دانشکده کشاورزی

گروه خاکشناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته خاکشناسی

عنوان

بررسی تأثیر کمبود روی بر گیاه ذرت میکوریزی و اثر شدت بالای نور بر آن

استادان راهنما

دکتر ناصر علی اصغرزاده

دکتر رقیه حاجی بلند

استادان مشاور

دکتر شاهین اوستان

مهندس علیرضا توسلی

پژوهشگر

مهناز افشارنیا

بهمن ماه 1388

بسم الله الرحمن الرحيم

نام خانوادگی: افشارنیا نام: مهناز

عنوان پایانامه: بررسی کمبود روی بر گیاه ذرت میکوریزی و اثر شدت بالای نور بر آن

استادان راهنما: دکتر ناصر علی اصغر زاد - دکتر رقیه حاجی بلند

استادان مشاور: دکتر شاهین اوستان- مهندس علیرضا توسلی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: خاکشناسی گرایش: بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

دانشگاه: تبریز دانشکده: کشاورزی تاریخ فارغ التحصیلی: تعداد صفحه:

واژه های کلیدی: کمبود روی، شدت نور، قارچ میکوریزی، ذرت، آنزیم های آنتی اکسیدانت.

چکیده:

کمبود روی یکی از شایعترین کمبودهای عناصر ریزمغذی در گیاهان است و باعث کاهش در تولید محصول می‌شود. کمبود روی با ایجاد برخی صدمات فیزیولوژیک در سلولها مانع از رشد و نمو گیاه می‌شود. تحقیقات انجام شده در این زمینه گواه بر این است که تخریب سلولهای گیاهی دچار کمبود روی به دلیل صدمات اکسیداتیو ناشی از حمله گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) می‌باشد. در این پژوهش تأثیر کمبود روی در گیاه ذرت میکوریزی تلقیح شده با قارچ *Glomus intraradices* تحت دو شدت نوری ضعیف و شدید به ترتیب $300\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ و $700\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ بر روی رشد و فتوسنتز این گیاه با بستر کشت پرلیت و شرایط اتاق رشد بررسی گردید. فعالیت برخی آنزیمهای آنتی اکسیدانتی و مقدار جذب روی و فسفر نیز سنجش شدند. در آزمایشی دیگر تأثیر قارچ میکوریزی بر جذب روی از یک منبع تقریباً نامحلول (اکسید روی) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کمبود روی تحت شرایط نور ضعیف تواما علاوه بر کاهش چشمگیر در رشد گیاه موجب کاهش فتوسنتز و تعرق که ناشی از کاهش هدایت روزنه ای و افزایش مقاومت روزنه ای می‌باشد، گردید. کمبود روی همچنین عامل کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز و افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. در هر دو تیمار کمبود و کفایت روی، در سطوح بالای نور افزایش رشد گیاهان بدلیل شدت بالای فتوسنتز در این گیاهان و نیز بدلیل فعالیت بالای آنزیمهای آنتی اکسیدانتی از جمله SOD و CAT می‌تواند باشد که موجب حفاظت از گیاهان در شدتهای بالای نور می‌شود. کمبود روی همچنین سبب انباشتگی پراکسید هیدروژن که یکی از گونه های اکسیژن فعال است؛ شد. در تیمارهای با کمبود روی، میکوریزی شدن باعث کاهش مقدار H_2O_2 در سطوح بالای نور شد؛ در صورتیکه در گیاهان غیر میکوریزی با کمبود روی، سطوح بالای نور موجب افزایش مقدار H_2O_2 اندام هوائی گردید. در آزمایش دوم، افزایش میزان رشد، غلظت و مقدار روی و فسفر در گیاهان میکوریزی نشان می‌دهد که گیاهان میکوریزی قادر به جذب روی از منابع تقریباً نامحلول آن هستند، بنابراین استفاده از این قارچها برای مقابله با کمبود روی گیاهان در خاکهایی که دارای منابع نامحلول روی هستند، میسر است.

