

بررسی اثر تیمارهای مختلف تنش غرقابی بر برخی از پارامترهای مورفولوژیکی فلفل (*Capsicum annuum L.*)

فاطمه ملک احمدی^۱، ساسان فرهنگیان کاشانی^{۲*}

چکیده

تنش غرقابی بر محصول‌های کشاورزی و گیاهان وحشی اثرهای مهمی را به جای می‌گذارد. غرقاب شدن خاک زمانی رخ می‌دهد، که خاک با آبیاری بیش از حد، بارندگی زیاد و یا زهکشی ضعیف روبه‌رو شده باشد. بیش‌ترین اثر زبان‌آور غرقابی، کاهش اکسیژن موجود در خاک است، زیرا ریشه‌ها نسبت به این شرایط حساسیت بیش‌تری از خود نشان داده و این امر به شدت روابط تغذیه‌ای خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بذره‌ای (مرکز تولید و تکثیر بذر و نهال کرمان) گیاه فلفل برای کشت در گلدان‌هایی با قطر ۱۵ سانتی‌متر در سه گروه چهار تایی به مدت ۳، ۵ و ۷ روز در ظروفی پر از آب کشت شدند.

اپی ناستی برگ و تشکیل ریشه‌های نابجا از جمله تغییرهای مورفولوژیکی بود که در گیاه فلفل مشاهده شد و این امر شاید به دلیل افزایش تولید اتیلن است. یکی از راه‌های مقابله‌ی گیاهان در برابر تنش غرقابی، تشکیل ریشه‌های نابجا و آترانشیم در ریشه و ساقه می‌باشد که در این رابطه مقایسه‌ی نمونه‌های میکروسکوپی نشان داد که در ساقه نمونه‌های تحت تیمار ۵ و ۷ روزه غرقابی، آترانشیم تشکیل شده است.

کلمه‌های کلیدی: تنش - غرقابی - مورفولوژی - فلفل (*Capsicum annuum L.*)

۱- مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان.

۲- مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری. (مسئول مکاتبه) (E-Mail: SFarhangian@Yahoo.Com)

تاریخ دریافت: زمستان ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: بهار ۱۳۸۸

تنش غرقابی سبب کاهش سیستم ریشه‌ای در گیاهان می‌شود که این کاهش در ریشه در مقایسه با قسمت هوایی چشمگیرتر است (Kozlowski, 1997 ; Huang & Wilkinson, 2000 ; Blokhina, 2000). از سوی دیگر، در این نوع از خاک‌ها به دلیل کاهش سطح ریشه‌ها و میکوریز و نیز توقف متابولیسم ریشه‌ای، جذب عناصر تغذیه‌ای پر مصرف به شدت کاهش می‌یابد (Kozlowski, 1997). اثرات عمومی غرقابی شامل کاهش رشد ریشه، ساقه، تراکم گیاهی و قدرت گیاهک است (Huang & Wilkinson, 2000 ; Kozlowski, 1997 ; Pezeshki, 2001). گزارش شده است که در گیاهک گندم، کاهش رشد ریشه سریع‌تر از رشد ساقه رخ می‌دهد و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه نیز در این تنش کاهش می‌یابد (Huang & Wilkinson, 2000 ; Pezeshki, 2001). به همین دلیل پیشنهاد شده است که حساسیت سیستم ریشه‌ای نسبت به سیستم ساقه‌ای بیش‌تر است. مشاهده شده است که غرقاب کردن گیاه به مدت ۲۱ روز اثری بر روی وزن تر ساقه و تعداد جوانه‌ها نداشته ولی وزن تر ریشه گیاهک گندم را کاهش داده است (Huang & Wilkinson, 2000). از طرفی تنش غرقابی موجب کاهش توسعه سطح برگ، میان‌گرهی، پیری زودرس برگ‌های نابالغ و ریزش آن‌ها می‌شود (Kozlowski, 1997).

تنش غرقابی سبب کاهش جذب آب و انتقال آن در گونه‌های مختلف می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل کاهش نفوذ پذیری ریشه و هدایت هیدرولیکی باشد (Dat & All, 2004). گزارش شده است که کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه به دلیل بسته شدن آوندهای چوبی، خراب شدن سیستم ریشه‌ای و محدودیت حرکت آب از راه ریشه می‌باشد (Ito & All, 1999 ; Dat & All, 2004). هم‌چنین مشاهده شده که قطر آوندهای متاگزیم و پروتوگزیم مرکزی در گونه‌های حساس گندم در طول تنش کاهش پیدا کرده و این امر منجر به کاهش هدایت محوری در حرکت آب شده است (Huang & Wilkinson, 2000). رشد ریشه به وسیله‌ی بسیاری از فاکتورهای محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و معمولاً نسبت به تنش‌های محیطی از جمله غرقابی و کاهش میزان اکسیژن بسیار حساس است (Ito & All, 1999). غرقاب شدن خاک منجر به کاهش میزان اکسیژن در دسترس برای ریشه‌های گیاهان می‌شود، زیرا از انتشار اکسیژن اتمسفری به درون خاک جلوگیری به عمل می‌آورد (Drew & All, 1979). ناکافی بودن میزان اکسیژن برای ریشه‌ها، عامل مهمی برای تشکیل آثرانثیم است (Konings & verschuren, 1980). توانایی تشکیل آثرانثیم در بین گونه‌های مختلف مناطق مرطوب با یکدیگر متفاوت است به طوری که گونه‌های مقاوم گندم نسبت به گونه‌های حساس آن تحت شرایط غرقابی، تعداد آثرانثیم بیش‌تری را تولید می‌کنند (Huang & Wilkinson, 2000). مطالعه‌ها نشان می‌دهد که اپی ناستی برگ شاید یک مکانیسم سازشی در برابر تنش است، زیرا در اثر افزایش رشد سطح رویی دم‌برگ نسبت به سطح

فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم

پایین دمبرگ، رخ می‌دهد و زاویه دمبرگ با ساقه افزایش می‌یابد چون میزان و شدت اشعه‌ی رسیده به برگ را کاهش می‌دهد، در نتیجه تقاضا برای تبخیر کم می‌شود (Prasad, 1997). یکی دیگر از سازش‌های مورفولوژیکی که در ساقه‌ی گیاهان در برابر تنش ایجاد می‌شود، هیپرتروفی است که در ساقه‌ی گیاهانی چون گوجه فرنگی و گندم مشاهده شده است. هیپرتروفی به دلیل افزایش و توسعه‌ی سلول جانبی (سلول‌های اطراف محل غرقابی) و یا به دلیل افزایش فضای سلولی رخ می‌دهد (Chen & Qualls, 2003). هم‌چنین تولید ریشه‌های نابجا یکی دیگر از مکانیسم‌های سازشی گیاهان غرقابی است که برای جایگزینی ریشه‌ای که از بین رفته است تشکیل می‌شود و تولید این ریشه‌ها در بسیاری از گونه‌ها تحت شرایط غرقابی افزایش می‌یابد (Chen & Qualls, 2003).

زمانی که ریشه‌های گیاهان غرقاب از بین بروند، ریشه‌های نابجا در منطقه‌ی رأسی سیستم ریشه‌ای، جایی که ساقه در آب غرقاب شده تولید می‌شود (Kozłowski, 1997). سیستم ریشه‌های جانبی اولیه در بسیاری از گیاهان نمی‌تواند اثر سازشی در برابر تنش داشته باشد و به شرایط بی‌هوازی طولانی بسیار حساس است. در بسیاری از گونه‌ها مشاهده شده است که ریشه‌های نابجا نسبت به ریشه‌های جانبی اولیه آثرانسیم بیش‌تری را دارا می‌باشند و در نتیجه مقاومت بیش‌تری در برابر غرقابی شدن از خود نشان می‌دهند (Visser & All, 1997). گیاهان آبی مانند برنج که در محیط‌های غرقاب رشد می‌کنند، در طول دوره غرقابی سازگاری‌هایی را پیدا می‌کنند. یکی از این سازگاری‌ها، بلند شدن ساقه است که مبنای ژنتیکی دارد (Chen & Qualls, 2003).

گیاه مورد بررسی، فلفل دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annuum L.* است که مربوط به تیره‌ی سیب زمینی (Solanaceae) است (مظفریان، ۱۳۷۹). گیاهان این تیره معمولاً علفی و یا به صورت درختچه‌هایی با برگ‌های منفرد و گل‌های نر ماده، ۵ پرچم و مادگی ۲ برچه‌ای هستند. فرمول کلی گل در آن‌ها به صورت ۵ کاسبرگ + ۵ گلبرگ + ۵ پرچم + ۲ برچه است، که برچه‌ها به صورت موب و در جهت خلفی و قدامی گل قرار می‌گیرند. گل آذین آن‌ها معمولاً به صورت گرز و میوه‌ی آن‌ها به صورت سته یا کپسول دو خامه‌ای است. دانه‌ها آلبومن‌دار و دارای جنین خمیده و یا راست هستند. گرایش به نامنظم شدن جام گل در گیاهان این تیره، کاملاً محسوس است. از اختصاصات تشریحی گیاهان این تیره می‌توان به وجود بافت آبکشی ابتدایی (پریمدولر)، سلول‌های ترشح‌کننده و سلول‌های محتوی بلورهای اکسالات کلسیم اشاره کرد (مظفریان، ۱۳۷۹). این تیره گیاهی از نظر کاربرد دارویی و غذایی یکی از تیره‌های بسیار مهم نهان‌دانگان به شمار می‌رود (دانشمند، ۱۳۷۹).

