جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب

پایه سوینگل‌سیترواملو (مرکبات) در خاک‌های آهکی استان مازندران
(حساسیت، تحمل و بسترسازی)

نگارندگان

علی اسدی کنگرشاهی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

نگین اخلاقی امیری، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

نشریه فنی: 614

1401

مشخصات اثر

عنوان: پایه سوینگل‌سیترواملو (مرکبات) در خاک‌های آهکی استان مازندران (حساسیت، تحمل و بسترسازی)
نگارندگان: علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا
کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور
ویراستار علمی: ناصر دواتگر
ویراستار ادبی: زهرا محمدی
طراح جلد: راضیه محمدی
سال انتشار: 1401
حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 62042 در تاریخ 1401/5/26 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.
نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب
کد پستی: 3177993545 **صندوق پستی:** 311-31785
نمابر : 02636210121 **تلفن:** 36201900- 026
وب‌سایت: http://www.swri.ir **پست الکترونیکی:** info@swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه 1

فصل دوم: سوینگل‌سیترواملو، پاسخ و تحمل آن به خاک‌های آهکی 5
خاک‌های استان 6
رشد رویشی و درجه زردی (کلروز) برگ 8
نشانه‌های آشکار کمبود 12
غلظت عناصر پرمصرف در ریشه و برگ 14
غلظت آهن کل در ریشه و برگ 14
غلظت آهن فعال در ریشه و برگ 15
غلظت منگنز در ریشه و برگ 16
غلظت روی در ریشه و برگ 17
غلظت مس در ریشه و برگ 18
رابطه آهک فعال خاک با غلظت آهن فعال برگ 18

فصل سوم: پراکنش کربنات کلسیم و ماده آلی در خاک‌های استان مازندران و سوینگل‌سیترواملو 23
کربنات کلسیم (آهک) 23
ماده آلی 24

فصل چهارم: ارقام مهم مرکبات استان مازندران و سوینگل‌سیترواملو 27

فصل پنجم: دستورالعمل بسترسازی برای سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های آهکی 29

فصل ششم: بررسی میدانی پاسخ سوینگل‌سیترواملو به خاک‌های استان مازندران 33

فصل هفتم: نتیجه‌گیری 37

فصل هشتم: توصیه ترویجی 39

منابع 43

فصل اول

مقدمه

یکی از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک که در قابلیت استفاده آهن برای گیاهان اختلال ایجاد می‌کند مقدار کربنات کلسیم است که در بیش از 30 درصد اراضی جهان وجود دارد **(**چن و باراک، 1982؛ لوپرت و همکاران، 1994**)**. مقداری از کربنات کلسیم در خاک که موجب ایجاد مشکل برای بیشتر درختان میوه می‌شود به رقم و پایه بستگی دارد و در مورد ارقام و پایه‌های حساس درختان مرکبات، حدود پنج درصد و بیشتر است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)**.** بافت خاک نیز یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که در تهویه و جذب آهن نقش دارد **(**اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). گزارش‌های زیادی درباره کلروز آهن درختان مرکبات در خاک‌های آهکی وجود دارد (مارتینز و همکاران، 2017؛ 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؛ مورالس و همکاران، 1998). از سویی دیگر تحمل درختان مرکبات به آهک خاک و کلروز بیشتر به پایه آن‌ها بستگی دارد نتایج پژوهش‌های لوزدا و همکاران (2008) نشان داده است که در پایه‌های پونسیروس و دورگ‌های تجاری آن در خاک‌های آهکی کلروز آهن آشکار شده و شدت کلروز آن‌ها به تدریج با افزایش سن درختان تشدید و موجب زوال درختان می‌شود.

استفاده از **سوینگل‌سیترواملو** به عنوان پایه در خاک‌های آهکی، به دلیل عدم توانایی آن برای جذب کافی عناصر کم مصرف از جمله آهن محدود است و بیشتر ارقام مرکبات به ویژه پرتقال‌های خونی با این پایه در خاک‌های با کربنات کلسیم زیاد، از عملکرد و کیفیت مناسبی برخوردار نیستند و هزینه زیادی برای باغدار خواهد داشت

(مانتی و همکاران، 1994؛ کاستل و همکاران، 2004). مطالعات محدودی درباره پایه‌های مناسب برای خاک‌های آهکی صورت گرفته و بیشتر این گزارش‌ها نشان داده که در خاک‌های آهکی با بافت سنگین سوینگل سیترواملو زردی ناشی از کمبود آهن نشان می‌دهد (سگی و همکاران، 1992؛ ال-اوتمانی، 1996). گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که پونسیروس و دورگ‌های تجاری آن به خاک‌های آهکی حساس یا نیمه‌حساس هستند (کوپر، 1961؛ لیوی و شالهرت، 1990).

زردی ناشی از آهک موجب کاهش عملکرد، کیفیت و دیررسی میوه مرکبات می‌شود (پستانا و همکاران، 2001؛ کورتز و همکاران، 2007). گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که مناسب‌ترین روش برای حل این مشکل، انتخاب پایه‌های متحمل به کلروز آهن است (دیویس و البریگو، 1994؛ پستانا و همکاران، 2001). برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که سوینگل‌سیترواملو، پایه مناسبی برای خاک‌های آهکی نیست (پستانا و همکاران، 2005؛ کاستل و استور، 2001). بررسی رشد رویشی درختان گریپ‌فروت با پایه سوینگل‌سیترواملو نشان داد که با افزایش اندازه کربنات کلسیم خاک به دو درصد، رشد رویشی نهال‌ها به شدت کاهش یافت (کاستل و استور، 2001؛ واتسچر و همکاران، 1975). ارزیابی درختان لیمو با پایه سوینگل‌سیترواملو در آریزونای آمریکا نشان داد که به علت زردی ناشی از کمبود آهن و رشد رویشی کم این درختان، سوینگل‌سیترواملو پایه مناسبی برای لیمو در این مناطق نیست (کورتز و همکاران، 2007). در مقابل، گریپ‌فروت با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های با واکنش (pH) زیاد در تگزاس و فلوریدا، عملکرد به نسبت زیادی داشتند (کاستل و همکاران، 1988). بررسی‌ها برای انتخاب پایه جایگزین نارنج در جنوب تگزاس نشان داد که سوینگل‌سیترواملو پایه مناسبی برای این خاک‌ها نیست (لوزادا و همکاران، 2008).

فراهمی آهن در بیشتر خاک‌های آهکی برای گیاهان کم است و این فراهمی کم آهن منجر به کلروز، کاهش محصول و کیفیت میوه در محصولات حساس مانند برخی پایه‌ها و ارقام مرکبات می‌شود. درختان مرکبات با پایه‌های حساس کشت شده در این خاک‌ها، به علت فراوانی کربنات، pH زیاد و غلظت زیاد بی‌کربنات در محلول خاک، اغلب نشانه‌های شدید کمبود یا کلروز آهن را نشان می‌دهند. همچنین برخی نیز دلیل مهم کمبود آهن در

خاک‌های آهکی نواحی مدیترانه‌ای را غلظت زیاد کلسیم و بی‌کربنات در محلول خاک می‌دانند. غلظت زیاد بی‌کربنات در منطقه ریشه بر فرآیندهای متابولیک در برگ‌ها و ریشه‌ها اثر می‌گذارد و راندمان استفاده آهن برای گیاه را کاهش می‌دهد و این کاهش راندمان منجر به توسعه نشانه‌های زردی آهن در برگ‌ها می‌شود (منگل، 1995؛ جایگر و همکاران، 2000).

پیش‌بینی امکان توسعه کلروز آهن درختان میوه، در زمان احداث باغ برای تولیدکنندگان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار بوده و اشتباه در این مرحله، امکان رسیدن به عملکرد مطلوب، بدون استفاده از روش‌های شیمیایی و مدیریت باغبانی را برای بهبود کلروز آهن غیر ممکن و بعید می‌سازد (لوپیرت و همکاران، 1994). از این رو با توجه به تغییرات زیاد اندازه آهک و بافت خاک در خاک‌های شرق مازندران، به باغداران عزیز توصیه می‌شود پیش از هر اقدامی برای انتخاب پایه برای احداث باغ، مطالعات خاکشناسی (کندن دست‌کم یک پروفیل در هکتار به ابعاد یک متر عرض، دو متر طول و یک تا یک و نیم متر عمق) انجام دهند. سپس با استفاده از ویژگی‌های خاکی به ویژه اندازه آهک و رس در افق‌ها و لایه‌های خاک، نوع پایه را انتخاب کنند.