فهرست

عنوان **صفحه**

مقدمه..... ۱

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- ذرّت..... ۳

۱- ۱-۱- تاریخچه گیاه ذرّت..... ۳

۱-۱-۲ مشخصات گیاه شناسی..... ۴

۱-۱-۳-ترکیب و خواص غذایی ذرّت..... ۵

۱-۱-۴- عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاه ذرّت..... ۶

۱-۱-۴-۱ - دما..... ۶

۱-۱-۴-۲-رطوبت..... ۷

۱-۱-۴-۳- طول روز و نور..... ۷

۱-۱-۴-۴ - خاک مناسب..... ۸

۱-۲- عناصر غذایی موجود در خاک..... ۸

۱-۲-۱- روی..... ۸

۱-۲-۲- روی در خاک..... ۹

۱-۲- ۳- روی در گیاه..... ۱۰

۱-۲-3-۱ آنزیم های دارای روی..... ۱۱

۱-۲-3-۱-۱ الکل د هیدروژناز..... ۱۱

۱-۲-3-۱-۲ سوپراکسید دیسموتاز[1]..... ۱۱

۱-۲-۳-۱-۳ کربنیک آنهیدراز..... ۱۳

۱-۲-۳-۲ فعال کردن آنزیم..... ۱۳

۱-۲-۳-۲ -۱ سوخت و ساز قند..... ۱۳

۱-۲-۳-۲-۲ ساختن پروتئین..... ۱۴

۱-۲-۳-۲- ۳ تریپتوفان و ساختن اسید ایندول استیک..... ۱۵

۱-۲-۳-۲-۴ بر همکنش فسفر – روی..... ۱۵

۱-۲-۳-۳- نقش روی بر اجزای سیستم دفاعی انتی اکسیدانتی..... ۱۷

۱-۲-۴-کمبود روی..... ۱۷

۱-۲-۴-۱- علائم کمبود روی در گیاهان..... ۱۸

۱-۲-۴-۲- علائم کمبود روی در ذرّت..... ۱۹

۱-۲-۵-۳ پراکندگی کمبود روی در ایران..... ۲۱

۱-۲-۴-۴- سمیت روی..... ۲۲

۱-۲-۵- شرایط خاکی و نیاز به کود روی..... ۲۳

۱-۲-۶- کودهای روی..... ۲۴

۱-۳ - قارچهای میکوریز ۲۵

۱-۳-۱ طبقه بندی قارچهای میکوریز ۲۶
۱-۳-۲- مورفولوژی میکوریز آربوسکولار ۲۷
۱-۳-۳- گیاهان میزبان ۲۸
۱-۳-۴- فواید همزیستی میکوریزی ۲۹
۱-۳-۵- نقشهای مهم قارچ میکوریز در جذب عناصر غذایی ۳۱
۱-۳-۶- تأثیر عوامل محیطی بر همزیستی میکوریزی ۳۱
۱-۳-۶-۱- رطوبت خاک ۳۱
۱-۳-۶-۲- دما ۳۱
۱- ۳-۶ -3 بافت و pH خاک ۳۲
۱-۳-۶-۴ تأثیر عناصر غذایی ۳۲
۱-۳-۷ -تولید زاد مایه[1] قارچی با استفاده از روش کشت بافت ۳۲

۱-۴- شدت بالای نور و فتو اکسیداتیو ۳۳

۱-۴-۱- تنش نوری و سیستم دفاعی آنتی اکسیدانتی ۳۴
۱-۴-۲- کلروز برگی ناشی از تنش نوری و کمبود روی ۳۵
۱-۴-۳- تنش نوری و کمبود روی موجب کاهش ایندول استیک اسید میشود ۳۶

فصل دوم: مواد و روشها

۲- مواد و روش ها ۳۸

۲-۱- بررسی تأثیر کمبود روی و اختلاف شدت نوری بر رشد گیاه ذرت میکوریز و غیرمیکوریز (آزمایش اول - قسمت اول)؛ ۳۸

۲-۱-۱- آماده سازی بستر کشت ۳۹
۲-۱-۲- جوانه زنی بذور ذرت ۴۰
۲-۱-۳- رنگآمیزی ریشه و تعیین درصد کلنیزاسیون قارچی در مایه تلقیح ۴۰
۲-۱-۴- کشت دانه رستهای جوان ذرت ۴۱
۲-۱-۵- اعمال تیمار در آزمایش اول (قسمت اول) ۴۱

MES-KOH[2] ۴۲

۲-۱-۶- پارامترهای اندازه گیری شده قبل از برداشت گیاهان ۴۳
۲-۱-۶-۱- اندازه گیری پارامترهای تبادل گاز ۴۳
۲-۱-۶-۲- ارزیابی فعالیت سیستم دفاع آنتی اکسیدانتی ۴۴
۲-۱-۶-۳- سنجش فعالیت آنزیم ها ۴۴
۲-۱-۶-۴- سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) ۴۴
۲-۱-۶-۵- سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) ۴۵
۲-۱-۶-۶- سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) ۴۵
۲-۱-۶-۷- سنجش پروتئین کل ۴۶
۲-۱-۶-۸- سنجش مقدار متابولیت H_2O_2 ۴۶
۲-۱-۷- پارامترهای اندازه گیری شده بعد از برداشت گیاهان ۴۶

۲-۱-۷-۱- برداشت محصول ۴۶
۲-۱-۷-۲- اندازهگیری وزن تر وخشک بخش هوایی و ریشهها ۴۷
۲-۱-۷-۳- تعیین درصد مادۀ خشک گیاه ۴۷
۲-۱-۷-۴- تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه ۴۸
۲-۱-۷-۵- اندازه گیری غلظت عناصر در گیاه ۴۸
۲-۱-۷-۵-۱- هضم نمونههای گیاهی به روش خشک سوزانی ۴۸
۲-۱-۷-۵-۲- اندازه گیری فسفر به روش رنگ سنجی وانادات – مولیبدات ۴۸
۲-۱-۷-۵-۳- اندازهگیری روی و آهن در عصارۀ گیاهان به روش جذب اتمی ۵۰
۲-۱-۷-۵-۴- محاسبۀ مقدار عنصر در گیاه ۵۰
۲-۲- آزمایش اول- قسمت دوم؛ ۵۰
۲-۳- بررسی تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزی آربوسکول دار بر جذب روی از منابع نامحلول روی (اکسید روی) (آزمایش دوم)؛ ۵۱
۲-۳-۱- اعمال تیمار در آزمایش سوم ۵۱
۲-۴- طرح آزمایشی وتجزیه آماری ۵۳

فصل سوم: نتایج و بحث

۳- نتایج و بحث ۵۴
۳-۱- آزمایش اول – قسمت اول ۵۴
۳-۱-۱- وزن تر و خشک بخش هوائی ۵۴
3-1-۲–وزن تر و خشک ریشه ۵۵
3-1-3- درصد کلنیزاسیون ریشه ۵۶
۳-۱-۲- غلظت روی و فسفر ۶۲
۳-۱-۲-۱- غلظت و مقدار روی در بخش هوائی ۶۲
۳-۱-۲-۳- غلظت و مقدار فسفر بخش هوائی ۶۷
۳-۱-۲-۴- غلظت و مقدار فسفر در ریشه ۶۸
۳-۱-۳- بررسی اثرات تیمارها بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت بخش هوائی ۷۳
۳-۱-۳-۱- فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) ۷۳
۳-۱-۳ -۲- فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) ۷۴
۳-۱-۳ -۳- فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) ۷۵
۳-۱-۴- بررسی اثرات تیمارها بر مقدار H_2O_2 بخش هوائی ۷۸
۳-۱-۵- بررسی اثرات تیمارها بر پروتئین کل بخش هوائی ۸۱
۳-۱-۶- بررسی اثرات تیمارها بر پارامترهای مختلف فتوسنتز ۸۲
۳-۱-۶-۱- شدت فتوسنتز گیاه (A) ۸۲
۳-۱-۶-۲- شدت تعرق گیاه (E) ۸۳
۳-۱-۶-۳- هدایت روزنه ای گیاه (g_s) ۸۳
۳-۱-۶-۴- مقاومت روزنه ای گیاه (r_s) ۸۴
۳-۲- آزمایش اول – قسمت دوم ۸۹

