وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب
(آدرس الکترونیکی: www.swri.ir)

علایم ظاهری کمبود عناصرغذائی در توت فرنگی

محمدحسین سدری و ناصر قادری
عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان و عضو هیات علمی دانشگاه کردستان

شورای عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی

نشریه فنی شماره ۴۶۲
انتشارات سنا، بهار ۱۳۸۴

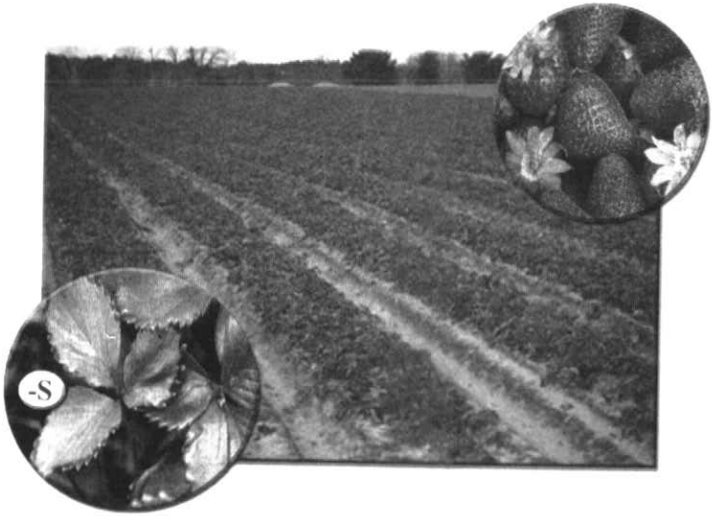
وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی

مؤسسه تحقیقات خاک و آب

(پست الکترونیکی: www.swri.ir)

علایم ظاهری کمبود عناصرغذائی در توت فرنگی



محمدحسین سدری و ناصر قادری

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان و عضو هیات علمی دانشگاه کردستان

نشریه فنی شماره ۴۶۲

(شورای‌عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی)

بهار ۱۳۸۴

انتشارات سنا، تهران، ایران

بسمه تعالی

قید العلم بالکتابه

خوب نیست کسی روی یافته‌های علمی خود مثل مار چنبر بزند. *امام علی(ع)*

● پیش‌گفتار

خاک یکی از اجزای مهم منابع پایه است که بعنوان بستر اصلی کشت گیاه و نیز محیطی منحصر بفرد برای انواع حیات محسوب می شود. انسان اگر چه در مسیر تکاملی خود با دستیابی به فناوری های نوین، پیشرفت های سریع و شگفت انگیزی را به ارمغان آورده است ولی متاسفانه آثار سوء آن بتدریج با بروز اختلال و دگرگونی در شرایط تعادلی و متعارف منابع پایه، به ویژه خاک و آب همراه گردیده که موجب پدیدار شدن انواع ناهنجاریها، کاهش سطح حاصلخیزی خاکهای زراعی، افت تولید و بحران‌های زیست محیطی شده است. از این رو اکنون بیش از هر زمان دیگر، برگزیدن سیاستهای سازگار و راه حلهای منطقی برای عرضه مواد غذایی در پاسخگویی به تقاضای روزافزون جمعیت و در مسیری هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی، احساس می‌شود. در این میان آنچه که بیش از هر عامل دیگر بویژه در سطح ملی می تواند در جهت تنویر افکار عمومی، افزایش آگاهی جامعه، شناخت مسایل و مشکلات زیست محیطی، نیروهای مردمی را در گام برداشتن در مسیر توسعه پایدار سهیم سازد، تهیه و تدوین نشریه‌ها و کتب علمی و فنی، آموزشی، تحقیقی، ترویجی و تحلیلی است که به عنوان وسیله ارتباطی مناسب برای بیان و اشاعه مبانی نظری و ارائه راهکارهای علمی و فنی در جهت افزایش آگاهی و دانش مخاطبان بشمار می آیند. از آنجایی که هدف اساسی موسسه تحقیقات خاک و آب، نخست شناخت توان تولیدی منابع خاک و آب و سپس بهره‌برداری و مدیریت مناسب این منابع در راستای تولید پایدار، امنیت غذایی و سلامت جامعه می‌باشد واحد انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب بر آن است تا با انتشار آثاری در این زمینه، گامی اساسی و بنیادی در راستای رسالت خویش بردارد و در این رهگذر پذیرای پیشنهادهای سازنده، انتقادهای مسئولانه و راهنمائیهای ارزنده کلیه اندیشمندان، پژوهشگران و دست‌اندرکاران نیز خواهد بود. باشد که با این گام ضمن انجام مسئولیتی خطیر، همگان را در تلاش بی‌وقفه برای پاسداری از بستر هستی فراخوانیم. ان‌شاءالله.

انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب

● **مقدمه (اهمیت موضوع):** پرورش دهندگان میوه در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان سه ابزار مهم در دست دارندکه شامل بررسی علایم قابل روئیت در برگ، ساقه و میوه و آزمون خاک می‌باشد.

● **تجزیه بافتهای گیاهی:** با بکارگیری بموقع و مناسب هر یک از موارد فوق در مجموع می‌توان در مدیریت حاصلخیزی و نیل به تولید میوه با عملکرد در حد پتانسیل ژنتیکی و ارتقاء کیفی میوه و افزایش بازار پسندی و در نهایت افزایش سود دهی گام مهم و موثری برداشت.

۱- استفاده از علائم ظاهری اندام های گیاهی: علائم ظاهری کمبود از سالهای متمادی در شناسائی و تشخیص کمبود عناصر غذائی مورد استفاده قرار گرفته است و تصاویر رنگی به عنوان وسیله اولیه در تشخیص علائم کمبود انواع عناصر غذائی همچنان جایگاه خود را محفوظ داشته است. با وجود این حداقل دو عیب در بکارگیری از این روش در تخمین وضعیت تغذیه‌ای همواره مورد بحث است اول اینکه علائم ظاهری در اندامهای گیاهی زمانی قابل مشاهده است که کمبود این عناصر اثرات منفی خود را برجای گذاشته و تقریباً موجب کاهش عملکرد و کیفیت میوه گشته و مشکل دیگر آن است که بعضی از علائم ظاهری به علائم بیماری، حمله آفات، تنشهای محیطی شبیه بوده و با اثرات آنها اشتباه می‌شود. تشخیص علائم ظاهری زمانی پیچیده‌تر خواهد شد که درگیاه بیش از یک عنصر کمبود داشته باشد و این قضیه تشخیص علائم کمبود یا بیشبود ماده غذائی را بغرنج‌تر خواهد ساخت(۱، ٤، ۱۱ و۱۳).

۲- آزمون خاک: آزمون خاک به عنوان ابزاری در تخمین وضعیت تغذیه‌ای گیاه استفاده می‌شود ولی به دلیل رابطه ضعیف بین مواد غذائی

خاک و سطوح همان عناصر درگیاه بخصوص در محصولات چند ساله از قبیل توت فرنگی، انگور و سایر محصولات باغی، استفاده به تنهائی از این ابزار را برای تشخیص کمبود عنصر غذائی و انجام توصیه کودی دچار مشکل ساخته است. در خاکهایی مثل خاکهای آهکی و قلیائی که از لحاظ حاصلخیزی و قابلیت جذب عناصر با مشکل مواجه هستند استفاده از آزمون خاک به تنهایی در تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گیاهان چند ساله کافی نیست و علاوه بر آن می‌بایست از تجزیه برگ که بهترین روش در تعیین وضعیت تغذیه‌ای گیاهان چند ساله نظیر توت فرنگی و درختان میوه محسوب می‌گردد استفاده نمود(٦، ١١ و١٣).

۳- تجزیه اندامهای گیاهی: تجزیه بافت گیاهی یک ابزار کارآمد در تعیین وضعیت تغذیه‌ای گیاهان است. تجزیه شیمیائی و تعیین غلظت عناصر غذائی برگهای گیاهان در حال رشد بخصوص در محصولات چندساله یک روش دقیقتر در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای محسوب می‌گردد(٨ و١١). این روش مبتنی بر جمع آوری نمونه گیاهی از اندامی خاص در مرحله‌ای مشخص از رشد فیزیولوژیکی است که مقادیر عناصر غذائی موجود در آن با روشهای متداول آزمایشگاهی تعیین و با غلظت همان عناصر در شرایط کنترل شده مقایسه می‌گردد. با بررسی و تفسیر وضعیت عنصر مورد نظر در گیاه و با توجه به شرایط محیط رشد و با کمک آزمون خاک می‌توان توصیه کودی مناسبی انجام داده(٣) و مشکل تغذیه‌ای گیاه را برطرف نمود. دامنه‌ای از حدود کمبود، کفایت و سمیت غلظت عناصر غذایی در برگ توت فرنگی در مرحله گلدهی کامل در جدول ١ آمده است(٩).