فصل دوم

سوینگل‌سیترواملو، پاسخ و تحمل آن به خاک‌های آهکی

برخی از مهمترین ویژگی‌های سوینگل‌سیترواملو در جدول یک آمده است (سینگ و همکاران، 2002). پایه سوینگل‌سیترواملو از اواخر دهه 1980 به دلیل مقاومت به ویروس تریستزای مرکبات، عملکرد بالا و کیفیت خوب رقم پیوند شده روی آن، در فلوریدا رایج شد. از اواسط دهه 1990 حساسیت این پایه در پ‌هاش بالا به ویژه در خاک‌های با رطوبت زیاد و یا میزان رس زیاد نزدیک سطح خاک مشخص شد (شکل 1). در این نواحی، رقم روی این پایه نخست خوب رشد می‌کند ولی بعد از 7-5 سال، قدرت رویشی و زایشی آن کاهش یافته و شروع به زوال می‌کند (استور و همکاران، 2002). در حال حاضر، استفاده از پایه سوینگل‌سیترواملو برای مرکبات در این مناطق به سرعت در حال گسترش است. این درحالی است که در منابع علمی، این پایه حساس به آهک خاک معرفی شده و امکان کلروز و زوال آن بسیار زیاد است (سودانو و همکاران، 1994؛ پستانا و همکاران، 2005؛ کاستل و نونالی، 2009). مشاهدات میدانی نگارندگان در باغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران نشان داده است که این پایه در خاک‌های با آهک زیاد، اغلب دچار کلروز ناشی از آهک می‌شوند. از این‌رو ترویج بدون مطالعه و غیر علمی این پایه، می‌تواند عملکرد و کیفیت میوه باغ‌های مرکبات و اقتصاد باغداران منطقه را متاثر کند.

جدول 1- برخی ویژگی‌های پایه سوینگل‌سیترواملو

پایه	نام لاتین	ویژگی		
		هیبرید	واکنش به تریستیزا	واکنش به سرما
سوینگل‌سیترواملو	Swingle citrumelo	Grapefruit &Ttrifoliate orange	محتمل	متحمل

شکل 1- پایه سوینگل‌سیترواملو (قائم شهر)

خاک‌های استان

در استان مازندران، در بخش‌های جنوبی منطقه (پایین دست ارتفاعات در امتداد بخش‌های جنوبی) رسوبات لسی قرار دارند پس از آن، آبرفت‌های رودخانه‌ای با بافت سنگین تا متوسط هستند که تا وسط دشت ادامه دارند و از وسط دشت تا حاشیه دریا، آبرفت‌های رودخانه‌ای با بافت متوسط تا سبک قرار دارند در حاشیه سواحل، آبرفت‌های کم‌عمق 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 (ایزدپناه، 155؛ رامشنی و بنایی، 1362). یکی از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک که موجب اختلال در قابلیت استفاده آهن و ایجاد کلروز در درختان می‌شود، کربنات کلسیم است (اسدی کنگرشاهی، 1397). در استان مازندران نیز اندازه کربنات کلسیم خاک باغ‌های این منطقه از میانه به طرف شرق به تدریج افزایش می‌یابد. به طوری که اندازه کربنات کلسیم خاک در شرق ساری و نکا به بیشتر از 40 درصد می‌رسد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ طهرانی و همکاران، 1390). برای تعیین رشد رویشی و تحمل سوینگل‌سیترواملو به اندازه آهک، کشت آن در خاک‌های مناطق مختلف شرق مازندران (بابل، قائم‌شهر، ساری، میاندرود و

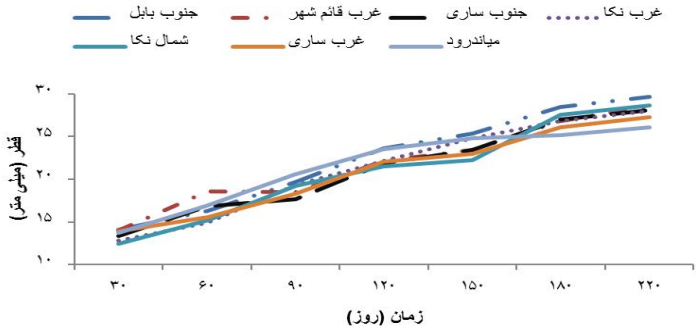
نکا) انجام شد (جدول2). دامنه آهک این خاک‌ها از 2 تا 45 درصد، آهک فعال از صفر تا 16 درصد، pH خاک از 6/8 تا 7/78، رس از 13 تا 41 درصد، سیلت از 18 تا 37 درصد، شن از 34 تا 58 درصد و کربن آلی از 0/65 تا 1/80 درصد متغییر بود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1396).

جدول 2- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق مختلف شرق مازندران

ویژگی	منطقه						
	جنوب بابل	غرب قائم شهر	جنوب ساری	غرب نکا	شمال نکا	غرب ساری	میاندرود
رس (درصد)	23	29	19	41	13	37	22
سیلت (درصد)	30	26	35	18	29	29	37
شن (درصد)	47	45	46	41	58	34	40
آهک معادل (درصد)	2	9	14	30	40	25	45
آهک فعال (درصد)	0	3	5	14	7	10	16
کربن آلی (درصد)	1/17	0/95	1/80	1/60	0/65	1/52	1/10
اسیدیته اشباع	6/8	7/45	7/86	7/60	7/77	7/78	7/76
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	26	22	15	17	11/20	18/30	9/87
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	404	380	360	460	221	325	265
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	7/20	6/40	8/80	8/90	4/40	8/22	6/80
منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	3/10	4/20	3/96	5/40	3/20	7/71	3/40
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	2/40	2/50	0/70	0/60	0/91	1/60	1/50

رشد رویشی و درجه زردی (کلروز) برگ

نتایج میانگین رشد نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مختلف استان مازندران نشان داد بیشترین ارتفاع، بیشترین قطر پایه و پیوندک، بیشترین عرض و حجم تاج و بیشترین تعداد انشعاب در خاک‌های با آهک کمتر از 14 درصد حاصل شد و با افزایش آهک خاک، این ویژگی‌های رویشی به تدریج کاهش یافتند به طوری در خاک‌های با آهک بیشتر از 30 درصد از کمترین ارتفاع، کمترین قطر پایه و پیوندک، کمترین عرض و حجم تاج برخوردار بود بیشترین رشد اندام هوایی و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو از خاک‌های جنوب بابل، غرب قائم شهر و جنوب ساری حاصل شد که آهک حدود 14درصد و کمتر داشتند و با افزایش آهک در خاک (خاک‌های غرب نکا، شمال نکا، غرب ساری و میاندرود) رشد رویشی آن به شدت کاهش یافت. بررسی میدانی رشد رویشی و درجه کلروز درختان نارنگی انشو، نارنگی کلمانتین و همچنین پرتقال تامسون ناول با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مختلف استان مازندران از میانه (بابل) به سمت شرق استان (ساری، نکا و بهشهر) به صورت تصویری در شکل‌های 2 تا 13 آورده شد. همانطور که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود نشانه‌های زردی (کلروز) در برگ درختان با پایه سوینگل‌سیترواملو در مناطق بابل، قائم‌شهر و مناطق دامنه‌ای جنوب ساری مشاهده نمی‌شود اما در شمال ساری، غرب ساری، نکا و بهشهر نشانه‌های زردی در برگ آن‌ها به وضوح مشاهده می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1396 و 1397).



شکل 2- روند رشد قطری نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مناطق مختلف شرق مازندران

شکل 3- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق میانی استان مازندران با آهک دو درصد (بابل)

شکل 4- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 9 درصد (قائم شهر)

شکل 5- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 11 درصد (ایستگاه باغبانی قائم شهر)

شکل 6- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو درخاک‌های دامنه‌ای مناطق شرقی استان مازندران با آهک شش درصد (جنوب ساری)

شکل 7- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 18 درصد (شمال ساری)

شکل 8- پرتقال تامسون با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 25 درصد (دشت ناز ساری)

شکل 9- پرتقال تامسون با پایه سیترومِلو و عدم تجانس پایه و پیوندک در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 25 درصد (دشت ناز ساری)

شکل 10- نارنگی کلمانتین با پایه سیترومِلو و عدم تجانس پایه و پیوندک در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 28 درصد (دشت ناز ساری)

شکل 11- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 32 درصد (نکا)

شکل 12- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 34 درصد (نکا- زاغمرز)

شکل 13- نارنگی انشو با پایه سیترومِلو در خاک‌های مناطق شرقی استان مازندران با آهک 45 درصد (نکا-قره طغان)

نشانه‌های آشکار کمبود

به طور کلی نهال‌ها با پایه سوینگل‌سیترمِلو در خاک‌های جنوب بابل و غرب قائم شهر بدون نشانه‌های کلروز (زردی) بودند و در خاک‌های جنوب ساری با آهک کل 14 درصد و کمتر یا آهک فعال تا حدود 5 درصد نشانه‌های خفیفی داشتند. اما در خاک دیگر مناطق با آهک بیشتر نشانه‌های آشکار زرد برگی افزایش داشت. بیشترین زرد برگی در خاک‌های

غرب نکا (با آهک کل 30 درصد و آهک فعال 14 درصد) و میاندرود (با آهک کل 45 درصد و آهک فعال 16 درصد) وجود داشت (شکل 14).