در سیستم رده‌بندی گیاهان (Cronquist, 1968) فلفل از شاخه دانه‌داران، زیر شاخه نهان‌دانگان، رده دو لپه‌ای‌ها و زیر رده‌ی پیوسته‌ی گلبرگان می‌باشد. در این تحقیق بررسی دوره‌های مختلف غرقابی بر پارامترهای مورفولوژیکی در گیاه فلفل مورد مطالعه قرار گرفت.

۱- گیاه مورد آزمایش

گیاه مورد آزمایش در این تحقیق، گیاه فلفل (*Capsicum annum*) می‌باشد، که متعلق به خانواده‌ی سیب زمینی بوده و در ایران نیز کشت می‌شود. بذره‌ای (مرکز تولید و تکثیر بذر و نهال کرمان) گیاه فلفل پس از آماده شدن برای کشت در گلدان مورد استفاده قرار گرفتند.

۲- کشت گلدانی

محیط کشت گلدانی مورد استفاده در این پژوهش، گلدان‌های با قطر ۱۵ سانتی‌متر دارای ورمیکولیت^۱ بود. ورمیکولیتی که از معدن سیخوران یکی از معادن اسفندقه، واقع در ۱۹۰ کیلومتری شهرستان بافت آورده شده بود، با حرارت حدود ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، منبسط شده سپس چندین مرتبه با آب شستشو و در نهایت توسط اتوکلاو سترون شده و در این مرحله مورد استفاده قرار گرفت.

هر تیمار ۴ تکرار و در هر گلدان ۶ عدد بذر کاشته شد. گلدان‌ها در اتاق رشد^۲ (ساخت شرکت گروک تهران)، با دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت نور با دمای ۲۷ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند. همچنین شدت نور اتاق رشد ۱۵ کیلو لوکس و رطوبت آن ۷۵ درصد بود.

۳- نحوه‌ی آبیاری گلدان‌ها

در طول هفته اول پس از کشت در گلدان، آبیاری با آب مقطر به صورت روزانه یک مرتبه انجام گرفت. برای تأمین املاح مورد نیاز گیاه، پس از یک هفته، آبیاری با محلول کامل غذایی لانگ آشتون^۳ و سه بار در هفته انجام شد و این کار به مدت دو هفته ادامه یافت، محلول غذایی هر هفته به صورت تازه تهیه شد. پس از گذشت ۳ هفته، نمونه‌های گیاهی تحت تیمار قرار گرفتند و پس از آن برای بررسی پارامترهای مورد نظر و انجام کروماتوگرافی گازی، از آن‌ها استفاده شد.

۱- ورمیکولیت (Vermiculite) نوعی سنگ خرد شده از نوع میکاها با بلورهای جلای فلزی بوده که ظرفیت تبادل یونی آن در آب مقطر بسیار پایین می‌باشد و غلظت یونی و PH محلول غذایی مورد استفاده را کم‌تر تغییر می‌دهد.

2- Growth Chamber

3- Long Shtone

- تهیه محلول غذایی لانگ آشتون در یک لیتر (تایز و زایگر، ۱۳۷۹): محلول غذایی که برای تأمین املاح مورد نیاز گیاه در گلدان مورد استفاده قرار گرفت، شامل ترکیبات جدول ۱ می‌باشد.

۴- اندازه گیری پارامترهای مورفولوژیکی

پس از رشد گیاهان و قبل از شروع مرحله گلدهی، زمانی که گیاهان به مرحله ۳ تا ۴ برگی رسیدند، بوته‌ها از گلدان خارج و ریشه‌ی هر گیاه با آب مقطر شستشو داده شد. اندام هوایی و ریشه‌ی هر گیاه برای سنجش پارامترهای مورفولوژیکی از یکدیگر جدا شد. در مرحله‌ی رویشی گیاه، شاخص‌های وزن تر و خشک ریشه و اندازه‌گیری سطح برگ گیاه، مورد سنجش قرار گرفت.

- تعیین وزن تر ریشه: پس از جدا کردن ریشه از گیاه، وزن تر آن بر حسب گرم با ترازوی Sartorius مدل Bp₂11D با دقت ۰/۰۰۰۱g اندازه‌گیری شد.

- اندازه‌گیری وزن خشک ریشه‌ی گیاه: برای اندازه‌گیری این پارامتر، هر گلدان به عنوان یک تکرار و هر گیاه به عنوان یک نمونه در نظر گرفته شد. ریشه‌های هر گیاه به طور جداگانه در فویل‌های آلومینیومی پیچیده شد و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها، وزن خشک آن‌ها با دقت ۰/۰۰۰۱g اندازه‌گیری شد.

- اندازه‌گیری سطح برگ گیاه: برای اندازه‌گیری سطح برگ گیاه، از هر گیاه چند برگ انتخاب شد. برگ‌های انتخاب شده از گیاه جدا شد و بر روی کاغذ قرار داده شد و از آن‌ها کپی کاغذی تهیه شد. پس از تهیه کپی، مربعی که ابعاد آن ۱×۱ سانتی‌متر بود جدا و توزین شد و وزن این مربع یادداشت شد، سپس کپی برگ مورد نظر توزین شد و با رابطه تناسبی، سطح برگ بر اساس وزن آن مشخص شد.

