات فراریت کرده گزارش شده در این تحقیق معادل 4 میلی‌گرم در هر واحد آزمایشی بود که بسیار کمتر از میزان مشاهده شده در

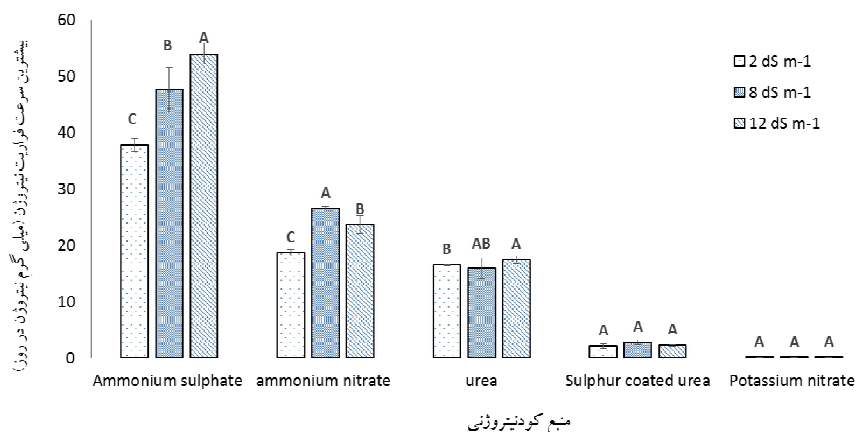
بر اساس شکل 3 بیشترین میزان فراریت نیتروژن در کلیه سطوح شوری خاک مربوط به کود سولفات آمونیوم بود. پس از آن کودهای نترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نترات پتاسیم قرار دارند. این مشاهده با نتایج هی و همکاران (8) هماهنگ بود. نتایج این محققین که اثر کودهای اوره، نترات آمونیوم و سولفات آمونیوم بر میزان فراریت نیتروژن در شرایط غیرشور را بررسی کرد نشان داد که بیشترین فراریت از کود سولفات آمونیوم بود. سپس کودهای اوره و نترات آمونیوم بیشترین فراریت را داشتند. پن و همکاران (2016) نیز فراریت حدود 64 درصدی نیتروژن بصورت گاز آمونیاک



تحقیق حاضر و سایر محققین (پاچولسکی و همکاران، 2006) می‌باشد. به نظر می‌رسد کمتر بودن میزان فراریت به دلیل تفاوت در نحوه انجام آزمایش (استفاده از محلول کودی به جای کود جامد، نگهداشت رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، می‌باشد. اگرچه فراریت کم نیتروژن توسط برخی از محققین (ناسیمتو و همکاران، 2017) گزارش شده است اما خاک مورد مطالعه در این تحقیق اسیدی و کمتر از 5 بود. تأثیر نوع کود نیتروژنی بر میزان فراریت توسط شان و همکاران (2015) گزارش شده است. این محققین پوشش‌دار کردن کود اوره را یکی از راهکارهای کاهش میزان فراریت معرفی کرده‌اند.

اثر شوری عصاره اشباع خاک بر حداکثر سرعت فراریت روزانه نیتروژن از پنج نوع کود نیتروژنی

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری عصاره اشباع خاک تأثیر معنی‌داری بر حداکثر سرعت فراریت روزانه از کودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و نترات پتاسیم نداشت (شکل 4). اما با افزایش شوری عصاره اشباع خاک حداکثر سرعت فراریت روزانه از کودهای سولفات و نترات آمونیوم افزایش یافت. حداکثر سرعت فراریت روزانه از کود سولفات آمونیوم در شوری عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل 37/8، 47/65 و 52/675 میلی گرم نیتروژن خالص در روز بود. در مورد کود نترات آمونیوم، حداکثر سرعت فراریت روزانه از 18/67 میلی گرم نیتروژن در روز در شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به 26/54 و 23/63 میلی گرم نیتروژن خالص در روز به ترتیب در شوری عصاره اشباع خاک 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت.



شکل 4- اثر متقابل تنش شوی و نوع کود نیتروژنی بر حداکثر سرعت فراریت روزانه نیتروژن (میلی گرم نیتروژن خالص در روز). خطوط عمودی روی میانگین‌ها مقدار خطای استاندارد می‌باشد.

