



رهیافتهایی از مطالعات ریشه در گیاه نخود (*Cicer arietinum L.*)

علی گنجعلی

عضو هیات علمی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

محمد کافی

عضو هیات علمی پژوهشکده علوم گیاهی و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

عبدالرضا باقری

عضو هیات علمی پژوهشکده علوم گیاهی و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

مطالب زیادی در ارتباط با تیپ مطلوب گیاهی و آرشیتکت (ساختار هندسی گیاه) به رشته تحریر در آمده است اما اطلاعات در مورد رشد و نمو ریشه، کم و یا وجود ندارد. به منظور مطالعه صفات مورفوفیزیولوژیک ریشه، سه آزمایش متفاوت طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد و سازمان تحقیقات علوم و صنایع مشترک‌المنافع CSIRO در ایالت وسترن استرالیا انجام گرفت. نتایج آزمایش اول حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل توجهی بین صفات ریشه در مرحله گیاهچه‌ای بود و به نظر می‌رسد در این مراحل، رشد ریشه بر رشد اندام هوایی غالب بوده و اسیمیلات تولید شده توسط گیاه عمدتاً صرف رشد ریشه می‌شود. بررسی‌ها در مراحل بعدی رشد نشان داد که روند یکنواختی بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مربوط به ریشه وجود ندارد و یک ژنوتیپ هرگز نتوانست برتری خود را از حیث یک صفت در طول دوره رشد حفظ نماید. بنابر این چنانچه گزینش برای یک صفت مورد نظر باشد، انتخاب برای ریشه در مرحله‌ای از فنولوژی گیاه بایستی انجام شود که صفت مذکور در آن مرحله دارای بیشترین اثرگذاری است. در مرحله گیاهچه‌ای رابطه خطی بسیار معنی‌داری بین طول مجموع ریشه‌ها با سایر صفات ریشه از جمله سطح ریشه، حجم ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی و وزن خشک ریشه وجود داشت، اما همبستگی خطی و یا غیرخطی بین صفات مربوط به ریشه در مرحله گیاهچه‌ای با سایر مراحل فنولوژی رشد معنی‌دار نبود. در آزمایش سوم الگوهای زمانی

و مکانی متفاوتی از نظر رشد ریشه در ژنوتیپ های نخود مشاهده شد. سرعت رشد ریشه در هر لایه پروفیل خاک با یک اختلاف زمانی و با یک مقدار معین که برای هر لایه خاک متغیر بود، به حداکثر رسید. تراکم طول ریشه (RLD) با افزایش عمق خاک در ژنوتیپ های مورد بررسی کاهش یافت. نتایج بررسی ها نشان داد که در گیاه نخود، استراتژی ریشه ها، گسترش بیشتر آنها در لایه های سطحی خاک (۴۰ - ۰ سانتی متری) است و لذا مدیریت حاصلخیزی خاک در این لایه اهمیت قابل توجهی دارد.

واژه های کلیدی: نخود (*Cicer arietinum L.*)، ریشه و تراکم طول ریشه

مقدمه

اطلاعات ما در مورد ریشه و جنبه های مختلف آن کم و محدود است، دلیل این وضعیت این است که ریشه اندامی زیرزمینی و مطالعه آن در مقیاس وسیع و در سطح مزرعه بسیار مشکل، طاقت فرسا و غیر عملی و نتایج آن نیز بسیار متغیر می باشد در این ارتباط شبیه سازی رشد ریشه با زمان به عنوان یک راه حل برای ارزیابی تفاوت های ژنوتیپی و بررسی واکنش آنها به شرایط متغیر محیطی مطرح است، موفقیت این مدل ها به چگونگی شناخت دقیق روابط موجود بین صفات مربوط به ریشه وابسته است (۱۵). توانایی ریشه ها برای بهره برداری از رطوبت ذخیره شده در بخش های تحتانی خاک به طور مستقیم از طریق افزایش تعرق گیاه و به طور غیر مستقیم از طریق تنظیم زمان بهره برداری از این ذخایر در دوره های رشد رویشی و زایشی در افزایش عملکرد دانه مؤثر است (۱۳). این ویژگی برای مناطقی که معمولاً گیاهان بعد از فصل بارندگی کشت می شوند و با خشکی انتهایی فصل مواجه می شوند بسیار با اهمیت است (۹). از آنجا که آب قابل دسترس، عامل اصلی محدود کننده در محیط های خشک می باشد، بیشترین بازده زمانی بدست می آید که از آب محدود موجود در خاک، حداکثر جذب برای انجام عمل تعرق صورت گیرد. این خاصیت تنها از طریق مکانیسم های سازگاری مرتبط با سیستم ریشه حاصل خواهد شد (۱).

