

## تأثیر تنش غرقابی بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

\*علی گنجعلی<sup>۱</sup> و هایرو پالتا<sup>۲</sup> و نیل ترنر<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، CSIRO، ایالت وسترن استرالیا،

<sup>۲</sup>استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی CSIRO، ایالت وسترن استرالیا و دانشکده کشاورزی دانشگاه وسترن استرالیا (UWA)

تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲

### چکیده

رشد ریشه و اندام هوایی دو ژنوتیپ نخود شامل Rupali (تیپ دسی) و Flip 97-530 (تیپ کابلی) در دو شرایط تنش غرقابی و کنترل (بدون تنش) در گلخانه تحقیقاتی CSIRO واقع در ایالت وسترن استرالیا به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. جعبه‌های مخصوص رشد ریشه به ابعاد ۱۰۰ × ۱۰ × ۲۴ سانتی‌متر که یک دیواره آن شیشه‌ای بود به‌عنوان واحدهای آزمایشی در نظر گرفته شدند. هنگامی که طول ریشه در اولین ژنوتیپ به ۵۰ سانتی‌متر رسید، تنش غرقابی به مدت ۱۲ روز اعمال و پس از مدت مذکور زهکشی انجام شد. تنش غرقابی سطح برگ و بیوماس اندام هوایی را به صورت معنی‌داری کاهش داد. بیوماس ریشه تحت تأثیر تنش غرقابی به شدت کاهش یافت، در این شرایط بیش از ۸۶ درصد بیوماس ریشه به لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک و کمتر از ۱۴ درصد مابقی به لایه ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک تعلق یافت. در شرایط بدون تنش، بیش از ۸۵ درصد ریشه‌ها به لایه ۰-۴۰ سانتی‌متری سطح خاک و کمتر از ۱۵ درصد مابقی به عمق‌های پایین‌تر از ۴۰ سانتی‌متر اختصاص داشت. ژنوتیپ Flip 97-530 هم در شرایط تنش و هم بدون تنش از بیوماس ریشه بیشتری نسبت به ژنوتیپ Rupali برخوردار بود. در دوره تنش غرقابی فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت متوقف شد اما پس از رفع تنش، گره‌ها درباره تشکیل شد و جمعیت آنها به سرعت افزایش یافت، به طوری که در پایان دوره رشد، ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد و وزن خشک گره در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی‌داری نداشتند.

واژه‌های کلیدی: ریشه، اندام هوایی، تنش غرقابی و نخود

### مقدمه

از مناطق مدیترانه‌ای غرب آسیا تا شبه قاره هند (با بیش از ۷۵ درصد سطح زیر کشت نخود جهان)، شرق آفریقا، شمال شرقی، جنوب و جنوب غرب استرالیا و همچنین شمال و جنوب آمریکا کشت می‌شود (سازمان خواربار جهانی، ۲۰۰۴). این گیاه با استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک پس از فصل باران (شبه قاره هند، شرق آفریقا،

در بین حبوبات، نخود با سطح زیر کشت بیش از ۹/۹ میلیون هکتار در جهان بعد از لوبیا در رتبه دوم جهان قرار می‌گیرد. این گیاه در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی

\* - مسئول مکاتبه: ganjeali@um.ac.ir

کانادا و شمال شرق استرالیا) و یا در کشت‌های بهاره یا پاییزه همزمان با فصل باران (نواحی مدیترانه‌ای مانند جنوب و جنوب غرب استرالیا) رشد و نمو می‌کند (برگر و همکاران، ۲۰۰۴).

تنش غرقایی به عنوان یک مشکل جدی برای تولید نخود در ایالت وسترن استرالیا (جنوب غرب) مطرح است (دیویس و همکاران، ۲۰۰۰). متوسط بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد که بیش از ۷۵ درصد آن تنها در ماه‌های اردیبهشت تا مهر اتفاق می‌افتد (لی پورت و همکاران، ۱۹۹۹). بررسی‌ها نشان داده است که در این منطقه همه ساله در مقطعی از زمان، سطح آب زیر زمینی افزایش یافته و متعاقب آن تنش غرقایی در اراضی زیرکشت محصولات زراعی ایجاد می‌شود که نتیجه آن اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاهان و در برخی مواقع سبب مرگ آنها می‌شود (دیویس و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین در این منطقه همه ساله بخش عمده‌ای از عملکرد مزارع نخود به دلیل وقوع تنش غرقایی از دست می‌رود.

بررسی‌های مقدماتی نشان داده است که رشد ریشه، سطح برگ و بطور کلی رشد گیاه نخود در دوره‌های کوتاه مدت تنش غرقایی کاهش می‌یابد (کووی، ۱۹۹۳). چنانچه تنش غرقایی در هنگام رشد رویشی گیاه اتفاق افتد، برگ‌ها نکروزه شده و ریزش می‌کنند، ریشه‌ها بیشتر پوسیده شده و گره‌های حاوی باکتری تثبیت کننده نیتروژن غیرفعال شده و یا از بین می‌روند (کووی، ۱۹۹۳). در سایر بقولات مانند نخود فرنگی (بلغورد و همکاران، ۱۹۸۰)، لوبین (برو و همکاران، ۱۹۷۶) و سویا (گریفین و ساکسون، ۱۹۸۸)، با افزایش سن گیاه، تحمل به تنش غرقایی کاهش می‌یابد. کووی و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعات خود گزارش دادند که با افزایش سن گیاه تحمل به تنش غرقایی نخود مانند سایر حبوبات کاهش یافت. این محققان دریافتند که در این گیاه، مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله فنولوژی به تنش غرقایی است. کاهش تحمل به تنش غرقایی در مرحله گل‌دهی گیاه احتمالاً نتیجه تغییر مسیر انتقال مواد فتوسنتزی از