۵- آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثرات مورفولوژیکی و آناتومیکی تنش غرقابی همراه با تیمار نیترات نقره برای مطالعه‌ی اثر این دو تیمار بر گیاه فلفل برش‌گیری به روش دستی انجام شد. اولین مرحله در تهیه‌ی مقاطع میکروسکوپی، تثبیت نمونه‌ها است. برای قسمت‌های مختلف گیاهان مورد نظر از قبیل ساقه و ریشه در اندازه‌های مختلف، پس از شستشوی سطحی درون فیکساتور قرار داده شد. این عمل برای جلوگیری از انجام واکنش‌هایی است که یاخته‌های زنده هنگام مواجه شدن با مرگ تدریجی از خود نشان می‌دهند. مخلوط الكل - گلیسیرین برای نمونه‌هایی مناسب است که از آن‌ها برش دستی تهیه می‌شود. این تثبیت کننده از مخلوط کردن الكل اتیلیک مطلق و گلیسیرین به نسبت حجمی (۱:۱) به دست می‌آید.

- تهیه مقطع عرضی ساقه: بعد از سپری شدن زمان لازم برای تثبیت، با استفاده از یونولیت و تیغ از هر یک از قطعات به صورت جداگانه برش‌های عرضی تهیه شد (محمودی‌کردی، ۱۳۷۹).

- آماده‌سازی برای رنگ‌آمیزی: برش‌های تهیه شده پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۳-۵ دقیقه در آب ژاول ۵ درصد قرار داده شد. سپس برش‌های مذکور با آب مقطر شسته و این بار در اسید استیک ۳ تا ۵ درصد به مدت ۳-۵ دقیقه قرار گرفتند. پس از شستشوی دوباره با آب مقطر، رنگ‌آمیزی برش‌ها انجام شد.

- رنگ‌آمیزی مقاطع عرضی: برش‌های دستی با روش رنگ‌آمیزی مضاعف سبز متیل یا آبی متیل و کارمن زاجی رنگ‌آمیزی شدند. برش‌ها به مدت ۱ دقیقه در رنگ سبز متیل ۱ درصد یا آبی متیل ۳ درصد قرار داده شد و پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با رنگ کارمن زاجی رنگ‌آمیزی شد. در پایان نمونه‌ها برای مطالعه، در یک قطره گلیسرین بین لام و لامل نگهداری شدند و سپس برای مشاهده در زیر میکروسکوپ مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج

۱- اندازه‌گیری‌های حاصل از وزن تر و خشک ریشه‌ی گیاه

وزن تر ریشه تحت تیمارهای ۳، ۵ و ۷ روزه‌ی غرقابی کاهش نشان داد که از نظر آماری نسبت به کنترل کاملاً معنی‌دار است. در مقابل وزن خشک ریشه نیز تحت تیمارهای ذکر شده کاهش معنی‌دار نشان داد.

۲- نتایج حاصل از بررسی برش‌های عرضی ساقه

تصویر شماره‌ی ۸ نشان‌دهنده‌ی برشی از ساقه در حالت طبیعی می‌باشد و شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان‌دهنده‌ی برش‌های ساقه‌ی گیاه تحت تیمار ۵، ۳ و ۷ روز غرقابی است. همان‌طور که از شکل مشخص است در ساقه‌ی گیاهان تحت تیمار، آثرانشیم در حال شکل گرفتن است به طوری که در گیاهان تحت تنش ۷ روز این حفره‌های هوا نسبت به گیاهان تحت تنش ۳ و ۵ روزه بزرگ‌تر شده است. همچنین در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ جایگاه تشکیل ریشه‌های نابجا نیز کاملاً مشخص است.

۳- نتایج حاصل از بررسی برش‌های عرضی ساقه پس از تیمار با نیترات نقره

شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ نشان‌دهنده‌ی برش‌های ساقه گیاه تحت تیمار ۷ روز غرقابی است که به وسیله‌ی محلول غذایی دارای نیترات نقره با غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ μM آبیاری شدند. همان‌طور که از شکل‌ها مشخص است، در

گیاهانی که تحت تیمار محلول غذایی محتوی نیترات نقره با غلظت $5 \mu\text{M}$ بوده‌اند، مقدار کمی از حجم ساقه را آئرانسیم پر کرده است ولی در گیاهان تحت تیمارهای محلول غذایی دارای نیترات نقره با غلظت $10 \mu\text{M}$ و $15 \mu\text{M}$ بودند، آئرانسیم تشکیل نشده است چرا که یون نقره مانع از تشکیل اتیلن می‌شود (شکل‌های ۹ و ۱۰).