نخود دارای یک ریشه راست است که منشاء آن بذر می باشد. در ریشه اصلی انشعابات فرعی ظاهر می شوند که ریشه های جانبی را ایجاد می نمایند. ریشه های فرعی ممکن است خود نیز منشعب شوند و ریشه های فرعی ثانویه را بوجود آورند. عوامل متعددی در عمق ریشه دهی حبوبات مؤثرند که مهمترین آنها عبارتند از: گونه، ژنوتیپ، زمان کاشت، عمق خاک زراعی، ساختمان و بافت خاک، توزیع عناصر غذایی و عمق رطوبت خاک (۴). بطور کلی حداکثر عمق ریشه در نخود ژنتیکی است ولی عوامل محیطی ممکن است بیان کامل پتانسیل ژنتیکی آن را محدود نماید. در نواحی مدیترانه ای، جایی که نخود معمولاً با استفاده از رطوبت ذخیره خاک رشد می نماید، آب موجود در عمق های ۱۰۵ الی ۱۲۰ سانتی متری سطح خاک، توسط این گیاه قابل جذب است (۱).

تنوع ژنتیکی وسیعی در سیستم ریشه ای و توانایی بقولات دانه ای برای جذب رطوبت ذخیره شده در خاک گزارش شده است. در اکثر گزارش ها عمق ریشه دهی همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشته است (۳، ۶، ۱۱ و ۱۴). ریشه های گسترده از طریق افزایش جذب رطوبت و متعاقب آن افزایش تعرق، در افزایش عملکرد دانه و ثبات آن

مؤثر هستند. این ویژگی در مورد بادام زمینی (۵)، لوبیا (۳) و نخود (۴) گزارش شده است. گریگوری (۴) در مطالعه صفات ریشه ۳۰ ژنوتیپ نخود فرنگی، اختلافات ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای مشاهده کرد و بیان داشت که طول ریشه اصلی دارای بیشترین نوسانات ژنتیکی است. مطالعات موجود نشان می‌دهد که حداکثر تنوع در وزن خشک ریشه و تراکم طول ریشه در ژنوتیپ‌های نخود در مرحله گیاهچه ای است و تنوع موجود پس از ۴۱ روز بعد از کاشت کاهش می‌یابد (۸). لادو و ماچو (۹) تراکم طول ریشه (RLD)^۱ را به عنوان معیاری برای کارایی ریشه گیاه از نظر جذب آب و عناصر غذایی پیشنهاد نمودند. ترنر و همکاران (۱۴) بیان داشتند که نسبت بالاتر وزن ریشه به اندام هوایی در حفظ پتانسیل بالاتر آب گیاه و عملکرد بیشتر دانه در شرایط تنش نقش موثری دارد. با توجه به کمبود اطلاعات در ارتباط با صفات مربوط به ریشه، این آزمایش‌ها با هدف بررسی تنوع موجود برای خصوصیات ریشه در میان ژنوتیپ‌ها، روابط موجود بین صفات ریشه و مطالعه تغییرات مکانی و زمانی ریشه در طول فصل رشد انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: مطالعه رشد ریشه در مرحله گیاهچه‌ای

رشد ریشه ۲۰ ژنوتیپ نخود طی سال زراعی ۱۳۸۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد مورد بررسی قرار گرفت. به منظور سهولت مطالعه ریشه از شن شسته شده به عنوان بستر کاشت و از محلول غذایی هوگلدن برای تغذیه گیاهچه‌ها استفاده شد. هر واحد آزمایشی از یک لوله پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر و قطر ۱۰ سانتیمتر تشکیل شد که در هر کدام ۴ عدد بذر پس از ضدعفونی کشت شدند و پس از سبز شدن به دو گیاهچه تقلیل یافتند. در این آزمایش، هنگامی که گیاهچه‌ها به مرحله سه برگگی رسیدند، گیاهان از لوله‌های پلاستیکی خارج و به دو بخش ریشه و اندام‌های هوایی تقسیم شدند. صفاتی مانند طول ریشه اصلی (TL)^۲، طول مجموع ریشه‌ها (TRL)^۳، تعداد ریشه‌های جانبی (NLR)^۴، حجم ریشه (RV)^۵، وزن خشک ریشه (RDW) و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام‌های هوایی (Root/Shoot)^۶ اندازه‌گیری و یا محاسبه شدند. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از بسته‌های نرم افزاری Mstat-c و JMP تجزیه آماری شدند و گراف‌ها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