شکل 14- نشانه‌های زرد برگی (کلروز) در برگ نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مناطق مختلف شرق مازندران

(ویژگی خاک‌ها در جدول دو تعریف شده است)

غلظت عناصر پر مصرف در ریشه و برگ

نتایج غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو در جدول سه نشان می‌دهد که غلظت نیتروژن، منیزیم و کلسیم در ریشه کمتر از غلظت آن‌ها در برگ بود. غلظت فسفر و پتاسیم در ریشه و برگ تقریبا یکسان بود اما در مقابل غلظت گوگرد در ریشه بسیار بیشتر از برگ بود به طوری که میانگین غلظت گوگرد در ریشه‌ها 0/46 درصد و در برگ‌ها 0/22 درصد بود که این میانگین غلظت ریشه حدود 2/1 برابر برگ است. همچنین میانگین ضریب انتقال عناصر پر مصرف (شکل 5) نشان داد که گوگرد کمترین ضریب انتقال و کلسیم و منیزیم بیشترین ضریب انتقال از ریشه به اندام هوایی را داشتند. و عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر به ترتیب پس از کلسیم و منیزیم قرار داشتند. دامنه این میانگین ضرایب انتقال برای عناصر پر مصرف از 0/47 تا 2/82 متغیر بود که نشان می‌دهد میانگین غلظت گوگرد در ریشه در خاک‌های مختلف کم و بیش 2/1 برابر غلظت گوگرد برگ است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 2021).

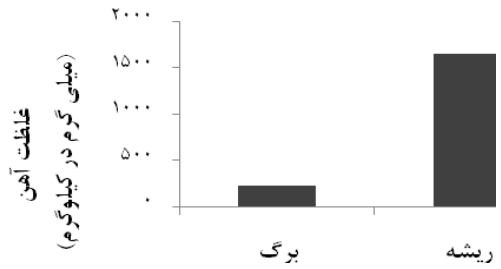
جدول 3- میانگین غلظت عناصر پر مصرف در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مناطق مختلف شرق مازندران

اندام	غلظت عناصر (درصد)					
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	گوگرد
برگ	2/73	0/134	1/36	0/577	4/82	0/221
ریشه	1/78	0/142	1/26	0/231	1/71	0/463
ریشه/برگ	1/50	0/94	1/08	2/49	2/82	0/477
ضریب انتقال	1/53	0/94	1/08	2/49	2/82	0/48

غلظت آهن کل در ریشه و برگ

نتایج میانگین غلظت آهن کل در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو نشان داد که غلظت آهن کل در ریشه بسیار بیشتر از برگ است به طوری

که میانگین غلظت آهن در ریشه‌ها 946 و در برگ‌ها 127 میلی‌گرم در کیلوگرم است. غلظت آهن ریشه در خاک‌های جنوب بابل و غرب قائم شهربه ترتیب 1118 و 1121 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک ریشه است. در حالی که غلظت آهن در برگ در همین خاک‌ها به ترتیب 142 و 94 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک برگ است که نشان می‌دهد غلظت آهن کل در ریشه به ترتیب 7/87 و 11/92 برابر غلظت آهن برگ است. به طور کلی میانگین غلظت آهن کل در ریشه در همه خاک‌ها حدود 7/45 برابر میانگین غلظت آهن کل در برگ است که نشان می‌دهد بیشتر آهن جذب شده از خاک در ریشه تجمع و رسوب کرده است (شکل 15).

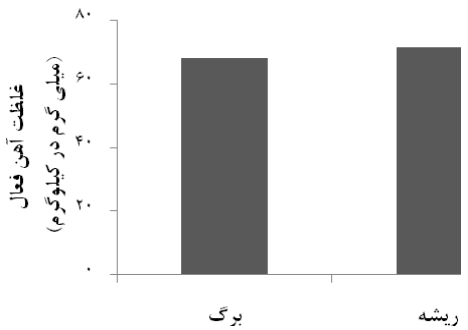


شکل 15- غلظت آهن کل در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو

غلظت آهن فعال در ریشه و برگ

نتایج غلظت آهن فعال در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو نشان داد که در خاک‌های جنوب بابل، غرب قائم شهر و میاندرود بیشترین غلظت آهن فعال در برگ داشت به طوری که غلظت آهن فعال در برگ در این خاک‌ها به ترتیب 50، 46 و 46 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ بود. غلظت آهن فعال برگ در خاک‌های غرب نکا، جنوب ساری، غرب ساری و شمال نکا به ترتیب پس از آن‌ها قرار گرفتند. کمترین غلظت آهن فعال در برگ از خاک شمال نکا حاصل شد که حدود 18 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اما بیشترین غلظت آهن فعال ریشه از خاک شمال نکا حاصل شد که حدود 61 میلی‌گرم در کیلوگرم بود و در مقابل کمترین آهن فعال ریشه از خاک غرب ساری به دست آمد. به طور کلی در خاک‌های جنوب بابل، غرب قائم شهر، غرب نکا، غرب

ساری و میاندرود، غلظت آهن فعال برگ بیشتر از غلظت آهن فعال ریشه بود اما در خاک‌های جنوب ساری و شمال نکا غلظت آهن فعال ریشه بیشتر از غلظت آهن فعال در برگ بود که نشان می‌دهد غلظت آهن فعال در برگ و ریشه تحت تاثیر ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد. در کل میانگین غلظت آهن فعال در ریشه و برگ در خاک‌های مختلف به ترتیب 40/85 و 38 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد اختلاف قابل توجهی بین میانگین‌های غلظت آهن فعال ریشه و برگ وجود نداشت (شکل 16).

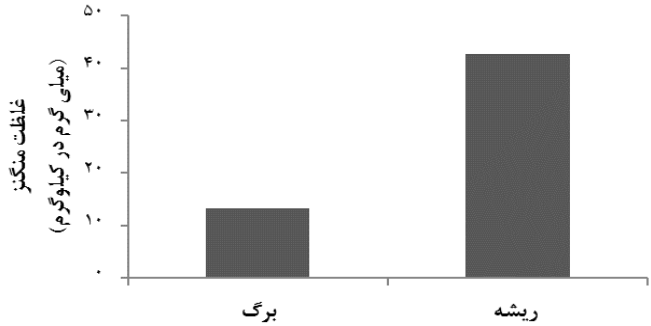


شکل 16- غلظت آهن فعال در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو

غلظت منگنز در ریشه و برگ

نتایج میانگین غلظت منگنز در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو در شکل 17 نشان داده شده است. ریشه‌ها در خاک‌های میاندرود، غرب قائم شهر و جنوب ساری بیشترین غلظت منگنز داشتند و غلظت منگنز آن‌ها به ترتیب 52، 48 و 47 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین غلظت منگنز برگ در خاک میاندرود بیشتر از غلظت منگنز برگ در دیگر خاک‌ها بود. غلظت منگنز برگ در خاک میاندرود 34/9 میلی‌گرم در کیلوگرم، و در خاک‌های غرب ساری، شمال نکا، غرب نکا، جنوب بابل، جنوب ساری و غرب قائم شهر به ترتیب 14/7، 12/9، 10، 7/4، 5/9 و 7/6 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بسیار کمتر از غلظت بهینه منگنز در برگ نارنگی‌های انشو است. به طورکلی میانگین غلظت منگنز در ریشه نانگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو در

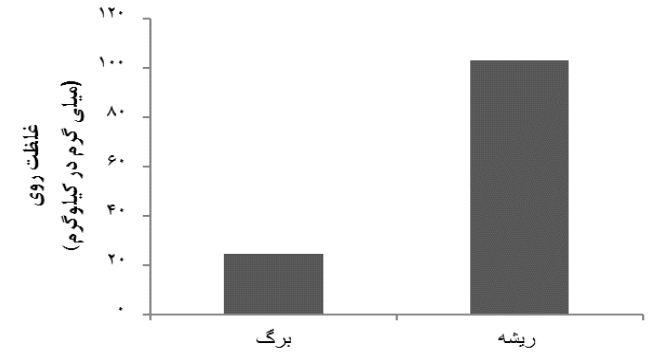
خاک‌های مختلف 42/71 میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ 13/34 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین غلظت منگنز در ریشه 3/2 برابر میانگین غلظت آن در برگ بود.