ریشه به سمت اندام‌های زایشی است و نتیجه بعدی آن کاهش تثبیت بیولوژیک نیتروژن می‌باشد (ایونز، ۱۹۸۲). تغییر مسیر انتقال مواد فتوسنتزی ممکن است به تخلیه ذخایر کربوهیدرات موجود در ساقه منجر شود. مطالعات اولیه در گیاه نخود نشان داده است که ۱۰ روز پس از وقوع تنش غرقایی، قسمت عمده‌ای از ریشه‌ها پوسیده، برگ‌ها ریزش می‌کنند و تنها ساقه‌ها به صورت زنده باقی می‌مانند. در ایالت وسترن استرالیا، وقوع تنش غرقایی در انتهای رشد رویشی و اوایل رشد زایشی و وقوع تنش خشکی انتهایی در مرحله پرشدن دانه‌ها را علت اصلی کاهش عملکرد و نوسان آن در سال‌های مختلف می‌دانند (بلغورد و همکاران، ۱۹۸۰ و ترنر و همکاران، ۲۰۰۳). چهارده روز تیمار تنش غرقایی، رشد اندام‌های هوایی را در گونه‌های مختلف لوبین کاهش نداد، اما پس از رفع تنش در دوره بازگشت<sup>۱</sup> (رشد مجدد)، تفاوت‌های معنی‌داری بین گونه‌ها از نظر رشد اندام‌هوایی وجود داشت (دیویس و همکاران، ۲۰۰۰). در این بررسی، وزن خشک و طول ریشه نسبت به وزن خشک اندام هوایی کاهش بیشتری یافت. در تیمار شاهد، نسبت وزن خشک ریشه به بیوماس<sup>۲</sup> گیاه معادل ۰/۴ بود، در حالی که این نسبت در شرایط تنش غرقایی، ۴۰ درصد کاهش یافت (دیویس و همکاران، ۲۰۰۰). اورکارد و جزوپ (۱۹۸۴) بیان داشتند که در شرایط تنش غرقایی، وجود ریشه‌های گسترده و سنگین در گیاهانی مانند سورگوم و آفتابگردان منجر به تخلیه سریع اکسیژن و ایجاد شرایط بی‌هوایی در محیط ریشه این گیاهان شده که نتیجه آن کاهش سریع رشد ریشه می‌باشد. با توجه به ایجاد تنش غرقایی موقت در مقطعی از زمان در این منطقه (وسترن استرالیا) و نیز نبود اطلاعات کافی از نحوه واکنش ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود به تنش غرقایی موقت، این آزمایش با هدف؛ ۱- بررسی واکنش رشد ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی و کابلی به تنش غرقایی

1- Recovery  
2- Biomass

موقت و ۲- بررسی پراکنش ریشه در پروفیل خاک در شرایط تنش و بدون تنش غرقابی، طرح ریزی شده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۲۰۰۵ در گلخانه تحقیقاتی<sup>۱</sup> CSIRO شهر پرت<sup>۲</sup> در ایالت وسترن استرالیا انجام شد. درجه حرارت روز و شب به ترتیب برابر ۲۰ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد و فتوپریود طبیعی تقریباً ۱۱ ساعت روشنایی در طول دوره آزمایش ثابت باقی ماند. خاک مورد استفاده در آزمایش از منطقه مریدین<sup>۳</sup> (منطقه تولید نخود در ایالت وسترن) تهیه شد. دو ژنوتیپ نخود شامل Flip 97-530 (تیپ کابلی) و Rupali (تیپ دسی) برای آزمایش در نظر گرفته شدند. جعبه‌های مخصوص رشد ریشه<sup>۴</sup> به ابعاد ۱۰×۲۴×۱۰۰ سانتی‌متر که یک دیواره آن شیشه‌ای بود به عنوان واحدهای آزمایشی انتخاب شدند. پنج سانتی‌متر از قسمت تحتانی جعبه‌ها به منظور ایجاد زهکش از گرانول پر شده و مابقی جعبه‌ها مخلوطی از خاک مزرعه که قبلاً به منظور جدا سازی مواد آلی و ذرات شن غربال شده بودند و ماسه به نسبت ۶۰ به ۴۰ پر شدند. دو بذر جوانه‌دار شده در هر جعبه (معادل ۸۰ گیاه در مترمربع) پس از تلقیح با باکتری<sup>۵</sup> کشت شدند. قبل از کاشت، مخلوط عناصر میکرو<sup>۶</sup> به مقدار ۵/۱۶ گرم و عناصر ماکرو شامل KNO<sub>3</sub>، Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>، NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub> و سوپر فسفات تریپل به ترتیب به مقدار ۱/۲۲، ۱/۷۳، ۱/۱۵ و ۲/۵۷ گرم به هر جعبه رشد اضافه شد. در قسمت تحتانی هر جعبه یک دریچه برای خروج آب زهکش و نیز برای ایجاد تنش غرقابی از طریق بستن آن تعبیه شد. بررسی‌های طولانی مدت مزرعه‌ای در غرب استرالیا نشان داده است که وقوع تنش غرقابی تقریباً مصادف با زمانی است که ریشه‌های نخود حدود ۵۰

سانتی‌متر طول دارند (مکاتبات شخصی) از این رو در این آزمایش زمانی که اولین ژنوتیپ طول ریشه آن به ۵۰ سانتی‌متر رسید تنش غرقابی اعمال و برای ۱۲ روز ادامه یافت. بعد از این زمان دریچه خروج آب باز و زهکشی انجام شد. در تیمار شاهد هر دو روز یکبار جعبه‌ها آبیاری و آب اضافی از طریق دریچه خروجی از محیط ریشه گیاه خارج می‌شد. به این ترتیب آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد.

**اندازه‌گیری‌ها:** رشد ریشه از طریق نقاشی<sup>۷</sup> ریشه‌ها روی دیواره شیشه‌ای جعبه‌های رشد در فواصل زمانی معین ثبت می‌شد. این عمل از طریق برداشتن پوشش سیاه رنگ PVC از دیواره شیشه‌ای جعبه‌های رشد و ثبت ریشه‌های جدید روی کاغذ ترانس پرانس و پس از آن روی دیواره‌های شیشه‌ای انجام و پس از اتمام کار پوشش سیاه‌رنگ PVC دوباره در محل اولیه خود نصب می‌شد. این عمل هر ۴۸ ساعت یکبار تا پایان دوره رشد تکرار شد.

هنگامی که اولین ریشه گیاه به عمق ۱۰۰ سانتی‌متری خاک رسید، گیاهان موجود در هر جعبه رشد برداشت شدند. بخش هوایی گیاهان از سطح خاک قطع و برای اندازه‌گیری صفات مربوط به اندام هوایی به آزمایشگاه منتقل شدند. جعبه‌های رشد حاوی بخش‌های زیر زمینی گیاه به سردخانه منتقل شدند و بتدریج برای شستشو و تفکیک ریشه‌ها از خاک به اتاق شستشوی ریشه منتقل شدند. پروفیل خاک موجود در جعبه رشد به بخش‌های ۲۰ - ۰، ۴۰ - ۲۰، ۶۰ - ۴۰، ۸۰ - ۶۰ و ۱۰۰ - ۸۰ سانتی‌متری تقسیم و ریشه‌های هر بخش به‌طور جداگانه شسته و ریشه‌های کاملاً تمیز شده هر بخش برای اندازه‌گیری‌های بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. قبل از اندازه‌گیری‌ها، گره‌های موجود در ریشه‌های هر گیاه به طول کامل جدا و شمارش شدند. ریشه‌ها ابتدا به مدت ۳۰ دقیقه در متیلن بلو یک درصد (W/V) قرار گرفتند و سپس در سینی‌های شیشه‌ای<sup>۸</sup> به ابعاد ۱۰ × ۱۰ سانتی‌متر

1- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)

2- Perth

3- Meridian

4- Root box

5- *Mesorhizobium ciceri*

6- Rich grow

7- Painting

8- Tray

حاوی آب مقطر قرار گرفتند. ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده در هر سینی با یک اسکنر متصل به کامپیوتر، اسکن و سپس با استفاده از نرم‌افزار ROOT EDGE (Root Edge, ۱۹۹۹)، طول و سطح ریشه برای هر گیاه محاسبه شد. با توجه به حجم زیاد ریشه‌ها، این عمل چندین بار تا اتمام همه ریشه‌ها برای هر گیاه تکرار شد. پس از اندازه‌گیری‌های سطح و طول ریشه‌ها برای هر گیاه، ریشه‌های مربوط به هر بخش به‌طور جداگانه جمع‌آوری شدند و برای تعیین وزن به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس توزین شدند. سطح برگ مربوط به هر ژنوتیپ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین و سپس وزن خشک برگ، ساقه و گره‌ها برای هر ژنوتیپ تعیین شد. تجزیه واریانس و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای JMP، Mstat-C و Excel انجام و میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) با سطح احتمال خطای کمتر از یک درصد ( $P \leq 0/01$ ) مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

**اندام‌های هوایی:** تنش غرقابی تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ ژنوتیپ‌های نخود داشت و مقدار آن را در هر دو ژنوتیپ به شکل معنی‌دای ( $P \leq 0/01$ ) کاهش داد (جدول ۱). نتایج موجود نشان می‌دهد به رغم بیشتر بودن سطح برگ در ژنوتیپ Flip 97-530 تفاوت موجود میان ژنوتیپ فوق و ژنوتیپ Rupali در شرایط تنش غرقابی و در شرایط کنترل معنی‌دار نبود ( $P \leq 0/01$ )، با این حال

سطح برگ هر دو ژنوتیپ در شرایط تنش غرقابی به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. بررسی‌های قبلی نشان داده است وجود تنش غرقابی در دوره رشد رویشی نخود منجر به نکروزه و زردشدن برگ‌ها شده و در نهایت مرگ و ریزش آنها را موجب می‌شود (براد فورد و یانگ، ۱۹۸۱؛ کووی، ۱۹۹۳). بنابراین می‌توان بخشی از دلایل کاهش سطح برگ ژنوتیپ‌ها را در شرایط تنش غرقابی به این حقیقت نسبت داد.

**تعداد شاخه در گیاه:** تنش غرقابی تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه در گیاه داشت. بیشترین و کمترین تعداد شاخه در گیاه با مقادیر  $16/8$  و  $6/8$  به‌ترتیب به ژنوتیپ Rupali در شرایط کنترل و همین ژنوتیپ در شرایط تنش غرقابی تعلق داشت (جدول ۱). این نتایج مؤید گزارش کووی و همکاران (۱۹۹۶) می‌باشد که بیان داشتند تنش غرقابی در دوره رشد رویشی نخود، تعداد شاخه در گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد شاخه در شرایط تنش غرقابی وجود نداشت، اما در شرایط کنترل که ژنوتیپ‌ها قادر به استفاده از حداکثر پتانسیل‌های موجود برای رشد بوده‌اند، ژنوتیپ Rupali از تعداد شاخه بیشتری برخوردار بود ( $16/8$  در مقابل  $12/2$ ). به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ Rupali که از تیپ دسی می‌باشد از ظرفیت شاخه‌دهی بالاتری نسبت به ژنوتیپ Flip 97-530 برخوردار است. در این راستا مطالعات متعدد تأثیر ژنوتیپ را بر تعداد و طول شاخه‌های نخود گزارش کرده‌اند (باقری و همکاران، ۱۳۷۶؛ کریشنامورثی و سراج، ۲۰۰۳).

جدول ۱- مقایسه میانگین تعداد و وزن گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در گیاه، سطح برگ، تعداد شاخه، وزن خشک برگ و ساقه در گیاه در شرایط تنش غرقابی و شاهد.

تیمار	ژنوتیپ	تعداد گره	وزن گره (گرم در گیاه)	سطح برگ (سانتی متر مربع در گیاه)	تعداد شاخه	وزن خشک برگ (گرم در گیاه)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)
تنش غرقاب	Rupali	۹۱/۲	۰/۰۳	۲۱۷/۹	۶/۸	۰/۶۱	۰/۶۹
تنش غرقاب	Flip 97-530	۱۰۵/۰	۰/۰۸	۳۳۰/۱	۶/۳۱	۰/۹۹	۱/۳۳
شاهد	Rupali	۱۵۹/۳	۰/۰۹	۸۵۰/۹	۱۶/۸	۲/۵۲	۱/۹۳
شاهد	Flip 97-530	۱۲۶/۸	۰/۱۰	۹۴۲/۴	۱۲/۲	۳/۱۰	۲/۲۶
	LSD 1%	۶۶/۸	۰/۰۷	۲۲۷/۳	۳/۳	۰/۷۵	۰/۶۲

وزن خشک برگ: نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد به موازات کاهش سطح برگ در شرایط تنش غرقابی، وزن خشک برگ نیز در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت و در این ارتباط تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک برگ ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش غرقابی و کنترل وجود داشت. نتایج مشابهی برای وزن خشک ساقه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد. وزن خشک ساقه تحت تأثیر تنش غرقابی در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت. مشابه سطح برگ و وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه در ژنوتیپ Flip 97-530 هم در شرایط تنش و هم در شرایط کنترل بیشتر از ژنوتیپ Rupali بود. در منابع، همبستگی‌های خطی، مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک و سطح برگ نخود گزارش شده است (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کریشنامورثی و سراج، ۲۰۰۳).

#### صفات مربوط به ریشه

وزن خشک ریشه: جدول ۲ تغییرات وزن خشک ریشه در پروفیل خاک را نشان می‌دهد. در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری سطح خاک، وزن خشک ریشه در ژنوتیپ Flip 97-530 هم در شرایط تنش غرقابی و هم در

شرایط بدون تنش بیشتر از ژنوتیپ Rupali بود، همچنین وزن خشک ریشه در این بخش خاک (۲۰-۰ سانتی‌متری)، در ژنوتیپ Flip 97-530 و در شرایط تنش، بیشتر از ژنوتیپ Rupali و در شرایط بدون تنش بود که این موضوع شاید به قابلیت ترمیم سریع‌تر بافت‌های آسیب دیده (بازگشت) در ژنوتیپ Flip 97-530 نسبت به Rupali پس از رفع تنش مربوط باشد. به‌طورکلی در شرایط تنش، وزن خشک ریشه در هر دو ژنوتیپ نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت و این کاهش در بخش‌های پایین پروفیل خاک شدیدتر شد، به‌طوری‌که وزن خشک ریشه در عمق ۴۰ سانتی‌متری سطح خاک و پایین‌تر آن به صفرتنزل یافت، در این شرایط بیش از ۸۶ درصد از ریشه‌ها به لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری و ۱۴ درصد باقیمانده به عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری تعلق داشتند. نکته قابل توجه این است که در طول دوره تنش، بخش عمده ای از ریشه‌ها در هر دو ژنوتیپ پوسیده و از بین رفتند، ریشه‌های موجود، حاصل رشد مجدد نقاط رشدی واقع در اطراف طوقه گیاه پس از رفع تنش در دوره بازگشت گیاه می‌باشند.