آزمایش دوم: مطالعه صفات ریشه در مراحل مختلف فنولوژی

این آزمایش در سال ۱۳۸۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد انجام شد. در این آزمایش هر واحد آزمایشی از یک لوله پلاستیکی به ارتفاع ۱۰۰ و قطر ۱۰ سانتیمتر که از شن شسته شده پر شده بودند، تشکیل شد. در هر لوله

1. Root Length density (RLD)
2. Taproot Length (TL)
3. Total Root Length (TRL)
4. Number Lateral Root (NLR)
5. Root volume (RV)
6. Root Dry weight / Shoot Dry weight (Root / Shoot)

۴ عدد بذر پس از ضدعفونی کشت و پس از اطمینان از سبز شدن به دو گیاهچه تقلیل یافتند. در طول مدت آزمایش از محلول غذایی هوگلند برای تغذیه گیاهچه‌ها استفاده شد. گیاهان موجود در هر واحد آزمایشی در مراحل گلدهی، تشکیل غلاف‌ها و پر شدن دانه‌ها، هنگامی که حداقل ۵۰ درصد بوته‌ها در وضعیت مورد نظر بودند، برداشت و تمامی صفاتی که در آزمایش اول اندازه‌گیری شدند در این آزمایش نیز ثبت و تجزیه آماری شدند. در هر مرحله فنولوژی، آزمایش بطور جداگانه بصورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

آزمایش سوم: مطالعه الگوهای زمانی و مکانی ریشه

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۴ در گلخانه تحقیقاتی CSIRO^۱ در ایالت وسترن استرالیا انجام شد. ژنوتیپ نخود مورد استفاده در آزمایش Flip 97-530، تیپ کابلی بود. جعبه‌های مخصوص رشد ریشه که یک دیواره آن شیشه‌ای بود، به‌عنوان واحدهای آزمایشی در نظر گرفته شدند. گیاهان در محیط کنترل شده با درجه حرارت ثابت روز و شب به ترتیب ۲۰ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد و فتوپریود طبیعی (تقریباً ۱۱ ساعت) رشد نمودند و سپس در مرحله شروع گلدهی، گیاهان مربوط به هر جعبه رشد برداشت شدند. رشد ریشه از طریق نقاشی^۲ ریشه‌ها روی دیواره شیشه‌ای جعبه‌های ریشه در فواصل زمانی معین (۴۸ ساعت) بطور منظم ثبت شد. در پایان آزمایش، پروفیل خاک موجود در جعبه رشد به لایه‌های ۲۰ - ۰ ، ۴۰ - ۶۰ ، ۸۰ - ۶۰ و ۱۰۰ - ۸۰ سانتیمتری تقسیم و ریشه‌های مربوط به هر لایه تفکیک شدند. ریشه‌ها با یک اسکنر متصل به کامپیوتر، اسکن و سپس با استفاده از نرم‌افزار (Root Edge، ۱۹۹۹)، طول و سطح ریشه محاسبه و سپس وزن خشک ریشه برای هر گیاه تعیین شد. فیلم‌های ترانس پرانسی مربوط به هر جعبه و هر روز که رشد ریشه‌ها بر روی آنها ثبت شده بودند به‌فواصل ۲۰ سانتی‌متری برش خورده و پس از اسکن طول ریشه‌های مربوط به هر لایه خاک، تعیین شدند. بهترین معادله برازش شده بین طول ریشه و زمان که دارای بالاترین ضریب همبستگی بود به تفکیک برای هر لایه از پروفیل خاک انتخاب و سپس مقادیر لحظه‌ای آن با توجه به روابط موجود برای هر صفت تعیین و نمودارهای مربوطه ترسیم شدند.

نتایج و بحث

تنوع ژنوتیپی قابل توجهی بین صفات ریشه بویژه RDW ، TRL ، TL و NLR در مرحله گیاهچه‌ای قابل مشاهده بود. در این مرحله، طول ریشه اصلی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۶/۸ سانتیمتر در ژنوتیپ MCC447 تا ۱۵/۴ سانتیمتر در ژنوتیپ MCC358 متفاوت بود (شکل ۱). گریگوری (۴) تفاوت‌های معنی داری را در صفاتی مانند TL، NLR و TRL در ژنوتیپ‌های نخود در مرحله سه برگچه‌ای گزارش کرد، ایشان در بررسی اولیه‌ای که روی ریشه گیاهان نخود، باقلا، عدس و نخود فرنگی انجام داد، نتیجه گرفت که عوامل محیطی تأثیر بارزی در صفات ریشه از جمله عمق نفوذ ریشه دارند، هر چند این صفات عموماً تحت کنترل ژنتیکی می‌باشند. در این ارتباط مطالعات انجام شده در ایکریست^۳ نشان