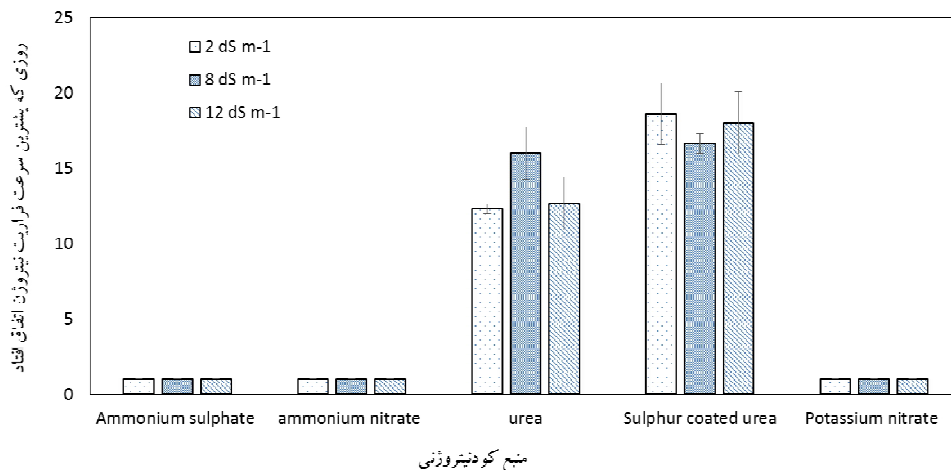
(شکل 5). اما زمان رسیدن به حداکثر فراریت به نوع کود بستگی دارد. برای مثال زمان رسیدن به حداکثر فراریت در مورد کودهای سولفات و نترات آمونیوم در هر سه سطح شوری عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر، اولین روز انکوباسیون بود. حداکثر فراریت برای کود اوره

اثر شوری عصاره اشباع خاک و نوع کود نیتروژنی بر زمان حداکثر سرعت فراریت روزانه نیتروژن

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر زمانی که حداکثر فراریت رخ می‌دهد ندارد

گوگردی و در مورد شوری‌های عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به ترتیب در روزهای نوزدهم، هفدهم و بیست و دوم انکوباسیون رخ داد. هرچند مقدار فراریت نیتروژن در مورد کود نترات پتاسیم بسیار کم بود لیکن بیشترین مقدار فراریت نیتروژن برای این کود و در شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی زیمنس بر متر در روز اول، در شوری عصاره اشباع خاک 8 و 12 دسی زیمنس بر متر در روزهای نهم و دهم انکوباسیون رخ داد.

در دو سطح شوری عصاره اشباع خاک 2 و 12 دسی زیمنس بر متر در روز دوازدهم و برای شوری عصاره اشباع خاک 8 دسی زیمنس بر متر در روز شانزدهم بود. این در حالی است که نتایج تحقیقات کریمی‌زارچی و همکاران (2015) نشان داد که زمان رسیدن به حداکثر فراریت روزانه برای کود اوره و اوره با پوشش گوگردی در یک خاک با pH بالا مشابه و 4 روز پس از انکوباسیون اتفاق افتاد. حداکثر فراریت نیتروژن از کود اوره با پوشش



شکل 5- اثر متقابل تنش شوری و نوع کود نیتروژنی بر زمان حداکثر سرعت فراریت نیتروژن (روز پس از انکوباسیون). خطوط عمودی روی میانگین‌ها مقدار خطای استاندارد می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

کمترین پتانسیل فراریت (بین 6 تا 9 درصد) را داشت. کودهای سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و اوره به عنوان کودهای با پتانسیل بالای فراریت طبقه بندی می‌شوند. بیشترین میزان فراریت از کود سولفات آمونیوم رخ داد و بسته به شدت شوری خاک بین 54/55 الی 73/71 درصد متغیر بود. پس از این کود، کودهای اوره و نترات آمونیوم به ترتیب با پتانسیل فراریت 45 الی 57 درصد و 44 الی 54 درصد قرار دارند. لذا، جهت رعایت مسائل اقتصادی و با توجه به تصعید پایین و نیاز گیاهان در ابتدای فصل می‌توان از کودهای اوره با پوشش گوگردی و در طول فصل رشد گیاه خصوصاً در مرحله رسیدگی میوه و در

نتایج این پژوهش ثابت کرد که با افزایش شوری، نیتروژن فراریت شده از کودهای سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و اوره افزایش یافت اما تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر فراریت نیتروژن از کودهای نترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی نداشت. در مجموع، کودهای نترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی به عنوان کودهای با پتانسیل کم فراریت شناخته شدند. میزان فراریت نیتروژن از کود نترات پتاسیم در هیچیک از سطوح شوری بیشتر از 0/07 میلی گرم نیتروژن خالص (0/01 درصد از کل نیتروژن مصرفی) نگردید و به عنوان مناسب ترین کود از نظر حداقل فراریت انتخاب گردید. پس از کود نترات پتاسیم، کود اوره با پوشش گوگردی

که در اجرای این تحقیق کمک نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین بخش عمده‌ای از هزینه‌های اجرای این پایان‌نامه توسط سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مرکز ملی تحقیقات شوری پرداخت شده‌است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

شرایطی که مصرف کود پتاسه نیز ضرورت دارد می‌توان از کودهای نیترات پتاسیم استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کلیه همکاران مرکز ملی تحقیقات شوری، دانشگاه شاهد و بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد

### فهرست منابع:

1. بنایی، م.ح.، ع.، مومنی، م.، بای‌بوردی، و م.ج. ملکوتی. 1383. خاک‌های ایران. انتشارات سنا.
2. چراغی، س.ع.م. و م. کریمی. 1395. تبیین رابطه شوری آب آبیاری و شوری خاک. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. 8-1: (1)3.
3. کریمی، م. 1398. پاسخ گندم رقم بم به اثرات متقابل شوری آب آبیاری و سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، 12(1): 239-249.
4. کریمی زارچی، م. 1394. راهمای مصرف کودهای نیتروژنی برای تولید گندم. انتشارات صحراشرق. ایران.
5. ملکوتی، م.ج. 1397. نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم. نشر مبلغان. ایران.
6. Ahmed, M., Yu, W., Le, M., Raza, S., Zhou, J., 2018. Mitigation of ammonia volatilization with application of urease and nitrification inhibitors from summer maize at the Loess Plateau. *Plant Soil Environment*, 64(4):164-172.
7. Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54: 406-465.
8. Butcher, K., Wick, A.F., Desutter, T., Chatterjee, A. and Harmon, J. 2016. Soil Salinity: A Threat to Global Food Security. *Agronomy Journal*, 108:2189–2200.
9. F.A.O., 2017. World fertilizer trends and outlook to 2020. <https://www.fao.org/3/i6895e/i6895e.pdf>
10. Fenn, L.B. and Kissel, D.E., 1973. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils: I. General theory. *Soil Science Society of America Journal*, 37(6): 855-859.
11. Fisher, K.A., Meisinger, J.J., and James, B.R., 2016. Urea Hydrolysis Rate in Soil Toposequences as Influenced by pH, Carbon, Nitrogen, and Soluble Metals. *Journal of Environmental Quality*. 45, 349–359.
12. Fenn, L.B., and Kissel, D.E., 1974. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils: II. Effects of temperature and rate of ammonium nitrogen application. *Soil Science Society of America Journal*, 38(4): 606-610.
13. Fontoura, S.M.V. and Bayer, C., 2010. Ammonia volatilization in no-till system in the south-central region of the state of Paraná, Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1677-1684.
14. He, Z., Kumar, A.A., Calvert, D.D. and Banks, D.J., 1999. Ammonia volatilization from different fertilizer sources and effects of temperature and soil pH. *Soil Science*, 164(10): 750-758.
15. Iqbal, Z. F. Hussain and M. H. Naqvi, 1998. Ammonia Volatilization from Urea Applied to Salt-affected Soils under Flooded and Non-flooded Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 1: 372-375.
16. Jones, C. and Jacobsen, J. 2005. Nitrogen cycling, testing and fertilizer recommendations. Montana State University Extension Service.

17. Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M.Y. and Radziah, O., 2015. Elemental sulphur effects on nitrogen loss in Malaysian high pH Bintang Series soil. *Malaysian Journal of Soil Science*, 19: 83-94.
18. Mansouri, T., Golchin, A. and Rezaei, Z., 2017. Effect of Source and Amount of Nitrogen, the Amount of Calcium Carbonate of Soil and Different Amounts of Alfalfa Residue on Nitrogen Losses as Ammonia. *Journal of water and soil*, 31(1), 286-301.
19. Moshiri, F., Shahabi, A.A., Keshavarz, P., Khoogar, Z., Feiziasl, V., Tehrani, M.M., Asadirahmani, H., Samavat, S., Qeibi, M.N., Sadri, M.H., Rashidi, N., Khademi, Z., 2014. Guidelines for Integrated Soil Fertility and Plant Nutrition Management of Wheat. Sana Press, Tehran. [In Persian].
20. Motesharezadeh, B., Vatanara; F., and Savaghebi, G.R., 2015. Effect of Potassium and Zinc on Some Responses of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salinity Stress. *Iranian Journal of Soil Research*, 29: 243-381. [In Persian].
21. Nascimento, C. A. C. D., Vitti, G. C., Faria, L. D. A., Luz, P. H. C., and Mendes, F. L., 2013. Ammonia volatilization from coated urea forms. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(4), 1057-1063.
22. Pacholski, A., Cai, G. , Nieder, R., Richter, J., Fan, X., Zhu, Z., and Roelcke, M., 2006. Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field – comparative measurements in Henan Province, China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 74: 259-273. doi: 10.1007/s10705-006-9003-4.
23. Page, A.L., 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America,
24. Pan, B., Lam, S.K., Mosier, A., Luo, Y., Chen, D., 2016. Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 232: 283–289.
25. Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Dreschel, P., and Noble, A.D., 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resource Forum*, 38: 282–295.
26. Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects–Halophytic ecosystem. *International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries*, Dubai, UAE.
27. Selvarajh, G., Ch'ng, H.Y., and Norhafizah, M.Z. 2020. Effects of rice husk biochar in minimizing ammonia volatilization from urea fertilizer applied under waterlogged condition. *AIMS Agriculture and Food*, 6(1): 159–171.
28. Shan, L., He, Y., Chen, J., Huang, Q., & Wang, H. 2015. Ammonia volatilization from a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China. *Journal of Environmental Sciences*, 38: 14-23.
29. Song Y.S., Fan X.H., Lin D.X., Yang L.Z. and Zhao J.M., 2004. Ammonia volatilization from paddy fields in the taihu lake region and its influencing factors. *Acta Pedology Sinica*, 41:265-269.
30. Toufiq M., 2005. Measurement of ammonia emission following surface application of urea fertilizer from paddy fields. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8:429-432.
31. U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington. DC. USDA Handbook No. 60.
32. Whitehead, D. C., and Raistrick, N. 1990. Ammonia volatilization from five nitrogen compounds used as fertilizers following surface application to soils. *European Journal of Soil Science*, 41(3): 387-394.
33. Viero, F., Bayer, C., Mara, S., Fontoura, V., and Paulo, R., 2014. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers in no till wheat and maize in southern Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, 38:1515-1525.