۳-۲-۱- وزن تر و خشک بخش هوائی ۸۹
۳-۲-۲- وزن تر و خشک ریشه ۹۰
۳-۲-۳- درصد کلنیزاسیون ریشه ۹۱
۳-۲-۴- غلظت روی، فسفر و آهن ۹۵
۳-۲-۴-۱- غلظت و مقدار روی بخش هوائی ۹۵
۳-۲-۴-۲- غلظت و مقدار روی ریشه ۹۶
۳-۲-۴-۳- غلظت و مقدار فسفر بخش هوائی ۱۰۰
۳-۲-۴-۴- غلظت و مقدار فسفر ریشه ۱۰۲
۳-۲-۴-۵- غلظت و مقدار آهن بخش هوائی ۱۰۵
۳-۲-۴-۶- غلظت و مقدار آهن ریشه ۱۰۶
۳-۳- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر جذب روی از منبع نامحلول (اکسید روی)؛ (آزمایش سوم) ۱۱۳
۳-۳-۱- وزن تر و خشک بخش هوائی وریشه ۱۱۳
۳-۳-۲- درصد کلنیزاسیون ریشه ۱۱۳
۳-۳-۳- غلظت و مقدار روی بخش هوائی و ریشه ۱۱۴
۳-۳-۴- غلظت و مقدار فسفر بخش هوائی و ریشه ۱۱۵
۳-۴- نتیجه گیری کلی ۱۱۷
فهرست منابع ۱۱۹

مقدمه

ذرت بعد از گندم و برنج سومین محصول مهم در میان غلات است. سطح کشت آن در دنیا بیش از ۱۴۰ میلیون هکتار است و میزان تولید آن در دنیا پیوسته در حال افزایش می‌باشد. در حال حاضر آمریکا قصد دارد از ذرت، الکل تولید کند. همین امر باعث افزایش قیمت ذرت و نیز افزایش تقاضا برای این محصول شده است. توسعه کشت این محصول از نظر تأمین غذای دام، طیور و انسان از اهمیت زیادی برخوردار است. بررسی رشد و نمو و تغذیه این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(تاجبخش، ۱۳۷۵).

عنصر روی یکی از مهم ترین عناصر ریز مغذی می‌باشد و شکل قابل جذب آن در خاک به صورت Zn^{2+} می‌باشد. امروزه کمبود روی شایع ترین کمبود ریز مغذی‌هاست و یکی از عوامل کاهش در تولید محصولات کشاورزی و کیفیت آنها می‌باشد و برآورد گردیده است که حدود ۳۰ درصد از اراضی تحت کشت جهان مواجه با کمبود Zn می‌باشد (برنان، ۱۹۹۲). بیش از ۶۰ درصد خاکهای زراعی ایران دچار کمبود روی هستند که این باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصول شده است. در بیش از ۸۰ درصد خاکهای زراعی ایران غلظت Zn قابل استفاده از طریق عصاره‌گیری با روش DTPA کم و اکثراً کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. حدود بحرانی Zn در خاکهای ایران حدود ۰/۷- ۱میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. عامل اصلی کاهش Zn در ایران، وجود خاکهای آهکی با pH بالا (اکثراً با بیش از ۳۰ درصد کربنات کلسیم)که محدوده آن بین ۱۶-۵۸ درصد و pH ۷/۹-۵/۵ می‌باشد. مقدار کم مواد آلی و مصرف زیاد کودهای فسفاته و غلظت زیاد بی‌کربنات در آب آبیاری و رایج نبودن مصرف کودهای ریزمغذی از دیگر دلایل می‌باشد (آلووی، ۲۰۰۸). گیاهان حساس به کمبود روی شامل ذرت، گندم، برنج، سویا، لوبیا، گلابی، سورگوم، درختان مرکبات و انگور می‌باشد(برین و آلووی، ۲۰۰۴).

کمبود روی، برگهای بالایی گیاه را دچار کلروز می‌کند و شاخه‌ها لخت و به صورت روزت ظاهر می‌شود و معمولاً اندازه برگ کوچکتر از حالت معمولی می‌باشد. مناسب ترین مرحله رشد برای تشخیص کمبود عناصر غذایی موقع گلدهی یا از گلدهی تا مرحله میوه بستن می‌باشد (مارشنر، ۱۹۹۵). کمبود روی باعث