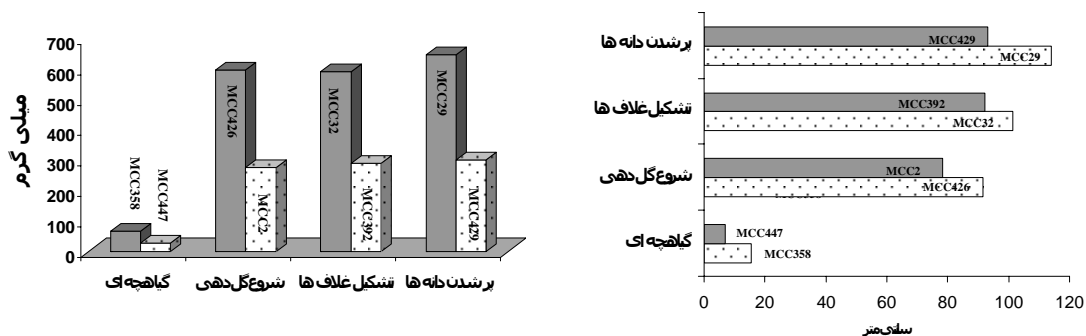
1. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)

2. Painting

3. International Crop Research Institute for the Semi Arid Tropic (ICRISAT).

داده است که بین رشد بیشتر ریشه‌ها و انشعابات آنها (TRL، RDW، NLR و RA) در گیاهچه‌های نخود با مقاومت به خشکی گیاه در مراحل بعدی رشد، ارتباط نزدیکی وجود دارد (۷). مطالعه ریشه در مراحل بعدی رشد نشان داد که هر ژنوتیپ با توجه به خصوصیات ژنتیکی خود در مراحل مختلف فنولوژی، واکنش‌های متفاوتی نشان دادند و یک ژنوتیپ هرگز نتوانست برتری خود را از نظر یک صفت در طول دوره رشد حفظ نماید (شکل ۱). به نظر می‌رسد استراتژی‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها، به طور مثال تداوم انتقال اسیمیلات به ریشه‌ها برای جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و افزایش دوام فتوسنتز و یا تغییر مسیر انتقال اسیمیلات از ریشه و اختصاص هرچه بیشتر آن به مقصد (دانه‌های در حال رشد) و اعمال استراتژی‌های دیگر باعث ایجاد تنوع در ویژگی‌های ریشه در مراحل مختلف فنولوژی شده است و لذا تغییرات یکنواختی بین صفات مربوط به ریشه در طول دوره رشد مشاهده نشد. بنابر این به نظر می‌رسد چنانچه گزینش برای یک صفت خاص مورد نظر باشد، انتخاب در مرحله‌ای از فنولوژی گیاه بایستی انجام شود که صفت مذکور در آن مرحله دارای بیشترین اثرگذاری است. طول بیشتر ریشه از جهت بهره‌برداری از رطوبت و عناصر غذایی موجود در افق‌های متفاوت خاک مورد توجه است. در شرایط کمبود رطوبت و مواجهه گیاه با تنش خشکی این ویژگی می‌تواند برای گیاه راهگشا باشد.

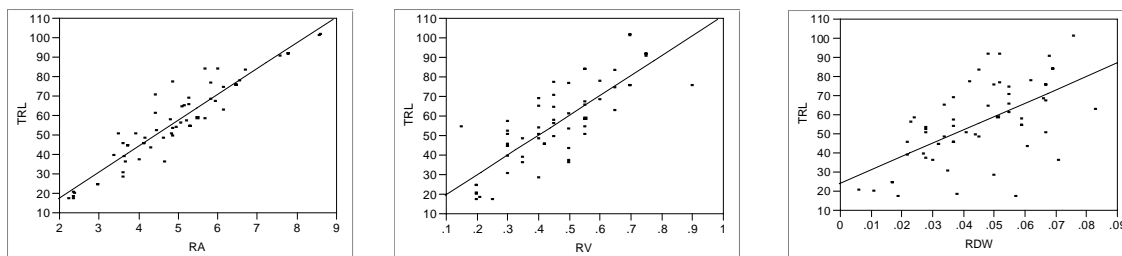
در مرحله گیاهچه‌ای رابطه خطی مثبت و بسیار معنی‌داری بین صفات ریشه از جمله RA، TRL، RV و RDW وجود داشت (شکل ۲)، اما رابطه معنی‌داری بین صفات فوق در این مرحله با همین صفات در سایر مراحل فنولوژی وجود نداشت. شکل ۳ رابطه برخی از صفات ریشه را در مرحله گیاهچه‌ای با سایر مراحل فنولوژی نشان می‌دهد. استراتژی‌ها و عکس‌العمل‌های متفاوتی که ژنوتیپ‌ها در مراحل مختلف فنولوژی اتخاذ می‌نمایند احتمالاً از جمله دلایل اصلی این موضوع می‌باشد (۲). در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت Root/Shoot مرتباً با طی شدن مراحل فنولوژی گیاه کاهش و در مراحل رسیدگی و برداشت به حداقل مقدار خود رسید (داده‌ها نشان داده نشده است). به نظر می‌رسد استراتژی گیاه نخود در مراحل اولیه رشد اختصاص منابع بیشتر به ریشه‌ها است، احتمالاً این صفت در مسیر تکاملی گیاه ایجاد شده است.



