بررسی اثرات تنش خشکی برساختار تشریحی گیاه نخود(*Cicer arietinum* L.)

گلناز تجدد[1]*tajadodg@yahoo.com، رضا طالبی[2]، سارا رضائی[1]

۱-گروه زیست شناسی دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ایران

۲-گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، ایران

چکیده

برای بررسی اثرات تنش خشکی برویژگی‌های تشریحی در دورقم نخود(کاکا و جم)، دو آزمایش جداگانه اجرا گردید. آزمایش اول براساس آبیاری مطلوب اجرا شد، در حالیکه آزمایش دوم در شرایط تنش کم آبی اجرا گردید. نتایج بررسی‌های سلول- بافت شناختی گیاهان شاهدو گیاهان تحت تنش نشان دادکه تنش خشکی دررقم جم سبب کاهش وسعت منطقه آبکش گردیدو دسته جات آوندی به صورت مجزاتری نسبت به شاهد قرار گرفتند. دهانه آوند چوب در اثر تنش خشکی نسبت به شاهد فراخ تر شد. در برگ گیاهان تحت تنش ضخامت لایه کوتینی افزایش یافت وفاصله بین دسته جات آوندی کاهش پیدا کرد.دررقم جم تنش خشکی باعث کاهش فضای بین سلولی در پارانشیم حفره‌ای شد. تنش خشکی در دمبرگ باعث افزایش تعداد دسته –جات آوندی نسبت به شاهدشد، اما هردسته آوندی نسبت به گیاهان شاهد محدوده ی کوچکتری دارد.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، ساختار تشریحی، گیاه نخود

The Effects of drought stress on the anatomical structure of chickpea (*Cicerarietinum* L.)

Tajaddod.G[1]*, Talebi.R[2], Rezaei.S[1]

1.Faculty of Biology science,North-Tehran Branch, Islamic Azad University,Tehran,Iran

tajadodg@yahoo.com

2.Faculty of Cultivation and Plant's improvement,Sanandaj Branch, Islamic Azad University,Sanandaj,Iran.

Abstract

To assess the effects of drought stress on the anatomical features, two separate experiments were conducted in two varieties of peas (var Kaka and var Jam)

The first experiment was conducted based on optimum irrigation, while the second one was performedunder the conditions of draughtstress.Cell - histological studies of the control plants and under stress plants showed that drain stress in thevar Jam caused reducing the width of strainer area and the vascular bundle compare to the control, stated separately. Due to draught stress the Vascular bundle`s nozzle compare to the control, became wider. The thickness of Kutin layer increased in under stress plant's leaf and decreased in the distance between vascular bundles.Thevar Jam in the drought stress reduced the space between cells in the alveolar parenchyma. Draught Stress increases the number of vascular bundles in petiole compared to the control but each vascular bundle has more limited area than the control.

KeywordsDraughtstress,Anatomical structure,*Cicerarietinum* L.

فصلنامه زیست شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۲، دوره ۸، شماره ۲، صص ۵۱-۴۳

مقدمه

پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر حبوبات است. حبوبات از جمله گیاهانی هستند که سرشار از پروتئین بوده و با داشتن ۱۸ تا۳۲ درصد پروتئین نقش مهمی در تامین مواد غذایی بشر دارند(مجنون حسینی، ۱۳۷۲).۳۰-۲۰ درصد وزن دانه‌های حبوبات را پروتئین تشکیل می‌دهد. پروتئین موجود در دانه‌های حبوبات ۳-۲ برابر غلات است(کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۵). نخود سفید (*Cicer arietinum* L.) در بین حبوبات با اهمیت مقام سوم را در جهان و مقام اول را در مدیترانه و جنوب آسیا دارد(صباغ پور، ۱۳۷۵). خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از مهمترین و رایج ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته است حدود یک سوم اراضی جهان با کمبود بارندگی مواجهند و نیمی از این اراضی دارای بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر می‌باشند. به طور کلی مناطق خشک و نیمه خشک جهان وسعتی در حدود ۴۴/۷ میلیون کیلومترمربع را شامل می‌شودکه حدود ۳۹ درصد از این مساحت جزء مناطق خشک محسوب شده و قسمت عمده ی آن برای زراعت مساعد نیست(کوچکی و حسینی، ۱۳۷۲). در کشور ما نیز به جز سواحل دریای خزر و قسمت کوچکی از شمال غربی کشور بقیه مناطق جزء نقاط خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردند و این در حالی است که مناطق خشک کشورمان نسبت به مناطق نیمه خشک آن، از وسعت بیشتری برخوردار است.بررسی اثرات تنش خشکی برگیاهان از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است و با توجه به اینکه گیاهان عیرمتحرک بوده، نمی‌توانند از تنش آبی مانند روشی که ارگانیسم‌های متحرک دارند، فرار کنند، سعی به سازگارشدن با شرایط نامساعد محیطی دارند (De Rodriguez et al, 2002). با در نظر گرفتن اینکه گیاهان به تنش‌ها در سطح مولکولی، سلولی، آناتومی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پاسخ میدهند مطالعات سیتوهیستولوژیکی می- تواند راهگشای مناسبی برای مطالعات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی باشند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با ۲ تیمار در رقم‌های نخود شامل کاکا وجم در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای هر آزمایش اجرا شد. آزمایش اول در شرایط آبیاری مطلوب (عادی) اجرا گردید.آزمایش دوم در شرایط تنش کم آبی، قطع آبیاری به مدت ۱۰ روز انجام شد.