## Interaction Effects of Nitrogen Fertilizer Sources and Soil Salinity on Ammonia Volatilization

**M. Behbouiehjozam, M. Karimi<sup>1</sup>, and A. Bostani**

MSc Student, University of Shahed, Tehran, Iran; E-mail: mostafabehbouieh1371@gmail.com

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran; E-mail: karimi\_nsrc@yahoo.com

Associate Professor, University of Shahed, Tehran, Iran; E-mail: bostani@shahed.ac.ir

Received: October, 2021, and Accepted: December, 2021

### Abstract

Leaching and ammonia volatilization are known as the main pathways of nitrogen loss as well as the cause of low nitrogen use efficiency. The present study aimed to study the interaction of five nitrogen fertilizer sources (ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, sulfur coated urea and potassium nitrate) and three soil salinity levels ( $EC_e = 2, 8, \text{ and } 12 \text{ dS/m}$ ) on daily as well as cumulative ammonia volatilization. The results showed that salinity and nitrogen fertilizer sources had significant effect on cumulative and daily ammonia volatilization rate. At soil salinity of  $2 \text{ dS/m}$ , nearly 51%, 44%, 45%, 6% and 0.01% of ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, sulfur coated urea, and potassium nitrate were lost through ammonia volatilization, respectively. These values at soil salinity level of  $12 \text{ dS/m}$  significantly increased to 73.7%, 54%, 57%, 8%, and 0.01% for ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, sulfur coated urea and potassium nitrate, respectively. In general, the results showed that potassium nitrate had the minimum ammonia loss through volatilization and was followed by sulfur coated urea, urea, ammonium nitrate, and ammonium sulfate, respectively. Regarding the highest nitrogen uptake efficiency and minimum nitrogen loss, potassium nitrate is recommended as the most efficient source of nitrogen fertilizer.

**Keywords:** Nitrogen loss, Potassium Sulfate, Urea, Sulfur coated urea

---

<sup>1</sup>. Corresponding author: National Salinity Research Center, Yazd, Iran.

## Effect of Silicic Acid and Phosphate Solubilizing Bacteria on the Availability of Micro Nutrients

**L. Rezakhani<sup>1</sup>, B. Motesharezadeh, M. M. Tehrani, H. Etesami, and H. Mirseyed Hosseini**

Researcher, Department of Soil Fertility and Plant Nutrition, Soil and Water Research Institute, Iran;  
E-mail: leila.rezakhani@yahoo.com

Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran; E-mail: moteshare@ut.ac.ir

Assistant Professor, Department of Soil Fertility and Plant Nutrition, Soil and Water Research Institute, Iran; E-mail: mtehrani2000@yahoo.com

Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran; E-mail: hassanetesami@ut.ac.ir

Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran; E-mail: mirseyed@ut.ac.ir

Received: December, 2021, and Accepted: May, 2022

### Abstract

Considering that most of the calcareous soils of Iran are deficient in one or more micronutrients, optimal nutrition of nutrients such as silicon under the influence of biological treatments can be highly effective in these conditions. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of silicon and phosphate-soluble bacteria on the availability of micronutrients for wheat. We used a completely randomized design in three replications and treatments included 0, 150, 300, 600 mg/kg silicon from a source of silicic acid and three levels of bacteria (non-inoculation of bacteria, *Bacillus* and *Pseudomonas*). The study was conducted in the greenhouse of Soil and Water Research Institute. The results showed that the combined use of silicon and phosphate-solubilizing bacteria increased the uptake of manganese and iron compared to the control treatment. However, the antagonistic effect between nutrients reduced zinc uptake at higher levels of functional silicon. The effect of inoculation with *Bacillus* and *Pseudomonas* on the amount of zinc, manganese and iron uptake by wheat was superior to the control bacterium. On the other hand, application of silicon (600 mg silicon/kg soil with *Pseudomonas* bacteria) significantly increased the concentration of phosphorus in wheat to the optimum level. Since excessive use of phosphate fertilizer in calcareous soil reduces absorption of micro nutrients, the combined use of silicic acid and phosphate-soluble bacteria can be recommended as an effective method for increasing availability of micro nutrients in greenhouse conditions.