شکل ۱: مقادیر حداقل و حداکثر طول ریشه اصلی (راست) و وزن خشک ریشه (چپ) در مراحل مختلف فنولوژی برای ژنوتیپ‌های نخود

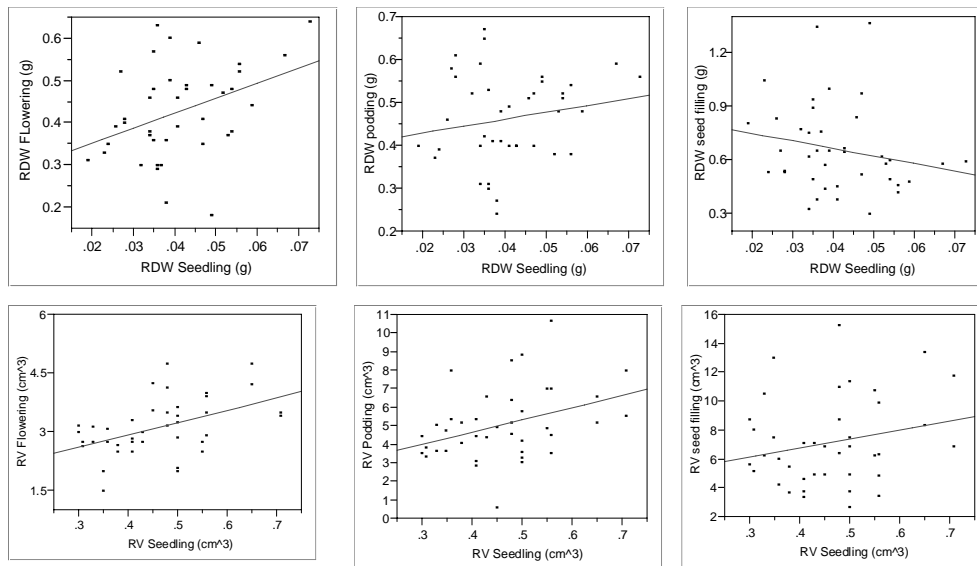
روابط موجود بین اندازه‌گیری‌های مستقیم و غیرمستقیم طول و وزن خشک ریشه

رابطه خطی مثبت و بسیاری معنی‌داری بین طول ریشه (اندازه‌گیری مستقیم) و طول ریشه محاسبه شده بر اساس فیلم‌های ترانس پرانسی (اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم) ($R^2=0/87$) و همچنین بین طول ریشه حاصل از اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم و وزن خشک ریشه (اندازه‌گیری مستقیم) ($R^2=0/70$) وجود داشت (شکل ۴). با توجه به نتایج فوق امکان برآورد رشد طولی ریشه و وزن خشک تجمعی آن نسبت به زمان و محاسبه تغییرات لحظه‌ای آن در پروفیل خاک امکان پذیر خواهد بود. تایلور و کلپر (۱۲) بیان داشتند مشاهدات بدست آمده از طریق ثبت اطلاعات ریشه روی دیواره شیشه‌ای ریزوترون^۱ همبستگی بسیار بالایی با رشد ریشه در درون خاک دارد. این محققان همچنین تفاوت معنی‌داری را در RLD مشاهده شده و برآورد شده با استفاده از اطلاعات دیواره شیشه‌ای ریزوترون پیدا نکردند.

