تنوع ژنوتیپی صفات ریشه و اندام هوایی گیاهچه‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در محیط هیدروپونیک و گلخانه

علی گنجعلی، حسن پرسا و سعید حجّت[1]

چکیده

اعتقاد بر این است که خصوصیات ریشه و اندام هوایی، نقش مؤثری در تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های نخود دارند. اطلاعات اندکی در رابطه با نحوهٔ واکنش ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌ها در محیط کشت هیدروپونیک، گلخانه و همچنین ارتباط اندازه ریشه در میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها وجود دارد. این آزمایش با هدف بررسی تنوع موجود در رشد ژنوتیپ‌ها در شرایط کشت هیدروپونیک و همچنین بررسی تأثیر اندازه ریشه در تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه‌ای و در شرایط گلخانه انجام گرفت. تفاوت‌های معنی‌داری بین گیاهچه‌های۳۰ ژنوتیپ نخود که در شرایط هیدروپونیک کشت شده بودند از نظر صفات مربوط به ریشه شامل وزن خشک ریشه، مجموع طول ریشه‌ها، طول ریشه اصلی و سطح ریشه‌ها، همچنین صفات اندام هوایی شامل سطح برگ، وزن خشک برگ و زیست توده اندام هوایی وجود داشت ($p\leq ۰/۰۱$). ۱۰ ژنوتیپ از میان ۳۰ ژنوتیپ که از نظر اندازه ریشه متفاوت بودند، برای آزمایش گلخانه‌ای در محیط شن، انتخاب شدند و گیاهچه‌ها به‌مدت چهار هفته در دو شرایط تنش خشکی (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و شاهد (ظرفیت زراعی) رشد نمودند. همبستگی معنی‌دار خطی و یا غیر خطی بین صفات مربوط به ریشه در محیط هیدروپونیک و گلخانه‌ای وجود نداشت و به‌نظر می‌رسد در مرحله گیاهچه‌ای، عوامل محیطی (بستر کاشت) بر عوامل ژنتیکی غالب است و احتمالاً بیان پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها از نظر صفات ریشه در محیط هیدروپونیک و گلخانه متفاوت هستند. در این آزمایش، انتخاب ژنوتیپ‌های با سیستم ریشه‌ای گسترده در محیط هیدروپونیک ضرورتاً به ایجاد گیاهچه‌های با خصوصیات ریشه گسترده در محیط گلخانه منجر نشد. در آزمایش گلخانه‌ای، اثر متقابل ژنوتیپ و تنش بر هیچ‌یک از صفات ریشه در گیاهچه‌های۳۰روزهٔ نخود معنی‌دار نبود ($p\leq ۰/۰۱$). در این آزمایش به‌نظر می‌رسد دوره کوتاه رشد گیاهچه‌ها، دلیل اصلی عدم واکنش یا واکنش‌پذیری کم ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش خشکی بود و بنابراین در انتخاب گیاهان برای سیستم ریشه‌ای گسترده، بایستی به مرحله مورد نظر رشد گیاه و بستر کاشت توجه داشت.

واژه‌های کلیدی: نخود، تنش خشکی، هیدروپونیک، ریشه.

مقدمه

مطالعات نشان داده است که ارقام نخود از نظر مقاومت به خشکی متفاوت هستند. احتمالاً مهم‌ترین مکانیسمی که در این امر دخالت دارد، تکوین یک سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده است (۶، ۱۷ و۱۸). در این ارتباط مطالعات انجام شده در مرکز بین‌المللی تحقیقات گیاهان زراعی برای مناطق نیمه‌خشک[2]، نشان داده است که رشد بیشتر ریشه‌ها و انشعابات آن در گیاهچه‌های نخود، با مقاومت به خشکی گیاه ارتباط دارد (۱۵). مطالب زیادی درباره تیپ مطلوب گیاهی (اندام هوایی) و آرشیتکت (ساختار مهندسی) آن به رشته تحریر درآمده است اما نسبت به جنبه‌های فوق در ریشه، یعنی اندامی که ساختار مهندسی گیاه بر آن استوار

۱- به‌ترتیب عضو هیأت علمی و کارشناسان ارشد پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

2- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)

Archive of SID

www.SID.ir

است، توجه ناچیزی شده است (۱۱). همچنان‌که به‌گزینی و اصلاح برای خصوصیات مربوط به اندام هوایی باعث افزایش عملکرد شده است، انجام این اقدامات در مورد ریشه نیز می تواند سبب افزایش عملکرد شود و در شرایط بحرانی تنش، موفقیت تولید را تضمین نماید (۱۱).