شکل 17- غلظت منگنز در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو

غلظت روی در ریشه و برگ

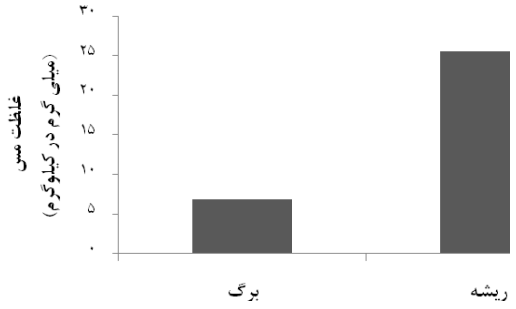
نتایج میانگین غلظت روی در ریشه و برگ (شکل 18) نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین غلظت روی ریشه به ترتیب از خاک‌های با آهک 40 و 2 درصد حاصل شد. غلظت روی ریشه در خاک پنج، 161 میلی‌گرم در کیلوگرم و در خاک یک 64/4 میلی‌گرم در کیلوگرم است. در برگ نیز بیشترین غلظت روی از خاک‌های با آهک 40 و 14 درصد حاصل شد. میانگین غلظت روی در ریشه و برگ در خاک‌های مختلف به ترتیب نزدیک به 103 و 24/6 میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین غلظت روی در ریشه نزدیک به 4/2 برابر میانگین غلظت آن در برگ بود.



شکل 18- غلظت روی در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو

غلظت مس در ریشه و برگ

نتایج میانگین غلظت مس در ریشه و برگ (شکل10) نشان می‌دهد که ریشه‌ها در خاک غرب قائم‌شهر بیشترین غلظت مس (39/3 میلی‌گرم در کیلوگرم) داشتند. غلظت مس در ریشه در خاک‌های شمال نکا، غرب نکا، جنوب ساری، غرب ساری، میاندرود و جنوب بابل به ترتیب پس از خاک دو قرار گرفتند. کمترین غلظت مس در ریشه حدود 15/13 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در خاک یک حاصل شد. اما بیشترین و کمترین غلظت مس در برگ به ترتیب 11/9 و 3/8 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از خاک‌های چهار و سه به دست آمد. میانگین غلظت مس در ریشه در همه خاک‌ها 25/53 میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ 6/88 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین غلظت مس در ریشه حدود 3/7 برابر میانگین آن در برگ بود.



شکل 19- غلظت مس در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو

رابطه آهک فعال خاک با غلظت آهن فعال برگ

در نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو، با افزایش آهک فعال خاک‌ها غلظت آهن فعال برگ کاهش یافت. تاثیر افزایش آهک فعال بر آهن فعال برگ در سوینگل‌سیترواملو نشان داد که با افزایش آهک فعال خاک تا حدود پنج درصد، غلظت آهن فعال برگ آن تقریبا ثابت بود اما همگام با افزایش بیشتر آهک فعال، روند کاهش غلظت آهن فعال تشدید شد. از این‌رو با توجه به نتایج این پژوهش، حد قابل تحمل آهک فعال برای سوینگل‌سیترواملو حدود پنج درصد پیشنهاد می‌شود.

میانگین غلظت آهن فعال در برگ‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو نیز در این خاک‌ها بیشترین بود. حد کفایت آهن قابل استفاده در خاک (با عصاره‌گیر DTPA) برای درختان مرکبات حدود 4 تا 5 میلی‌گرم در کیلوگرم است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). دامنه آهن قابل استفاده خاک‌های آزمایشی از 4/40 تا 8/90 میلی‌گرم در کیلوگرم بود از این‌رو غلظت آهن قابل استفاده خاک‌ها بیشتر از حد کفایت است. در خاک‌های جنوب بابل و غرب قائم شهر که کمترین نشانه‌های زرد برگی داشتند غلظت آهن قابل استفاده آن‌ها به ترتیب 7/20 و 6/40 میلی‌گرم در کیلوگرم بود اما در مقابل بیشترین درجه زرد برگی در خاک‌های غرب نکا و میاندرود مشاهده شد که غلظت آهن قابل استفاده آن‌ها به ترتیب 8/90 و 6/80 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. البته زرد برگی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو به عواملی دیگر غیر از آهن قابل استفاده نیز بستگی دارد. از این‌رو سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های آهکی با آهک بیشتر از 9 درصد یا آهک فعال بیشتر از 3 درصد زرد برگی نشان می‌دهند و این نشانه‌های زردبرگی تنها ناشی از کاهش قابلیت استفاده آهن نبوده بلکه 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، 1393).

آهن به شکل دو ظرفیتی و سه ظرفیتی در محلول خاک وجود دارد. مقدار نسبی این‌ها در محلول خاک به pH و pe محلول خاک بستگی دارد. به طورکلی گیاهان و از جمله درختان مرکبات بیشتر آهن را به شکل دو ظرفیتی جذب می‌کنند. در غشای خارجی (پلاسمالما) نوک ریشه‌ها، آنزیم رداکتاز آهن سه ظرفیتی وجود دارد که امکان کاهش آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی را فراهم می‌کند و آهن دو ظرفیتی توسط سلول‌های ریشه جذب می‌شود. فعالیت این آنزیم به pH بستگی دارد و pH زیاد موجب کاهش فعالیت آن می‌شود (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392 و اماری و منگل، 2006). pH زیاد محلول خاک و همچنین آپوپلاست ریشه در خاک‌های آهکی و قدرت تامپونی زیاد آن موجب کاهش فعالیت آنزیم رداکتاز آهن و رسوب آن در دیواره سلول‌های ریشه می‌شود. در این حالت امکان دارد قابلیت استفاده آهن در خاک، فراهمی و غلظت

آن در محلول خاک و همچنین آپوپلاست دیواره سلول‌های ریشه زیاد باشد اما گیاهان از کمبود آهن رنج ببرند (اماری و منگل، 2006). نتایج بررسی پاسخ سوینگل‌سیترواملو به خاک‌های آهکی شرق مازندران نشان داد که در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 9 درصد، با وجود غلظت آهن قابل استفاده بیش از حد بحرانی در خاک، نشانه‌های زرد برگی به وضوح در درختان نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترواملو مشاهده شد، همچنین میانگین غلظت آهن کل در ریشه حدود 7/45 برابر میانگین غلظت آن در برگ بود که نشان‌دهنده تجمع و رسوب آهن در آپوپلاست سلول‌های ریشه است. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که سوینگل‌سیترواملو حساس به خاک‌های آهکی و تنش کمبود آهن است (دومینی و همکاران، 2009؛ کاستل و نونالی، 2009).

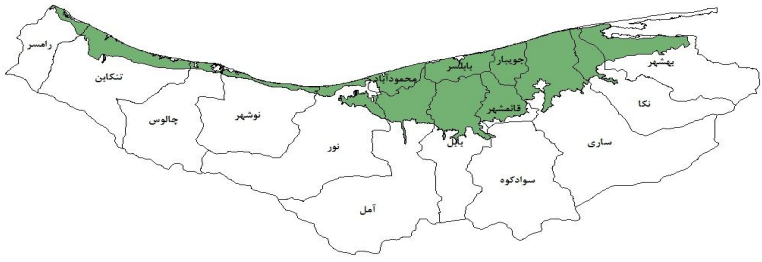
گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1393) نشان می‌دهد که حد بحرانی منگنز و روی قابل استفاده در خاک (عصاره‌گیر DTPA) برای درختان مرکبات به ترتیب حدود 2/5 و 1/5 تا 2 میلی‌گرم در کیلوگرم است. از طرفی دامنه منگنز قابل استفاده خاک‌های آزمایشی از 3/10 تا 7/71 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بیشتر از حد کفایت 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 (اسدی‌کنگرشاهی و اخلاقی‌امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1390). نتایج آزمون برگ درختان نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مختلف نشان داد که دامنه غلظت منگنز در برگ این درختان در بیشتر خاک‌های منطقه از 14/7 تا 15/9 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان‌دهنده کمبود منگنز در برگ است. این نتایج با پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی (1398) مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر از 90 درصد باغ‌های مرکبات شرق مازندران کمبود منگنز دارند. 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 و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1385؛ مورودت و همکاران، 1991). همچنین اسدی کنگرشاهی و اخلاقی‌امیری (1393) گزارش کردند که کمبود منگنز در خاک‌های با کربنات کلسیم و مواد آلی زیاد مانند اغلب باغ‌های شرق مازندران مشاهده می‌شود. با توجه به حد کفایت روی قابل استفاده در خاک برای مرکبات (اسدی‌کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛

اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1385)، در این آزمایش غلظت روی قابل استفاده در خاک‌های جنوب ساری، غرب و شمال نکا کمتر از حد کفایت، در خاک‌های غرب ساری و میاندرود در حد کفایت و در خاک‌های جنوب بابل و غرب قائم‌شهر بیش از حد کفایت بود. نتایج تیمارهای این آزمایش نشان داد که غلظت روی برگ در خاک‌های جنوب بابل، جنوب ساری، غرب و شمال نکا در حد کفایت و در خاک‌های غرب قائم‌شهر، غرب ساری و میاندرود کمتر از حد کفایت است که نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری بین غلظت روی قابل استفاده و غلظت روی در برگ در این آزمایش وجود ندارد. اما خاک‌های غرب ساری و میاندرود که دارای ماده آلی و آهک زیاد بودند کمترین غلظت روی در برگ داشتند. در خاک‌های با مواد آلی زیاد، واکنش روی با اسیدهای هیومیک و هیومین ممکن است موجب تشکیل کمپلکس‌های پایدار روی با وزن مولکول‌های زیاد شوند که می‌تواند موجب کاهش قابلیت استفاده روی می‌شوند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و ملکوتی، 1386؛ مورودت و همکاران، 1991). همچنین افزایش آهک فعال خاک و pH خاک موجب افزایش جذب روی توسط اجزای ساختمانی خاک، رسوب و همچنین کاهش انتقال روی از محلول خاک به سطح ریشه شوند که می‌تواند قابلیت استفاده روی را کاهش دهند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و ملکوتی، 1382؛ مورودت و همکاران،1991).