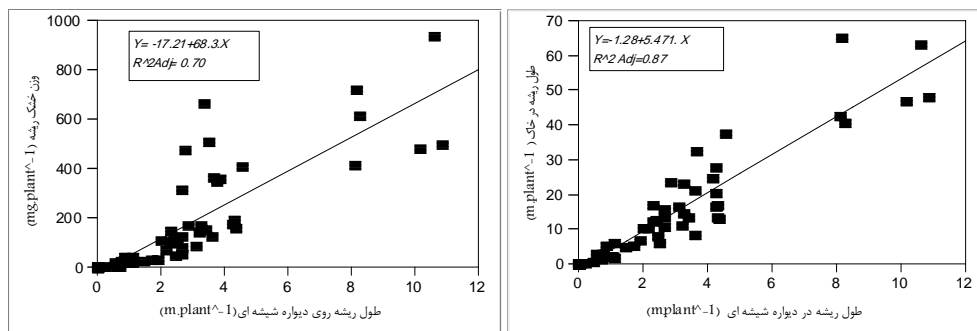
(a) $TRL = -9.23 + 13.37 RA, R^2=0.91$ (b) $TRL = 9.67 + 101.93 RV, R^2=0.81$ (c) $TRL = 24.40 + 699.10 RDW, R^2=0.68$

شکل ۲: ضریب کورولاسیون و معادله خط رگرسیون بین صفات ریشه در ۲۰ ژنوتیپ نخود در مرحله گیاهچه‌ای مخفف‌ها عبارتند از:

TRL (طول مجموع ریشه‌ها)، RV (حجم ریشه)، RDW (وزن خشک ریشه) و RA (سطح ریشه).



شکل ۳: رابطه بین صفات مهم ریشه در مرحله گیاهچه ای با مراحل گل‌دهی، تشکیل غلاف‌ها و پرشدن دانه‌ها در ۲۰ ژنوتیپ نخود مخفف‌ها عبارتند از: TL (طول ریشه اصلی) و RV (حجم ریشه) و RDW (وزن خشک ریشه)

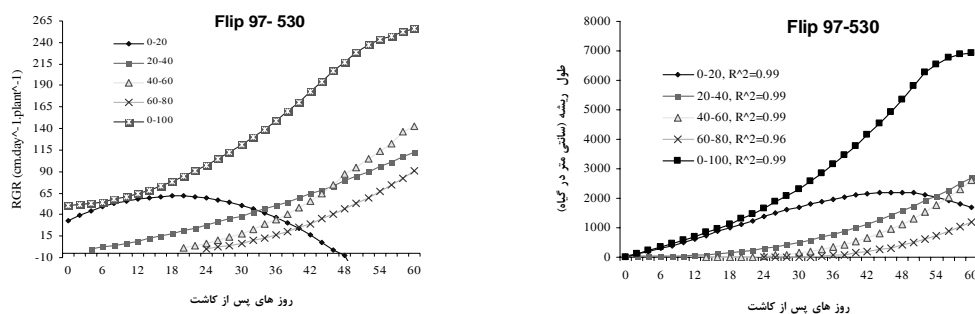


شکل ۴: همبستگی‌های موجود بین اندازه‌گیری غیرمستقیم با استفاده از اطلاعات ثبت شده بر روی دیواره‌های شیشه‌ای (فیلم‌های ترانس پرانسی) با طول واقعی ریشه در خاک (راست) و وزن خشک ریشه در خاک (چپ)

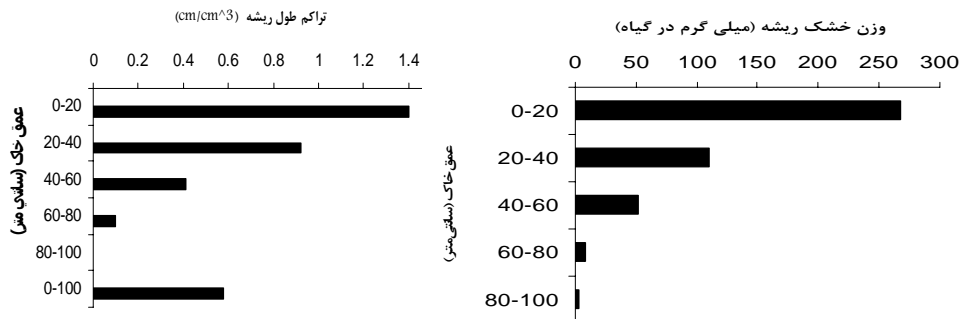
تغییرات الگوی مکانی و زمانی ریشه

شناخت الگوهای زمانی و مکانی توزیع ریشه‌ها در خاک به منظور اعمال مدیریت صحیح در زمان و مکان در جهت افزایش کارایی ریشه در بهره‌برداری بهینه از پتانسیل آب و خاک، ضروری است. طول ریشه در لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری سطح خاک تا حدود ۴۰ روز پس از کاشت به طور خطی افزایش یافت و سپس در محدوده ۲۲۰۰ سانتی‌متر ثابت باقی