از قسمتهای مشخصی از ساقه (بخش میانی بین میانگره دوم تا چهارم گیاهان ۵۰ روزه)، برگ و دمبرگ همین ناحیه در گیاهان شاهد و تحت تیمار نمونه برداری شد ودر فیکساتور الکل-گلیسیرین که برای برش‌های دستی نیاز است، نگهداری شدند. پس از برش گیری به روش رنگ آمیزی با کارمن زاجی و سبز متیل انجام شده و پس از بررسی با میکروسکوپ نوری Nikon از نمونه‌های مناسب عکسبرداری شد.

نتایج

در بررسی ساختار تشریحی اندام رویشی گیاه نخود این نتایج به دست آمد:

در برش عرضی ساقه نخود از خارج به سمت داخل اپیدرم از سلول‌های طویل، متراکم و بدون فضای بین سلولی با دیواره نازک سلولزی تشکیل شده است. در سطح اپیدرم تعدادی کرک ترشحی از نوع چندسلولی وکرک غیر ترشحی یا محافظ از نوع سوزنی مشاهده می‌شود. در زیر اپیدرم توده‌هایی از بافت استحکامی کلانشیمی به صورت پیوسته دیده می‌شوند که در گوشه‌های ساقه ضخامت بیشتری دارند (شکل ۱). در فاصله بین اپیدرم و استوانه مرکزی چند لایه از سلول‌های پارانشیم پوستی دیده می‌شود. استوانه مرکزی از دایره محیطیه و بافت‌های آوندی و مغز تشکیل شده است. در استوانه مرکزی چوب به سمت مرکز و آبکش به طرف پیرامون قرار دارد.

در گیاهان تحت تنش خشکی نسبت به شاهد مشاهده شد که وسعت منطقه آبکش در رقم جم نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد و دسته‌های آوندی به صورت مجزاتری

نسبت به شاهد قرار گرفته اند. دهانه آوند چوب در اثر تنش خشکی نسبت به شاهد فراخ تر شد. بافت فیبر چوبی در بالای دسته‌های آوندی در هر دو رقم به صورت کمانی در آمده و نسبت به شاهد کاهش یافته است. در اپیدرم رقم جم در تنش خشکی چین خوردگی‌هایی مشاهده شد که با فلش مشخص گردیده است. تعداد کرک‌ها در هر دو رقم در اثر تنش افزایش پیدا کرد(شکل۲).

برگ نخود در برش عرضی مشابه برگ اغلب دولپه‌ای‌ها است. اپیدرم تک لایه هر دوسطح فوقانی و تحتانی برگ را از بیرون می‌پوشاند. دیواره‌های بیرونی سلول‌های اپیدرمی ضخیم تر و آغشته به کوتین می‌باشد. در لایه‌های اپیدرمی تعدادی روزنه دیده می‌شود. تعداد روزنه در بشره زیرین برگ بیشتر از بشره زبرین است. روزنه در نخود از نوع سطحی و تیپ پاراسیتیک است. در قسمت زیرین هر روزنه اتاقک زیر روزنه مشاهده می‌شود. سلول‌های پارانشیم فتوسنتز کننده (کلرانشیم) با دیواره نازک وجود دارند که بر دو نوع هستند. در زیر اپیدرم فوقانی پارانشیم نردبانی از سلول‌های طویل کم وبیش استوانه‌ای شکل ساخته شده اند و دارای فضای بین سلولی کمتری هستند. در سطح تحتانی برگ مجاور اپیدرم تحتانی پارانشیم اسفنجی قرار دارد. این بافت دارای سلول‌هایی با دیواره نازک وتعدادزیادی فضای بین سلولی گسترده (Lacuna) در بین سلول‌ها می‌باشد. حفره‌های بزرگ هوا در اطراف سلول‌های پارانشیم اسفنجی نزدیک به روزنه‌ها قرار دارند و مستقیما با آن‌ها در ارتباط هستند (شکل ۳).

در برگ نخود رقم کاکا تنش خشکی باعث افزایش یافتن ضخامت لایه کوتینی شده است، همچنین مشاهده شده در برگ گیاهان تحت تنش فاصله بین دسته جات آوندی کاهش یافته است. در رقم جم تنش خشکی باعث کاهش فضای بین سلولی در پارانشیم حفره‌ای شده است (شکل۴).