بحث

سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، تشکیل ریشه‌ی نابجا، آئرانسیم، پیری برگ، ایجاد هیپرتروفی و اپی ناستی از جمله پارامترهای مرفولوژیکی مورد بررسی در این تحقیق بوده‌اند که تحت تنش غرقابی قرار گرفتند. کاهش سطح برگ ناشی از تنش، یک استراتژی است که برگ برای مقابله با کم آبی و دوری از کاهش آب به وسیله‌ی تبخیر، از خود نشان می‌دهد، به این ترتیب برگ آب کم‌تری را از دست می‌دهد. در بررسی حاضر سطح برگ تحت تیمارهای 5.3 و 7 روزه‌ی غرقابی به ترتیب به میزان 40.25 و 70 درصد کاهش یافت که از نظر آماری نسبت به شاهد کاملاً معنی‌دار بود (نمودار ۳).

دوره‌ی ۳ روزه‌ی غرقابی اثر مخرب قابل ملاحظه‌ای بر رشد گیاه نمی‌گذارد و معمولاً گیاه در شرایط تیمار ذکر شده مانند گیاه کنترل به رشد خود ادامه می‌دهد. اثرات مخرب غرقابی، بیش‌تر مربوط به دوره‌های ۵ و ۷ روزه می‌باشد. تولید آئرانسیم و ریشه‌ی نابجا در طول مدت تنش، از دیگر اثرات مشاهده شده در این مطالعه بود، که در تیمارهای ۵ و ۷ روزه کاملاً واضح است. حضور آئرانسیم در ریشه و ساقه‌ی گیاهان غرقاب، سبب بقاء گیاهان تحت شرایط بی‌هوازی می‌شود و به عنوان یک پاسخ سازشی مهم محسوب می‌شود. تولید ریشه‌های نابجا نیز یکی دیگر از مهم‌ترین مکانیسم‌های سازشی گیاهان غرقاب است که برای جایگزینی ریشه‌هایی که از بین رفته‌اند، تولید می‌شود. هم‌چنین در ذرت نیز مشاهده شده است که تشکیل سیستم ریشه‌های نابجا در پایه‌ی ساقه، به نگهداری آن کمک می‌کند (Jackson & All, 1981). از طرفی تشکیل آئرانسیم^۱ تحت دوره‌های مختلف غرقابی، از دیگر تغییرات مرفولوژیکی ایجاد شده تحت تنش است که در گیاه فلفل شکل‌های ۲، ۳ و ۴ مشاهده شد. تشکیل آئرانسیم، شاخص‌ترین پاسخ آناتومیکی به تنش غرقابی است که در گیاهان زراعی از قبیل گندم، جو و ذرت نیز گزارش شده است (Taliao & Holin, 2001). ایجاد آئرانسیم برای ایجاد مقاومت به غرقابی برای سایر گونه‌های گیاهی بسیار حیاتی و ضروری است (Bacanawo & Purcell, 1999).

1- Aerenchyma

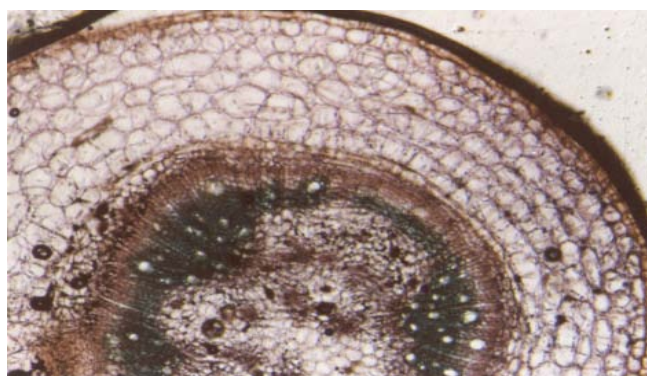
یکی دیگر از اثرهای مرفولوژیک مشاهده شده در طول تنش، هیپرتروفی^۱ است که در پایه‌ی ساقه گیاهانی چون گندم و آفتابگردان مشاهده شده است. گفته شده است که هیپرتروفی به عنوان یک مکانیسم سازشی در گیاهان در پاسخ به غرقابی عمل می‌کند که با افزایش دادن فضای خالی در ناحیه پایه‌ی ساقه برای افزایش هوا دهی برای تشکیل ریشه‌ی نابجا به وجود می‌آید (Prasad, 1997). به طور کلی Jackson (۱۹۸۵) گزارش کرده است که توسعه‌ی سلول‌های جانبی، افزایش فضای درون سلولی و لیز شدن سلول‌ها که در نتیجه تشکیل آثرانشیم و ریشه‌های نابجا رخ می‌دهند، از عوامل مؤثر در ایجاد هیپرتروفی هستند.

در پایان لازم به ذکر است که، این تحقیق در اتاق رشد مخصوص تحت شرایط خاص از نظر نور و دما انجام شده و ممکن است که در شرایط طبیعی میزان خسارات کم‌تر یا بیش‌تر شود؛ زیرا گیاه در شرایط طبیعی علاوه بر تنش مورد نظر تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد.