جدول ۱ -غلظت عناصر غذائی برگ در مرحله گلدهی کامل توت فرنگی (Jones همکاران، ۱۹۹۱)

عنصرغذایی	حدکمبود	حدکفایت (٪)	حد سمیت
N	2.25-2.49	2.50-4.0	>4.0
P	0.20-0.24	0.25-1.0	>1.0
K	1.00-1.29	1.30-3.0	>3.0
Ca	0.80-0.99	1.00-2.5	>2.5
Mg	0.23-0.24	0.25-1.0	>1.0
mg/kg			
B	18-22	23-50	>50
Cu	4-5	6-50	>50
Fe	40-49	50-200	>200
Mn	40-49	50-200	>200
Zn	15-19	20-200	>200

٤-کمبود عناصر غذایی و علائم ظاهری در برگ و میوه:

عمومی‌ترین اثر کمبود یک عنصر غذایی در توت‌فرنگی کاهش رشد و نمو است که تشخیص این حالت به سادگی میسر نیست. مشخص‌ترین علامت در کمبود عناصر غذایی زردی یا کلروز (بی‌رنگی) برگ است که در اثرکاهش سبزینه برگها حادث می‌گردد. علاوه برکاهش رشد ناشی از زردی برگها، گیاه علائم خاصی را برای هر عنصر بطور واضح و مشخصی بروز می‌دهد و جالب توجه این است که حتی ارقام مختلف به کمبود عنصری خاص، حساسیت‌های متفاوتی را نشان می‌دهند (۱، ۲، ۱۰ و ۱۱).

کمبود عناصر غذایی واکنشهای متابولیکی و رشد و نمو بخشهای مختلف گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این حالت علائم مربوط به این کمبودها به آسانی در برگها و سایر اندامهای گیاهی قابل مشاهده است. ظهور علائم کمبود عناصر غذایی در برگ با غلظت و تحرک این عناصر در

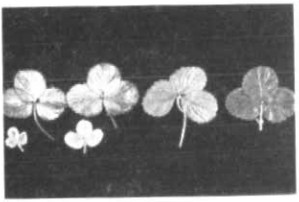
گیاه مرتبط است. علائم کمبود عناصر با محدود شدن حرکت آنها و به دلیل نقش این عناصر در تقسیم سلولی و ضروری بودن آنها در تقسیم سلولی، ابتدا در برگهای جوانی که تازه تشکیل شده‌اند ظاهر می‌گردد. این عناصر شامل کلسیم، بور، مس، آهن و روی است. زمانیکه علائم کمبود در برگهای جوان بالغ که پهنک برگ آنها به حد رشد کامل رسیده‌اند ظاهر شود رشد و توسعه‌ی سلول تحت تاثیر قرار می‌دهد. عناصری از قبیل منگنز، مولیبدن و کلسیم که در تقسیم سلولی نقش دارند، نسبت به عناصری که در رشد و توسعه سلول اثر دارند از تحرک کمتری برخوردارند (۱، ۱۰ و ۱۱). زمانیکه تقاضا برای این عناصر با جذب از محیط رشد گیاه برآورده نشود، این عناصر با حرکت و انتقال مجدد از قسمتهای پیرتر گیاه به قسمتهای جوان، این کمبود را جبران می‌کنند. به همین دلیل علایم کمبود اینگونه عناصر ابتدا در برگهای پیر مشاهده می‌شود. عناصر متحرک شامل ازت، گوگرد، فسفر، پتاسیم و منیزیم است.

با تجزیه برگی گیاهان رشد یافته در محیطهای کشت آزمایشگاهی کنترل شده نظیر محیطهای کشت شنی و هیدروپونیک با ایجاد کمبود عناصرغذائی، علایم کمبود این عناصر شناسایی شده و بعلاوه اثرات متقابل این عناصر با این شیوه نیز مشخص می‌گردد. بطور مثال زمانیکه گیاهان در چنین محیطی با کمبود عناصری مثل بور، مس، آهن، منگنز، مولیبدن و روی رشد کنند، غلظت عناصری از قبیل ازت، فسفر و پتاسیم در برگهای بالغ آنها افزایش می‌یابد و یا با وجود کمبود بور غلظت منگنز افزایش می‌یابد در صورتیکه برعکس منجر به کاهش غلظت کلسیم، منیزیم و آهن می‌گردد. بنابراین واکنشهای متقابل دیگری بین سایر عناصر نیز ممکن است از این طریق مشاهده شود (۱۳). بر همین اساس علایم

مشخصه برگی مرتبط با کمبود عناصر غذایی و اثرات این کمبودها بر خصوصیات کمی وکیفی گیاه شامل کاهش رشد و تغییرات مورفولوژیکی مرتبط با کمبود هر عنصر، تشریح شده و میزان کاهش رشد گیاه با کمبود عنصری خاص نسبت به گیاهی از همان رقم که مواد غذایی کافی و کامل دریافت کرده، مقایسه می‌شود(۱۰).

۱-٤- ازت(N): ازت برای رشد بهینه گیاهان ضروری بوده و از اهمیت خاصی برخوردار است. عموماً در کمبود ازت رشد ریشه متوقف شده و در پهنک برگ رنگ سبز مایل به زرد گسترش یافته و برگها کوچک شده و دمبرگها به شکل مفتول راست در می آیند. درکمبود ازت ظرفیت تولید ساقه خزنده و عملکرد میوه به شدت کاهش می یابد. ازت نیز اثرات آنتاگونیستی بر رشد زایشی توت فرنگی دارد. بنابراین با افزایش غلظت ازت، رشد رویشی توت فرنگی تحریک شده و به دنبال آن تولید گل به تأخیر افتاده و در نتیجه عملکرد میوه به شدت کاهش می یابد. با افزایش غلظت ازت ضمن صدمه رسیدن به برگها میوه‌هایی نرم و بی‌کیفیت تولید می‌شود(۱، ٤ و۱۲). در بوته توت فرنگی دارای کمبود ازت در دوره رسیدن میوه و بعد از آن، برگهای پیر به رنگ قرمز مایل به نارنجی در می‌آید(شکل ۱). ریشه در این گونه گیاهان کوچک بوده و وزن خشک آنها و طوقه به ترتیب به میزان۵۰ و ٦۰ درصد کاهش می‌یابد. تعداد ساقه‌های خزنده کاهش یافته و باریک و قرمز رنگ می‌شوند. تعداد برگها بر روی بوته‌های دختری به میزان۵۰ درصد کاهش یافته و برگها به رنگ سبز مایل به زرد در آمده و برگهایی با برگچه‌های کوتاه با پهنک کوچک نمایان می‌گردد. زمانی که شدت کمبود ازت افزایش یابد دمبرگها کوتاه شده و به رنگ قرمز ارغوانی در می‌آیند. بوته های توت فرنگی دارای کمبود ازت،

گلهایی کوچک و میوه‌هایی ریز با طعم شیرین تولید می‌کنند(۱۰).



شکل۱- علائم کمبود شدید(سمت چپ) و کمبود متوسط(وسط سمت راست) ازت در برگهای توت‌فرنگی در مقایسه با برگ سالم(سمت راست) (Courtesy J. L. Maas 1984)

۲-٤- فسفر(P): فسفر در ساختمان انواع نوکلئوپروتئین‌ها، آنزیم‌ها و چربیها وجود داشته و نقش بسیار حیاتی در تشکیل سلولهای جدید و رشد ریشه ایفا می کند. درکمبود شدید فسفر رشد گیاهان متوقف می‌گردد(۱، ٤ و۱۲). کمبود فسفر در طول دوره‌ی گلدهی توت‌فرنگی باعث ایجاد رگه‌های آبی رنگ در برگهای پیر می‌گردد بطوریکه تمام رگبرگهای این برگها قبل از برداشت میوه کاملاً آبی رنگ شده و پس از آن رگبرگهای مسن تر شروع به آبی شدن نموده و تمامی سطح برگ به رنگ آبی مایل به بنفش در می آید(شکل۲).