دمبرگ در برش عرضی شکل هلالی یا نعل اسبی دارد و در ساختار آن به ترتیب از خارج به داخل بخشهای زیر قابل تشخیص است.یک لایه سلول اپیدرمی مشابه برگ دیده می‌شود که دیواره‌ها ضخیم بوده و با یک لایه کوتیکولی نسبتا ضخیمی پوشیده شده است. در بین لایه اپیدرمی روزنه نیز دیده می‌شود و برخی بخش‌ها کرک دارند. در زیر اپیدرم، سلول‌های کلانشیمی دیده می‌شود. در زیر آن سلول‌های پارانشیمی نسبتا درشت قرار دارند. در زیر این بخش قسمت مرکزی وجود دارد که شامل دستجات آوندی می‌باشد. دسته آوندی میانی بسیار گسترده و دستجات جانبی کوچکترند و به حالتی قرینه در طرفین دسته آوندی میانی قرار دارند. در بین هر دسته آبکشی و ناحیه گزیلمی سلول‌های پروکامبیومی که منشا چوب آبکش‌ها هستند، به خوبی دیده می‌شود. تمایز دستجات چوبی از نوع گریز از مرکز است بطوری که در نوک و به سمت داخل، پروتوگزیلم و در قسمت بیرونی متاگزیلم وجود دارد. آبکش‌های جدید، به طرف داخل مجاور سلول‌های پروکامبیومی تمایز می‌یابند(شکل ۵).

در برش عرضی دمبرگ نخود رقم کاکا و جم که تحت تنش خشکی قرار گرفتند، مشاهده شد که تعداد دسته جات آوندی نسبت به شاهد افزایش یافته، اما هر دسته آوندی نسبت به گیاهان شاهد محدوده کوچکتری دارد (شکل ۵).در گیاهانی که تحت تنش خشکی همراه با SA قرار گرفته اند، دهانه آوند چوب نسبت به شاهد فراخ- تر شده است (شکل ۶).

بحث و نتیجه گیری:

بر اساس مطالعات محققینی چون R.Aloni در(2006) و مجد-عبادی (۱۳۸۱) اندازه نهایی یک مجرای آوندی، تحت تاثیر غلظت اکسین در جوانه راسی و ریشه‌ها تعیین می‌شود، افزایش غلظت اکسین تمایز آوندهای چوبی را القا می‌کند، از آن جایی که بزرگ شدن سلول پس از تشکیل دیواره‌ی ثانویه پایان می‌یابد، تمایز سریع به تشکیل عناصر آوندی باریک سوق یافته در حالی که تمایز کند امکان انبساط بیشتر آوندها را فراهم می‌کند. در هر حال افزایش قطر آوند می‌تواند به هدایت شیره‌ی خام و هدایت الکتریکی در سیستم آوندی سرعت بخشد. در

نتیجه در شرایط تغذیه‌ای نه چندان مناسب عبور شیره خام در گیاه با وجود عناصر چوبی فراختر تا حدی بهبود می‌یابد، همچنین افزایش قطر عناصر چوبی نتیجه‌ای از تنش خشکی بر روند تکوینی بافت در گیاه ناشی از روند واکنش‌های مولکولی و آنزیمی است لذا هر تاثیری که خشکی بتواند بر سیستم‌های مولکولی داشته باشد بر ساختار سلول و گیاه نیز خواهد داشت. در رقم کاکا فراخ تر شدن عناصر چوبی با پژوهش جعفری- شرعی (۱۳۹۰) اثر تنش شوری در گیاه پونه و جعفری- موسوی (۱۳۹۳) اثر خشکی روی ریحان همخوانی دارد.

در رقم جم تحت تنش خشکی چین خوردگی‌هایی در اپیدرم دیواره سلول مشاهده می‌شود که آثار آبگیری ناشی از فشار اسمزی در این سلول‌ها با دندانه دار شدن دیواره اسکلتی نمایان شده است که می‌تواند به علت کاهش فشار تورگر باشد. در تنش خشکی به دلیل کاهش فشار تورگر گسترش سلولی و رشد سلول کاهش می‌یابد. گسترش سلولی وابسته به تغییرات بیوفیزیکی مانند شل شدگی تنظیم شده در دیواره اولیه سلول‌ها و به دنبال آن فشار هیدروستاتیک ملایمی است که توسط جذب آب و محلول‌ها در سلول‌ها ایجاد می‌شود (Neumann, 1955 ; Cosgrove, 1997). این نتایج با پژوهش‌های مجد – جعفری (۱۳۷۵) اثر شوری روی بادام زمینی و جعفری – موسوی (۱۳۹۳) روی ریحان مطابقت دارد. در هر دو رقم تعداد کرک‌های اپیدرمی در حالت تنش خشکی افزایش یافته تا میزان تعرق را کاهش دهد که با تحقیقات جعفری- موسوی (۱۳۹۳) روی ریحان سبز و قربانلی- رضایی (۱۳۹۰) روی گیاه بادرشبو و مجد- جنوبی(۱۳۸۸) روی گیاه آفتابگردان همسو می‌باشد.