**Keywords:** Silicon; Growth-promoting bacteria; Uptake of nutrients; Wheat; Calcareous soil

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Department of Soil Fertility and Plant Nutrition, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.

## Evaluating Effect of Different Nitrogen Application Managements on Yield and Some Quality Traits of Strawberry

**M. H. Sedri<sup>1</sup> and F. Karami**

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran; E-mail: sedri\_mh@yahoo.com  
Assistant Professor, Crop and Horticultural Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran;  
E-mail: farhad.karami@gmail.com

Received: November, 2021, and Accepted: May, 2022

### Abstract

In order to evaluate the effect of nitrogen rates and application times on yield and some quality characteristics of strawberry cultivar *Queen Elisa* in the perennial harvesting system, a field experiment was conducted at Grizeh Station in Sanandaj District, Iran, from September 2011 to 2013. Treatments included four rates of nitrogen ( $N_0$ ,  $N_{50}$ ,  $N_{100}$ , and  $N_{150}$  kg N. ha<sup>-1</sup> from urea) and four application times:  $T_1$ =Total nitrogen in spring (two weeks before flowering),  $T_2$ =Total nitrogen in spring (one day after the last harvest),  $T_3$ =Total nitrogen at the beginning of September, and  $T_4$ =Application of nitrogen in three equal installments at times  $T_1$ ,  $T_2$ , and  $T_3$ . Experiment was conducted with three replications as a factorial in a randomized complete block design. The results of analysis of variance showed that the effect of year on yield, TSS, pH, acidity, and dry matter of fruit was significant ( $p<1\%$ ). The main effects of nitrogen rates and application time on yield, dry matter, and TSS of fruit were significant ( $p<1\%$ ). The interaction effect of year and application time on fruit yield was significant ( $p<1\%$ ). The interaction effect of application time and nitrogen rates on fruit yield was significant ( $p<5\%$ ) and on dry matter and TSS of fruit at  $p<1\%$ . The highest fruit yield was obtained in  $N_{150}$  treatment and  $T_4$  application time of 629 g. plant<sup>-1</sup> followed by fruit yield in  $N_{150} T_3$ ,  $N_{100} T_4$ , and  $N_{100} T_3$ , respectively, while  $N_{150}$  and  $N_{100}$  at  $T_2$  were not significantly different from the control. The effects of different nitrogen rates and application times of nitrogen on chlorophyll index and leaf nitrogen concentration were significant ( $p<1\%$ ). With increasing nitrogen rates, its concentration in the leaves increased. There was a strong positive correlation between nitrogen concentration in leaves and leaf chlorophyll index. Nitrogen rates and application times had no effect on titratable acidity and pH of fruit. By application of 100 kg N.ha<sup>-1</sup> in three equal installments at  $T_4$ , the highest yield, TSS, and fruit dry matter were obtained.

**Keywords:** Urea, Application Time, Fruit Characteristics

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Water and Soil Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Sanandaj, Iran



## Evaluation of Vegetative, Physiological, and Chlorosis Characteristics of Satsuma Mandarin on Carrizo Citrange Rootstock in Some Calcareous Soils

**A. Asadi Kangarshahi<sup>1</sup> and N. Akhlaghi Amiri**

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran; E-mail: kangarshahi@gmail.com  
Assistant Professor, Agronomy and Horticultural Science Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran;  
E-mail: neginakhlaghi@yahoo.com

Received: October, 2021, and Accepted: May, 2022

### Abstract

In Mazandaran Province, use of Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) as an alternative rootstock for citrus is expanding. Also, due to great changes in lime content of the soils (0- 45%) and soil texture, it is necessary to study the response of this rootstock to the soils conditions. Therefore, the present study aimed to evaluate the growth trend and tolerance of this rootstock to calcareous soils of East Mazandaran. To this end, an experiment was conducted for two years (2014-2015) in a randomized complete block design in seven soils with different textures (sandy to clay loam) and calcium carbonate content (2- 45%). Measurements included vegetative growth trend, dry weight, chlorosis rate, fluorescence index (Fv/Fm), and nutrient concentration in leaves and roots. The results showed that the highest dry weight of aerial parts was obtained from soils with loam texture and total lime of 2% and soils with loamy sand texture and total lime of 40%. The highest chlorosis rate was obtained from soils with loam texture and 45% lime with 16% active lime and the lowest chlorosis rate was obtained from active- lime-free soils and 2% total lime. The average of Fe concentration in the roots was about 8.94 times the average concentration in the leaves, indicating accumulation and deposition of iron in the roots. In most soils, the amount of manganese available for citrus trees was excessive, but the mean concentration of leaf was less than adequate. The overall mean Mn concentration in the roots was about 6.67 times more than its mean concentration in leaf. The most limiting element for Carrizo citrange rootstock and scion was Mn and its low transfer efficiency from root to leaf. The results of mean chlorophyll content and chlorophyll fluorescence index (Fv / Fm) of leaves showed that soils with loam texture and low total lime and soils with light texture and high total lime had the highest amount of chlorophyll and fluorescence index. According to the results, soil texture influenced tolerance of Carrizo citrange rootstock in calcareous soils and, in relatively medium and heavy texture soils, the use of this rootstock in soils with total lime less than 14% is recommended, but in light-textured soils, its use in soils with total lime about 40% is also recommended. Therefore, in choosing this rootstock, it is recommended to consider soil texture and lime content.