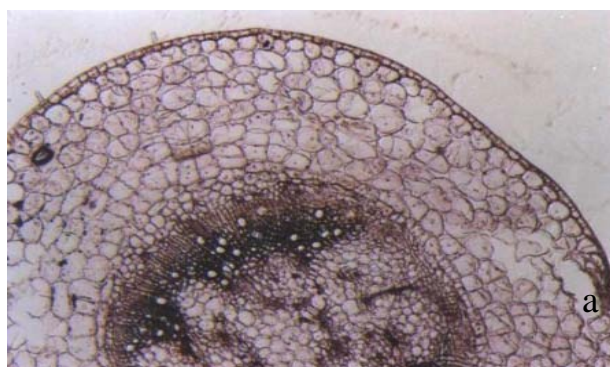
1- Hypertrophy

جدول ۱- محلول ساخته شده توسط محلول پتاس ۰/۱ مولار و سولفوریک اسید ۰/۱ مولار، در pH ۵/۵

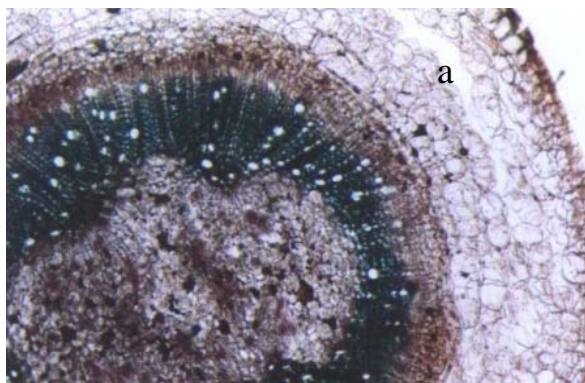
عناصر غذایی مورد استفاده	محلول پایه (گرم بر لیتر)	محلول استفاده شده (mg/lit)
عناصر غذایی ماکرو		
KNO ₃	۵۰/۶۰	۸
Ca(NO ₃) ₂ .Anhydrous	۸۰/۲۵	۸
MgSO ₄ .7H ₂ O	۴۶/۰۰	۸
NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O	۵۲/۰۰	۴
عناصر غذایی میکرو		
FeEDTA	۳/۳۰	۵
MnSO ₄ .4H ₂ O	۲/۲۳	۱
ZnSO ₄ .5H ₂ O	۰/۲۹	۱
CuSO ₄ .5H ₂ O	۰/۲۵	۱
H ₃ BO ₃	۳/۱۰	۱
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	۰/۱۲	۱
NaCl	۵/۸۵	۱
CoSO ₄ .7H ₂ O	۰/۰۵۶	۱



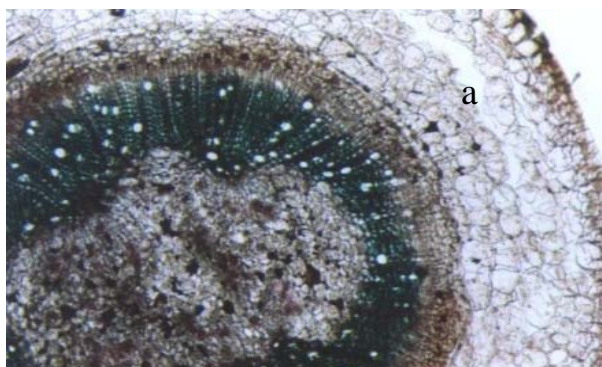
شکل ۱- برش عرضی از ساقه‌ی گیاه شاهد (۴۰x)



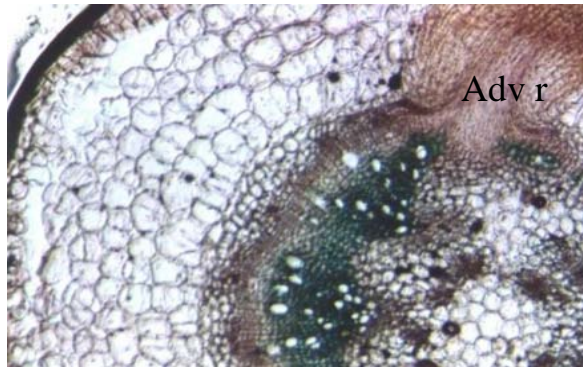
شکل ۲ - برش عرضی از ساقه با تشکیل آثرانشیم در گیاه تحت تیمار غرقابی به مدت ۳ روز (x ۴۰). a: آثرانشیم



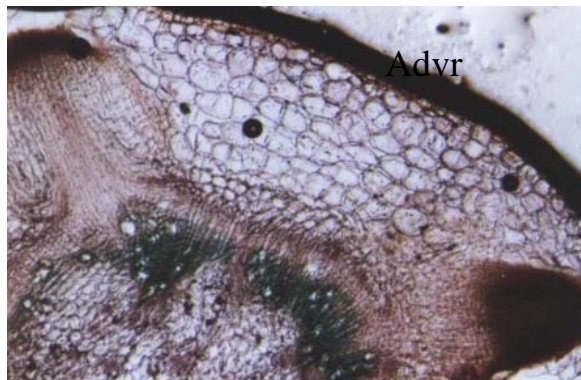
شکل ۳ - برش عرضی از ساقه با تشکیل آثرانشیم در گیاه تحت تیمار غرقابی به مدت ۵ روز (x ۴۰). a: آثرانشیم