در رقم جم مشاهده شد که وسعت منطقه آبکش نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش پیدا کرد که نشانه کاهش میزان فتوسنتز است که با مطالعات قربانلی – رضایی (۱۳۹۰) و مجد و همکاران اثر خشکی روی گیاه کلزا همسویی دارد. کاهش کلاهک فیبر روی آبکش‌ها نشان دهنده‌ی سازگاری گیاه با شرایط تنش و جلوگیری از هدر رفتن آب می‌باشد، به این ترتیب با افزایش ضخامت دیواره عرضی آوندهای چوبی و کاهش قطر دهانه آوندها آب با سرعت بیشتری از آوندها عبور می‌کند و کمتر تبخیر می‌شود. این تغییرات برای سازگاری با تنش ایجاد شده است که با مشاهدات مجد-جنوبی (۱۳۸۸) و مجد- جعفریه یزدی (۱۳۸۵) همسو می‌باشد.

برگ یکی از اندام‌های پاسخ دهنده به شرایط محیطی است (Nevo E et al.,2000) و در میان عوامل محیطی که ممکن است در ساختار برگ اثر گذار باشد به طور قطع تنش خشکی یکی از مهمترین آنهاست (Nardini,2005).مشاهده -ی نمونه‌ها به طور کلی ساختار پهنک دو لپه‌ای‌ها را نشان می‌دهد.

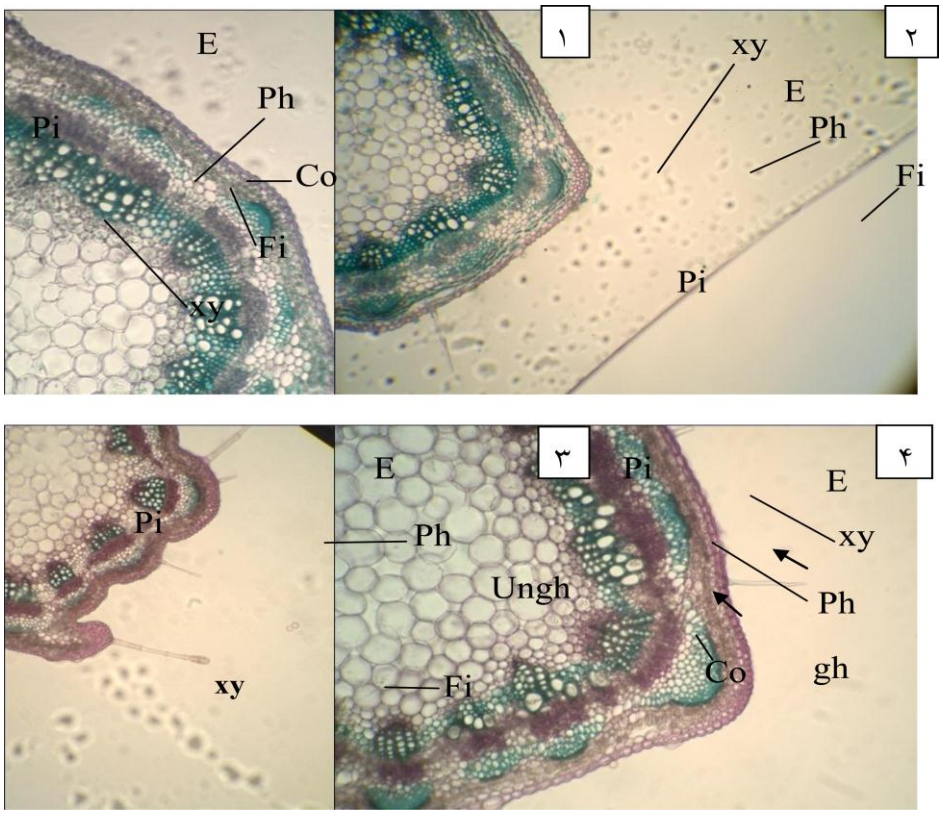
در بررسی نتایج حاصل از تنش خشکی بر ساختار تشریحی برگ نخود رقم کاکا در قسمت مزوفیل تعداد دسته-های آوندی نسبت به شاهد افزایش و فاصله بین دسته جات آوندی کم شده است، علت افزایش تعداد دسته جات آوندی مربوط به فعالیت بیشتر سلول‌های زاینده می‌باشد که با پژوهش جعفری- شرعی (۱۳۹۰) اثر شوری روی پونه، جعفری- موسوی (۱۳۹۳) اثر خشکی روی ریحان و مجد و همکاران (۱۳۸۸)اثر خشکی روی آفتابگردان مطابقت دارد. نتایج حاصل از تنش خشکی بر ساختار تشریحی برگ در رقم جم ملاحظه شد که فضای خالی میان سلول‌ها کاهش یافت و سلول‌های بافت مزوفیل متراکم تر می‌شوند، این نتیجه واکنش گیاه را نسبت به خشکی نشان می‌دهد که با مطالعات مجد – جعفری (۱۳۷۵) روی بادام زمینی در تنش شوری مطابقت دارد.

کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش فضای بین سلولی می‌شود (Bogges et al , 1976) و گیاه از طریق مکانیسم‌های مختلف مانند ضخیم شدن کوتیکول و کاهش سطح تعرق کننده و بستن روزنه می‌تواند در برابر خشکی مقاومت کند (صفایی و غدیری، ۱۳۷۴). کاهش فضای بین سلولی در رقم جم مربوط به مکانیزم‌های مختلفی نظیر کاهش نسبت تقسیم سلولی (Granier et al

2000 ,)، سفت شدن دیواره سلولی(Mathewa et al, 1984 ; 1995 , Neumann) و یا مربوط به کاهش فشار تورگر است (Hsiao et al, ; Bouchabke et al,2006 1998).