فصل سوم

پراکنش کربنات کلسیم و ماده آلی در خاک‌های استان مازندران و سوینگل‌سیترواملو

نقشه استان مازندران و اراضی زراعی و باغی آن در شکل 20 نشان داد شده است. به طور کلی مساحت استان مازندران حدود 2352000 هکتار است. از این مساحت حدود 1107255 هکتار آن جنگل و 766745 هکتار مرتع است (مناطق سفید رنگ) و حدود 478000 هکتار ان نیز مجموع اراضی زراعی و باغی (مناطق سبزرنگ) است. همچنین از این اراضی زراعی و باغی حدود 300000 هکتار آن به محصولات زراعی و 178000 هکتار به محصولات باغبانی اختصاص دارد و از این سطح زیرکشت محصولات باغبانی حدود 120000 هکتار آن مرکبات است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397).

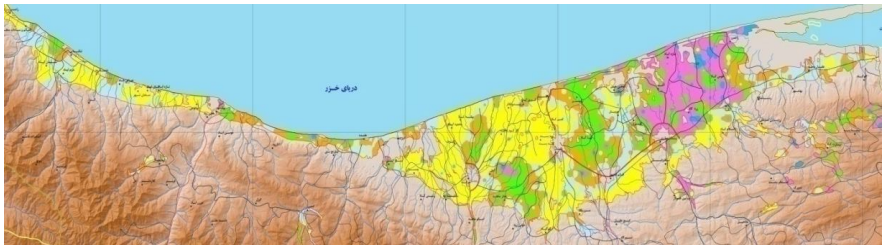


شکل 20- اراضی زراعی و باغی (مناطق سبز رنگ) و غیرزراعی (سفیدرنگ)شهرستان‌های مختلف استان مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1399)

کربنات کلسیم

بررسی‌های انجام شده و گزارش‌های خاکشناسی منطقه نشان می‌دهد که اندازه کربنات کلسیم معادل خاک‌های منطقه نیز از غرب به طرف شرق، به تدریج افزایش می‌یابد. بخش

عمده خاک‌های مناطق رامسر، نشتارود، سلمان‌شهر، تنکابن، چالوس، محمودآباد، چمستان، فریدون‌کنار، کله‌بست بابل، امیرکلا، بخش‌هایی از جویبار، بخش‌های جنوبی قائم‌شهر، سنگ‌تراشان و اسلام آباد ساری کمتر از 5 درصد (0 تا 5 درصد) کربنات کلسیم معادل دارند. بخش عمده خاک‌های شرق کتالم، تنکابن، خرم آباد، عباس آباد، علمده، نور، ایزده، جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه بین 5 تا 10 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. بخش‌هایی از نوشهر، علمده، نور و ایزده و بخش‌های محدودی از مناطق جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه بین 10 تا 15 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. بیشتر بخش‌های جنوبی آمل، نجارمحله، کیاکلا، بهنمیر، کوهی‌خیل و گلیرد بین 10 تا 20 درصد کربنات کلسیم معادل و بخش‌های عمده‌ای از ساری مانند آکند، زردگاه، تازه‌آباد ساری، طوس‌کلا و زاغمرز بین 20 تا 30 درصد کربنات کلسیم معادل دارند (شکل 21). همچنین مطالعات خاکشناسی باغ‌های مرکبات مناطق شرق مازندران نشان داده است که اندازه کربنات کلسیم خاک باغ‌های این منطقه از میانه به طرف شرق به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که اندازه کربنات کلسیم خاک در آمل و بابل کمتر از یک درصد و در شرق ساری و نکا به بیشتر از 30 درصد می‌رسد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ طهرانی و همکاران، 1390).

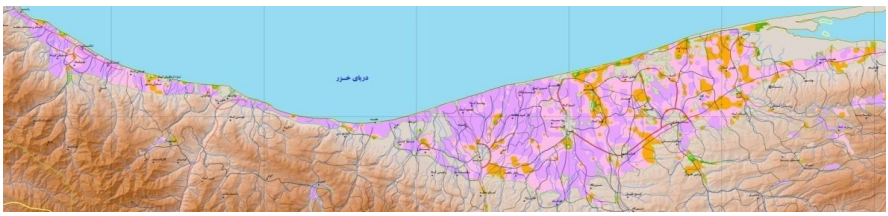


شکل 21- پراکنش کربنات کلسیم در خاک‌های استان مازندران (طهرانی و همکاران، 1390).
مناطق با رنگ زرد، 5-0 درصد؛ آبی کم‌رنگ،10-5 درصد؛ قهوه‌ای، 15-10 درصد؛ سبز، 20-15 درصد؛ صورتی، 30-20 درصد؛ آبی پررنگ، 50-30 درصد و خاکستری، بیش از 50 درصد کربنات کلسیم معادل را نشان می‌دهند.

ماده آلی

ماده آلی خاک‌های منطقه از غرب به طرف شرق، به تدریج کاهش می‌یابد (شکل 22). بخش عمده خاک‌های مناطق غرب و میانه مازندران (رامسر، تنکابن، نشتارود، چالوس، نوشهر،

محمودآباد، فریدونکنار و بخش‌هایی از بابلسر) دارای 2 درصد و بیشتر ماده آلی هستند. در مقابل، بخش عمده خاک‌های عباس‌آباد و سلمان‌شهر دارای ماده آلی کمتر از 2 درصد (بین 1/5 تا 2) است. همچنین بیشتر خاک‌های مناطق آمل، بابل، جویبار، کیاکلا، بهنمیر، قائم‌شهر، ساری، نکا و بهشهر دارای 1/5 تا 2 درصد ماده آلی هستند. اما در بخش‌هایی از کیاکلا و بهنمیر(به ویژه مناطق شمالی آنها)، بخش‌هایی از ساری (مانند تازه‌آباد و طوس‌کلا) و بخش‌هایی از نکا و زاغمرز، دارای مواد آلی کمتر از 1/5 درصد (بین 1 تا 1/5 درصد) هستند (طهرانی و همکاران، 1390). افزایش مواد آلی خاک می‌تواند شدت کلروز آهن را کاهش دهد. کودهای حیوانی به ویژه کودهای گاوی به طور تجاری برای افزایش مواد آلی خاک و حاصلخیزی درختان میوه استفاده می‌شوند. تاثیر مواد آلی در کاهش یا جلوگیری از کلروز آهن، تنها به علت توانایی کلات کنندگی آهن مواد هیومیک و فولویک نیست بلکه تحریک و افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک نیز می‌تواند در کاهش کلروز موثر باشد. مصرف کودهای حیوانی در خاک، سوبسترای مناسبی برای باکتری‌های تولید کننده سیدروفور است. همچنین مصرف مواد آلی، تهویه خاک را افزایش می‌دهد و به احتمال زیاد از کریستالی شدن دوباره فری‌هیدرات‌ها (به اکسیدهای با کریستالیتی بیشتر) در شرایط خاک‌های قلیایی و آهکی جلوگیری می‌کند. برخی ترکیبات مواد آلی نیز می‌توانند توسط ریشه‌ها جذب شده و رشد و فعالیت ریشه‌ها را افزایش دهند. همچنین برخی ترکیبات آلی (مانند کودهای حیوانی، پیت و غیره)، اگر با کودهای معدنی آهن (مانند سولفات‌های آهن فرو) پیش از مصرف، مخلوط شوند می‌توانند حلالیت ترکیبات نامحلول آهن خاک را افزایش داده و راندمان جذب و انتقال آهن را افزایش دهند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).



شکل22- پراکنش ماده آلی در خاک‌های میانه و شرق استان مازندران (طهرانی و همکاران، 1390).
مناطق با رنگ زرد، 0/25 – 0 درصد؛ سبزروشن، 0/5 – 0/25 درصد؛ سبز، 0/75 – 0/5 درصد؛ سبز تیره، 1 – 0/75 درصد؛ قرمز، 1/5 – 1 درصد؛ صورتی، 2 – 1/5 درصد و بنفش بیش از 2 درصد ماده آلی را نشان می‌دهند.