شکل ۴ - برش عرضی از مقطع ساقه با تشکیل آثرانشیم در گیاه تحت تیمار غرقابی به مدت ۷ روز (x ۴۰). a: آثرانشیم



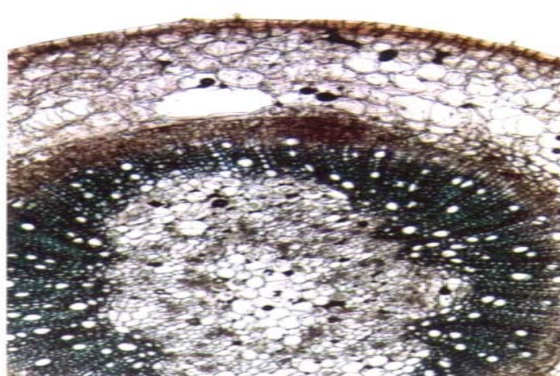
شکل ۵ - تشکیل ریشه‌ی نابجا در گیاهی که تحت تیمار غرقابی به مدت ۳ روز قرار داشته است (x ۴۰). Adv r: ریشه نابجا



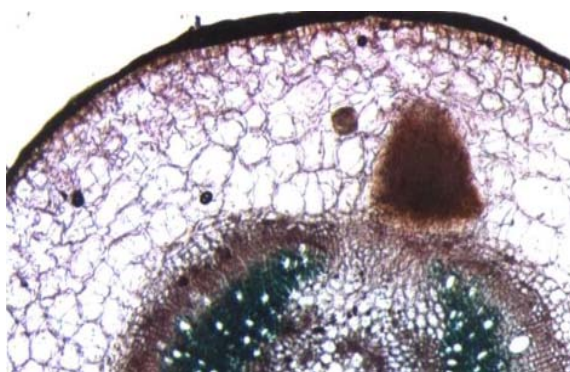
شکل ۶ - تشکیل ریشه‌ی نابجا در گیاهی که تحت تیمار غرقابی به مدت ۵ روز قرار داشته است (x ۴۰). Adv r: ریشه نابجا



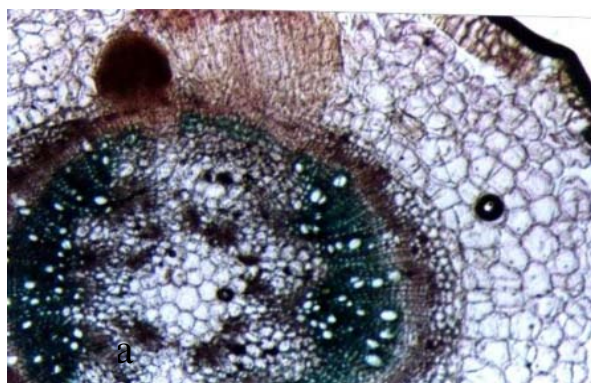
شکل ۷ - تشکیل ریشه‌ی نابجا در گیاهی که به مدت ۷ روز تحت تنش غرقابی قرار داشته است (x ۴۰). Adv r: ریشه نابجا



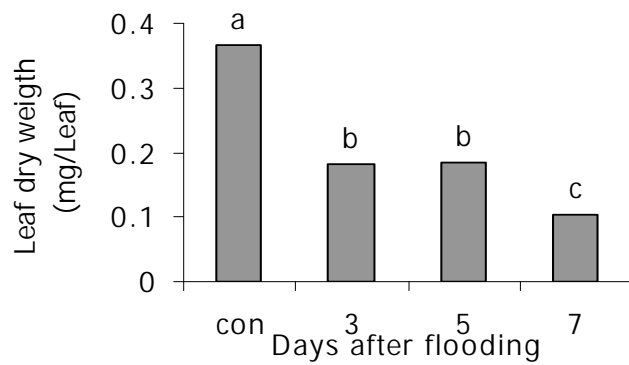
شکل ۸- برش عرضی از مقطع ساقه با تشکیل آثرانشیم در گیاه تحت تنش غرقابی و نیترات نقره به مقدار $5 \mu\text{M}$ ($40 \times$). a: آثرانشیم