**Keywords:** Active iron, Chlorosis, Citrus, Fluorescence, Vegetative growth.

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.

## **Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Tomato by Compositional Nutrient Diagnosis Method in Bushehr Province**

**M. Zolfi Bavariani<sup>1</sup>, S. A. Ghaffarinejad, and M. Nowroozi**

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran;

E-mail: mzolfi2001@yahoo.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran; E-mail: ma\_ghaffari51@yahoo.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Bushehr, AREEO, Bushehr, Iran; E-mail: nowroozi50@yahoo.com

Received: January, 2022, and Accepted: May, 2022

### **Abstract**

Tomato is one of the most important crops in Bushehr Province and its out-of-season cultivation has doubled its importance. Achieving optimal performance is possible by balancing the nutrients. Nutritional indicators are used to diagnose nutritional disorders and the subsequent optimal use of chemical fertilizers. This research was conducted by selecting 79 tomato farms from different parts of the province with different yields in two years (2018-2020). Soil samples of selected fields were taken from a depth of 0 to 30 cm and leaf samples were taken at the beginning of fruiting. The average yield of each field was measured at the end of harvest and laboratory analysis of samples was performed by standard methods. The experimental data were fitted with compositional nutrient diagnosis model (CND). The studied farms were divided into two groups, low and high yields, with a cut-off yield of 86.7 tons per hectare, based on the highest yield and calculations according to the CND method. Reference numbers of leaf nutrient concentrations were calculated as  $2.79 \pm 0.202$ ,  $0.460 \pm 0.174$ ,  $2.62 \pm 0.143$ ,  $2.57 \pm 0.195$ ,  $2.08 \pm 0.225$ ,  $-2.20 \pm 0.134$ ,  $-3.10 \pm 0.134$ ,  $-3.74 \pm 0.200$ ,  $-4.34 \pm 0.250$ , and  $-3.25 \pm 0.173$  for N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, and B, respectively. Also, the optimal leaf nutrient concentrations range for 86.7 tons per hectare of yield were N:  $3.38 \pm 0.94$ , P:  $0.324 \pm 0.074$ , K:  $2.77 \pm 0.397$ , Ca:  $2.63 \pm 0.423$ , Mg:  $1.64 \pm 0.394$  percent, and for Fe:  $221 \pm 24.6$ , Mn:  $90.9 \pm 14.8$ , Zn:  $48.3 \pm 11.1$ , Cu:  $27.3 \pm 8.40$ , and B:  $79.3 \pm 17.5$  mg.kg<sup>-1</sup>. Potassium, N, and Zn deficiency as well as excess amount of Mg, Ca, and Mn were identified as the imbalanced nutrients in tomato production in Bushehr Province. This can be due to the calcareous nature of the soil and unbalanced use of chemical fertilizers.

**Keywords:** Nutrients balance, Critical level, Plant analysis.

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Soil and Water Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.

## Effect of Integrated Soil Fertility Management on Some Quantitative and Qualitative Characteristics and Nutritional Balance of Thompson Seedless Grape

A. Majidi<sup>1</sup>, R. Motalebifard, and H. Azizi

Associate Professor, Soil and Water Research Dept., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran; E-mail: Az.majidi89@gmail.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Tabriz, Iran; E-mail: motalebifard@gmail.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Urmia, Iran;  
E-mail: hosseinazizi48@yahoo.com