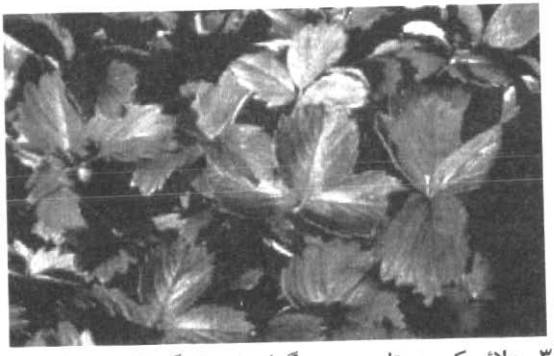
درکمبود فسفر اندازهٔ ریشه‌ها و طوقه‌ها کاهش یافته و ساقه‌های کمتر و کوتاه‌تری تولید می‌گردد. گیاهان دختری حاصل از این ساقه‌های خزنده، برگهای کمتری داشته و پهنک برگهای آنها به رنگ سبز تیره در آمده و وزن ساقه‌های خزنده و بوته‌های دختری بطور چشمگیری کاهش می‌یابد. کمبود فسفر موجب کاهش تولیدگل و میوه می‌شود و علیرغم این کمبود میوه‌های تولید شده از نظر اندازه کاملاً طبیعی بوده و قابل تمایز از میوه تولید شده فاقد کمبود نیستند(۱۰). با کمبود فسفر، کمبود ازت تشدید می‌شود. فسفر به عنوان یکی از عناصری که در تولید

میوه‌های سفت بیشترین تاثیر را می‌تواند داشته باشد شناخته شده است. با افزایش غلظت فسفر در توت فرنگی، منقوطه‌های رنگی در سطح برگها تشکیل شده و TSS میوه پایین آمده و مقاومت به یخ‌زدگی به شدت کاهش می یابد(۱۲).

شکل۲- علائم کمبود فسفر در برگهای توت‌فرنگی (Johanson، ۱۹۸۴).

۳-٤- پتاسیم(K): پتاسیم در بسیاری از واکنشهای متابولیکی از قبیل رشد، تقسیم سلولی بافتهای جوان شرکت داشته و به عنوان عنصر ضروری برای تشکیل پروتئین و کربوئیدراتها شناخته شده است. عموماً پتاسیم گیاه را در مقابل بیماریها، حمله آفات، سرما، خشکی و دیگر شرایط محیطی نامساعد حمایت می کند(۱، ٤ و۱۲). عمومی‌ترین علامت کمبود پتاسیم در توت‌فرنگی قرمز شدن حاشیه‌ی برگهای پیر است. این رنگ قرمز به تدریج پیشرفت کرده و به طرف رگبرگ میانی و بافتهای بین رگبرگی گسترش یافته تا جایی که سطح پهنک برگ کاملاً قرمز گردد (شکل۳). ریزش برگها که بعضی اوقات در برگهای جوان هم اتفاق می‌افتد از علائم دیگر کمبود پتاسیم است. با کمبود پتاسیم دمبرگها به رنگ تیره در آمده و این تیرگی از پایین دمبرگ شروع شده و به طرف قسمتهای بالاتر رگبرگ

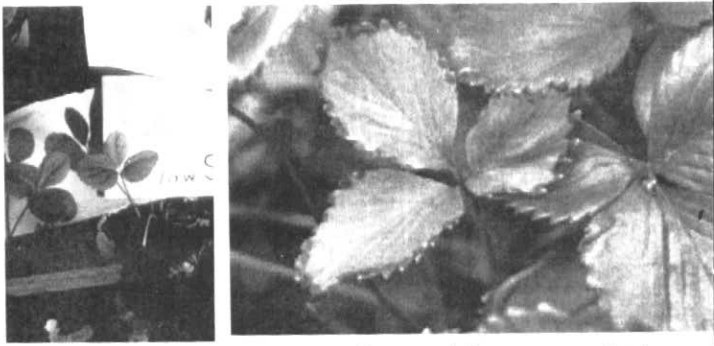
میانی گسترش یافته و پس از آن نواحی نکروزه در زاویه اتصال رگبرگهای فرعی به رگبرگ میانی نیز ظاهر می‌گردد. این نواحی نکروزه ممکن است کل سطح برگ را فرا گرفته و موجب برنزه شدن برگها شده و در نهایت منجر به ریزش برگهای اطراف طوقه گردد. اولین علائم کمبود پتاسیم ابتدا در دورهٔ میوه‌دهی ظاهر می‌شود و از علائم دیگر کمبود پتاسیم کاهش تعداد ریشه‌ها، سیستم ریشه‌ای ضعیف و کاهش تولید طوقه و ساقه‌های خزنده می‌باشد. درکمبود پتاسیم ساقه‌های خزندهٔ باریک و کوتاه بوده و گیاهان دختری حاصل از آنها نیز کوچک شده و درصد وزن خشک آنها به شدت کاهش می‌یابد. گلهای تولید شده در شرایط کمبود پتاسیم، ظاهری طبیعی داشته ولی میوه‌های حاصل از آنها کوچک، نرم، آبکی، بی‌رنگ، بی‌مزه و بی‌عطر هستند(۱۰). کمبود پتاسیم اندازه میوه و عملکرد میوه را کاهش داده و رسیدگی میوه را تسریع می‌کند.



شکل۳- علائم کمبود پتاسیم در برگهای توت‌فرنگی (Johanson، ۱۹۸۴).

٤-٤- گوگرد(S): در بوته‌های توت فرنگی دارای کمبود گوگرد در مرحله‌ی برداشت میوه و یا بعد از آن، دندانه‌های حاشیه‌ی برگها به رنگ سیاه متمایل به قهوه‌ای در می‌آیند بطوریکه در برگها و برگچه‌های جوان

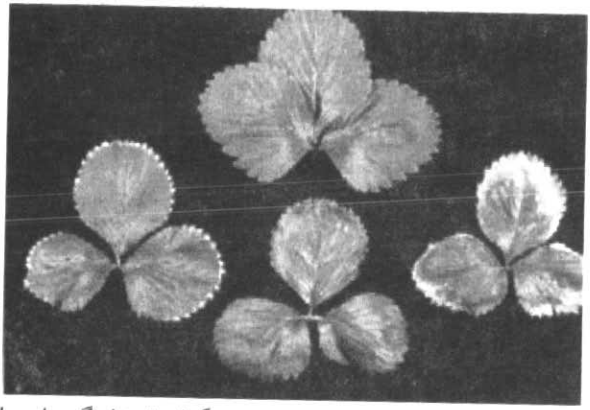
زردی مشاهده می‌شود(شکل ٤). در کمبود گوگرد برگچه‌های توت فرنگی از نظر اندازه نابرابر و ناهموار می‌باشند. ریشه‌ها در گیاهان با کمبود گوگرد رنگ روشن‌تری داشته و وزن خشک آنها بطور مشخصی کاهش می‌یابد. در کمبود گوگرد طوقه‌ها حالت گوشتی بخود گرفته و بدون انشعاب می‌شوند. در کمبود گوگرد ساقه‌های خزنده کمی تولید شده و گیاهان دختری روی آنها کوچک بوده و برگها به رنگ سبز متمایل به زرد در می‌آیند. در کمبود گوگرد وزن خشک ساقه‌های خزنده و گیاهان دختری نیز بشدت کاهش می‌یابد ولیکن بطور کلی کمبود گوگرد اثر مشخصی بر میوه و گل توت‌فرنگی ندارد(۱۰).



شکل۴-علائم کمبود گوگرد در برگهای توت‌فرنگی (Johanson، ۱۹۸۴).