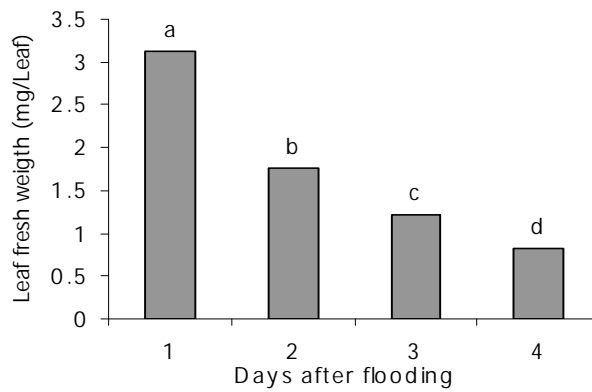
شکل ۹- برش عرضی از مقطع ساقه با ریشه‌ی نا بجا تحلیل رفته و عدم تشکیل آثرانشیم در گیاه تحت تنش غرقابی و نیترات نقره به مقدار $10 \mu\text{M}$ قرار داشته است ($40 \times$)



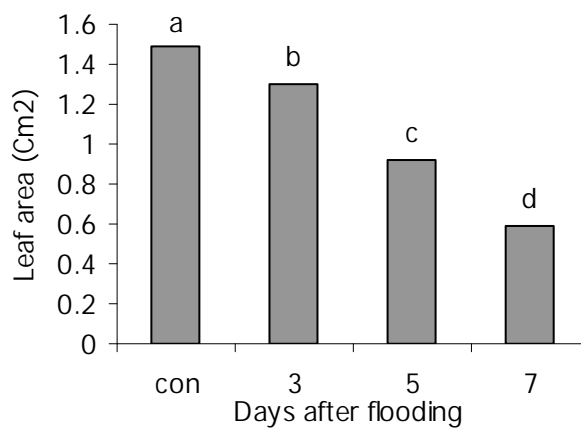
شکل ۱۰- برش عرضی از مقطع ساقه، جهت نمایش دادن ریشه‌ی نا بجا تحلیل رفته و عدم تشکیل آثرانشیم در گیاهی که تحت تنش غرقابی و نیترات نقره به مقدار $15 \mu\text{M}$ قرار داشته است ($40 \times$)



نمودار ۱- اثر دوره‌های مختلف غرقابی بر وزن خشک ریشه گیاه فلفل ($p < 0.05$)



نمودار ۲- اثر دوره‌های مختلف غرقابی بر وزن تر ریشه گیاه فلفل ($p < 0.05$)



نمودار ۳- اثر دوره‌های مختلف غرقابی بر سطح برگ گیاه فلفل ($p < 0.05$)

- تایز و زایگر، ۱۳۷۹، فیزیولوژی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۱۱۹-۱۲۳.
- دانشمند، ف.، ۱۳۷۹، بررسی اثرات درجه حرارت بر تشکیل میوه در گیاه فلفل *Capsicum annuum L.*، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه کرمان.
- محمودی کردی، ف.، ۱۳۷۹، کشت بساک و ایجاد گیاه هاپلوئید در صنوبر پده *Populus Euphatica Olive* و بررسی مقایسه ای تشریحی گیاهان هاپلوئید ایجاد شده با دیپلوئید طبیعی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
- مظفریان، و.، ۱۳۷۹، رده بندی گیاهان، مؤسسه انتشارات امیرکبیر.
- Blokhina, Olga.** 2000. Anoxia and oxidative stress: lipid peroxidation, antioxidant status and mitochondrial function in plants. Helsinki. pp. 1-74.
- Chen, H & Qualls, R. G.** 2003. Anaerobic metabolism in the roots of seedlings of the invasive exotic *Lepidium latifolium*. *Environmental & experimental Botany*. 50: 29-40.
- Cronquist, A.** 1968. Evaluation and Classification of flowering plant.
- Dat, j. F., Capelli, N., Folzer, H., Bourgeade, P & Badot, P. M.** 2004. Review: Sensing and signaling during plant flooding. *Plant physiology & Biochemistry*. 42: 273-282.
- Drew, M. C., Jackson, M. B & Giffard. S.** 1979. Ethylen-prom adventitious rooting and development of cortical air spaces (Aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in *Zea mays L.* 1979. *Planta*. 147: 83-88.
- Huang, B & Wilkinson, R. E .** 2000. Plant Environment Intractions. Manhattan, Kansas. pp. 263-280.
- Ito, O., Ella, E & Kawano, N.** 1999. Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland Rice ecosystem. *Field Crops Research*. 64: 75-90.
- Jackson, M. B.** 1985. Ethylene and responses of plants to soil water logging & submergence. *Ann. Rev. Plant. Physiol* . 36: 145-166.

Konings, H & verschuren, G. 1980. Formation of aerenchyma in roots of *Zea mays* in aerated solutions, and its relation to nutrient supply. *Physiol Plant.* 49: 265-270.

Kozłowski, T. T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph.* 1: 1-12.

Pezeshki, S. R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany.* 46: 299-312.

Prasad, M.N.V. 1997. Plant ecophysiology. John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-13157-1. PP:153-171.

Visser, E. J. W., Nabben, R. H. M., Blom, C. W. P. M and voesenek. L. A.C.J. 1997. Elongation by primary lateral roots and adventitious roots during conditions of hypoxia and high ethylene concentrations. *Plant Cell and Environment.* 20: 647-653.