جدول ۲ - تغییرات وزن خشک ریشه در بخش‌های مختلف پروفیل خاک برای ژنوتیپ‌های Rupali و Flip 97-530 در شرایط تنش غرقابی و شاهد.

وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در گیاه)						ژنوتیپ	تیمار
عمق خاک (سانتی‌متر)							
۰-۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۰-۲۰		
۱۵۴	۰	۰	۰	۲۲	۱۳۲	Rupali	تنش غرقاب
۲۴۱	۰	۰	۰	۳۰	۲۱۱	Flip - 97-530	تنش غرقاب
۲۹۰	۲	۵	۴۳	۸۰	۱۶۰	Rupali	شاهد
۵۸۶	۳	۸	۵۹	۱۴۰	۳۷۶	Flip 97-530	شاهد
۲۱۷	-	۱۲	۲۴	۳۲	۱۷۳		LSD 1%

مهم‌ترین تأثیر تنش غرقابی، افزایش تنفس بی‌هوازی است که کارایی آن خیلی کمتر از تنفس هوازی است (تولید ۳۸ مولکول ATP در تنفس هوازی در مقابل ۲ مولکول ATP در تنفس بی‌هوازی). در این شرایط به دلیل تأمین انرژی‌های مورد نیاز، بافت ریشه سریعاً از کربوهیدرات تخلیه و بنابراین گرسنگی کربوهیدرات<sup>۱</sup> در ریشه حادث می‌شود (جکسون و ریچارد، ۲۰۰۳؛ نیلسون و اورکات، ۱۹۹۶). با گذشت زمان گرسنگی کربوهیدرات در ریشه به تدریج افزایش بیشتری می‌یابد، زیرا تولید کربوهیدرات در برگ و انتقال آن به ریشه نیز کاهش می‌یابد، در این شرایط وزن ریشه به شدت کاهش و در صورت تداوم دوره تنش ممکن است ریشه از بین برود (ویزر و ویسنگ، ۲۰۰۴). کاهش ذخایر ریشه در شرایط تنش غرقابی، زردشدن و ریزش برگ‌ها در این شرایط نتیجه غیرفعال شدن ریشه‌ها برای جذب آب و عناصر غذایی از خاک و انتقال آنها به اندام‌های هوایی است که محل سنتز مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای فعل انفعالات زیستی گیاه می‌باشند. بدیهی است در این شرایط گیاه دچار ضعف عمومی شده و بیوماس ریشه و اندام هوایی متعاقب آن به شدت کاهش می‌یابد.

در شرایط بدون تنش، سهم ریشه‌های موجود در هر لایه از کل ریشه‌های موجود در گیاه برای ژنوتیپ *Rupali* در لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰-۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک به ترتیب برابر ۰.۵۵، ۰.۲۸، ۰.۱۵ و ۰/۵ درصد و برای ژنوتیپ *Flip 97-530* در لایه‌های مذکور به ترتیب برابر ۰.۲۴، ۰.۱۰ و ۰/۱ و کمتر از ۰/۵ درصد می‌باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که تقریباً بیش از ۸۵ درصد از ریشه‌های نخود به عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری سطح خاک و کمتر از ۱۵ درصد آن

به عمق‌های پایین‌تر از ۴۰ سانتی‌متری تعلق دارد. بنابراین در برنامه‌های مربوط به حاصلخیزی خاک و رژیم‌های آبیاری بایستی به این نکته توجه داشت و انجام عملیات فوق را با توجه به حجم و مقدار فعالیت ریشه در پروفیل خاک مدیریت کرد. در شرایط تنش غرقابی، وزن خشک ریشه در پروفیل خاک (۱۰۰ - ۰ سانتی‌متری) در ژنوتیپ *Flip 97-530* ۵۶ درصد و در شرایط بدون تنش، بیش از ۱۰۰ درصد در مقایسه با ژنوتیپ *Rupali* بیشتر بود. بنابراین می‌توان گفت که ژنوتیپ *Flip 97-530* نسبت به ژنوتیپ *Rupali* از پتانسیل ریشه‌دهی بالاتری برخوردار است و احتمالاً این انتظار می‌رود که از قابلیت‌های رشدی بالاتری نیز برخوردار باشد.

**سطح ریشه:** در این آزمایش، همبستگی خطی، مثبت و بسیار معنی‌داری بین سطح ریشه و وزن خشک ریشه مشاهده شد ( $r=0/94$ ) و الگوی تغییرات سطح ریشه در پروفیل خاک مشابه با تغییرات وزن خشک ریشه ژنوتیپ‌ها می‌باشد (جدول ۳). بالا بودن سطح ریشه از طریق افزایش سطح تماس آن با بستر کاشت برای جذب آب و عناصر غذایی اهمیت قابل توجهی دارد. در شرایط تنش غرقابی سطح جذب بیشتر به عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری خاک محدود شد، ولی در شرایط بدون تنش، سطح جذب در این لایه خاک برای ژنوتیپ‌های *Rupali* و *Flip 97-530* به ترتیب برابر ۷۷ و ۸۲ درصد بود که دوباره بر ضرورت اعمال مدیریت صحیح در این لایه خاک تأکید می‌کند. به‌رغم این که ژنوتیپ *Flip 97-530* در بخش‌های مختلف پروفیل خاک از سطح ریشه بیشتری برخوردار بود، اما تفاوت‌های موجود بین این ژنوتیپ و ژنوتیپ *Rupali* در هیچ لایه‌ای معنی‌دار نبود ( $P \leq 0/01$ ).

جدول ۳ - مقایسه میانگین سطح ریشه در بخش‌های مختلف پروفیل خاک برای ژنوتیپ‌های **Rupali** و **Flip 97-530** در شرایط تنش غرقابی و شاهد.