بر اساس مطالعات تشریحی بر روی دمبرگ نخود در تنش خشکی مشاهده شد که دسته‌های آوندی نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد اما هر دسته آوندی نسبت به گیاه شاهد محدوده‌ی کوچکتری دارد. افزایش عناصر آوندی در حقیقت بیانگر سازگاری و مقاومت این گیاه به تیمار خشکی است که با مطالعات جعفری-موسوی (۱۳۹۳) اثر خشکی روی ریحان، مجد و همکاران اثر خشکی روی کلزا (۱۳۸۶) و علی اکبری (۱۳۷۹) اثر خشکی روی کلزا هم سویی دارد. ولی با گزارش مجد و همکاران (۱۳۸۸) اثر خشکی روی آفتابگردان مغایرت دارد.

کاهش وسعت دسته جات آوندی که هر دسته آوندی نسبت به گیاه شاهد محدوده‌ی کوچکتری دارد با مطالعات قربانلی – رضایی (۱۳۹۰) اثر خشکی روی گیاه بادرشبو مطابقت دارد.

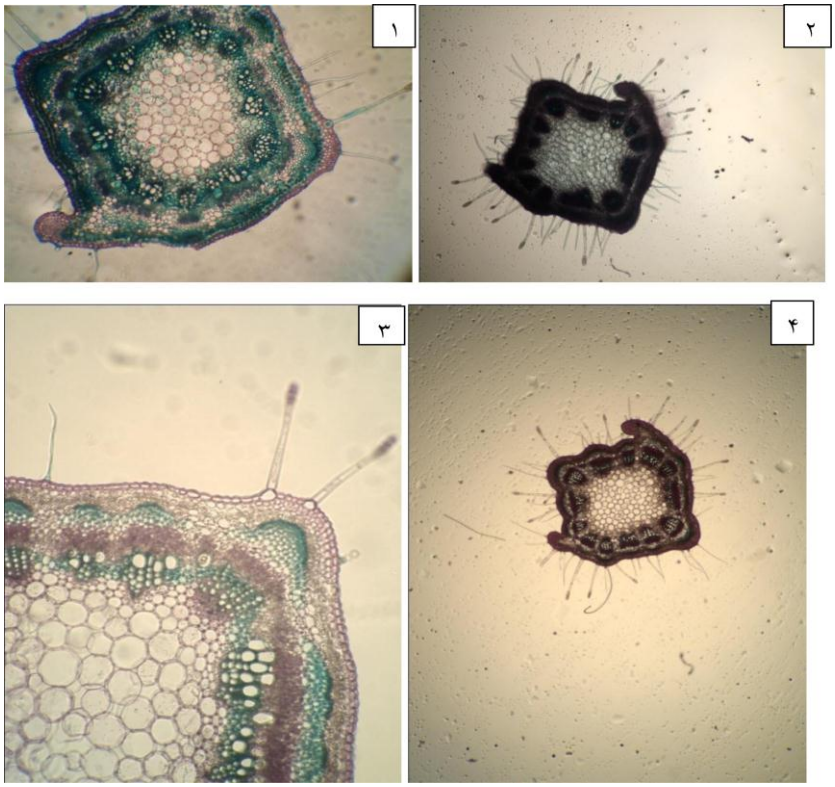


(شکل ۱) برش عرضی ساقه نخود رقم کاکا وجم، سن: ۵۰ روز، بزرگنمایی ×۱۰

۱: رقم کاکا، شاهد ۲: رقم کاکا، در تنش خشکی

۳: رقم جم، شاهد۴: رقم جم، در تنش خشکی

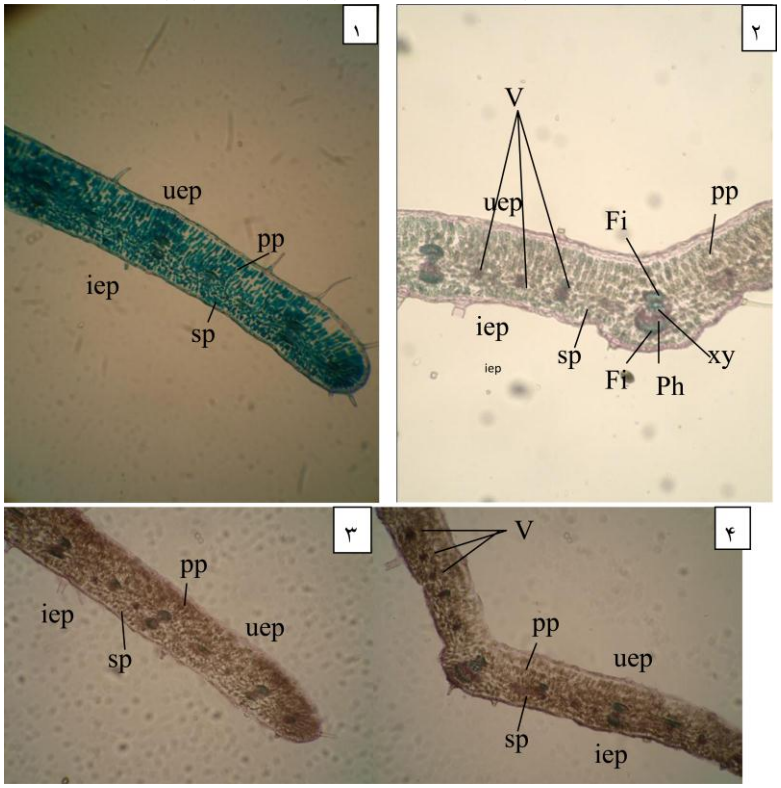
E(اپیدرم)، Co (کلانشیم)، Fi (فیبر)، Ph (آبکش)، xy(چوب)، Pi(مغز)،Ungh(کرک غیر ترشحی)، gh(کرک ترشحی)