Received: January, 2022, and Accepted: May, 2022

### Abstract

To evaluate the effect of integrated soil fertility management (ISFM) on growth and nutritional balance of Thompson Seedless grape (*Vitis vinifera* L.), an experiment was conducted in a randomized complete block design including four treatments with three replications at Urmia, Iran, during 2020 and 2021 seasons. Treatments included T<sub>1</sub>= check (no fertilization), T<sub>2</sub>= farmers' conventional fertilization, T<sub>3</sub>=optimum fertilization of mineral nutrients (30-80 g Urea, 80-100 g potassium sulfate and 50 g zinc sulfate/vine depending on the location) and T<sub>4</sub>= ISFM (200 ml N fixer bacteria inoculant, 300 g mycorrhizal fungal, 80-100 g potassium sulfate, 15-35 g zinc sulfate, 500 g manure/vine, depending on the location). Results indicated no significant difference among the study sites in terms of cluster weight, chlorophyll index, titratable acidity (TA) and total soluble solids (TSS) of fruits, but a significant difference was observed between macro- and micronutrients, except for iron (Fe). The cluster weight was increased in all fertilized treatments compared to the check ( $p \leq 0.05$ ). Grapes increase in T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> compared to T<sub>2</sub> was 2.27 and 4.04 kg/vine, respectively. The leaf chlorophyll index increased in T<sub>4</sub> by 10.99% and 9.69%, respectively, compared to T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub>. TA showed a significant decrease in T<sub>4</sub> compared to T<sub>1</sub> by 16.09% ( $p \leq 0.05$ ). However, TSS accumulation showed the highest value in the T<sub>4</sub> ( $p \leq 0.05$ ). There was no significant difference between T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> in terms of these two qualitative characteristics. Evaluation of nutritional status using compositional nutrient diagnosis (CND) norms in control treatments indicated that, on average, the order of nutritional requirements of macro- and micronutrients were K=Ca>Mg>N>P and Fe>Zn>Mn>Cu>B, respectively. The lowest nutrient balance index (9.02) was obtained in the T<sub>4</sub> and the highest value was observed in T<sub>1</sub> treatment (35.02). In general, it is concluded that due to the significant increase in quantitative and qualitative factors of grape yield with ISFM, this technology was the best for balanced fertilization program and optimum fruit production in vineyards.

**Keywords:** *Vitis vinifera* L, Grape yield, Grape quality, Optimum fertilization, Soil health

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Soil and Water Research Dept., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Urmia, Iran.

## **Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Canola by Compositional Nutrient Diagnosis (CND) and Deviation from Optimum Percentage (DOP) Methods in North of Khuzestan**

**S. H. Mahmoodi Nezhad Dezfully<sup>1</sup> and M. Mohasses Mostashari**

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran; E-mail: Shmn178@yahoo.com

Associate Professor, Soil Fertility and Chemistry Research Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; E-mail: mm\_mohasses@yahoo.com

Received: October, 2021, and Accepted: May, 2022

### **Abstract**

To study the imbalanced fertilization and to optimize fertilizer use in canola farms in the north of Khuzestan Province, Iran, we used Compositional Nutrient Diagnosis (CND) and Deviation from Optimum Percentage (DOP) methods. This research covered 30 canola (*Brassica Napus*) fields during one cropping season (2019) and soil, leaf, and water samples were collected and analyzed, and grain yield was also measured. Nutritional elements including N, P, K, Fe, Cu, Zn and leaf Mn were determined by standard laboratory methods. Yield community were divided into low and high yield groups using the cumulative function of nutrient variance ratio and K-square distribution function considering the intermediate yield of 2882 kg. ha<sup>-1</sup>. Then, according to the CND system method, the standard norms for N, P, K, Fe, Cu, Zn, Mn and residual elements (Rd) were determined as 3.27± 0.14, 0.83± 0.17, 2.73± 0.2, -1.89± 0.13, -4.23± 0.53, -3.45± 0.3, -3.46± 0.26, and 3.27± 0.14, respectively. The results of CND system method showed that the most limiting factors in yield were K (among macro- elements) and Mn (among micro- elements). In DOP method, the optimum levels of N, P and K were 5.27%, 0.44%, 2.72%, and for Fe, Cu, Zn, and Mn were 313, 37, 77, and 67 mg. kg<sup>-1</sup> dry weight, respectively. In this method, the order of nutrient deficiency was revealed as Cu> Zn> Mn> N> Fe> P.

**Keywords:** *Brassica Napus*, Plant analysis, Nutritional balance

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Dezful, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Soil and Water Research Department



## Contents

| Subject                                                                                                                                                                                                                                                                                | Page |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Canola<br>By compositional Nutrient Diagnosis (CND) and Deviation from Optimum Percentage<br>(DOP) Methods in North of Khuzestan ..... 1<br><i>S. H. Mahmoodi Nezhad Dezfully and M. Mohasses Mostashari</i> | 1    |
| Effect of Integrated Soil Fertility Management on Some Quantitative and Qualitative<br>Characteristics and Nutritional Balance of Thompson Seedless Grape..... 2<br><i>A. Majidi , R. Motalebifard, and H. Azizi</i>                                                                   | 2    |
| Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Tomato<br>by Compositional Nutrient Diagnosis Method in Bushehr Province ..... 3<br><i>M. Zolfi Bavariani, S. A. Ghaffarinejad, and M. Nowroozi</i>                                                          | 3    |
| Evaluation of Vegetative, Physiological, and Chlorosis Characteristics of Satsuma<br>Mandarin on Carrizo Citrange Rootstock in Some Calcareous Soils ..... 4<br><i>A. Asadi Kangarshahi and N. Akhlaghi Amiri</i>                                                                      | 4    |
| Evaluating Effect of Different Nitrogen Application Managements on Yield and Some<br>Quality Traits of Strawberry ..... 5<br><i>M. H. Sedri and F. Karami</i>                                                                                                                          | 5    |
| Effect of Silicic Acid and Phosphate Solubilizing Bacteria on the Availability<br>of Micro Nutrients ..... 6<br><i>L. Rezakhani, B. Motesharezadeh, M. M. Tehrani, H. Etesami, and H. Mirseyed Hosseini</i>                                                                            | 6    |
| Interaction Effects of Nitrogen Fertilizer Sources and Soil Salinity on<br>Ammonia Volatilization..... 7<br><i>M. Behbouiehjozam, M. Karimi, and A. Bostani</i>                                                                                                                        | 7    |