سطح ریشه (سانتی‌متر مربع در گیاه)						ژنوتیپ	تیمار
عمق خاک (سانتی‌متر)							
۰-۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۰-۲۰		
۹۷/۱	۰	۰	۱۸	۱۸/۹	۷۸/۰	Rupali	تنش غرقاب
۱۳۹/۹	۰	۰	۰	۲۳/۴	۱۱۶/۵	Flip - 97-530	تنش غرقاب
۱۹۱/۳	۰/۴	۸/۳	۳۵/۲	۵۷/۱	۹۰/۲	Rupali	شاهد
۲۷۴/۰	۰/۹	۱۰/۰	۳۷/۷	۸۸/۲	۱۳۷/۰	Flip 97-530	شاهد
۹۵/۲	-	۵/۱	۱۴/۶	۳۷/۸	۸۱/۱		LSD 1%

در شرایط کنترل، بررسی پراکنش ریشه‌ها در پروفیل خاک مؤید این است که ریشه اصلی قویا خاصیت زمین‌گرایی مثبت دارد. ریشه‌های جانبی با زاویه تقریبی ۴۵ درجه به ریشه اصلی متصل می‌شوند و پس از طی مسافتی کوتاه در عمق‌های پایین‌تر (۵ تا ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک) تغییر جهت می‌دهند. بنابراین می‌توان پیشنهاد نمود که سیستم ریشه در این گیاهان حالت لوزی شکل دارد، به این ترتیب که ارتفاع مثلث در بخش بالایی لوزی کمتر از بخش‌های پایینی آن است. این نتایج با یافته‌های سایر محققان نیز مطابقت دارد (گریگوری، ۱۹۸۸). در شرایط کنترل، ژنوتیپ **Flip 97-530** از طول ریشه اصلی بالاتری نسبت به ژنوتیپ **Rupali** برخوردار بود. ریشه اصلی در شرایط تنش غرقابی به‌طور کامل از بین رفت و ریشه‌های جدید نیز در اطراف طوقه گیاه به صورت افشان ظاهر شدند، به‌طوری‌که ریشه اصلی در این شرایط قابل شناسایی نبود.

طول ریشه: تنش غرقابی تأثیر معنی‌داری بر مجموع طول ریشه‌ها و طول ریشه اصلی داشت ( $P \leq 0.01$ ). مشابه تغییرات وزن خشک ریشه، طول مجموع ریشه‌ها در هر دو ژنوتیپ با افزایش عمق کاهش یافت و در شرایط تنش غرقابی حداکثر فعالیت ریشه به عمق ۶۰-۸۰ سانتی‌متری خاک محدود شد (جدول ۴). در این ارتباط بیش از ۸۰ درصد طول ریشه در ژنوتیپ **Rupali** و بیش از ۸۴ درصد در ژنوتیپ **Flip 97-530** به لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک اختصاص داشت. در شرایط کنترل، سهم هر لایه از مجموع طول ریشه‌ها در لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰-۱۰۰ سانتی‌متری برای ژنوتیپ **Rupali** به ترتیب برابر با ۴۶، ۳۱، ۱۸، ۴ و ۱ درصد و برای ژنوتیپ **Flip 97-530** به ترتیب معادل ۵۰، ۳۱، ۱۴، ۴ و ۱ درصد می‌باشد. تفاوت معنی‌داری بین دو ژنوتیپ از نظر طول مجموع ریشه‌ها در پروفیل خاک (صفر تا ۱۰۰ سانتی‌متر) مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴ - مقایسه میانگین طول ریشه (متر) در بخش‌های مختلف پروفیل خاک برای ژنوتیپ‌های **Rupali** و **Flip 97-530** در شرایط تنش غرقابی و شاهد.

طول ریشه (متر در گیاه)						ژنوتیپ	تیمار
عمق خاک (سانتی‌متر)							
۰-۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۰-۲۰		
۱۴/۲۴	۰	۰	۰/۰۲	۲/۵۴	۱۱/۶۸	Rupali	تنش غرقاب
۲۰/۹۸	۰	۰	۰/۰۱	۳/۲۳	۱۷/۷۵	Flip - 97-530	"
۴۵/۳	۰/۰۶	۱/۷۳	۸/۵۴	۱۴/۳۰	۲۰/۶۷	Rupali	شاهد
۵۵/۴۹	۰/۱۲	۱/۸۶	۷/۸۴	۱۷/۴۲	۲۷/۹۲	Flip 97-530	"
۱۹/۲	۰/۰۷	۰/۹۱	۴/۰۳	۶/۱۰	۷/۸۰		LSD 1%

نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه (S/R)<sup>۱</sup>:  
 کمترین نسبت S/R به لایه ۲۰-۰ سانتی متری پروفیل خاک تعلق داشت (جدول ۵). پایین بودن نسبت فوق در لایه ۲۰-۰ سانتی متری به گستردگی بیشتر ریشه‌ها در این بخش از پروفیل خاک مربوط می‌شود. با افزایش عمق، نسبت S/R به تدریج به دلیل کوچکتر شدن مخرج کسر (ریشه‌های کمتر در هر لایه)، افزایش یافت. در لایه ۲۰-۰ سانتی متری، ژنوتیپ Rupali نسبت به ژنوتیپ Flip 97-530 هم در شرایط تنش غرقابی و هم در شرایط بدون تنش از نسبت S/R بالاتری برخوردار بود، ولی اختلاف آن فقط در شرایط بدون تنش معنی‌دار بود (۰/۰۱)  $(P \leq)$ . بالاتر بودن نسبت فوق به وزن خشک کمتر ریشه در ژنوتیپ Rupali مربوط می‌شود (جدول ۲). مطالعات نشان داده است که در شرایط تنش خشکی نسبت S/R در حبوبات سردسیری کاهش می‌یابد، اما کاهش نسبت فوق به دلیل افزایش رشد ریشه نیست، بلکه بیشتر به دلیل کاهش رشد اندام هوایی است (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کریشنامورثی و سراج، ۲۰۰۳؛ لیپورت و همکاران، ۱۹۹۹). در شرایط تنش غرقابی نیز این نسبت در لایه ۲۰-۰ سانتی متری نسبت به شرایط بدون تنش کاهش بیشتری داشت (۶۳ درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی در مقابل ۳۶ درصد کاهش وزن خشک ریشه). بررسی‌ها نشان می‌دهد برخلاف اینکه هم وزن خشک ریشه و هم بیوماس اندام هوایی در شرایط تنش کاهش یافته است، ولی برآیند به سمت کاهش بیشتر رشد اندام هوایی بوده است، و در نتیجه نسبت S/R کاهش بیشتری داشته است (جدول ۵).