ایجاد صدمات فیزیولوژیکی در سلولها شده و مانع از رشد و نمو گیاهان می شود. این کاهش رشد ناشی از صدمات اکسیداتیو است که در نتیجه حمله گونه های اکسیژنی فعال[1]، ایجاد می شود. یکی از مسیرهای تحریک تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن، بوسیله سیستم آنزیمی اکسید کننده NADPH اکسیداز می باشد. روی از طریق پیوندهای غشائی با NADPH اکسیداز مانع از تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن می گردد. در گیاهان با کمبود روی، غلظت آهن افزایش می یابد که زیادی آهن خود موجب تولید رادیکالهای آزاد می شود و این دلیل دیگری برای صدمات حاصله از کمبود روی می باشد. کمبود روی در گیاهان صدمات فتواکسیداتیوی در کلروپلاستها را تحت تأثیر قرار می‌دهد که این صدمات با ROS تسریع می‌شود. برگهای با کمبود روی بسیار حساس به نور هستند به طوریکه در تنش بالای نور به سرعت کلروزه و نکروزه می شوند. روی یک نقش اساسی در سیستم دفاع آنتی اکسیدانتی سلولها دارد که یک عامل حفاظتی قوی در برابر اکسید شدن چندین ترکیب حیاتی سلولی از جمله لیپیدهای غشائی، پروتئینها، کلروفیل، آنزیم ها و DNA می باشد (ککمک، ۲۰۰۰). شدتهای بالای نوری نیز باعث افزایش میزان ROS در گیاهان می شود. در شدت بالای نوری فعالیت آنزیم هایی که در سم زدائی ROS شرکت می کند؛ افزایش می‌یابد (ککمک،۲۰۰۸). یکی از راههای بیولوژیکی رفع کمبود Zn استفاده از قارچهای میکوریز آربوسکولار می‌باشد. در این پژوهش از قارچهای میکوریز آربوسکولار برای بهبود جذب Zn در گیاه استفاده شده تا با کمبود روی و خطرات ناشی از شدتهای بالای نوری تعدیل شود. بنابراین اهداف زیر دنبال می شود:

۱- بررسی تأثیر کمبود روی بر رشد گیاه ذرت میکوریزی و غیرمیکوریزی

۲- بررسی تأثیر شدت بالا نوری بر رشد گیاه ذرت میکوریزی و غیرمیکوریزی

۳- بررسی سهم قارچ میکوریز در افزایش جذب روی از یک منبع نامحلول

1. ROS

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- ذرّت

۱- ۱-۱- تاریخچه گیاه ذرّت

ذرّت (*Zea maize L.*) گیاهی از خانواده گرامینه و از غلات مهم مناطق گرمسیر و معتدل جهان است، از نظر تولید جهانی بعد از گندم و برنج مقام سوم را به خود اختصاص داده است. تاریخ دقیق پیدایش و کشت و کار آن دقیقاً مشخص نیست و اظهار نظرهای متعددی در مورد منشا آن ابراز شده و به احتمال زیاد مبدأ آن را مکزیک و آمریکای مرکزی و همچنین کشورهای آمریکای جنوبی، مانند پرو، بولیوی و اکوادور دانسته‌اند. طبق نتایج کاوشهای به عمل آمده مشخص شده است که حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد این گیاه در پرو وجود داشته است. همچنین مشخص گردیده که نوع وحشی آن به نام ذرّت آندن[1] یا ذرّت مکزیکی حدود ۵۶۰۰ سال پیش در این کشور کشت می‌شده است (تاجبخش، ۱۳۷۵).

تا قبل از سال ۱۴۹۲ میلادی (سال کشف آمریکا) ذرّت در اروپا، آفریقا و آسیا ناشناخته بود. کریستف کلمب و سایر کاشفان در اولین مسافرت تاریخی خود به آمریکا در نوامبر ۱۴۹۲ ، ذرّت را در حوالی کوبا مشاهده کرده و آن را رایجترین گیاه قاره یافتند. آنان انواعی از ذرّت را مشاهده کردند که به وسیله قبیله سرخ پوست ماهیز[2] کشت می‌شده و از دانه‌های آن تغذیه می‌کردند. نام این گیاه در حقیقت از نام همین قبیله اقتباس شده است. ذرّت بعد از سفر دوم کریستف کلمب (سال ۱۴۹۴) از کوبا به اروپا و آفریقای شمالی برده شده و در اواخر قرن شانزدهم وارد آسیا گردید (تاجبخش، ۱۳۷۵). در سال ۲۰۰۷ سطح زیر کشت آن در جهان ۱۰۶ میلیون هکتار و کل تولید جهانی آن ۵۵۳ میلیون تن بود (سازمان جهانی خواربار و کشاورزی، ۲۰۰۷). تقریباً ۴۶ درصد از کل ذرّت دانه‌ای تولید شده در جهان در سال ۲۰۰۷ در ایالات متحده تولید شده و به دنبال آن کشور چین (۲۰ درصد)، برزیل (۷درصد) و مکزیک (۳/۲۵ درصد) قرار داشتند (سازمان جهانی خواربار و کشاورزی، ۲۰۰۷).

1.Anden
2.Mahiz

ذرّت در ایران تا دهه‌های اخیر از غلات فرعی و کم اهمیت به شمار می‌رفت و برای استفاده از بلال آن عمدتاً در حاشیه زراعت های صیفی کشت می‌شد، اما با توجه به اهمیت آن در تغذیه دام و انسان، امروزه کشت مستقیم آن مورد توجه قرار گرفته است به طوریکه گسترش زراعت ذرّت از نظر تأمین غذای دام و طیور از اهمیت زیادی برخوردار است (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۱-۱-۲ مشخصات گیاه شناسی