٤-٥- منیزیم(Mg): منیزیم از عناصر مهم تشکیل دهنده کلروفیل بوده در بسیاری از آنزیم ها وجود داشته و نقش بسار مهمی در متابولیسم ربوئیدراتها، انتقال فسفات و واکنش دی‌کربوکسیلیشن ایفا می‌کند. منیزیم ز در تولید اسیدهای آلی در میوه نقش دارد. میزان نیاز توت فرنگی به نیزیم بسیارکم است. در خاکهای درشت بافت و در خاکهایی که کود اسیمی بیش از اندازه دریافت نموده‌اند به دلیل اثر منفی پتاسیم در غیر

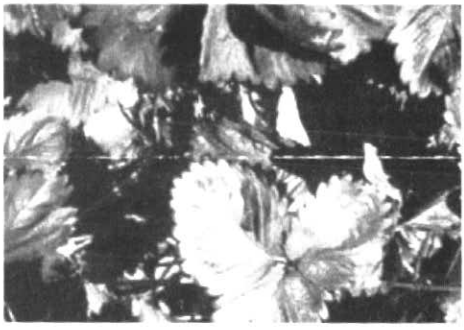
قابل جذب نمودن منیزیم در گیاه علایم کمبود منیزیم ظـهور می‌کنـد(۱، ٤ و۱۲). با کمبود منیزیم، برگهای توت‌فرنگـی بـه رنـگ قرمـز تـا ارغوانـی متمایل به قهوه‌ای در می‌آیند که این تغییر رنگ بسته به رقم متفاوت اسـت. تغییر رنگ ناشی از کمبود منیزیم در برگهای تـوت فرنگـی، مشـابه کمبـود پتاسیم است با این تفاوت که علائم کمبـود منـیزیم بصـورت نوارهـائی در بین رگبرگها ظاهر می‌گردد. در کمبود منیزیم بافت بین رگبرگی در برگهای پیر ابتدا بی رنگ شده و بعداً با پیشـرفت کمبـود، نکـروزه مـی‌گردنـد. در حاشیهٔ برگها یک نوار موازی و نزدیک به پایـه‌ی دندانـه‌های بـرگ، رنـگ خود را از دست داده و این بی‌رنگـی بـه طـرف رگـبرگ میـانی گسـترش می‌یابد. این علائم در دورهٔ میوه دهی و یا بعد از آن اتفاق می‌افتد(شکل ٥). تحت بعضی از شرایط در اثر کمبود منـیزیم در حاشـیهٔ دندانـه‌های بـرگـها ممکن است سوختگی ظهور نماید(شکل ٥ و٦).



شکل۵- علائم کمبود جزئی تا شدید منیزیم در برگهای توت‌فرنگی پایین ازسم چپ به راست در مقایسه با برگ سالم در بالا (Courtesy J. L. Maas 1984

در گیاهان با کمبود منـیزیم سیسـتم ریشـه‌ای، کـاهش قـابل توجـهی

نداشته اما وزن خشک آن کم می‌شود. کمبود منیزیم اثری بر تعداد ساقه‌های خزنده یا گیاهان دختری ندارد اما طول ساقه‌های خزنده را کاهش داده و گیاهان دختری حاصل از این ساقه‌ها برگهای کمتری خواهند داشت و وزن خشک ساقه‌های خزنده و گیاهان دختری نیز کاهش می‌یابد. کمبود منیزیم اندازه میوه‌ها و گلها را نیز از لحاظ ظاهری تحت تاثیر قرار نمی‌دهد اما این میوه‌ها ممکن است نرم بوده و رنگ روشن‌تری نسبت به حالت عدم کمبود منیزیم داشته باشند(۱۰).



شکل۶- علائم کمبود منیزیم در برگهای توت‌فرنگی (Johanson ،۱۹۸۴).

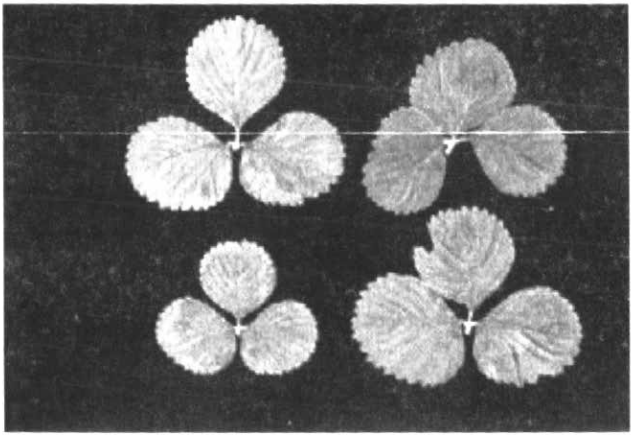
٦-٤- کلسیم(Ca): کلسیم از عناصر ضروری تشکیل دهنده دیواره سلولی و فعال‌کننده آنزیم فسفاتاز بوده و نقش بسیار حیاتی در تشکیل کربوئیدراتها، آنتوسیانین و توسعه سیستم ریشه‌ای را بر عهده دارد. خنثی سازی اثرات سمی عناصر سدیم، پتاسیم و منیزیم درخاک از دیگر نقش‌های مهم کلسیم است. کلسیم در ساختمان تیغه میانی سلولها و بافت گیاهی در ترکیبی بنام پکتات‌کلسیم وجود دارد(۱، ٤ و۱۲). تا زمانیکه مقدار کلسیم به حد کافی در گیاه و میوه وجود داشته باشد از تخریب دیواره پکتینی ممانعت بعمل می‌آورد. ترکیبات پکتینی در جریان

رسیدن میوه، با تهاجم عوامل بیماریزا از بین می‌روند و میوه نرم می‌شود(۱۰). افزایش مقادیر کلسیم در دیواره سلولی به وسیله عمل تراوش سبب سفتی میوه می‌شود(۲). کلسیم موجود در دیواره سلولی به مقدار زیادی میوه را در مقابل میکروارگانیسمهائی که از طریق شکستن پکتین‌ها وارد میوه می‌شوند محافظت می‌نماید(۲). در کمبود کلسیم میوه‌ها از ماندگاری کمتری برخوردار بوده و سریعاً لهیده می‌گردند(شکل۸). در حقیقت علیرغم کم نیاز بودن توت فرنگی به کلسیم، وجود منبع مداوم کلسیم ضمن به حداقل رساندن صدمات لب سوختگی در برگها برای رشد و توسعه میوه کاملاً ضروری است.

کمبود کلسیم علاوه بر کاهش میزان رشد بافتهای مریستمی موجب تحلیل دیواره سلولی و نرم‌شدن بافت‌ها می‌گردد. کمبود مطلق کلسیم به ندرت اتفاق می‌افتد زیرا اغلب خاکهای معدنی سرشار از کلسیم قابل جذب می‌باشند. کمبود غیرمستقیم کلسیم که در اثر عدم رسیدن مقدار کافی کلسیم به میوه و بافتهای ذخیره‌ای ایجاد می‌گردد اختلالی است که معمولاً بیشتر مشاهده می‌گردد. چنانچه مقدار کلسیم قابل جذب در محیط رشد گیاه کافی باشد به تنهائی دلیلی برای عدم بروز کمبود علائم کمبود نیست زیرا این عنصر در گیاهان تا حدود زیادی به وسیله عوامل ژنتیکی شامل انتقال کند و بطئی از آوند آبکش به میوه کنترل می‌گردد و بسیار کم تحت تأثیر میزان کلسیم محیط رشد گیاه است(۲).

با کمبود کلسیم برگهای جوان بوته‌های توت فرنگی نوک سوخته شده و به دنبال آن چروکیدگی، کل سطح برگ را فراگرفته و برگها می‌پیچند و نوارهای نکروزه در عرض پهنک برگها گسترش می‌یابد(شکل۷). علایم نوک سوختگی برگها ابتدا در برگهای جوان ظاهر شده و بعداً بر روی

برگهای گیاهان دختری و برگهای بالغ ظاهر می‌شود و با تداوم کمبود کلسیم، این برگها به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای در آمده و می‌میرند. این علامت بسیار مشابه با علایم کمبود پتاسیم است. در کمبود کلسیم سیستم ریشه‌ای توت فرنگی کاهش یافته و بافتهای آن نکروزه و پوسته پوسته می‌شوند. در کمبود کلسیم اندازهٔ طوقه و طول ساقه‌های خزنده نیز کاهش یافته و گیاهان دختری حاصل از ساقه‌های رونده علیرغم داشتن اندازه طبیعی، سبکتر می‌باشند(۱۰).