به طور کلی افزایش مواد آلی خاک می‌تواند شدت کلروز آهن را کاهش دهد. تاثیر مواد آلی در کاهش یا جلوگیری از کلروز آهن، تنها به علت توانایی کلات‌کنندگی آهن مواد هیومیک و فولویک نیست بلکه تحریک و افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک نیز می‌تواند در کاهش کلروز موثر باشد. همچنین مواد آلی، تهویه خاک را افزایش می‌دهد و به احتمال زیاد از کریستالی شدن دوباره فری‌هیدرات‌ها (به اکسیدهای با کریستالیتی بیشتر) در خاک‌های آهکی جلوگیری می‌کند. در خاک‌های آهکی گیاهان بیشتر از کمبود آهن خسارت می‌بینند که ناشی از غلظت ناکافی آهن در محلول خاک نیست بلکه ناشی از کاهش جذب آن توسط ریشه‌ها است. گیاهان در طول دوره رشد، مکانیسم‌های را توسعه می‌دهند که به وسیله آن می‌توانند آهن (III) سیدروفورها را متحرک سازند، در غشای خارجی (پلاسمالما) نوک ریشه‌ها رداکتاز آهن (III) قرار دارد که یک الکترون به آهن (II) سیدروفور انتقال می‌دهد. با این کاهش آهن (III) ساختمان مولکولی سیدروفور شکسته شده و آهن (II) آزاد می‌شود و ممکن است توسط یک کانال ویژه در عرض پلاسمالما به داخل سلول عبور نماید. فعالیت رداکتاز آهن (III) وابسته به pH است و pH بالا از فعالیت آهن جلوگیری می‌کند. چنین pH بالایی در آپوپلاست ریشه گیاهان در خاک‌های آهکی معمولا وجود دارد که منجر به رسوب آهن در دیواره سلول‌های ریشه می‌شود، در چنین شرایطی یک وضعیت غیرمعمول حاصل می‌شود که قابلیت استفاده یا فراهمی آهن در خاک‌ها و همچنین غلظت آهن در دیواره سلول‌های ریشه زیاد است، اما گیاهان از کمبود آهن زیان می‌بینند (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392).

فصل چهارم

ارقام مهم مرکبات استان مازندران و سوینگل‌سیترواملو

سطح زیر کشت مرکبات در ایران، حدود 290 هزار هکتار است که 82/8 درصد آن را درختان بارور و 17/2 درصد را نهال مرکبات تشکیل می‌دهد. از این نظر، کشور ایران در رتبه هشتم در جهان قرار دارد. استان مازندران در بین استان‌ها، با 45/1 درصد از کل تولید این محصول، بیشترین تولید را داشته است. از لحاظ میزان عملکرد در هکتار، ایران در رتبه نهم جهان قرار دارد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396). استان مازندران با 34/6 درصد اراضی بارور مرکبات کشور، بیشترین سطح زیر کشت مرکبات را به خود اختصاص داده است. استان‌های فارس، هرمزگان، جیرفت و کهنوج، گیلان و کرمان به ترتیب با 23/8، 12/4، 11/3، 6/1 و 5/5 از اراضی بارور مرکبات، رتبه‌های دوم تا ششم کشت این محصول را دارند. از نظر میزان تولید مرکبات، ایران در رده هفتم جهان قرار دارد. به طور کلی نوار شمالی کشور با طول حدود 400 کیلومتر و عرض حدود 2 تا 20 کیلومتر از شرق استان گیلان تا غرب استان گلستان است. باغ‌های مرکبات شرق استان گیلان شامل مناطق دامنه‌ای شهرهای رودسر و لنگرود در برگیرنده‌ی ارقام پرتقال‌های زودرس، نارنگی انشو، کلمانتین، یونسی و پیچ است. استان مازندران شامل مناطق رامسر، تنکابن، چالوس و نوشهر، بابل، قائم‌شهر، جویبار، ساری، میاندرود، نکا، بهشهر و بهشهر است که دارای باغ‌های مرکبات با ارقام پرتقال تامسون ناول، واشنگتن ناول، پرتقال‌های خونی مورو، تاراگو و ارقام نارنگی انشو میاگاوا، سوجی‌یاما، اکیتسو، ایواساکی و نارنگی‌های معمولی کلمانتین، پیچ و پونکن است. شرق استان گلستان شامل مناطق جلگه‌ای شهرهای کردکوی، است که دارای باغ‌های مرکبات با ارقام پرتقال تامسون ناول، خونی و ارقام نارنگی انشو و کلمانتین است (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396).

با توجه به نتایج پژوهش‌های نگارندگان، پراکنش کربنات کلسیم و همچنین مشاهدات میدانی استفاده از پایه سوینگل‌سیترواملو برای همه ارقام در مناطق با رنگ

زرد توصیه می‌شود اما در مناطقی با آبی کم‌رنگ و قهوه‌ای رنگ برای ارقام حساس به کلروز مانند پیچ‌ها، کلمانتین‌ها، خونی‌ها توصیه نمی‌شود اما به شرط بسترسازی مناسب (دستورالعمل بسترسازی در فصل بعدی ارائه شده است) برای ارقام غیرحساس به کلروز مانند پرتقال‌های تامسون ناول، واشنگتن ناول و نارنگی‌های انشو نیز می‌تواند استفاده شود. در مقابل توصیه می‌شود استفاده از سوینگل‌سیتروملو برای مناطقی که با رنگ سبز، صورتی، آبی پررنگ، و خاکستری در روی نقشه مشخص شده است اجتناب شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1392، 1397 و 2021).

فصل پنجم

دستورالعمل بسترسازی برای سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های آهکی

برای بسترسازی توصیه می‌شود چاله‌هایی به ابعاد تقریبی حدود یک مترمربع یا بیشتر حفر و از خاک 30 سانتی‌متری سطحی، مواد آلی یا کود حیوانی پوسیده (مناسب)، ماسه مناسب و برخی کودهای شیمیایی براساس نتایج آزمون خاک برای ایجاد بستر استفاده شود. نخست مقدار مواد آلی یا کود حیوانی (مناسب) مورد نیاز (جدول 4) با گوگرد (جدول 5) و همچنین کودهای شیمیایی دیگر (جدول‌های 6 و 7) کاملا با خاک سطحی مخلوط شوند[در صورتی که بافت خاک سنگین باشد، توصیه می‌شود حداقل 10 تا 20 درصد حجمی، ماسه مناسب (با سیلت و آهک پایین) نیز به ازای هرچاله برای تعدیل بافت خاک به مخلوط آماده شده افزوده شود]. سپس چاله‌ها با مخلوط خاکی غنی شده تا حداقل 10 سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین پر شوند و مرکز چاله با یک قیم مناسب علامت‌گذاری شود، بعد از آبیاری یا بارندگی مناسب و گذشت 20 تا 30 روز، کاشت نهال‌ها انجام شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397).

جدول 4- مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (کیلوگرم به ازای هر چاله یک مترمکعبی) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین (با توجه به ماده آلی و بافت خاک)

ماده آلی خاک (درصد)	بافت خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
	مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (کیلوگرم برای هر چاله)		
<0/5	25/5	39	54
0/5 – 1	18	33	48
1/1 – 1/5	10/5	25/5	39
1/6 -2	4/5	18	33
2/1 – 2/5	-	10/5	24
2/6 – 3	-	4/5	18
3/1 – 3/5	-	-	10/5
3/6 – 4	-	-	4/5
>4	-	-	-

جدول 5- مقدار گوگرد مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله یک مترمکعبی) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین (با توجه به کربنات کلسیم معادل و بافت خاک)

کربنات کلسیم معادل (درصد)	بافت خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
	مقدار گوگرد مورد نیاز (گرم برای هر چاله)		
<5	-	-	-
5 – 10	1500	2250	3000
10/1 – 15	2250	3000	3750
15/1 -20	3000	3750	4500
20/1 – 30	3750	4500	5250
>30	4500	5250	6000

جدول 6- مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین (با توجه به قابلیت استفاده فسفر و بافت خاک)

فسفر قابل استفاده خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)	بافت خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
	مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (گرم برای هر چاله)		
<5	150	270	420
5 – 10	105	210	330
10/1 – 15	60	120	180
15/1 -20	30	60	90
>20	-	-	-

جدول7- مقدار پتاسیم (K2O) مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین (با توجه به پتاسیم قابل استفاده و بافت خاک)

پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)	بافت خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
	مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (گرم برای هر چاله)		
<50	600	900	1500
50 – 100	450	750	1200
100 - 150	300	600	1050
150 -200	150	450	750
200 -250	-	150	450
250 -300	-	-	210
>300	-	-	-

فصل ششم

بررسی میدانی پاسخ سوینگل‌سیترواملو به خاک‌های استان مازندران (به روایت تصویر)

به طور کلی مطالعات میدانی نگارندگان در خاک‌های مناطق مختلف استان نشان داده است استفاده از این پایه در خاک‌های منطقه غرب، میانه و همچنین مناطق دامنه‌ای (بخش‌های جنوبی) شرق مازندران که دارای ماده آلی زیاد و آهک کمتر هستند، محدودیتی ندارد. اما درخاک‌های آهکی ساری، میاندرود، نکا و زاغمرز نشان داده است که بیشتر باغ‌های مرکبات با پایه سوینگل‌سیترواملو به ویژه ارقام خونی، پیچ، کلمانتین دارای کلروز شدید و خشکیدگی سرشاخه‌ها هستند. خاک‌های آهکی معمولا دارای مقدار زیادی آهن هستند اما حلالیت آهن در این خاک‌ها بسیار کم است. از این‌رو آشکار شدن نشانه‌های کمبود آهن برای پایه‌ها حساس مانند سوینگل‌سیترواملو در این خاک‌ها معمول است. آسان‌ترین و پایدارترین روش برای اجتناب از کلروز آهن در خاک‌های آهکی و قلیایی، استفاده از پایه مناسب است (شکل‌های 29-23).