(تصویر ۱، ۲و۴) (شکل۲) مشاهده تغییرات تعداد کرک در برش عرضی ساقه نخود بزرگنمایی × ۴

بزرگنمایی × ۱۰ (تصویر ۳)

۱ : رقم کاکا ، شاهد ۲ : رقم کاکا ، تنش خشکی ۳ : رقم جم ، شاهد ۴ : رقم جم ، تنش خشکی

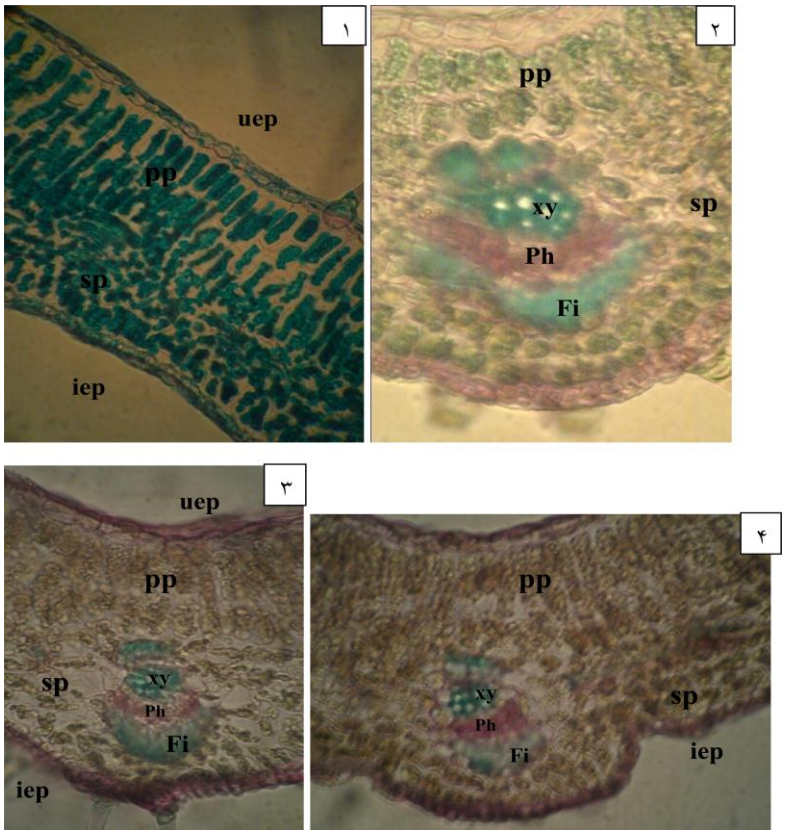


(شکل ۳) برش عرضی برگ گیاه نخود رقم کاکا و جم، سن: ۵۰ روز، بزرگنمایی ×۱۰

۱: رقم کاکا، شاهد ۲: رقم کاکا، در تنش خشکی

۳: رقم جم، شاهد ۴: رقم جم، در تنش خشکی

Uep (اپیدرم زبرین)، Iep(اپیدرم زیرین)، Pp(پرانشیم نردبانی)، Fi (فیبر)، Ph(آبکش)،Xy(چوب)، Sp(پارانشیم اسفنجی)،V(دسته جات آوندی)