شکل۷- علائم کمبود جزئی کلسیم (پائین سمت راست)، کمبود شدید(پائین سمت چپ) وکمبود متوسط(بالا سمت چپ) در برگهای توت فرنگی درمقایسه با برگ سالم بالا سمت راست) (Courtesy J. L. Maas 1984)

در کمبود کلسیم، گلهای تولید شده در اواخر فصل گلدهی، پلاسیده و از حالت طبیعی کوچکتر شده که متعاقب بروز این علامت، گرده‌افشانی کاهش یافته و تولید میوه کاهش می‌یابد. درکمبود کلسیم، میوه‌های توت فرنگی بدون گوشت، کوچک و فقط حاوی بذر بوده و به

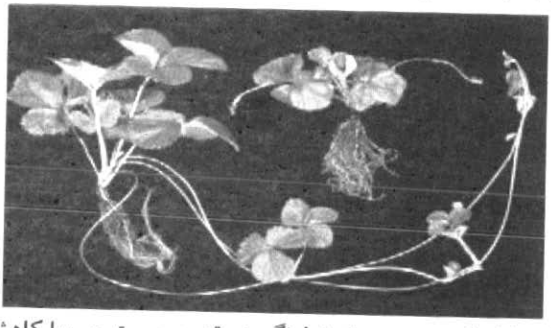
همین دلیل ظاهری با بافت ناجور داشته و ترش‌مزه می‌شوند. به هنگام کمبود کلسیم در زمان وجود همزمان گل و میوه، میوه‌ها قبل از گلها در معرض بادزدگی قرار می‌گیرند که در بعضی ارقام این علائم شبیه خساراتی است که توسط حشرات مکنده ایجاد می‌شود(۱۰).

شکل۸- لهیدگی میوه توت فرنگی به دلیل کمبود کلسیم

۷-٤- بور(B): بور از عناصر تشکیل دهنده آنزیم و کوآنزیم بوده و برای رشد و تمایز سلولهای آبکش و آوندی و متابولیسم کربوئیدراتها ضروری بوده و در بلوغ سلولی نقش مهمی ایفا می‌کند. بور نقش مهمی در گرده افشانی و جوانه زنی دانه گرده دارد. بور نقش متابولیکی در کنترل واکنشهای بیوشیمیایی داشته، بنابراین نقش عمده‌ای در ساختمان دیواره سلول‌های گیاهی و حفظ غشای سلولی دارد(۱، ٤ و۱۲).

علایم کمبود بور در گیاهان بر اساس گونه، رقم و سن رشد به اشکال متفاوت ظاهر می‌گردد (۱۲). یکی از علایم عمومی کمبود بور، عدم رشد نوک ریشه و طویل شدن غیر طبیعی ریشه است و از دیگر علایم معمول کمبود بور، کاهش رشد زایشی و تولید میوه های بدشکل است (شکل۱۲ و۱۳). در کمبود بور برگهای توت فرنگی به شکل تاخورده و

نوک‌سوخته شده که در ادامه کمبود، این سوختگی در کل پهنک برگ گسترش می‌یابد(شکل ۱۱). پس از ظهور سوختگی در برگهای پیر، برگهائی کوچک بدون نوک سوختگی و بدشکل ظاهر گشته و برگچه‌های انتهایی بطور غیرطبیعی چروکیده، کشیده و لبه صاف (بدون دندانه) می‌گردند(شکل ۱۰). در مزرعه‌ایکه خشکی خاک، عامل محدود کننده جذب بور باشد عموماً در مرحله رشد سریع گیاه، نوک‌سوختگی برگی نیز نمایان می‌گردد که این علامت به محض آبیاری(بارندگی) یا تغذیه برگ برطرف می‌شود. این بازگشت به حالت طبیعی با توجه به نوع رقم متفاوت بوده و در رقمهای با حساسیت بالا به کمبود بور، بطور مشخصی مشاهده می‌شود. ریشه‌های گیاهان مبتلا به کمبود بور، از نظر شکل ظاهری، منشعب، کوتاه و پهن بوده و انتهایی متورم داشته و سیستم ریشه‌ای ضعیف (کاهش رشد ریشه تا ۵۰ درصد) دارند(شکل ۹). درکمبود بور طوقه‌های کوچک با نقاط چوب پنبه‌ای در مرکز و جوانه‌های کوچک زیاد تکثیر یافته با برگهای پیچ خورده‌ای به طول کمتر از ۱۰ میلیمتر دیده می‌شوند(۱۰).



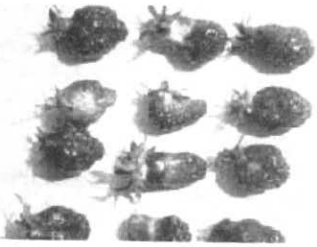
شکل۹- علائم کمبود بور در توت فرنگی در تصویر سمت چپ با کاهش رشد تاج،ساقه رونده و سیستم ریشه‌ای ضعیف در مقایسه با گیاه سالم در سمت چپ (Courtesy J. L. Maas 1984)

در کمبود بور در توت فرنگی، طول ساقه‌های خزنده کوتاه بوده و فضای بین گیاه دختری و گیاه مادری بطور قابل توجهی کاهش یافته و گیاهان دختری حاصل از آن دارای برگهای زیاد، کوچک و بدشکل می‌باشند. گلهای کوچک بعد از گلدهی معمولاً از بین رفته و میوه ها کوچک و به شکل تودهای برهنه با بذوری که به سستی به آن متصل شده ظاهر می‌شوند. میوه‌هایی که بذور کمتری دارند خیلی کوچک بوده و از شکل طبیعی خارج شده و در روی میوه خطوطی قهوه ای در مرکز میوه که فقط شامل بذر بوده مشاهده می‌شود که این علامت بسیار شبیه به علایم کمبود کلسیم است(شکل۱۲و۱۳). در مزارع توت فرنگی دارای کمبود بور میوه‌هایی‌که دیرتر تشکیل می‌شوند غالباً بدشکل بوده و ظاهری غیرطبیعی داشته و قسمتهایی از میوه که فاقد بذر است رشد نمی‌کند(۱۰). در کمبود بور میزان TSS و ویتامین C میوه کاهش می یابد(۱۲).

شکل ۱۰- علایم کمبود بور در برگهای توت فرنگی

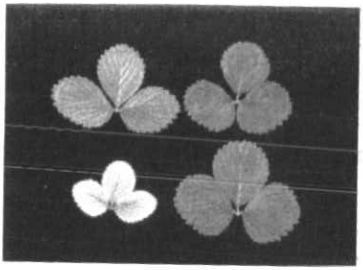
شکل ۱۱- علایم کمبود بور در برگهای توت فرنگی (Courtesy J. L. Maas 1984).

شکل۱۲- علایم کمبود بور در میوه توت فرنگی



شکل۱۳- علایم کمبود بور در میوه توت فرنگی (Johanson ،۱۹۸۴)

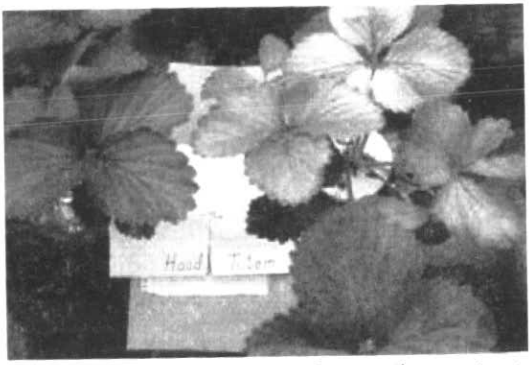
۸-٤- آهن(Fe): آهن در ساختمان کلروفیل نقشی ندارد ولیکن وجود این عنصر برای تشکیل کلروفیل ضروری است. آهن به عنوان کاتالیزور بسیاری از آنزیمها شناخته شده است(۱، ٤ و۱۲). علایم کمبود آهن در بوته‌های توت‌فرنگی‌به صورت زردی بین رگبرگی با رگبرگهای سبز روشن در برگهای جوان مشاهده می‌شود. این برگها، کوچکتر از حالت طبیعی بوده و ممکن است بطورکامل سفید رنگ شوند که این مشخصه بسیار شبیه به علایم کمبود منیزیم است ولیکن با توجه به اینکه این زردی در برگهای جوان پدید می‌آید با کمبود منیزیم که در برگهای پیر ظاهر می‌گردد قابل‌تمایز است.(شکل ١٤).