Ministry of Jihad-e-Agriculture  
Agricultural Research Education and Extension Organization

Soil and Water Research Institute      Soil Science Society of Iran

**Research and Scientific Journal**  
**Iranian Journal of Soil Research**

**Vol. 36, No. 1**  
**2022**

***Manager-in-Charge:*** Hadi Asadi Rahmani, PhD  
**Director General, Soil and Water Research Institute**  
***Editor-in-Chief:*** Hamid Siadat, PhD  
**Professor (Research), Soil and Water Research Institute**

***Editorial Board***

|                              |                                                                                 |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Mohammad Bybordi, PhD        | University Lecturer                                                             |
| Hossein Besharati, PhD       | Professor, Soil and Water Research Institute                                    |
| Mohammad Reza Balali         | Assistant Professor (Research), Soil and Water Research Institute               |
| Amir Fotovat, PhD            | Professor, Ferdowsi University, Mashhad                                         |
| Manochehr Gorji, PhD         | Professor, Tehran University                                                    |
| Gholamhosien Haghnia, PhD    | Professor, Ferdowsi University, Mashhad                                         |
| Kazem Khavazi, PhD           | Professor, Soil and Water Research Institute                                    |
| Aziz Momeni, PhD             | Associate Professor, Soil and Water Research Institute                          |
| Mohammad R. Neyshaboori, PhD | Professor, Tabriz University                                                    |
| Mohammad H. Roozitalab, PhD  | Associate Professor Agricultural Research, Education and Extension Organization |
| Hassan Towfighi, PhD         | Associate Professor, Tehran University                                          |

**English Editor:** Hamid Siadat  
**Type and design:** Kobra Alinezhad

**Address:** P. O. Box: 31785-311, Karaj – IRAN  
**Tel / Fax:** 026-36208796  
**Soil and Water Institute Website:** [www.swri.ir](http://www.swri.ir)  
**Journal Website:** [www.srjournal.areeo.ir](http://www.srjournal.areeo.ir)



Soil and Water Research Institute



Soil Science Society of Iran

# Journal of Soil Research

(Soil and Water Sciences)

[http:// www.srjournal.areeo.ir](http://www.srjournal.areeo.ir)

Volume 36 \ No. 1 \ 2022

ISSN: 2228 -7124

## Contents

| Subject                                                                                                                                                                                                                                                                        | Page |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Canola By compositional Nutrient Diagnosis (CND) and Deviation from Optimum Percentage (DOP) Methods in North of Khuzestan .....<br><i>S. H. Mahmoodi Nezhad Dezfully and M. Mohasses Mostashari</i> | 1    |
| Effect of Integrated Soil Fertility Management on Some Quantitative and Qualitative Characteristics and Nutritional Balance of Thompson Seedless Grape.....<br><i>A. Majidi , R. Motalebifard, and H. Azizi</i>                                                                | 2    |
| Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Tomato by Compositional Nutrient Diagnosis Method in Bushehr Province .....<br><i>M. Zolfi Bavariani, S. A. Ghaffarinejad, and M. Nowroozi</i>                                                       | 3    |
| Evaluation of Vegetative, Physiological, and Chlorosis Characteristics of Satsuma Mandarin on Carrizo Citrange Rootstock in Some Calcareous Soils .....<br><i>A. Asadi Kangarshahi and N. Akhlaghi Amiri</i>                                                                   | 4    |
| Evaluating Effect of Different Nitrogen Application Managements on Yield and Some Quality Traits of Strawberry .....<br><i>M. H. Sedri and F. Karami</i>                                                                                                                       | 5    |
| Effect of Silicic Acid and Phosphate Solubilizing Bacteria on the Availability of Micro Nutrients .....<br><i>L. Rezakhani, B. Motesarezadeh, M. M. Tehrani, H. Etesami, and H. Mirseyed Hosseini</i>                                                                          | 6    |
| Interaction Effects of Nitrogen Fertilizer Sources and Soil Salinity on Ammonia Volatilization.....<br><i>M. Behbouiehjozam, M. Karimi, and A. Bostani</i>                                                                                                                     | 7    |