ماند (شکل ۵). رشد ریشه در لایه ۲۰-۴۰ سانتی متری سطح خاک با یک تأخیر از ۱۲ روز پس از کاشت تا ۵۶ روز پس از آن که تقریباً مصادف با شروع غلاف دهی گیاه بود، به طور خطی افزایش یافت. افزایش طول ریشه در لایه‌های ۴۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتی متری با تأخیرهایی به ترتیب ۲۵ و ۳۵ روزه شروع و تا مرحله غلاف دهی ادامه یافت. برغم توقف رشد طولی ریشه در لایه ۲۰ - ۰ سانتی متری پس از ۴۰ روز بعد از کاشت، اما الگوی تغییرات طول ریشه در لایه ۰-۱۰۰ سانتی متری سطح خاک همچنان روند افزایشی داشت. به طور کلی نتایج نشان می‌دهند که روند افزایش طول ریشه در خاک تا انتهای مرحله گل‌دهی و اوایل غلاف دهی تداوم داشته و پس از آن به دلیل ایجاد رقابت برای دریافت مواد فتوسنتزی بین اندام‌های زایشی، سهم ریشه‌ها از مواد فتوسنتزی کاهش و نهایتاً روند افزایشی رشد ریشه‌ها متوقف شده است. بررسی‌های انجام شده در گیاه نخود نشان داده است که الگوی رشد ریشه‌ها (مجموع طول ریشه‌ها در پروفیل خاک) از نوع سیگموئیدی است و رشد ریشه‌ها تا شروع غلاف دهی تداوم یافته و پس از آن روند نزولی پیدا می‌کند (۴). سرعت رشد ریشه (RGR) در لایه ۲۰ - ۰ سانتی متری سطح خاک بلافاصله پس از کاشت افزایش و پس از ۱۵ الی ۲۰ روز به حداکثر مقدار خود رسید (حدود ۶۰ سانتی متر در روز به ازای هر گیاه). رشد ریشه در این لایه پس از یک دوره سرعت ثابت، با شیب نسبتاً تندی کاهش یافت. روند افزایشی RGR در لایه ۴۰ - ۲۰ سانتی متری سطح خاک با یک هفته تأخیر آغاز و روند افزایشی آن تا مرحله گل‌دهی تداوم یافت (شکل ۵). RGR تنها در لایه ۲۰-۰ سانتی متری سطح خاک پس از یک دوره افزایش، روند نزولی پیدا کرد. در سایر لایه‌های خاک (۲۰ الی ۱۰۰ سانتی متری)، روند صعودی RGR تا مرحله غلاف دهی ادامه داشت. در این ارتباط ممکن است واکنش ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت باشد. یوسف علی و همکاران (۱۶) تفاوت‌های معنی‌داری را در سیستم ریشه‌های ژنوتیپ‌های نخود گزارش کردند. این محققان اختلاف‌های موجود را عمدتاً به قابلیت‌های ژنتیکی آنها مربوط دانستند.



شکل ۵: تغییرات زمانی طول ریشه (چپ) و سرعت رشد ریشه (راست) در ژنوتیپ Flip 97-530 نخود در پروفیل خاک



شکل ۶: تغییرات وزن خشک ریشه (راست) و تراکم طول ریشه نخود (چپ) در پروفیل خاک

وزن خشک ریشه و تراکم طول ریشه (RLD)

تغییرات وزن خشک ریشه در لایه‌های مختلف خاک در شکل ۶ نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از بیوماس ریشه متعلق به لایه‌های سطحی خاک است (۲۷۰ و ۱۱۰ میلی گرم به ازای هر گیاه به ترتیب مربوط به لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ سانتی‌متری). در این ارتباط سهم لایه‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰-۱۰۰ سانتی‌متری از کل بیوماس ریشه به ترتیب برابر با ۶۴، ۲۴، ۱۰، ۱ و ۰/۵ درصد است. نتایج فوق مؤید این است که نزدیک به ۹۰ درصد از فعالیت ریشه برای جذب آب و عناصر غذایی در لایه ۰-۴۰ سانتی متری سطح خاک انجام می‌شود، لذا در برنامه‌های مربوط به حاصلخیزی خاک و رژیم‌های آبیاری بایستی به این موضوع توجه داشت و انجام عملیات فوق را با توجه به حجم و مقدار فعالیت ریشه در این بخش خاک مدیریت کرد. در مطالعات مربوط به آب، خاک و گیاه، RLD به عنوان شاخصی برای کارایی گیاه از نظر جذب آب و عناصر غذایی مطرح است. در این آزمایش بیشترین مقدار RLD به لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری سطح خاک تعلق داشت و با افزایش عمق خاک، RLD کاهش یافت (شکل ۶). نتایج فوق موید یافته‌های گریگوری (۴) می‌باشد که بیان داشت، در بقولات دانه‌ای طول ریشه‌ها عموماً به صورت لگاریتمی با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابند. RLD بیشتر در هر لایه خاک از جهت بالاتر بودن سطح فعال ریشه در واحد حجم خاک به منظور جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و انتقال آن به اندام‌های هوایی با اهمیت است. آگاهی از مقادیر RLD در لایه‌های مختلف پروفیل می‌تواند در برنامه‌های مدیریت حاصلخیزی خاک اهمیت قابل توجهی داشته باشد.