شکل۱۴- علائم کمبود آهن بطورجزئی (پایین سمت راست)،متوسط (بالا سمت چپ) و شدید (پایین سمت چپ) در مقایسه با برگ سالم(بالا سمت راست) در برگهای توت فرنگی (Courtesy J. L. Maas 1984)

کمبود آهن در توت فرنگی حجم ریشه را محدود نموده و ریشه‌ها به رنگ زرد درمی‌آیند. در این گیاهان رشد طوقه کم شده و ساقه‌های خزنده و گیاهان دختری حاصل از آنها کلروز وسیعی را نشان می‌دهند. در اواسط فصل رشد، اندازه‌ی گیاه کاهش یافته و به تبع آن اندازه برگها بشدت کوچک می‌گردد. در کمبود آهن ظاهر گل و میوه توت فرنگی کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرند(۱۰). در خاکهای آهکی با pH بالا بی‌رنگی در برگهای توت فرنگی گسترش یافته و عمدتاً ظهور این علامت که اغلب ناشی از کمبود آهن است منجر به کاهش عملکرد می‌گردد(۱۲).

۹-٤- منگنز(Mn) : منگنز برای تشکیل کلروفیل ضروری بوده و در انتقال آهن، فتوسنتز و متابولیسم ازت در گیاهان نقش دارد. علاوه بر این منگنز در سیستم غشای کلروپلاست نقش حیاتی ایفا می‌کند (۱، ٤ و۱۲). در کمبود منگنز زردی بین رگبرگی مشاهده می‌شود. این کلروز بصورتی است که یک نواری از بافت برگ به موازات رگبرگها سبز باقی می‌ماند. این علامت در گیاهان مادری و دختری قابل مشاهده است(شکل ۱۵).



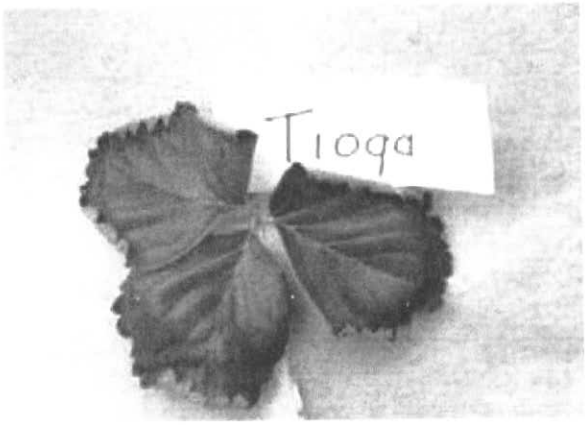
شکل۱۵- علائم کمبود منگنز در برگهای توت فرنگی(کمبود شدید در برگهای بالا سمت راست) (Johanson، ۱۹۸۴).

در بعضی ارقام با افزایش سن برگ، نقاط ارغوانی بر روی برگ زیاد شده و در سراسر سطح برگ گسترش می‌یابد. در برخی از ارقام حساس به کمبود منگنز، هاله‌سبز رنگ اطراف رگبرگها ممکن است تشکیل نشود اما در نهایت زردی در سطح برگ گسترش یافته و با رگبرگهای سبز محصور می‌گردد. این علامت خیلی مشابه با علایم کمبود آهن است(۱۰). در بوته‌های توت فرنگی دارای کمبود منگنز، ریشه‌ها و طوقه بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر این کمبود قرار نمی‌گیرند ولی ساقه‌های خزنده کاهش یافته و کوتاه‌تر می‌شوند. در کمبود منگنز، تعداد گیاهان دختری بر روی ساقه‌های خزنده کاهش قابل توجهی پیدا نمی‌کند ولیکن وزن این ساقه‌ها و گیاهان دختری حاصل از آنها کاهش می‌یابد. در مجموع کمبود منگنز نیز اثر قابل توجهی برگل و میوه توت فرنگی ندارد(۸، ۱۰ و۱٤).

۱۰-٤- مس(Cu): مس یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده چندین آنزیم گیاهی بوده و در واکنشهای اکسیداسیون و احیا سلولی نقش مهمی ایفا می‌کند. عموماً علایم کمبود مس در ابتدا بر روی برگهای جوان ظاهر می شود(۱، ٤، ۱۱ و۱۲). علائم برگی کمبود مس به صورت زردی بین رگبرگی با یک هاله‌ی حاشیه‌ای سبز رنگ ظهور می‌نماید. این زردی در پهنک برگها به شکل نامنظم با نواحی سفید در جوار رگبرگهای میانی قابل مشاهده است. حاشیه‌های این برگها شکلی موجدار به خود گرفته و اندازه برگ در طول فصل رشد کاهش می‌یابد و در بعضی مواقع این پهنک‌ها متلاشی می‌شوند (شکل۱٦). در مجموع کمبود مس اثر قابل توجهی بر رشد ریشه و رشد و نمو میوه‌های توت فرنگی ندارد(۱۰و۱٤).

شکل۱۶- علائم کمبود مس در برگهای توت فرنگی (Johanson، ۱۹۸۴).

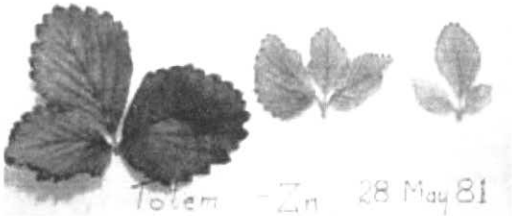
۱۱-٤- مولیبدن(Mo): کمبود مولیبدن در بوته های توت فرنگی به صورت نواحی نکروزه خاکستری که دندانه‌های حاشیه‌ی برگهای آن به طرف بالا چین‌خورده ظهور می‌کند. این علائم در برگهای جوان بالغ گیاهان مادری و دختری نیز مشاهده می‌شود(شکل۱۷). در کمبود مولیبدن، بعضی از اوقات ابتدا زردی عمومی در بوته ها ایجاد شده و با افزایش سن برگها نواحی نکروزه به طرف رگبرگ میانی گسترش یافته و در نهایت حاشیهٔ برگها بصورت لوله‌ای به طرف بالا چین می‌خورند و این قسمت از بافت پهنک برگ به مرور زمان ممکن است متلاشی شود و در بعضی مواقع حاشیه‌ی برگها بدون نکروزه‌شدن به طرف بالا چین می‌خورند. کمبود مولیبدن بر اندازه و کیفیت میوه توت فرنگی نیز اثر قابل ملاحظه‌ای ندارد(۱۰ و ۱٤).



شکل۱۷- علائم کمبود مولیبدن در برگهای توت فرنگی (Johanson ،۱۹۸۴).

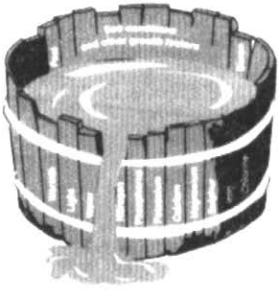
۱۲-٤- روی(Zn): روی(Zn) در تولید هورمون گیاهی اسید ایندول استیک(IAA) و اسید نوکلئیک، پروتئین و کلروفیل گیاهی نقش حیاتی دارد. علاوه بر این، Zn در واکنشهای عناصر ازت و پتاسیم و در سیستم اکسیداسیون و احیا به صورت کاتالیزور نقش مهمی ایفا می کند(۱، ۱۱ و۱۲). علائم برگی کمبود روی در توت‌فرنگی بصورت زردی بین رگبرگی با یک هاله سبز رنگ و برگهایی با حاشیه‌ی موجدار مشاهده می‌گردد. در این کمبود اندازه برگهای جوان بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد(شکل۱۸). علائم کمبود Zn مشابه کمبود مس بوده اما نواحی که در اثر کمبود Zn در برگها آسیب می‌بیند به رنگ سفید در نمی‌آیند و برگها در این حالت دارای برگچه‌های باریک و کشیده می‌باشند در صورتیکه در کمبود مس برگچه‌ها به شکل دایره در می‌آیند بطوریکه طول و عرض آنها با هم برابر است. بوته‌های توت فرنگی با کمبود روی، دارای ریشه‌های قهوه‌ای به رنگ تیره، کشیده، باریک و کوچک می‌باشند. در کمبود Zn،

میوه‌های توت فرنگی دارای شکل طبیعی بوده و بدشکلی در میوه مشاهده نمی‌شود منتها برگها و میوه‌های تولید شده کوچک و عملکرد کاهش می یابد(۷، ۸، ۱۰ و ۱٤). عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی با کمبود روی کاهش می یابد. در کمبود روی نیز سفتی و قابلیت نگهداری میوه کاهش یافته و با بیشبود روی علایم کلروز ناشی از کمبود آهن (به دلیل اثر آنتاگونیستی روی ـ آهن) در گیاه ظاهر شده و رشد بوته‌های توت‌فرنگی به شدت کاهش می یابد(۱۲).