ذرّت گیاهی است تک لپه‌ای و یکساله، از خانواده گرامینه، زیر خانواده *Maydea* ، از جنس *Zea* و از گونه *Maize* با $2n = 20$ کروموزوم. ذرّت دارای سه نوع ریشه است: ریشه های اولیه، ریشه های ثانویه، ریشه های هوایی. تعداد ریشه های اولیه ۵-۳ بوده و بر خلاف ریشه های اولیه بعضی از غلات که پس از تکمیل ریشه های ثانویه از بین می‌روند، در این گیاه باقیمانده و از گیاه جدا نمی‌شوند. ریشه‌های ثانویه که به ریشه های دایمی یا ریشه های طوقی مشهورند، به تعداد ۲۰-۱۵ برابر ریشه های اولیه بوده، از میان گره ساقه و از ۵-۳ سانتیمتری زیر خاک تشکیل می‌شوند. ریشه‌های هوائی که به ریشه‌های جانبی یا نابجا نیز مشهورند، از گرههای دوم و سوم در بالای سطح خاک بوجود می‌آیند و ضمن کمک به استقرار نبات در خاک در جذب آب و مواد غذایی نیز موثرند. ذرّت دارای ساقه بند بند، گره دار و توپر، ولی مستقیم و بدون انشعاب است. تعداد میان گرهها بین ۸ تا ۲۱ و فاصله بین گرهها در انواع مختلف بین ۶ تا ۲۰ سانتیمتر تغییر می‌نماید. طول ساقه بین ۶۰ سانتیمتر تا ۶ متر متغیر است و قطر ساقه نیز حدود ۱/۵ تا ۵ سانتیمتر می شود. برگها بطور متناوب در روی ساقه قرار می‌گیرند؛ بدین معنی که در هر گره ساقه یک برگ بوجود می‌آید که شامل یک غلاف که ساقه را در بر می‌گیرد و یک پهنک پهن و بزرگ که ممکن است یک لیگول یقه مانندی نیز داشته باشد (خدابنده، ۱۳۶۹). این گیاه یک پایه بوده و گلهای نر و ماده در دو گل آذین جدا از هم ولی بر روی یک گیاه قرار گرفته‌اند؛ آرایش گل نر تاجی بصورت خوشه‌ای منشعب در انتهای ساقه قرارگرفته است که به آن گل آذین نر نیز می‌گویند. گلهای ماده نیز بر روی

سنبل‌ها قرار دارند و سنبل‌ها در نزدیک وسط ساقه ایجاد می‌شوند. هر گل ماده دارای تخمدانی است که از آن کاکل یا ابریشم به طول ۲۰-۱۰ سانتیمتر که مجموعاً کلاله و خامه آن است، خارج می‌شود. کاکل از موهای ریز و چسبناکی که دانه‌های گرده را به خود می‌گیرند، پوشیده شده است. طول عمر کاکل‌ها ۱۰-۵ روز می‌شود. سنبل ذرّت توسط پوششهایی بنام اسپات که در حقیقت غلافهای تغییر شکل یافته برگ است، پوشیده و محافظت می‌شود. عمل گرده افشانی توسط باد صورت می‌گیرد که در طی آن دانه-های گرده آزاد شده از خوشه نر بر روی کاکل گلهای ماده قرار می‌گیرد و پس از ۱۲ تا ۲۸ ساعت عمل لقاح صورت می‌گیرد. دانه ذرّت یک میوه تک لپه‌ای خشک و ناشکوفا است، ۱۶-۹ میلیمتر طول، ۹-۶ میلیمتر عرض و ۶-۳ میلیمتر قطر دارد. تعداد دانه‌های ذرّت در هر سنبل معمولاً بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ دانه می شود. چون دانه ها بطور محکم روی محور سنبل قرار گرفته اند، ذرّت قادر به پراکندن بذرهایش نیست؛ بنابراین، در طبیعت بدون مداخله انسان نمی تواند به بقای خود ادامه دهد (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۱-۱-۳-ترکیب و خواص غذایی ذرّت

دانه ذرّت تقریباً از ۱۲ درصد آب و ۸۳ درصد ماده خشک تشکیل شده است. عناصر و مواد تشکیل-دهنده‌ی آن عبارتنداز: ۱- نشاسته که مهمترین ماده تشکیل دهنده آندوسپرم بوده و حدود ۸/۸ درصد وزن دانه ذرّت را تشکیل می‌دهد. ۲- پروتئین دانه خشک که حدود ۸ درصد می‌باشد و از آلبومین، گلوبولین، پرولامین، یازئین و گلوتن تشکیل شده است. پروتئین‌های ذخیره‌ای آن معمولاً از مقدار کمی اسید آمینه لیزین و تریپتوفان برخوردارند. ۳- حدود ۱۴ درصد آن را لیپیدها، نپتوزان‌ها، قندها، املاح معدنی (خاکستر) تشکیل می‌دهد (خدابنده، ۱۳۶۹).

۱-۱-۴- عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاه ذرّت

ذرّت گیاهی است که از حدود ۵۰ درجه عرض شمالی تا ۴۲ درجه عرض جنوبی رشد می‌کند. این گیاه تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری از سطح دریا قابل کشت است و اگر ارتفاع از این مقدار بیشتر باشد، ذرّت دیررس می‌شود. مهمترین فاکتورهای عوامل محیطی مؤثر عبارتند از (تاجبخش، ۱۳۷۵):

۱-۱-۴-۱ - دما

ذرّت عموماً مخصوص مناطق گرم و یک گیاه چهار کربنه (C_4) بوده و کمبود حرارت عامل محدود کننده این گیاه محسوب می‌شود. ذرّت بر خلاف غلات سردسیری (گندم، جو، چاودار و یولاف) در محدوده‌های مجاز برای رشد و نمو احتیاج به دمای نسبتاً بالایی دارد. در مناطقی با تابستان گرم، تابش نورخورشید کافی و پاییز خشک عملکرد دانه ذرّت قابل توجه می‌شود (کریمی، ۱۳۶۹). در مناطقی که میانگین درجه حرارت تابستان کمتر از ۱۹ درجه سانتیگراد و نیز متوسط درجه حرارت شب در طول ماههای تابستان کمتر از ۱۳ درجه سانتیگراد می‌شود، کشت نمی‌شود. حداقل درجه حرارت لازم جهت جوانه‌زنی بذر ذرّت ۱۰ درجه سانتیگراد است. مناسبترین درجه حرارت در دوره رشد و نمو ذرّت ۳۰-۲۰ درجه سانتیگراد است و در درجات بالاتر از ۳۰ درجه کاهش معنی‌داری در فعالیت آنزیم های گیاهچه های ذرّت (بویژه آنزیم ردوکتاز) مشاهده می شود؛ که بدین ترتیب در متابولیسم نیتروژن اختلال ایجاد می‌شود. در چنین شرایطی مقدار پروتئین گیاهی کم شده و تغییراتی در ترکیب آن حاصل می‌گردد (تاجبخش، ۱۳۷۵). فرآیندهای فتوسنتز و نمو ذرّت در ۱۰ درجه سانتی‌گراد از شدت کمتری برخوردارند اما به حداکثر میزان خود در دمای ۳۰ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد می‌رسند و تفاوت اساسی آنها در این است که فتوسنتز تحت تأثیر دمای برگ در ساعات روشنایی روز قرار دارد (مؤدّب‌شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹).