**تعداد و وزن خشک گره:** تنش غرقابی تأثیر معنی‌داری بر تعداد و وزن خشک گره در گیاه نداشت. کمبود و یا عدم اکسیژن آزاد در یک دوره ۱۲ روزه در محل ریشه، باعث پوسیدگی ریشه و گره‌های حاوی باکتری

تثبیت‌کننده نیتروژن شد، اما فعالیت و احتمالاً تشکیل گره‌ها پس از رفع تنش در دوره بازگشت بسیار سریع آغاز و توسعه یافت. احتمالاً دوره‌های کوتاه مدت تنش غرقابی تنها فعالیت باکتری‌ها را متوقف نموده و آنها در حالت رکود به حیات خود ادامه می‌دهند تا پس از مساعد شدن شرایط، دوباره فعالیت خود را از سرگیرند. با این حال تعداد و وزن خشک گره در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت، اما تفاوت‌های موجود معنی‌دار نبودند ( $P \leq 0/01$ ). تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تعداد و وزن خشک گره در گیاه وجود نداشت (جدول ۱). در مطالعات کووی و همکاران (۱۹۹۶) وقوع دوره‌های کوتاه مدت تنش غرقابی در مراحل مختلف فنولوژی گیاه نخود، تأثیر معنی‌داری بر تعداد و وزن خشک گره نداشت.

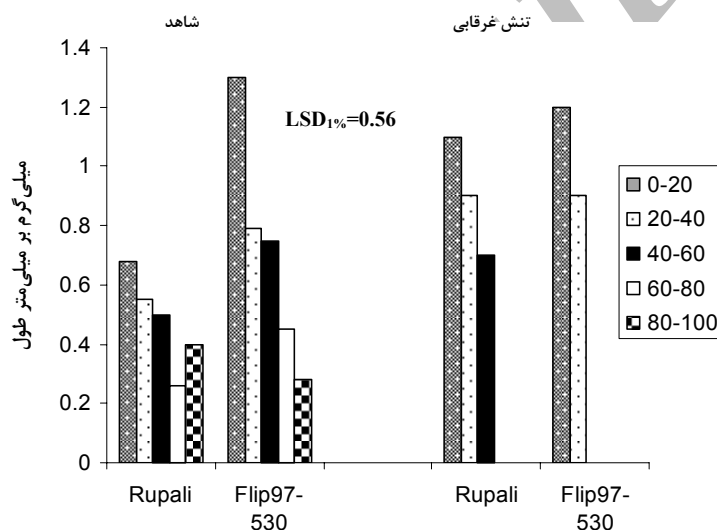
**نسبت وزن خشک ریشه به طول ریشه ( $RDW/RL^2$ ):**  
 شکل ۲ تغییرات وزن خشک ریشه به طول ریشه را در لایه‌های مختلف خاک نشان می‌دهد. با افزایش عمق خاک نسبت فوق هم در شرایط کنترل و هم در شرایط تنش غرقابی کاهش یافت که مؤید کاهش قطر ریشه و ذخایر کمتر کربوهیدرات در ریشه‌های موجود در لایه‌های تحتانی خاک می‌باشد. در شرایط بدون تنش، نسبت RDW/RL در لایه ۲۰-۰ سانتی متری در ژنوتیپ Flip 97-530 بیش از ژنوتیپ Rupali بود، اما در سایر لایه‌های خاک، تفاوت‌های موجود معنی‌دار نبودند (شکل ۲). سن بیشتر و احتمالاً بافت‌های ساختمانی و ذخایر بیشتر کربوهیدرات در ریشه‌های فوقانی، از دلایل اصلی بالاتر بودن نسبت RDW/RL در ریشه‌های موجود در لایه ۲۰ - ۰ سانتی متری است. نتایج بررسی‌ها نشان داد سهم لایه ۲۰ - ۰ سانتی متری از مجموع طول ریشه‌ها در شرایط تنش و بدون تنش به ترتیب بیش از ۸۰ و ۷۰ درصد است (شکل ۳).



جدول ۵ - تغییرات نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در بخش‌های مختلف پروفیل خاک برای ژنوتیپ‌های **Rupali** و **Flip 97-530** در شرایط تنش غرقابی و شاهد.

نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه*						ژنوتیپ	تیمار
عمق خاک (سانتی‌متر)							
۰-۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۰-۲۰		
۸/۴۲	۰	۰	۰	۵۹/۸۶	۹/۸۳	Rupali	تنش غرقاب
۹/۶۵	۰	۰	۰	۷۷/۴۰	۱۱/۰۳	Flip 97-530	"
۹/۵۸	۳۳۳۷/۵۰	۹۸۸/۸۰	۱۰۳/۴۹	۵۶/۵۷	۳۱/۸۲	Rupali	شاهد
۹/۱۴	۱۶۰۵۰/۰۰	۶۴۲/۰۰	۹۰/۹۳	۳۸/۲۱	۱۴/۹۹	Flip 97-530	"
۲/۹۳	۵۲۵۸/۱	۴۳۲/۰۱	۴۶/۳۲	۲۱/۰۰	۶/۷۸		LSD 1%

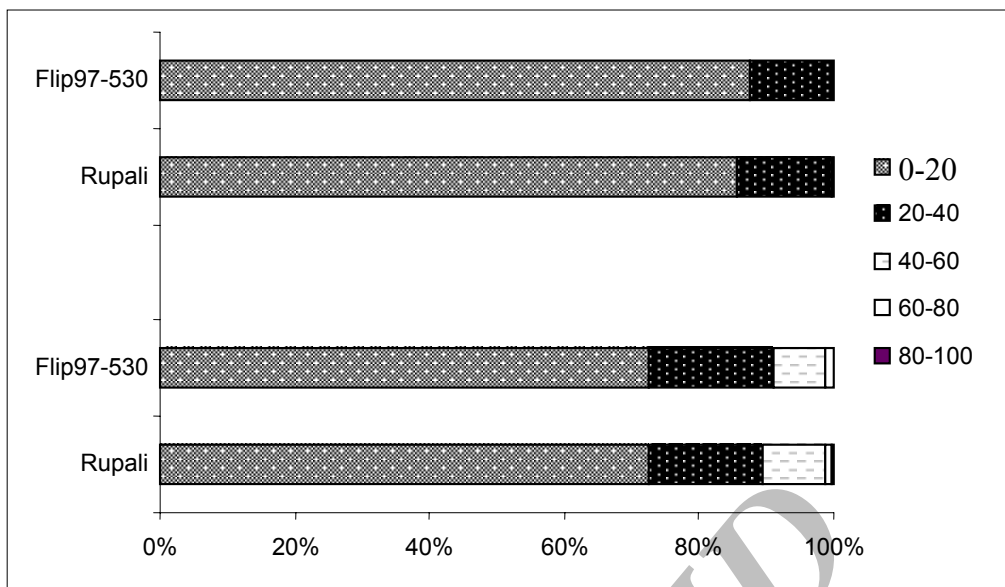
\* وزن خشک ریشه شامل تمام ریشه‌ها به‌علاوه ریشه اصلی