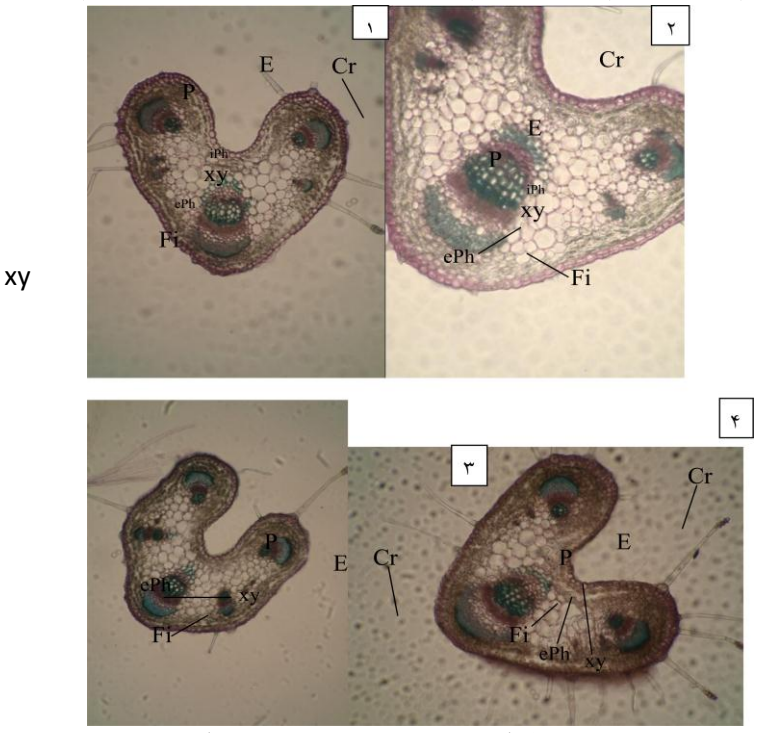


(شکل ۴) برش عرضی برگ گیاه نخود رقم کاکا و جم، سن: ۵۰ روز، بزرگنمایی ×۴۰

۱: رقم کاکا، شاهد ۲: رقم کاکا، در تنش خشکی

۳: رقم جم، شاهد ۴: رقم جم، در تنش خشکی

Uep (اپیدرم زبرین)، Iep(اپیدرم زیرین)، Pp(پرانشیم نردبانی)، Fi (فیبر)، Ph(آبکش)،Xy(چوب)، Sp(پارانشیم اسفنجی)

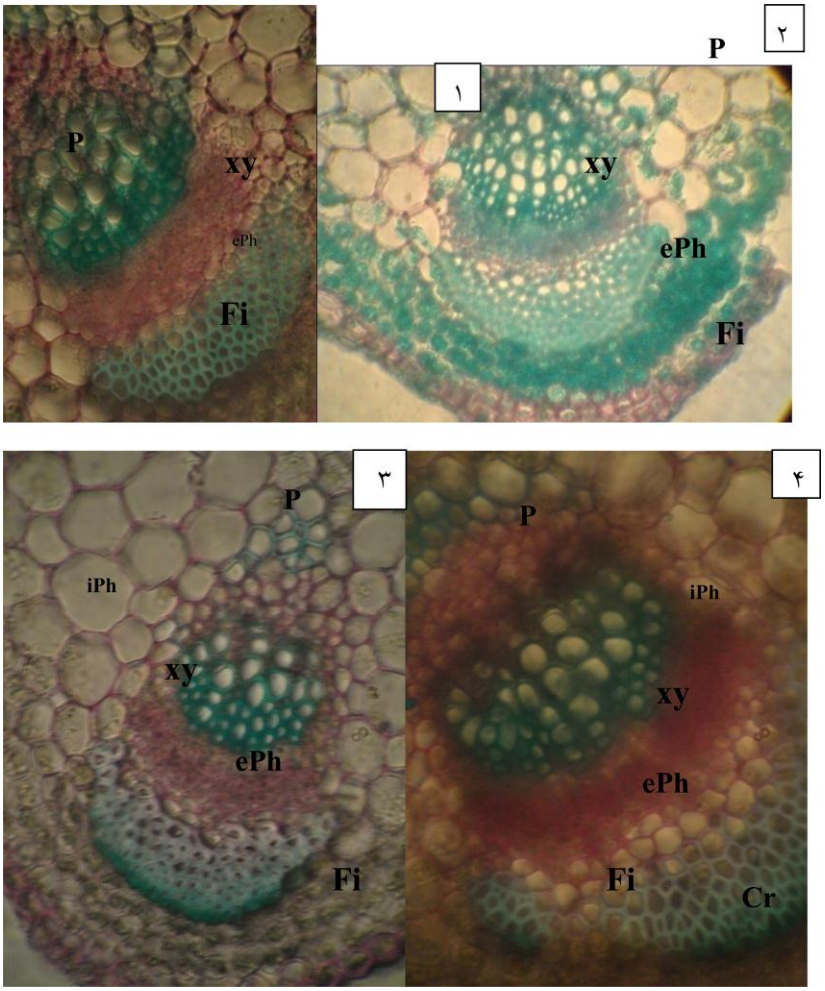


(شکل ۵) برش عرضی دمبرگ گیاه نخود رقم کاکا و جم، سن: ۵۰ روز، بزرگنمایی × ۱۰

۱: رقم کاکا، شاهد ۲: رقم کاکا، در تنش خشکی

۳: رقم جم، شاهد ۴: رقم جم، در تنش خشکی

E(اپیدرم)، P(پارانشیم)، Fi(فیبر)، iPh(آبکش درونی)، ePh(آبکش بیرونی) Cr(کریستال)



(شکل ۶) برش عرضی دمبرگ گیاه نخود رقم کاکا و جم، سن: ۵۰ روز، بزرگنمایی × ۴۰

۱: رقم کاکا، شاهد ۲: رقم کاکا، در تنش خشکی

۳: رقم جم، شاهد ۴: رقم جم، در تنش خشکی

P(پارانشیم)، Fi(فیبر)، iPh(آبکش درونی)، ePh(آبکش بیرونی)، Xy(چوب)، Cr(کریستال)

منابع

۱-جعفری مرندی، س.، شرعی، ف.(۱۳۹۰). تنش ناشی از کلرور سدیم بر تکوین اندام‌های رویشی، زایشی و جوانه زنی بذرها در گیاه پونه معطر. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد تهران شمال.