شکل 23- رشد مناسب نارنگی انشو با پایه سیترواملو در مناطق دامنه‌ای شرق استان مازندران (ساری -مهدشت بالا)

شکل 24- رشد و عملکرد مناسب نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترواملو در مناطق میانی استان مازندران (بابل)

شکل 25- زرد برگی و خشکیدگی سرشاخه‌های نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترواملو درخاک‌های آهکی بسترسازی شده در مناطق شرقی استان مازندران (دشت ناز ساری)

شکل 26- زرد برگی نارنگی کلمانین با پایه سوینگل‌سیترواملو درخاک‌های آهکی بسترسازی شده در مناطق شرقی استان مازندران (دشت ناز ساری)

شکل 27- زرد برگی نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترومِلو درخاک‌های آهکی بسترسازی شده در مناطق شرقی استان مازندران (نکا)

شکل 28- رشد مناسب نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترومِلو درخاک‌های آهکی بسترسازی شده در مناطق شرقی استان مازندران(دشت ناز ساری)

شکل 29- خشکیدگی سرشاخه‌ها و زرد برگی نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترومِلو درخاک‌های آهکی بسترسازی شده در مناطق شرقی استان مازندران (زاغمرز ساری)

فصل هفتم

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهشی و مشاهدات میدانی نگارندگان نشان داده است که بیشترین رشد رویشی اندام هوایی و رشد قطری نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیترومِلو از خاک‌های بدون آهک یا با کربنات کلسیم کم حاصل می‌شود که با گزارش‌ها و مطالعات میدانی دیگر پژوهشگران از جمله بایرن و همکاران (1995) و کاستل و استور (2001) مطابقت دارد. براساس نتایج این پژوهش میانگین وزن خشک اندام هوایی در خاک‌های با آهک کل و آهک فعال به ترتیب بیشتر از 14 درصد و 5 درصد به شدت کاهش نشان داد. کمترین درجه زردی از خاک‌های با آهک کل 3 و 9 درصد حاصل شد. بیشترین درجه زردی در خاک‌های با آهک فعال 14 و 16 درصد وجود داشت. نتایج این پژوهش نشان داد بین مقدار آهک فعال خاک و غلظت آهن فعال برگ، رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد و با افزایش آهک فعال خاک غلظت آهن فعال برگ کاهش نشان داد. براساس نتایج این تحقیق، این پایه حساس به خاک‌های آهکی است و در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14 درصد یا آهک فعال بیشتر از 5 درصد زردی و کاهش شدید رشد نشان می‌دهد.

نتایج این پژوهش نشان داد که بین مقدار آهن قابل استفاده خاک با غلظت آهن ریشه و برگ و همچنین بین غلظت آهن ریشه و برگ از نظر آماری ارتباط معنی‌داری وجود نداشت. میانگین غلظت آهن ریشه حدود 7/5 برابر برگ است. بیشترین غلظت آهن کل ریشه در خاک‌های به آهک کل 9 درصد و کمتر حاصل شد و خاک‌های که بیشترین درجه زردی داشتند از میانگین نسبی غلظت آهن ریشه به برگ کمتری برخوردار هستند. میانگین غلظت آهن فعال ریشه تقریبا 1/07 برابر غلظت آهن فعال برگ بود. 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. از این‌رو در خاک‌های آهکی، کاهش اندازه

برگ‌ها و ریز بودن آن‌ها از نشانه‌های کمبود آهن است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1398).

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در خاک‌های آهکی، قابلیت استفاده آهن در خاک، غلظت ناکافی آهن در محلول خاک، کاهش جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن به اندام هوایی، علت کمبود آهن نمی‌باشند بلکه کمبود آهن ناشی از رسوب آن در آپوپلاست سلول‌های برگ، ریشه و کاهش راندمان فیزیولوژیکی آن است به طوری که حدود 4/3 درصد آهن ریشه و 30 درصد آهن برگ به شکل فعال بود؛ اما بین قابلیت استفاده منگنز خاک با غلظت غلظت آن در ریشه و برگ رابطه معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت. همچنین بین غلظت منگنز در ریشه و برگ رابطه معنی‌داری مشاهده نشد و مشکل منگنز انتقال از ریشه به اندام هوایی است که با وجود غلظت زیاد منگنز در خاک و ریشه، غلظت منگنز برگ در بیشتر باغ‌های مرکبات منطقه در دامنه کمبود قرار داشت. در مورد عناصر روی و مس نیز بین غلظت مس قابل استفاده در خاک با غلظت آن‌ها در ریشه و برگ ارتباط معنی‌داری وجود نداشت اما بین غلظت این عناصر در ریشه با غلظت آن‌ها در برگ رابطه مثبت معنی‌داری مشاهده شد.

فصل هشتم

توصیه‌های ترویجی

1. پایه سوینگل‌سیتروملو برای خاک‌های با آهک کل و فعال به ترتیب کمتر از 14 و 5 درصد توصیه می‌شود.
2. این پایه برای خاک‌های با آهک کمتر از 14 درصد توصیه می‌شود. از این‌رو با توجه به نقشه آهک استان مازندران (شکل21)، این پایه برای مناطق رامسر، نشتارود، سلمان‌شهر، تنکابن، چالوس، محمودآباد، چمستان، فریدون‌کنار، کله‌بست بابل، امیرکلا، بخش‌هایی از جویبار، بخش‌های جنوبی قائم‌شهر، سنگ‌تراشان و اسلام آباد ساری (با آهک کمتر از 5 درصد)، بخش عمده مناطق کتالم، تنکابن، خرم آباد، عباس آباد، علمده، نور، ایزده، جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه (با آهک 5 تا 10 درصد)، بخش‌هایی از نوشهر، علمده، نور و ایزده و بخش‌های محدودی از مناطق جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه (با آهک 10 تا 15 درصد) توصیه می‌شود. خاک‌های مناطق جنوبی آمل، نجارمحله، کیاکلا، بهنمیر، کوهی‌خیل و گلیرد بین 10 تا 20 درصد آهک دارند. خاک‌های مناطق ساری، میاندرود و نکا (مانند آکند، زردگاه، تازه‌آباد ساری، طوس‌کلا و زاغمرز) بیشتر از 20 درصد آهک دارند و پایه سوینگل‌سیتروملو برای این مناطق توصیه نمی‌شود.
3. بیشتر خاک‌های مناطق دامنه‌ای بخش‌های جنوبی مناطق استان مازندران دارای آهک کم در لایه سطحی هستند. از این‌رو استفاده از پایه سوینگل‌سیتروملو به شرط حفر پروفیل و تعیین آهک در لایه‌های زیرین و این که مقدار آهک در این لایه‌های زیرین کمتر از 14 درصد باشد بلامانع است.
4. با توجه مطالعات میدانی نگارندگان در اراضی شرق مازندران، استفاده از پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های با آهک بیشتر از 15 درصد حتی با توجه به انجام عملیات بسترسازی (دستورالعمل فصل پنجم) نیز توصیه نمی‌شود. زیرا بسترسازی

موجب می‌شود نهال‌ها و درختان جوان با پایه سوینگل‌سیترومله در سه تا چهار سال اول (پس از احداث باغ) رشد مناسبی بدون نشانه‌های زردی یا با کمترین نشانه‌های زردی داشته باشند اما پس از افزایش رشد و سن درختان، بخش عمده ریشه‌های فیبری و جوان(ریشه‌های فعال) به خارج خاک بسترسازی شده وارد می‌شوند که اغلب موجب ظهور علایم زردی و تشدید کلروز (شکل‌های 27-25)، افزایش حساسیت به تنش‌های محیطی، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال درختان مرکبات (شکل 29) خواهد شد.