منابع و مأخذ:

۱. باقری، ع.، ا. نظامی و م. سلطانی. ۱۳۸۰. اصلاح حیوانات سرما دوست برای تحمل به سرما. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

2. Apel, P. and A. Bergmann. 1981. Variability in the number of seedlings roots in barely. Kulturpflanze. 29:403-415.
3. Arnon, J. 1972. Crop Production in Dry Region. Leonard hill Publisher, London.
4. 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.
5. Gupta, U.S. 1984. Crop Improvement for Drought Resistance. Curr. Agric. 8:1-15.
6. Gupta, V.S. 1998. Production and Improvement of Crops for Dry land .Oxford and IBH Publishing . CO. PVT. LTD.
7. ICRISAT. 1990. Annual Report. Qatancheru. India. ICRISAT.
8. Krishnamurthy, L., J. Kashiwagi and H. D. Upadhyaya. 2003. Genetic diversity of drought avoidance root traits in the mini - core germplasm collection of chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletters. 10: 21 - 24.
9. Ludlow, M. M., and R. C. Munchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water - limited environments. Advances in Agronomy. 43: 107 - 153.
10. Pardo, A., M. Amato and F.Q. Chiaranda. 2000. Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant growth and water distribution. Euro. J. of Agron. 13:39-45.
11. Saxena, N.P. 2003. Management of Agriculture Drought "Agronomic and Genetic Options". Science Publishers Inc, NH, USA
12. Taylor, H. M. and B. Klepper. 1971. Water uptake by cotton roots during an irrigation cycle. Aust. J. Biol. Sci. 24: 853 – 859.
13. Turner, N.C. 1996. Further progress in crop water relations. Adv. Agron., 58: 293-333
14. Turner, N.C., G.C. Wright and K.H.M. Siddique. 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.
15. Varnord wijk, M. and P. Willigen. 1987. Agricultural concepts of roots: From morphogenetic to functional equilibrium between root and shoot growth. Neth. J. Agric. Sci. 35:487-496.
16. Yousuf-Ali, M., C. Jahnsen, L. Krishnamurthy and A. Hamid. 2005. Genotypic variation in root system of chickpea (*Cicer arietinum* L.) across environment. J. Agron. and Crop Sci. 191: 464 - 472.

Approaches from root studies on chickpea (*Cicer arietinum L.*)

A .Ganjeali

Contribution from Research Center for Plant Science and Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

M. Kafi

Contribution from Research Center for Plant Science and Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

A. Bagheri

Contribution from Research Center for Plant Science and Collage of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Although ideal type and architects of plants are well documented in the literature, but there is little evidence on root aspects of plant. In order to study of morph physiologic of roots, three separately experiments were conducted in research glasshouse of Ferdowsi University of Mashhad (FUM) and CSIRO in Western Australia (WA) during 2003-05. Primary results showed that genetic variation for root character's is considerable in seedling stage and it seems that at the autotrophic or early growth stage, root growth strongly dominants to the shoot growth. In experiment 2, Uniform changes was not observed at different growth stages, and a genotype could not keep it's performance for a traits throughout of growth season. So, if a trait is aim, screening must be do in more effective phenology of growth.. In seedling stage, there were significant linear regression correlation between TRL with RV, RA, NLR and RDW, but We didn't find any correlation between root traits at seedling stage with the same traits at another phenology stages. In third experiment, there were different spatial and temporal patterns for chickpea root growth. Root growth rate was highest on special time for each layer of soil profile. In both genotypes, RLD decreased with increasing soil depth. Results showed that more distribution of root system on upper soil layers (0-40 cm) is the root growth strategy of chickpea plants, and so, soil management on this layer is very important.

Key Words: Chickpea (*Cicer arietinum L.*), Root, Root density.