۲-جعفری مرندی، س.، موسوی، م. (۱۳۹۳). بررسی اثر تنش ناشی ازخشکی بر جوانه زنی بذرها، تکوین اندام‌های رویشی و زایشی در ریحان سبز *Ocmiumbasilicum* L. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد تهران شمال.

۳-جعفریه یزدی، ا.، مجد، ا.، فلاحیان، ف.، خاوری نژاد، ر.، برنارد، ف.، جاویدفر، ف.(۱۳۸۵). بررسی اثر تنش خشکی و آبسزیک اسید برون زا بر ساختار مریستم زایشی، دانه‌های گرده، صفات ریخت شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزا *Brassica napus* L. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی. شماره ۶۲/۱.

۴-صفایی، ه و غدیری، ح.(۱۳۷۴).اثرات تنش رطوبتی خاک روی پاره‌ای از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شش رقم گندم *Triticumaestivum*L. در گلخانه. مجله علوم کشاورزی ایران.۲۶(۳): ۱۸-۹.

۵-قربانلی، م.، رضایی، ح. (۱۳۹۰). اثر تنش خشکی و برهم کنش آن با جیبرلین و آسکوربات بر رشد و نمو و الگوهای رفتار فیزیولوژیکی و شیمیایی گیاه

بادرشبو. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد تهران شمال.

۶-کوچکی، ع.بنایان اول، م. (۱۳۷۵).زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۷-کوچکی، ع.، حسینی، م.، نصیری محلاتی، م. (۱۳۷۲). رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.چاپ دوم.

۸-مجد، ا.، جعفری مرندی، س. (۱۳۷۵).اثر تنش ناشی از کلرور سدیم بر تکوین اندام‌های رویشی، زایشی و میزان باردهی دو رقم از بادام زمینی *Arachishypogaea*L. (NC2 و یوگسلاوی). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

۹-مجد، ا.، جنوبی، پ.، زینتی پور، م.(۱۳۸۸). بررسی اثرات تنش خشکی بر ساختار تشریحی گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*L.). فصلنامه زیست شناسی تکوینی. سال اول، شماره ۴.

۱۰-مجنون حسینی، ن. (۱۳۷۲). حبوبات در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

۱۱-نبی زاده، س.، ف مجد، ا.، فرهنگیان کاشانی، س.، عرشی، ی.، احمدی مجدآبادب، س.(۱۳۸۶). مطالعه اثرات القای تنش خشکی ناشی از کم آبی بر تغییرات ریخت شناسی و ساختار تشریحی تکوینی یک رقم از کلزا (*Brassica napus*L.). ششمین همایش سراسری علوم پایه باشگاه پژوهشگران جوان.

12-Boggess, S. F. Stewarty , C. R. Aspinall ,D.A. and paley , L.G.(1976). Effect of water stress on proline synthesis from adioactive precursors. *Plant physiol*, **58**:398-401.

13-Bouchabke O, Tardieu F, Simonneau T.(2006). Leaf growth and turgor in groming cell to maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in water saturated soil. *Plant Cell Environ* ,**29**:1137-1148.

14-Cosgrove D.J.1997. Assembly and enlargement of the primary cell wall in plant. Anna. Rev. *Cell and Developmental Biol***13**:171-201.

15-De Rodriguez J; Philips D.B.S; Rodriguez-Garcia R; AngulosanchezJ.L;.(2002). Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land Condition. P. In: J. Janick and A. whipkey (eds), Trends in new crops and new uses. ASHS press, Ajexandria, VA.139-142.

16-Granier C, Turco O, Tardieu F.(2000). Co-orination of cell division and Tissue expansion in sunflower , Tobacco and pea leaves: dependence or independence of both processes J.*Plant Growth Regul***19**:45-54.

17-Hsiao T.C, FrenschI ,RojaslaraB.a.(1998). The pressure- jump technique shows maize leaf growth to be enhanced by increase in turgor only when water status is not too high. *Plant Cell and Environment* **21**:33-42.

18-Mathewa M-A; Vanvolken burgh E; Boyers J.S.(1984). Acclimatiales of leaf growth to low water potentials in sunflower. *Plant Cell Environ*V: 199-206.

19-Neumann P.M.(1955). The role of cell wall adjustments in plant resistance to water deficits. *Crop Sci***35**:1258-1266.

20-Nevo E, BolshakovaM.A ,Martyn G. I, Musatenko L.I, SytnikK,Palieek T, Beharvan A, Drought and Light anatomical adaptive leaf strategies in three woody species.

21-Sabaghpour, S. H.(1375).” *The Chickpea genetic*”, press:*markazenashreamozesh*