5. مطالعات میدانی نگارندگان در برخی اراضی شرق مازندران نشان داد است که معمولا خاک‌های این مناطق در لایه سطحی (40-0 سانتی‌متر لایه سطحی خاک) مقدار آهک کمتری دارند و در مقابل در این مناطق، مقدار آهک خاک در لایه‌های پایین‌تر به شدت افزایش می‌یابد (شکل 30). از این‌رو فقط نمونه‌برداری از لایه سطحی خاک برای انتخاب پایه و رقم براساس نتایج تجزیه خاک این لایه کفایت نمی‌کند. زیرا پس از افزایش رشد و سن درختان، بخش زیادی از ریشه‌ها به لایه‌های زیرین با آهک بیشتر وارد شده و ممکن است در پایه‌های حساس موجب تشدید کلروز، افزایش نیاز به مصرف کودهای آهن، افزایش هزینه باغدار، افزایش حساسیت به تنش‌های محیطی، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال مرکبات شود. از این‌رو در بیشتر موارد، مطالعات خاکشناسی پیش از احداث باغ برای انتخاب پایه و رقم توصیه می‌شود.

شکل 30- تغییرات شدید آهک با افزایش عمق خاک در اراضی شرق ساری

6. با توجه به نتایج پژوهش‌های نگارندگان و همچنین مشاهدات میدانی استفاده از پایه سوینگل‌سیترواملو برای ارقام حساس به کلروز مانند پیچ‌ها، کلمانتین‌ها، خونی‌ها برای خاک‌های با کربنات کلسیم بیشتر از 5 درصد توصیه نمی‌شود.

منابع

اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 198

اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. بررسی وضعیت مدیریت منگنز متناسب با مراحل رشد و تاثیر آن بر عملکرد و کیفیت مرکبات شرق مازندران. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 33 شماره 3، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

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.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1397. مدیریت احداث باغ پایدار مرکبات (با تاکید بر مطالعات خاکشناسی، تناسب اراضی، طراحی باغ و سیستم آبیاری، انتخاب پایه، کوددهی، آبیاری و .....). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. صفحه 201.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1396. روند رشد، پاسخ‌های تغذیه‌ای (عناصر کم مصرف) و درجه زردی نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های آهکی شرق مازندران. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 31 شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1395. سرمازدگی درختان میوه (مبانی، اصول و راهکارهای عملی کاهش خسارت)، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. صفحه 201.

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 ولی‌عصر رفسنجان، کرمان، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات. جلد اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 321.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات. جلد دوم، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 321.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1390. شناخت برخی آسیب‌های محیطی و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مرکبات. نشریه فنی شماره 501، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع.، غ.ر. ثواقبی و ن. اخلاقی امیری. 1392. امکان استفاده از آهن فعال برای غربالگری ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به خاک‌های آهکی. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع.، ن. اخلاقی امیری و م. سمر. 1394. شاخص زردی و آهن فعال برای ارزیابی تحمل برخی از پایه‌های مرکبات به آهک خاک. مجله پژوهش‌های خاک. جلد 29، شماره 3، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع.، غ.ر. ثواقبی.، م. سمر و ن. اخلاقی امیری. 1392. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به آهک کل و فعال در خاک‌های آهکی شرق مازندران. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع.، م.ج. ملکوتی و ع. چراتی. 1385. کالیبراسیون منگنز تحت شرایط مزرعه‌ایی و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 37، شماره 5، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع. و م.ج. ملکوتی. 1386. تاثیر مصرف روی در رشد، غلظت و جذب روی توسط سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 38، شماره 2، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع.، م.ج. ملکوتی و ع. چراتی. 1385. کالیبراسیون روی تحت شرایط مزرعه‌ایی و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم خاک و آب. جلد 17، شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

ایزدپناه، ب. 1355. مطالعات نیمه تفضیلی و اجمالی خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی استان مازندران. نشریه شماره 492. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

رامشنی، خ. و م.ح. بنایی. 1362. گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی و اجمالی غرب استان مازندران. نشریه فنی شماره 638. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

طهرانی، م. م.، م. پسندیده و م.ح. داودی. 1390. تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان‌های گیلان، مازندران، همدان، کرمانشاه، آذربایجان غربی و اصفهان. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. گزارش نهxxایی طرح تحقیقاتی. نشریه شماره 1618. 30 صفحه. ایران.

Ammari, T. and K. Mengel. 2006. Total soluble Fe in soil solution of chemically different soils. Geoderma.136: 876 – 885.

Asadi Kangarshahi, A. and N. Akhlaghi. 2021. Growth trend and tolerance of Swingle citromelo in Mazandaran calcareous soil, Iran. J. Horticulturs and Postharvest Research, 4: 35-48.

Asadi Kangarshahi, A. and N. Akhlaghi. 2008. Investigation of physicochemical condition and fertilization methods to citrus gardens of Mazandaran, Iran. 11th International Citrus Congress (ICC2008). Hubei, China.

Byrne, D.H., R.E. Rouse and E. Sudahono. 1995. Tolerance to citrus rootstocks to lime-induced iron chlorosis. Subtrop. Plant Science. 47: 7 – 11.

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.

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. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 117: 174 -181.

Castle, B. and E. Stover. 2001. Update on use of swingle citromelo rootstock. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences.

Castle, W.S., H.K. Wutscher., C.O. Youtsey and R.R. Pelosi.1988. Citrumelos as rootstocks for Florida citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc. 101: 28 - 33.

Chen, Y. and P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. Agron. 35: 217 – 240.

Cooper, W.C. 1961. Toxicity and accumulation of salts in citrus on various rootstocks in Texas. Proc. Flo. State Hort. Soc. 74: 95-104.

Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International. P. 241.

Donnini, S., A. Castagna., A. Ranieri and G. Zocchi. 2009. Differential responses in pear and quince genotypes induced by Fe deficiency and bicarbonate. Journal of Plant Physiology. 166: 1181-1193.

El-Otmani, M. 1996. Tolerance of seedlings of six citrus rootstocks to high soil calcium carbonate content. Proc. Int. Soc. Citriculture 1: 190-195.

Jaegger, B., H. Goldbach and K. Sommer. 2000. Release from lime induced iron chorosis by CULTAN in fruit trees and its characterization by analysis. Acta Hort. 531: 107 – 113.

Kosegarten, H., B. Hoffmann and K. Mengel. 1999. Apoplastic pH and Fe^{3+} reduction in intact sunflower leaves. *Plant Physiology*. 121: 1069 – 1079.

Levy, Y. and J. Shalheret. 1990. Ranking the salt tolerance of citrus rootstocks by juice analysis. Sci. Hort. 45: 89-98.

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.

Louzada, E.S., H.S. del 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.

Manthey, J.A., D.L. McCoy and D.E. Crowley. 1994. Stimulation of rhizosphere iron reduction and uptake in response to iron deficiency in citrus rootstocks. Plant Physiol. Biochem. 32: 211- 215.

Marchal, J. 1984. Citrus. In: P. Martin et al., (Eds.), Plant Analysis as Aguide to the Nutrient Requirements of Temperate and Tropical Crops, (pp. 320 – 354). Lavoisier Publishing INC. New York.

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.

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, The Netherlands. 389-397.

Mengel, K. and E. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.

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.

Pestana, M., A. Varrnnes., J. Abadia and E. Araujo Faria. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. Scientia Horticulturae. 104: 25 – 36.

Pestana, M., M. David., A. 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. J. Plant Nutr. 24: 1609-1620.

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.

Sagee, O., D. Hasdai., M. Hamou and A. Shaked. 1992. Screenhouse evaluation of new citrus rootstocks for tolerance to adverse soil condition. Proceedings International Society Citriculture. 1: 299 – 303.

Singh, A., S. Naqvi and S. Singh. 2002. Citrus Germplasm Cultivar and Rootstocks. Natural Research Centre for Citrus, Kalyani publishers. New Delhi, India.

Stover, B., W. Castle and J. Hebb. 2002. Citrus rootstock usage in the Indian region. University of Florida, IFAS, HS 852.

Sudahono, E., D.H. Byrne and R.E. Rouse. 1994. Greenhouse screening of citrus rootstocks for tolerance to bicarbonate-induced iron chlorosis. HortScience. 29: 113 – 116.

Wright, G.C., P.A. Tilt and M.A. Pena. 1999. Results of scion and rootstock trials for citrus in Arizona. Final report for project 98-12. University of Arizona, College of Agriculture.

Wutscher, H.K., N.P. Maxwell and A.V. Shull. 1975. Performance of nucellar grapefruit (Citrus Paradisi Macf.) on 13 rootstocks in south Texas. Journal of the American Society for Horticultural Science. 100: 48 - 51.