۱-۱-۴-۲-رطوبت

ذرّت برای رشد و نمو خود به آب زیادی احتیاج دارد؛ برای به دست آوردن علوفه نرم، لطیف و مطلوب وجود رطوبت نسبی بالا لازم است؛ اگر هدف از کشت برداشت دانه ذرّت بوده باشد، آب فراوان و هوای آفتابی و نسبتاً خشک لازم است. بطور کلی، آب و هوای مطلوب ذرّت منطقه‌ای است که در آن نزولات آسمانی به اندازه ای باشد که عمق منطقه ریشه را قبل از کاشت تا حد ظرفیت نگهداری خیس نماید و در دوره رشد و نمو نیز حدود ۳۷۵ میلیمتر بارندگی صورت گیرد. به این علت ذرّت دیم بیشتر در مناطق پر باران که میزان بارندگی بیش از ۶۰۰ میلیمتر(۷۰۰-۶۰۰) باشد، صورت می گیرد. در آغاز مرحله برگ دادن، رشد گیاه نسبتاً کند بوده و احتیاجات آبی گیاه بسته به شرایط محیط و نوع رقم حدود ۳-۲ میلیمتر در روز است (مؤدّب‌شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹). در حین پیدایش گل آذین نر، گل آذین ماده، گرده افشانی و مرحله شیری شدن دانه مقدار تبخیر و تعرق به حداکثر مقدار خود یعنی ۱۰-۷ میلیمتر در روز می‌رسد. کمبود رطوبت در این مراحل از رشد گیاه ضمن به تأخیر انداختن تشکیل گرده، سبب خشکیدن گل آذین نر، کاهش شادابی برگها و سپس پیچ خوردن و پژمردگی آنها می‌گردد، که نتیجه آن عقیم شدن گرده ها و عقیم شدن خوشه می‌باشد. پس از مرحله شیری شدن دانه و تا پایان فصل رشد از میزان نیاز ذرّت به آب تدریجاً کاسته شده و ممکن است به حدود ۶۲ درصد برسد. وقتی خاک اشباع از آب باشد، جوانه زدن ذرّت به علت کمی هوای خاک متوقف می‌شود. اگر رطوبت خاک در مراحل رشد و نمو ذرّت بیشتر از معمول بوده باشد، جذب فسفر و پتاسیم دچار اختلال می‌گردد (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۱-۱-۴-۳- طول روز و نور

این گیاه بطور طبیعی یک گیاه روز کوتاه بوده و با کوتاه شدن روز، گل دادن آن جلو می افتد و روزهای بلند سبب طولانی شدن دوره رشد سبزینه‌ای، افزایش تعداد برگها و بزرگ شدن گیاه می‌شود. حساسیت این گیاه نسبت به طول روز از موقع سبز کردن تاگل دادن است و پس از این مرحله چنانکه در دوره رشد این گیاه به اندازه کافی نور وجود نداشته باشد نمی‌تواند رشد طبیعی خود را بطور کامل انجام دهد ضمن

دیر رس شدن، به علت کمی فتوسنتز کمیت و کیفیت دانه نیز کاهش می‌یابد. شدت اشباع نور برای گیاه ذرّت ۲۵۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ لوکس بوده که در مقایسه با برنج (۶۰۰۰۰ لوکس) و گندم (۴۷۰۰۰ لوکس) خیلی پایین‌تر است (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۱-۱-۴-۴ - خاک مناسب

گرچه ذرّت در انواع وسیعی از خاکها به عمل می‌آید؛ اما بهترین خاک برای ذرّت یک خاک حاصلخیز، لومی، عمیق هوموسدار و بافت متوسطی است که بخوبی زهکشی شده و ظرفیت نگهداری آب آن زیاد باشد. در این خاکها ریشه‌ی ذرّت می تواند تا عمق بیشتری نفوذ کرده و از ذخایر آب و مواد غذایی اعماق خاک استفاده نماید. در حالیکه ریشه ذرّت در خاکهای سنگین رسی فقط تا عمق کمتری نفوذ کرده و مقاومت گیاه در برابر خشکی های کوتاه مدت بسیار کم خواهد بود. کمبود مواد غذایی در خاک باعث طولانی شدن دوره رشد و نمو گیاه می شود. گذشته از آن به خاکهای کم تهویه، سنگین، فشرده بسیار حساس بوده و در خاکهای ماندابی به شدت صدمه می‌بیند. مناسب ترین خاک از نظر اسیدیته، خاکی است که کمی اسیدی تا خنثی باشد. pH مناسب برای رشد ذرّت ۷-۵/۵ است. خاکهای قلیایی در صورت وجود رطوبت و امکانات آبیاری باعث تولید محصول بیشتری خواهد شد. زمین های خیلی سبک و خیلی سنگین برای کشت ذرّت مناسب نیستند و باید به وسیله مصرف کود حیوانی و کود سبز اصلاح شوند (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۱-۲- عناصر غذایی موجود در خاک