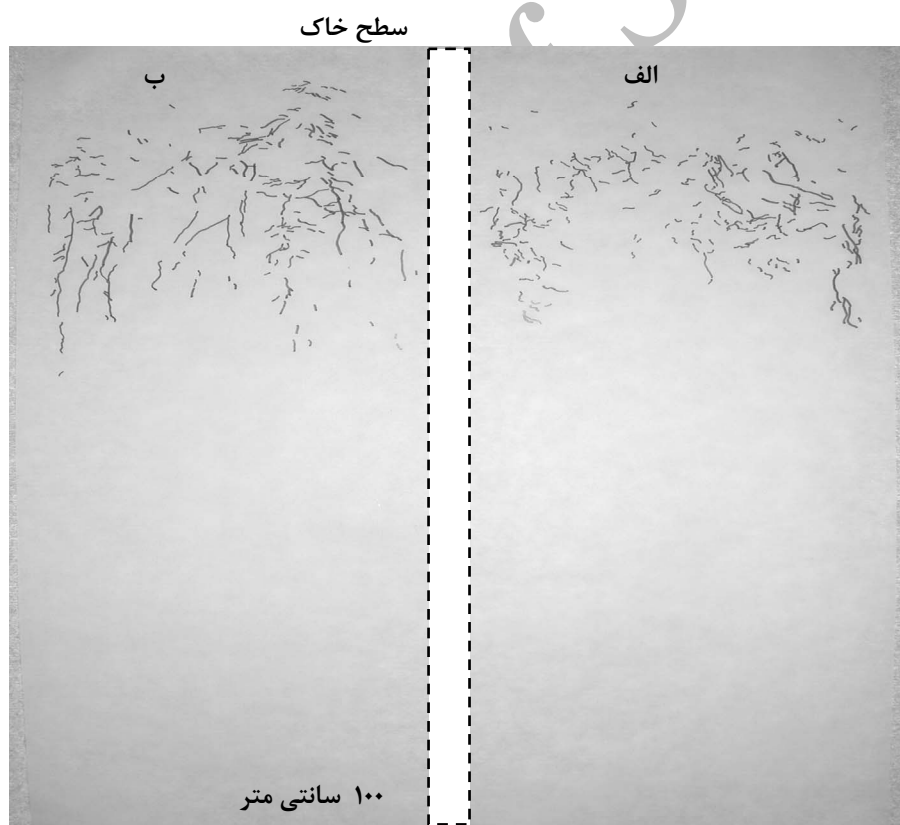
شکل ۲ - تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به طول ریشه در ژنوتیپ‌های **Rupali** و **Flip 97-530** در شرایط تنش غرقابی و شاهد.

پس از دوره بازگشت از شرایط تنش غرقابی نشان می‌دهد. ریشه‌های جدید عموماً در اطراف طوقه گیاه ظاهر شدند و پس از طی مسافتی کوتاه بیشتر در لایه ۰-۴۰ سانتی‌متری خاک منشعب شدند. ریشه‌های جدید اغلب به صورت افشان ظاهر شدند و ریشه اصلی میان آنها قابل تشخیص نیست (شکل ۳). گره‌های تثبیت‌کننده از روی ریشه‌های جانبی به سرعت تشکیل و فعالیت خود را برای تثبیت نیتروژن دوباره از سر گرفتند.

در این ارتباط سهم لایه ۰-۴۰ سانتی‌متری در شرایط بدون تنش ۲۰ درصد و سهم سایر لایه‌ها تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری، حدود ۱۰ درصد از مجموع طول ریشه‌ها را شامل می‌شود. در شرایط تنش غرقابی، حداکثر عمق فعالیت ریشه به لایه ۴۰-۵۰ سانتی‌متری خاک محدود شد. بنابراین نتایج فوق دوباره بر اهمیت مدیریت خاک در لایه ۰-۴۰ سانتی‌متری سطح خاک تأکید می‌کند. رشد ریشه‌های جدید: شکل ۳ رشد ریشه‌های جدید را



شکل ۳- سهم هر لایه خاک از مجموع طول ریشه‌ها در ژنوتیپ‌های Flip 97-530 و Rupali در شرایط تنش غرقابی و شاهد.



شکل ۳- الگوی رشد ریشه‌های جدید در ژنوتیپ‌های Rupali (الف) و Flip 97- 530 (ب) پس از دوره بازگشت.

## نتیجه گیری

تنش غرقابی موقت، سطح برگ و بیوماس اندام هوایی را به صورت معنی داری کاهش داد ( $P \leq 0/01$ ). تنفس بی‌هوازی و مصرف سریع کربوهیدرات‌های موجود در ساقه و ریشه، زردشدن و ریزش برگ‌ها در شرایط تنش غرقابی، احتمالاً از مهمترین دلایل کاهش بیوماس اندام هوایی می‌باشند. در این ارتباط تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌های تیپ دسی و کابلی مشاهده نشد. تنش غرقابی بیوماس ریشه را به شدت کاهش داد، در این شرایط بیش از ۸۶ درصد از ریشه‌ها به لایه ۰-۲۰ سانتی متری و ۱۴ درصد مابقی به لایه ۲۰-۴۰ سانتی متری سطح خاک اختصاص یافتند. در شرایط بدون تنش بیش از ۸۵ درصد از ریشه‌های نخود به لایه ۰-۴۰ سانتی متری و کمتر از ۱۵ درصد آن به لایه‌های پایین‌تر از ۴۰ سانتی متر تعلق گرفتند. بنابراین اهمیت مدیریت حاصلخیزی خاک در لایه ۰-۴۰ سانتی متری سطح خاک مورد تأکید قرار می‌گیرد. ژنوتیپ Flip 97-530 هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش از بیوماس ریشه بیشتری نسبت به ژنوتیپ Rupali برخوردار بود، احتمالاً این ژنوتیپ از پتانسیل ریشه‌دهی بالاتری نسبت به ژنوتیپ Rupali برخوردار است. با افزایش عمق خاک، مجموع طول ریشه‌های متعلق به هر لایه، هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش کاهش یافت. در شرایط تنش غرقابی حداکثر عمق فعالیت ریشه به لایه ۰-۵۰ سانتی متری سطح

خاک محدود شد، در این ارتباط بیش از ۸۰ درصد مجموع طول ریشه‌ها به لایه ۰-۲۰ سانتی متری سطح خاک اختصاص داشت. در شرایط بدون تنش سهم هر لایه از مجموع طول ریشه‌ها در لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰-۱۰۰ سانتی متری به ترتیب معادل ۴۸، ۳۱، ۱۸، ۳ و ۱ درصد بود که دوباره اهمیت مدیریت خاک در لایه ۰-۴۰ سانتی متری سطح خاک را تأکید می‌کند. در دوره تنش غرقابی فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده ازت متوقف شد، اما پس از رفع تنش، فعالیت گره‌ها به سرعت افزایش یافت به طوری که در پایان دوره رشد، ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد و وزن خشک گره، تفاوت معنی داری در شرایط تنش و بدون تنش نداشتند. در دوره تنش غرقابی، ریشه‌ها عموماً پوسیده و از بین رفتند. در دوره بازگشت، ریشه‌های جدید در اطراف طوقه گیاه ظاهر و عمدتاً در لایه ۰-۴۰ سانتی متری سطح خاک به صورت افشان گسترش یافتند.