سیستم گسترده ریشه با مقاومت به خشکی گیاه همبستگی مثبتی دارد (۳، ۹، ۱۳، ۲۴ و ۲۶). نوساناتی از نظر تعداد ریشه، طول و سرعت رشد آن در واریته‌ها و گیاهان مختلف مشاهده شده است که این صفات باعث ایجاد تفاوت‌هایی در ویژگی‌های گیاه از جمله مقاومت به خشکی، غرقابی، شوری و زودرسی گیاه شده‌اند (۹،۱۰ و ۱۱). سینگ و همکاران (۲۳) در مورد نخود بیان داشتند که قابلیت توارث ارقام برای خصوصیات ریشه بسیار پایین است و لذا اثر عوامل محیطی در بروز این صفت شدید است. کریشنامورثی و همکاران (۱۷) در مطالعات خود همبستگی معنی‌داری را میان زیست‌توده اندام هوایی و ریشه ($r=۰/۹۴$) در گیاهچه‌های ۳۵روزهٔ نخود گزارش کردند. سینگ و همکاران (۲۳) بیان داشتند گیاهانی که طول ریشه اصلی و تعداد ریشه‌های جانبی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کمتر دارا هستند، مقاومت و تحمل بیشتری به تنش خشکی دارند. اعتقاد اغلب متخصصان بر این است که حداکثر عمق ریشه در نخود، ژنتیکی است (۱، ۷، ۹، ۱۲،۱۶ و۲۲) در عین حال تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد (۹، ۱۲،۲۰ و ۲۱). در مطالعه ژنوتیپ‌های لوبیا، الشازلی و واربویز (۸) مقادیر متفاوتی را برای طول ریشه و گستردگی آن وقتی‌که در شرایط متفاوت رطوبتی خاک قرار گرفتند، ثبت کردند. این محققان اظهار داشتند که مجموع طول ریشه‌ها می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم در گزینش ارقام مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گیرد. تفاوت‌های ژنوتیپی ویژگی‌های ریشه و اندام‌های هوایی، اغلب در مراحل اولیهٔ رشد آشکار می‌شود و این حقیقت را می‌توان به‌عنوان یک روش مناسب و آسان در گزینش ارقام یا ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار داد (۴، ۵ و۶). در شرایط عدم امکان اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه در شرایط مزرعه، شبیه‌سازی شرایط رشد در محیط گلخانه به‌عنوان یک راه‌حل برای ارزیابی تفاوت‌های ژنوتیپی که با بهره‌برداری ریشه از رطوبت خاک و تولید زیست توده مرتبط است، مطرح می‌باشد (۲۷). موفقیت مدل‌هایی که رشد ریشه و توزیع آن‌را شبیه‌سازی می‌کنند به چگونگی شناخت دقیق روابط موجود بین صفات مربوط به ریشه از جمله وزن خشک ریشه، حجم ریشه، طول ریشه و روابط آنها با اندام هوایی بستگی دارد. چنین اطلاعاتی به‌استثنای سویا در مورد نخود و سایر گیاهان دو لپه وجود ندارد (۹، ۲۱ و۲۵). در این راستا مطالعهٔ حاضر با اهداف زیر انجام شد:

۱- بررسی تنوع ژنتیکی موجود میان ژنوتیپ‌ها از نظر خصوصیات مربوط به ریشه و اندام هوایی در محیط هیدروپونیک.

۲- ارزیابی صفات مورفوفیزیولوژیک موثر در مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌ها در شرایط هیدروپونیک و آزمایش گلخانه‌ای.

۳- بررسی تأثیر ژنوتیپ و محیط بر خصوصیات مربوط به ریشه و اندام هوایی.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی خصوصیات ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود، ۳۰ ژنوتیپ شامل برخی از ارقام و لاین‌های بین‌المللی متحمل به خشکی و نیز لاین‌های خالص جمع‌آوری‌شده از مناطق مختلف کشور (جدول۱) در دو آزمایش جداگانه، شامل کاشت در شرایط هیدروپونیک و آزمایش گلخانه‌ای (کاشت در بستر شن)[1] مورد مطالعه قرار گرفتند.

1- Sand culture.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱: ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش و مبداء آنها.

شماره	نام ژنوتیپ	مبداء
۱	ICC 4958	ایکریست
۲	ICCV 93032	ایکریست
۳	ICCV 93039	ایکریست
۴	ICCV 93040	ایکریست
۵	ICCV 93042	ایکریست
۶	ICCV 94008	ایکریست
۷	FLIP 99-34C	ایکاردا
۸	FLIP 98-55C	ایکاردا
۹	FLIP 98-107C	ایکاردا
۱۰	FLIP 98-130C	ایکاردا
۱۱	MCC* 189	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۲	MCC 40	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۳	MCC 181	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۴	MCC 184	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۵	MCC 1	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۶	MCC 2	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۷	MCC 392	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۸	MCC 19	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۱۹	MCC 443	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۲۰	MCC 426	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۲۱	MCC 463	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۲۲	MCC 458	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردسی
۲۳	MCC 510	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۲۴	MCC 333	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۲۵	MCC 49	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۲۶	MCC 83	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۲۷	MCC 165	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۲۸	MCC 264	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۲۹	MCC 120	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی
۳۰	MCC 5	بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی

*. Mashhad Chickpea Collection (MCC)

کاشت در محیط هیدروپونیک

در محیط هیدروپونیک، ابتدا بذور پس از خیس‌شدن، برای جوانه‌زنی در تاریکی و دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از جوانه‌زنی و تولید ریشه‌چه، گیاهچه‌ها به ظروف پلاستیکی به ابعاد ۲۰×۲۵×۵۰ سانتی‌متر که حاوی ۲۴ لیتر محلول غذایی بود، منتقل شدند. گیاهچه‌ها در حفره‌هایی که به فاصله ۴× ۸ سانتی‌متر از یکدیگر روی سرپوش ظرف ایجاد شده بودند، قرار گرفتند. برای تغذیهٔ گیاهچه‌ها از محلول غذایی هوگلند (۲) که در فاصله زمانی مناسب تعویض می‌شد، استفاده شد و در طول انجام آزمایش، ظروفِ حاوی گیاهچه‌ها در شرایط مناسب به‌طور دائم هوادهی شدند. هر ظرف حاوی مجموعهٔ کاملی از ژنوتیپ‌ها بود که به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. چهار ظرف در آزمایش مورد استفاده قرار گرفت و بنابراین آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. ۳۰ روز پس از سبز شدن، گیاهچه‌ها برداشت و به دو بخش ریشه و اندام‌های هوایی تقسیم شدند. صفات مربوط به اندام‌های هوایی شامل ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک برگ و صفات مربوط به ریشه شامل طول ریشهٔ اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، مجموع طول ریشه‌ها و سطح ریشه‌ها، مطابق روش گنجعلی و همکاران (۲)، اندازه‌گیری و ثبت شدند (۲). برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجهٔ‌سانتی‌گراد و به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و سپس وزن خشک آنها با دقّت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. صفاتی مانند طول ریشه اصلی و ارتفاع گیاه در محل گلخانه و سایر صفات مانند مجموع طول ریشه‌ها و سطح ریشه برای هر گیاه، پس از انتقال به آزمایشگاه توسط یک اسکنر متصل به کامپیوتر، اسکن و سپس با استفاده از نرم‌افزار Root Edge، محاسبه شدند. سطح برگ توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ تعیین شد و در پایان این مرحله، ژنوتیپ‌ها بر اساس وضعیت سیستم ریشه‌ای، مشابه روش ماین و همکاران (۱۹)، گروه بندی شدند.

آزمایش گلخانه‌ای

آزمایش گلخانه‌ای با انتخاب پنج ژنوتیپ ریشه‌بلند و برتر از نظر خصوصیات مربوط به ریشه و پنج ژنوتیپ ریشه‌کوتاه، از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در کشت هیدروپونیک انتخاب شدند. بذور ۱۰ ژنوتیپ منتخب، در لوله‌های پلاستیکی به قطر ۱۲ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر که از شنِ شسته پُر شده بودند، کشت شدند (شکل ۱).

عناصر غذایی مورد نیاز گیاهچه‌ها از طریق محلول غذایی در اختیار گیاهچه‌ها قرار گرفت. در این مرحله ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رطوبت مناسب (شاهد) و تنش

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱: لوله‌های پلاستیکی در آزمایش گلخانه‌ای.

خشکی (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفتند. لوله‌های پلاستیکی در داخل واحدهایی که برای این منظور طراحی شده بود قرار گرفتند و به‌این‌ترتیب آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ۳۰ روز پس از سبز شدن، لوله‌های پلاستیکی تخریب و گیاهان به دو بخش ریشه و اندام‌های هوایی تقسیم شدند و سپس تمامی صفات اندازه‌گیری شده در مرحله اول، در این مرحله نیز اندازه‌گیری و ثبت شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش، با استفاده از نرم افزارهایJUMP و MSTAT-C تجزیهٔ رگرسیونی و تجزیه واریانس شدند. مقایسهٔ کلیهٔ میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

محیط هیدروپونیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در محیط هیدروپونیک، تأثیر ژنوتیپ بر صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی شامل وزن خشک ریشه، مجموع طول ریشه‌ها، طول ریشه اصلی، سطح ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی، ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن خشک برگ، بسیار معنی‌دار بود. بر این اساس، تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی بین صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی در میان ژنوتیپ‌ها قابل مشاهده است که گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را براساس صفات فوق آسان می‌نماید (جدول۲). بر این اساس، ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۹، ۱۴، ۱۵ و۱۶ (به‌ترتیب MCC 392، Flip 98-107C، MCC 184، MCC 1 و MCC 2) در گروه ژنوتیپ‌های ریشه‌بلند و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۲۲، ۱۹، ۲۷ و۷ (به‌ترتیب Flip 98-130C، MCC 458، MCC 443، MCC 165و Flip 99-34C) در گروه ژنوتیپ‌های ریشه‌کوتاه قرار گرفتند.