شکل۱۸- علائم کمبود روی در برگهای توت فرنگی (Johanson، ۱۹۸۴).

۵- مدیریت تغذیه‌ای توت فرنگی: عوامل متعددی بر رشد و نمو گیاه تاثیر می‌گذارند. رطوبت، تهویه، درجه حرارت و نور مناسب، تعادل تغذیه ای، محیط مناسب رشد ریشه و عدم وجود مواد مضر، آفات و بیماریها از جمله عوامل مهم و موثر بر سلامتی تولیدات گیاهی می‌باشند. هر یک از این عوامل می‌توانند عامل محدود کننده رشد و عملکرد باشند(٤). بر اساس قانون حداقل (Libieng) اگر تمامی عناصر ضروری به ز یک عنصر در اختیار گیاه باشد، عملکرد محصول تابع آن عنصری خواهد بود که در حداقل است(شکل۱۹).



شکل ۱۹- قانون بازده نزولی در مقایسه با بشکه آب
(Tandon و Kimmo، ۱۹۹۶؛ Laegreid، ۱۹۹۹).

توت‌فرنگی در محدوده وسیعی از انواع خاکهای شنی تا لومی و سنگریزه‌دار بطور مطلوبی قادر به رشد و نمو است. علاوه بر میزان قابل جذب عناصر، عوامل فیزیکوشیمیایی خاک از قبیل میزان آهک، واکنش خاک(pH)، هدایت الکتریکی(EC) و بافت خاک بر تولید و کیفیت میوه توت فرنگی موثر است. وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم به دلیل کاهش قابلیت جذب عناصر غذایی نظیر فسفر و عناصرکم مصرف (روی آهن، منگنز و مس) بر رشد توت فرنگی بطور غیر مستقیم موثر است(۱۳).

توت‌فرنگی به pH خاک مقاوم بوده ولیکن بهترین pH خاک برای رشد بهینه pH ۵/۵-۷/۵ است و حلالیت بسیاری از عناصر از جمله فسفر، آهن، روی، مس و منگنز در این دامنه از pH حداکثر است. با افزایش pH علائم کمبود آهن و زردی در توت فرنگی به وضوح قابل مشاهده است. پتاسیم در pH بالاتر از ۷/۵ کمترین حلالیت را داشته و قابلیت جذب ازت نیز در pH ۵-۷ به حداکثر می‌رسد. زمانیکه توت‌فرنگی در یک خاک حاصلخیز با ماده آلی زیاد و زه‌کشی خوب قرارگرفته‌باشد

تولید میوه حداکثر خواهد بود(۸ و۱۳).

توت‌فرنگی از دسته گیاهانی است که به Ec بسیار حساس است. در خاکهایی که میزانEc کمتر از یک دسی زیمنس بر سانتیمتر باشد توت فرنگی دچار مشکل خاصی نمی‌گردد ولیکن با افزایشEc خاک، علایم مخرب آن بر رشد سریعاً ظاهر شده و حتی با افزودن آهک یا گچ این اثرکاهش نمی‌یابد(۸ و۱۳). توت‌فرنگی از نظر نیاز به مواد غذایی در ردیف گیاهان کم توقع طبقه بندی شده و علیرغم این مسئله، این گیاه برای تامین رشد کامل و تولید میوه در حد پتانسیل ژنتیکی و حفظ خصوصیات کیفی مطلوب، به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف درحد متعادل نیازمند است و کمبود و یا بیشبود هر یک از عناصرغذایی، اثرات سؤ بر عملکرد و خصوصیات کیفی و بالاخص مدت زمان ماندگاری میوه بر جای خواهد گذاشت. زمان کوددهی با توجه به فیزیولوژی خاص منحصر به فرد توت فرنگی و تاثیر آن بر تولید و بالاخص زمان ماندگاری میوه از اهمیت خاصی برخوردار است که می بایست در برنامه کوددهی مدنظر قرارگیرد (جدول۲). توت‌فرنگی همانند بسیاری از گیاهان برای رشد بهینه به برخی از عناصر نیاز بیشتری دارد. توت فرنگی برای رشد و نمو مناسب علاوه بر ازت، فسفر و پتاسیم به عناصر دیگر از جمله ریزمغذیها نیازمند است منتها در صورتیکه در مصرف کود، تعادل رعایت نگردد عملکرد و کیفیت میوه کاهش و تولید کننده با مشکل مواجه خواهد شد. مثال بارز برای این موضوع مصرف بیش از اندازه کود ازته است که باعث به تأخیر انداختن زمان رسیدگی میوه، کاهش عملکرد، تولید میوه های نرم و افزایش ابتلا به بیماریهای قارچی از بین برنده میوه می‌گردد(۸).

رشد بهینه و تولید توت فرنگی با کیفیت در حد پتانسیل ژنتیکی

مستلزم شناخت وضعیت تغذیه‌ای و مدیریت اصولی درکوددهی است. کوددهی مناسب به عوامل متعددی از قبیل نوع خاک، وضعیت حاصلخیزی خاک، سیستم کاشت، شرایط آب و هوایی، رقم و نوع کود مصرفی بستگی دارد بطوریکه میزان کود مصرفی برای توت فرنگی در شرایط رشد در مزرعه با گلخانه و کشت یکساله با کشت چند ساله (حداقل سه سال) متفاوت بوده و مستلزم تهیه برنامه کودی ویژه است(۱۲).

انجام آزمون خاک قبل از انجام کشت ضروری بوده و میزان کود مصرفی، نوع کود و زمان مصرف کود بالاجبار می‌بایست بر این اساس تعیین و توسط کارشناس تغذیه گیاهی توصیه گردد. در کشت توت فرنگی به صورت چند ساله علاوه بر آزمون خاک، انجام تجزیه برگی به عنوان مکمل اطلاعات آزمون خاک در برنامه ریزی و انجام توصیه کودی کاملاً ضروری است(۱۲). در تصمیم‌گیری برای مصرف کودهای شیمیایی در نظرگرفتن تعادل تغذیه‌ای اصل مهم و منطقی است و زمان و مقدار مصرف کودها بایستی مطابق زمان نیاز گیاه برنامه ریزی گردد (٤).

۱-۵-کودهای آلی: مصرف کودهای آلی در کشت توت فرنگی بسیار مهم است. از آنجائیکه عمق نفوذ ریشه توت‌فرنگی در خاک ۳۰-۲۵ سانتیمتر است لذا پس از مصرف کودهای آلی، برای در اختیار قرار گرفتن در عمق نفوذ ریشه، انجام شخم الزامی است. عموماً خاکهای با بیش از ۲/۵ درصد ماده آلی از لحاظ ازت برای رشد توت فرنگی مناسب می باشند اما توجه به این نکته مهم که حد بهینه ماده آلی از ناحیه‌ای به ناحیه‌ای دیگر به دلیل وجود پیچیدگی خواص فیزیکوشیمیایی خاک ممکن است متفاوت باشد ضروری است(۱۲).

در کشت توت فرنگی مصرف کود حیوانی پوسیده شده به

میزان ۸۰-۴۰ تن در هکتار کاملاً ایده‌آل است. در صورتیکه منابع کودی دیگری از قبیل کود مرغی و کمپوست در دسترس باشد از این نوع کودها به میزان کمتری می‌توان استفاده نمود بطوریکه ۸-٤ تن در هکتار کود مرغی یا کمپوست معادل ۸۰-٤۰ تن در هکتار کود حیوانی می باشد(۷). قبل از کشت توت‌فرنگی با توجه به اینکه این مقدار از کودهای آلی دارای مقادیر کافی عناصر غذایی می‌باشد، در صورت مصرف به میزان توصیه‌شده، اغلب نیاز غذایی محصولات چند ساله نظیر توت فرنگی را در یک خاک حاصلخیز تأمین می‌کند(۱۲).