## سپاسگزاری

هزینه‌های این آزمایش از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه وسترن استرالیا (UWA) تأمین شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود. از کریستینی لودویک به خاطر کمک‌هایش در اجرای این آزمایش سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

1. Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A., and Parsa, M. 1997. The Chickpea. Mashhad Jehad Daneshgahi Press, 444p. (Translated in Persian).
2. Berger, J.D., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Kings, E.J., Brinsmead, R.B., Mock, I., Edmondson, C., and Khan, T.N. 2004. Genotype by environment studies across Australia reveals the importance of phenology for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. *Aus. J. Agric. Res.* 55:1071-1084.
3. Belford, R.K., Cannell, R.Q., Thomson, R.J., and Dennis, C.W. 1980. Effects of water logging at different stages of development on the growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *J. Sci. Food Agric.* 31: 857-869.
4. Bradford, K.J., and Yang, S.F. 1981. Physiological responses of plants to water logging. *Hort. Sci.* 16: 3-8.
5. Broue, P., Marshaall, D.R., and Munday, J. 1976. The response of lupins to water logging. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 16: 549-554.

6. Cowie, A. 1993. An examination of factors which affect water logging tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Ph.D. Thesis, University of New England, Armidale, NSW 2351, Australia.
7. Cowie, A.L., Jessop, R.S., and Maclcod, D.A. 1996. Effects of water logging on chickpeas I. Influence of timing of water logging. *Plant and Soil*. 183 : 97-103.
8. Cowie, A.L., Jessop, R.S., and Maclcod, D.A. 1996. Effects of water logging on chickpeas. II. Possible causes of increased sensitivity to water logging at flowering. *Plant and Soil*. 183: 105-115.
9. Davies, C.L., Turner, D.W., and Dracup, M. 2000. Yellow lupin (*Lupinus Luteus*) tolerates water logging better than narrow - leafed lupin (*L.angustifolius*). I. Shoot and root growth in a controlled environment. *Aus. J. Agric. Res.* 55: 701 – 709.
10. Evans, J. 1982. Symbiosis, nitrogen and dry matter distribution in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Exp. Agric.* 18: 339-351.
11. FAO. 2004. Agricultural production year book. Rome. Italy.
12. Ganjeali, A., Kafi, M., Bagheri, A., and shahriyari, F. 2004. Allometric relationship between root and shoot characteristics of chickpeas seedling (*Cicer arietinum* L.). *J. Agric. Sci. and Tech.* 18: 67-80.
13. Gregory, P.J. 1988. Root growth of chickpea, faba bean, lentil and pea and effects of water and salt stresses. Pp: 857-867. In: R.J. Summer field (Ed.), *World Crops: Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers. 1170p.
14. Griffin, J.L., and Saxton, A.M. 1988. Response of solid - seeded soybean to flood irrigation. II. Flood duration. *Agron. J.* 80: 885-888.
15. Jackson, M.B., and Richard, B. 2003. Physiology, biochemistry and molecular biology of plant root systems subjected to flooding of the Soil. pp.193-213. In: H.D. Kroon and E.J.W. Visser (Eds). *Root Ecology*. Springer Verlag, Berlin. 260p.
16. Krishnamurthy, L., and Serraj, R. 2003. Root and shoot growth dynamics of some chickpea genotypes under two moisture levels. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletters*. 10: 24-28.
17. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean- type environment. *Europ. J. Agron.* 11: 279-291.
18. Nilsen, E.R., and Orcutt, D.M. 1996. *Physiology of Plant under Stress*. John Wiley and Sons. Inc. publications. 422p.
19. Orchard, P.W., and Jessop, R.S. 1984. The response of sorghum and sunflower to short –term water logging. I. Effects of stage of development and duration of water logging on growth and yield. *Plant and Soil*. 81: 119-132.
20. Rootedge, 1999. Rootedge Version 2.3. Iowa State University Research Foundation, Inc.
21. Turner, N.C., Wright, G.C., and Siddique, K.H.M. 2003. Adaptation of grain legumes to water-limited environment: Selection for physiological, biochemical and yield component characteristics for improved drought resistance. pp. 43-80. In: N.P. Saxena (Ed.). *Management of Agriculture Drought “Agronomic and Genetic Options”*. Science Publishers Inc, NH, USA. 209p.
22. Visser, E.J.W., and Voesenek, L.A.C.J. 2004. Acclimation to soil flooding - sensing and signal-transduction. *Plant and Soil*. 244: 197-214.

## **Effects of water logging on root and shoot growth of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.)**

**\* A. Ganjeali<sup>1</sup>, J. Palta<sup>2</sup> and N.C. Turner<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof. of Research Center for Plant Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, <sup>2</sup>Associate Prof. of Crop Physiology, CSIRO Plant Industry, Western Australia, <sup>3</sup>Full Prof. of Crop Physiology, CSIRO Plant Industry, Western Australia and Center for Legume in Mediterranean of Agriculture (CLIMA), Faculty of Agriculture, University of Western Australia (UWA)

---

---

### **Abstract**

The effects of water logging on root and shoot growth of chickpea genotypes; including Flip 97-530 (Kabuli) and Rupali (Desi) were examined in Research Glasshouse at CSIRO, Perth, Western Australia (WA.) During 2005. Glass wall root growth boxes (0.1×0.24×1.0m) were used as experimental units. Data were analyzed based on Randomized Complete Block Design with three replications. Water loggings were induced when the first root reached to 50 cm. The water level was maintained on the surface for 12 days. After that, water was removed by draining the root growth boxes. Results showed that leaf area and shoot biomass were significantly decreased by water logging, but differences between genotypes were not significant. Root biomass significantly decreased in water logging treatment. In water logging condition, more than 86% of root biomass belonged to 0-20 cm layer of soil surface and less than 14% belonged to 20-40 cm, while in control condition, more than 85% of root biomass was located in 0-40 cm layer and less than 15% belonged to lower layers (deeper than 40 cm). Flip 97-530 had more root biomass than Rupali genotype in both control and water logging treatments. Nodules activities were stopped during water logging, but after that, dramatically increased in a way that, there were no significant in number and weight of nodules per plant on water logging and control treatment.

**Keywords:** Chickpea; Root; Shoot; Water logging<sup>1</sup>

---

1- Corresponding Author; Email: ganjeal@um.ac.ir