۱-۲-۱- روی

روی، به عنوان یکی از هفت عنصر کم مصرف ضروری می‌باشد که برای رشد و نمو گیاه ذرت نیز ضرورت کامل دارد ولی مقدار نیاز گیاه بدان کمتر است. روی، به طور عمده به صورت کاتیون دوظرفیتی (Zn^{2+}) جذب می‌شود؛ و در pH بالا احتمالاً به صورت کاتیون یک ظرفیتی ($ZnOH^{+}$) نیز جذب می‌شود

(آلووی، ۲۰۰۸). غلظت های زیاد کاتیونهای دو ظرفیتی دیگر، مانند کلسیم، تا اندازه ای از جذب روی جلوگیری می‌کند. جابجائی آن در مسافت دور، به طور عمده در درون آوندهای چوبی انجام می‌گیرد، که در این آوندها یا به اسیدهای آلی متصل می‌شود و یا بصورت کاتیون دو ظرفیتی آزاد وجود دارد. در گیاهان، Zn اکسید یا احیا نمی‌شود؛ نقشهای آن به عنوان ماده غذایی معدنی ، بطور عمده بر پایه ویژگی-های آن به عنوان کاتیون دو ظرفیتی پایه گذاری می‌شوند که تمایل شدید برای تشکیل ترکیبات پیچیده چهار وجهی دارند. Zn ، یا به عنوان بخش فلزی آنزیم‌ها یا به عنوان فعال‌کننده شماری از آنزیم‌ها از نظر نوع کار، ساختمان و یا تنظیم نقش آنها عمل می‌کند (مارشنر، ۱۹۹۵).

۱-۲-۲- روی در خاک

میزان روی در پوسته زمین برابر $70\ mg\ kg^{-1}$ بوده و غلظت کل آن در خاکها با میانگین کل $mg\ kg^{-1}$ ۵۵ که در محدوده بین $10-300\ mg\ kg^{-1}$ متغیر است، گزارش شده است (کیکنس، ۱۹۹۵). ولی در خاکهای قلیایی مقدار آن از $20\ mg\ kg^{-1}$ تجاوز نمی‌کند. روی عمدتاً در کانی های ZnS و $ZnCO_3$ در خاک یافت می‌شود. مقدار روی در خاک سطحی کمتر از خاک زیرین است. روی قابل جذب خاک به صورت محلول و تبادلی یا پیوند یافته با مواد آلی است و عوامل متعددی در قابلیت جذب آن دخالت دارند (آلووی، ۲۰۰۸). علل بروز کمبود روی عبارتند از:

۱) فقیر بودن خاک از کانی های حاوی روی

۲) کاهش روی قابل دسترس به دلیل از دست رفتن مواد آلی خاک یا افزایش pH در نتیجه استفاده از آهک، آبیاری با آبهای قلیایی یا آمدن خاک تحت الارضی با کربنات کلسیم زیاد به سطح الارض در اثر فرسایش خاک سطحی

۳) تداوم کشتهای گوناگون با عملکردهای بالا بدون استفاده از برنامه کودی Zn که باعث تخلیه بیشتر مواد غذایی از خاک می‌شود.

۴) بکار بردن مقدار زیاد کودهای فسفر و نیتروژن؛ که فسفات باعث رسوب کردن Zn شده و آنرا غیر قابل دسترس برای گیاه می‌سازد و بکار بردن نسبت بالای کود نیتروژن در خاک می‌تواند رشد گیاهان را تاحدی بالا برد که نیاز به Zn گیاهان از مقدار قابلیت دسترسی آن در خاک تجاوز کند.

۵) همه عواملی که باعث محدود ماندن رشد ریشه و گسترش آن شده و نیز باعث کاهش انتشار Zn در خاک می‌شود نظیر فشردگی خاک و بالا بودن سطح آب زیرزمینی، باعث بروز کمبود Zn می‌شود. آب و هوای سرد نیز ممکن است توسعه ریشه را محدود کرده و باعث کاهش فعالیت میکروبی و رهاسازی Zn از مواد آلی خاک شود.

۶) وضعیت خاکها پس از تسطیح که فاقد باکتریها و مواد آلی مفید هستند.

۷) تغییر دادن شیوه‌های مدیریت نظیر بکار بردن زیاد علف کشها جهت کنترل علف های هرز که باعث کاهش جمعیت VAM خاک شده و همچنین رشد ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (سالار دینی ، ۱۳۸۲؛ آلووی، ۲۰۰۸؛ سینق، ۲۰۰۵).

۱-۲- ۳- روی در گیاه

مقدار روی در گیاهان معمولاً بین $mg\ kg^{-1}$ ۱۰ تا ۵۰ است ولی بعضی گیاهان علوفه ای تا بیش از $mg\ kg^{-1}$ ۲۰۰ روی در خود نگه می‌دارند. روی معمولاً در قسمت فعال گیاه، برگها، شاخه های جوان و جوانه‌های برگ و گل متمرکز می‌شود (سالاردینی ، ۱۳۸۲). روی در داخل گیاهان تحرک کمی دارد، بنابراین در گیاهان مبتلا به کمبودZn، سرعت انتقال آن به بافتهای جوانتر کم بوده و علائم کمبود Zn ابتدا در برگهای جوانتر مشاهده می‌شود (آلووی، ۲۰۰۸).