۲-۵-کودهای شیمیایی: مصرف نوع و میزان کودهای شیمیایی به عوامل متعددی از قبیل خصوصیات خاک، اقلیم، رقم و نوع کود بستگی دارد. در سال استقرار توت فرنگی قبل از کاشت، کودهای پایه بر اساس آزمون خاک و در سالهای بعد بر اساس آزمون برگ، میزان کودهای شیمیایی تعیین و با روشهای معمول و توصیه شده مصرف می‌گردند(۱۲).

۳-۵-روشهای مصرف کودهای شیمیایی

۱-۳-۵-مصرف خاکی: بر اساس آزمون خاک کلیه کودهای فسفره، پتاسیمی و بخشی از کودهای ازته و ریزمغذی‌ها پس از به زیر خاک رفتن و قرار گرفتن در ناحیه نفوذ ریشه قبل از کاشت(در سال استقرار توت فرنگی) قابل مصرف می باشند(۱۲). کوددهی با این روش بسته به نوع سیستم کاشت(بدون جوی و پشته و ردیفی) با دو روش پخش سطحی و نواری (به فاصله ۱۰ سانتیمتر از کنار ردیف های کشت و به عمق ۱۵ سانتیمتر) قابل انجام است.

۲-۳-۵-محلولپاشی: کوددهی با این روش برای کودهای محلول در آب

نظیر اوره و ریزمغذی‌ها قابل انجام است.

۳-۳-۵-محلول در آب آبیاری: با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای می‌توان کودهای محلول در آب را مصرف نمود. تعیین میزان کود برای دوره رشد توت فرنگی، نوع کود مصرفی و میزان مصرف کود در هر نوبت کوددهی (در هر تقسیط) بسته به رقم، نوع خاک، شرایط اقلیم متفاوت بوده و در این مورد نیز بایستی با کارشناس تغذیه مشورت نمود(۱۲).

جدول۲- منابع کودی، زمان و روشهای مصرف کودهای شیمیایی در توت فرنگی

عنصر	منبع کودی	روش مصرف و زمان مصرف
ازت	اوره سولفات آمونیوم نیترات آمونیوم	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی بصورت تقسیط[1] در سال استقرار، بهار سال بعد و تابستان پس از آخرین برداشت میوه ، محلول در آب آبیاری در بهار، محلولپاشی اوره با غلظت ۵ در هزار در زمان رشد
فسفر	سوپرفسفات تریپل فسفات مونو آمونیم فسفات دی آمونیم	روش و زمان مصرف: فقط مصرف خاکی و قرار گرفتن در عمق توسعه ریشه قبل از کاشت(سال استقرار)
پتاسیم	سولفات پتاسیم[2] نیترات پتاسیم سولفات پتاسیم منیزیم	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی قبل ازکاشت(سال استقرار)و قرار گرفتن در عمق توسعه ریشه
کلسیم	کلرید کلسیم[3]	روش و زمان مصرف: مصرف فقط بصورت محلولپاشی با غلظت ۳ در هزار در دو هفته قبل از اولین چین برداشت میوه
منیزیم	سولفات منیزیم	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول در آب آبیاری در اوایل بهار، محلولپاشی با غلظت ۵ در هزار در زمان رشد
گوگرد	گوگرد کشاورزی	فقط به صورت مصرف خاکی قبل از کاشت + ماده آلی
روی	سولفات روی	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول در آب آبیاری در اوایل بهار، محلولپاشی با غلظت ۳-۵ در هزار در زمان رشد
منگنز	سولفات منگنز	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول در آب آبیاری در اوایل، محلولپاشی با غلظت ۳-۵ در هزار در زمان رشد
آهن	سولفات آهن سکوسترن آهن	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی سکوسترن آهن قبل از کاشت، محلول در آب آبیاری سکوسترن آهن در اوایل بهار، محلولپاشی سولفات آهن با غلظت ۳-۵ در هزار در زمان رشد
مس	سولفات مس	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول در آب آبیاری در اوایل بهار، محلولپاشی با غلظت ۳-۵ در هزار در زمان رشد
بور	اسید بوریک	روش و زمان مصرف: مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول در آب آبیاری در اوایل بهار، محلولپاشی با غلظت ۳-۵ در هزار در زمان رشد

۱- با توجه به اینکه بر اساس منابع علمی، مختلف مصرف کودهای ازته در بهار عمدتاً موجب افزایش رشد رویشی و کاهش رشد زایشی توت فرنگی و کاهش ماندگاری میوه می گردد لذا توصیه می‌گردد مقدار کود ازته مورد نیاز به صورت تقسیط حداقل در دو زمان ۲/۲ در بامسان به صورت تقسیط پس از آخرین چین برداشت میوه و بقیه در اوائل بهار سال بعد مصرف گردد.

۲- با توجه به حساسیت توت فرنگی به کلر مصرف کلرور پتاسیم توصیه نمی‌گردد.

۳-برای افزایش سفتی میوه محلولپاشی کود کلرید کلسیم توصیه می گردد.

● **سپاسگزاری:** بدینوسیله از آقای مهندس میر حسن رسولی دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس و سرکار خانمها اسدزاده، سعدی و آقایان مهندس رضایی فر و محمودنیا برای تایپ، تنظیم و ویراستاری ادبی و تهیه تصاویر نشریه و همچنین کلیه همکاران بخش خدمات فنی و تحقیقاتی مؤسسه و انتشارات سنا تشکر و قدردانی می‌نماید.

● منابع مورد استفاده

۱- سالاردینی، علی اکبر و مسعود مجتهدی.۱۳٦۷. اصول تغذیه گیاه (ترجمه). جلد دوم. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.ایران.

۲- طلایی، علیرضا.۱۳۷۷.فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله. انتشارات دانشگاه تهران. ایران.

۳-ملکوتی، محمد جعفر. ۱۳۷۸ . روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. صفحه۵۷-۹۳.

٤-ملکوتی، محمد جعفر و سید جلال طباطبایی.۱۳۷۸. تغذیه صحیح درختان میوه.چاپ اول. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. نشر آموزش کشاورزی.کرج.

5-Albergts, E. E., and Howard, C. M. 1980. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. Journal of the American society of horticultural science. 105: 386-388.

6-Boyce, B. R., and Matiock, D. L. 1966. Strawberry nutrition in: Temperate to tropical fruit nutrition,Childers, N. F. (ed.), 518-548, USA Horticultural publicatione, Rutgers the state University.

7-James, F. Han, K. 1999. Strawberries.Department of Horticulture. Michigan State University, East Lansing, Michigan.USA.CABI publishing.

8-Johans, F. D. 1981. Nutrient deficiencies in: The strawberry cultivars to marketing, Childers, N. F.(ed.), 514-518, U.S.A. Horticultural publications, New Jersey.

9- Jones, J., Benton, J., Wolfs, B., and Harry, A. (1991). Plant analysis hand book. Micro-Macro , USA, Publishing Inc.

10- Maas, J. L. (1984).Compendium of Strawberry diseases. Published by the American phytopathological society, in cooperation with Agricultural Research service USA Department of Agriculture, pp.15-18.

11-Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants.(2nd ed), Academic press, NewYork, Harcourt-Brace pub Company.

12-Sharma, R. R. 2002. Growing Strawberries. Scientist Division of fruit and Horticulture Technology. Indian Agricultural research Institute. New Delhi, International Book Distributing Co.

13-Teryl, R. R. and Sherry, M. C. 2000. Mineral Nutrition of fruit crops.[Online].[] Available at http://www.Soils.Wisc.edu/entention/ proceedings/4c.roper.pdf.Dep of Horticulture University of Wisconsin-Madison, WI 53706.

14-Ulrich, A. M., Mostafa, A. E., and Allen, W. W. 1980. Strawberry deficiency symptoms: A visual and plant analysis guide to fertilization. University of California, USA, pp.58-61.

Ministry of Jihad-e-Agriculture

Agricultural Research and Education Organization

Soil and Water Research Institute

Web Site: www.swri.ir

Nutrient Deficiency Symptoms in Strawberries

M. H. Sedri, and N. Ghaderi

High Council of Policy Making on the Development of Biological Products Application, Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture

Technical Bulletin No. 462

Sana Pub., Spring 2005