روی در فعالیت های آنزیم دهیدروژناز، پروتئیناز، ساخت RNA و اکسین دخالت دارد. با توجه به وسعت تأثیر این آنزیم ها در فعالیت‌های حیاتی معلوم است که کمبود روی صدمات فوق العاده‌ای به زندگی گیاه وارد می‌سازد. روی در ساخت پروتئین، احیای مواد و تنظیم آب گیاه نیز دخالت دارد (سالار

دینی، ۱۳۸۲). روی، یا به عنوان بخش فلزی آنزیم ها و یا به عنوان فعال کننده شماری از آنزیم‌ها از نظر نوع کار، ساختمان و یا تنظیم نقش آنها عمل می‌کند. بنابراین در شرایط کمبود روی، تغییرات در متابولیسم آنزیم ها کاملاً پیچیده هستند. با وجود این، برخی تغییرات آشکار نیستند و می‌توان آن را بر پایه نقشهای روی در برخی واکنشهای آنزیمی و یا در مرحله ای از یک مسیر معین متابولیسم توجیه کرد (مارشنر، ۱۹۹۵).

۱-۲-3-۱ آنزیم های دارای روی

عنصر روی دست کم در چهار آنزیم گیاهی وجود دارد: الکل د هیدروژناز، مس-روی سوپر اکسید دیسموتاز، کربنیک آنهیدراز و RNA پلی مراز (مارشنر، ۱۹۹۵).

۱-۲-3-۱-۱ الکل د هیدروژناز

این آنزیم احیای استالدئید را به اتانول کاتالیز می‌کند:

$$Pyruvate \xrightarrow{CO_2} acetaldehyde \xrightarrow{NADH \rightarrow NAD^+} ethanol$$

در گیاهان عالی، در شرایط هوازی، تشکیل اتانول به طور عمده در مناطق مریستمی، مانند انتهای ریشه‌ها، انجام می گیرد. گیاهان عالی، که کمبود روی دارند، میزان فعالیت آنزیم الکل دی هیدروژناز آنها کاهش می‌یابد، ولی در گیاهان پست، شواهدی وجود ندارند که این کاهش در فعالیت، باعث تغییرات متابولیسم عمده‌ای شود (مارشنر، ۱۹۹۵).

۱-۲-3-۱-۲ سوپراکسید دیسموتاز[1]

سوپراکسید دیسموتازها ، اصلی ترین ترکیب سیستم دفاعی آنتی اکسیدانتی در سلولهای گیاهی می-باشد. بنابه نوع کوفاکتور فلزیشان، SOD ها به سه گروه تقسیم می‌شوند که در ساختمان آنها Mn (Mn-SOD)، Fe (Fe-SOD)، Cu و Zn (CuZn-SOD) وجود دارد. Mn-SOD در میتوکندریها، Fe-SOD در کلروپلاستها و CuZn-SOD در کلروپلاستها و سیتوزول یافت می‌شود. این سه نوع SOD از حساسیتشان

1.SOD

به سیانید و H_2O_2 از همدیگر قابل تفکیک اند. فعالیت Cuروی‌SOD- به هر دو مورد سیانید و H_2O_2 حساس است (بولر و همکاران، ۱۹۹۴). در گیاهان عالی Cuروی‌SOD- بیشترین حالت موجود از SOD کل است درحالیکه فرمهای Mn-SOD و Fe-SOD کمترین قسمت از کل فعالیت SOD را تشکیل می-دهند (ککمک،۲۰۰۰). سوپراکسید دیسموتاز دارای مس و روی (Cuروی‌SOD-) با وزن مولکولی در حدود ۳۲۰۰۰ است و در جایگاه فعال آن، احتمالاً یک اتم مس و یک اتم روی به طور نزدیک ،به وسیله یک ازت هیستیدینی مشترک به هم چسبیده‌اند. این آنزیم در همه موجودات هوازی وجود دارد و در زنده ماندن این موجودات در حضور اکسیژن نقش ضروری بازی می‌کند. این آنزیم از بافت زنده در برابر اثرات مخرب اکسیژن رادیکال آزاد $\bar{O}^{-}_{۲}$ (سوپر اکسید) ، با از میان بردن اثر سمی این رادیکالها، محافظت می‌کند، که در واکنش‌های گوناگون آنزیمی در اثر جابجایی یک الکترون به مولکول اکسیژن به وجود می‌آید:

$$O_2 + e^- \rightarrow O.^-_2(\text{sup}eroxide)$$
$$O\cdot^-_2 + O\cdot^-_2 + 2H^+ \xrightarrow{\text{sup}eroxide-dismutase\,(SOD)} H_2O_2(hydrogen.peroxide)$$
$$2H_2O_2 \xrightarrow{catalase} 2H_2O + O_2$$

غیر فعال شدن سوپراکسید، به وسیله سوپر اکسید دیسموتاز کاتالیز می‌شود و تجزیه بعدی آب اکسیژنه به وسیله آنزیم کاتالاز انجام می‌گیرد. در سلولهای سبز که در برابر نور قرار گرفته‌اند، کلروپلاستها بخشکهائی هستند که بیشترین میزان تولید و مصرف اکسیژن در کلروپلاست انجام می‌گیرد. به این ترتیب، کلروپلاستها نیز جایگاه عمده تولید سوپراکسید و آب اکسیژنه، به عنوان حدواسط‌ها هستند. براین پایه در برگها ، بیشتر از ۹۰٪ آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در درون کلروپلاستها جا دارند و تنها ۴ تا ۵٪ در میتوکندریها وجود دارد. جای دقیق این آنزیم در برگهای سبز، در درون کلروپلاست‌ها و بویژه در استرومای کلروپلاست هاست. گرچه نقشهای روی در این آنزیم هنوز آشکار نیست، اما در شرایط کمبود روی فعالیت آن کمتر از اندازه معمول است (ککمک،۱۹۹۷). در بیرون سلول (در لوله آزمایش) با افزودن روی به محیط، واکنش فعالیت آن از سر گرفته می‌شود (مارشنر، ۱۹۹۵).