وزن خشک ریشه‌ها: تنوع نسبتاً وسیعی بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان وزن خشک ریشه‌ها در گیاه وجود داشت و دامنه تغییر آن از ۲۱۵ میلی‌گرم در ژنوتیپ شماره ۱۷ تا ۵۵ میلی‌گرم در ژنوتیپ شماره ۲۹ که یک اختلاف تقریباً چهار برابری است، متفاوت بود. ژنوتیپ شماره ۱۷ از نظر وزن خشک ریشه‌ها، اختلاف بسیار معنی‌داری با ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌کوتاه داشت ولی اختلاف آن با ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند معنی‌دار نبود (جدول۲). گریگوری (۹) در مطالعه گیاهچه‌های نخود که با استفاده از محلول غذایی تغذیه شده بودند گزارش کرد که در بقولات دانه‌ای، اولویت تخصیص مواد فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد (گیاهچه‌ای) عمدتاً به‌سمت ریشه‌ها است تا اندام هوایی، لذا بقولات دانه‌ای و از جمله نخود در مراحل اولیه رشد از سیستم ریشه‌ای بزرگ‌تری برخوردار هستند و بنابراین انتظار می‌رود که تفاوت‌های موجود در پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مربوط به ریشه در مراحل اولیه رشد بیان شوند.

مجموع طول ریشه‌ها: تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر مجموع طول ریشه‌ها در گیاه وجود داشت (جدول۲). ژنوتیپ‌های شماره ۱۸ و ۲۵ به‌ترتیب با مقادیر ۴۵۶ و ۴۵۳ سانتی‌متر بالاترین مقدار مجموع طول ریشه‌ها در گیاه را به خود اختصاص دادند و ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۷ و ۱۹ به‌ترتیب با مقادیر ۱۹۱، ۱۴۸ و ۱۲۶، از کمترین مقدار

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲: صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش مقایسهٔ ۳۰ ژنوتیپ نخود در محیط هیدروپونیک.

شمارهٔ ژنوتیپ	وزن خشک ریشه‌ها در گیاه (میلی‌گرم)	مجموع طول ریشه‌ها در گیاه (سانتی‌متر)	طول ریشهٔ اصلی (سانتی‌متر)	سطح ریشه در گیاه (سانتی‌مترمربع)	تعداد ریشه‌های جانبی در گیاه	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	سطح برگ گیاه (سانتی‌مترمربع)	وزن خشک برگ در گیاه (میلی‌گرم)
1	84/7	231	33/3	24/7	17/3	15/7	29/1	250/7
2	123/0	240	31/7	28/9	11/7	17/2	29/2	298/3
3	85/7	203	25/7	20/9	12/7	18/0	20/1	226/3
4	112/0	289	25/3	30/8	13/0	16/7	26/2	233/0
5	140/3	290	23/7	32/5	19/0	13/3	34/7	244/0
6	62/3	265	25/3	19/5	9/7	13/7	21/0	188/3
7	72/3	148	27/7	9/9	9/0	14/3	22/2	183/7
8	85/3	277	31/0	27/9	11/0	15/0	18/7	171/3
9	202/7	356	29/3	43/4	19/3	18/7	40/1	320/7
10	82/7	239	28/0	19/5	10/3	15/3	20/4	216/7
11	135/3	276	29/3	45/9	14/0	15/7	30/0	296/3
12	99/3	257	32/0	28/2	14/0	16/7	30/9	240/7
13	173/0	318	27/7	23/6	13/7	18/0	30/2	284/7
14	145/0	419	39/7	48/7	17/7	17/3	42/1	295/0
15	153/7	414	29/3	43/8	17/0	18/0	39/5	337/3
16	186/0	430	38/0	51/2	18/7	17/0	44/3	384/0
17	214/7	407	35/7	46/2	13/7	15/0	47/9	396/7
18	137/3	456	29/0	36/9	11/0	16/3	31/1	308/3
19	66/7	126	20/3	13/6	9/0	16/3	22/1	213/3
20	130/0	381	27/5	40/0	17/0	19/7	30/1	232/0
21	131/0	262	27/0	30/8	17/0	14/3	28/0	237/3
22	79/7	191	29/7	21/1	12/0	14/0	23/8	192/7
23	132/0	346	34/0	36/6	16/0	16/0	38/2	270/3
24	129/7	369	30/7	39/1	14/3	15/7	35/2	285/0
25	145/3	453	29/3	41/8	14/0	18/7	36/2	383/7
26	144/7	398	23/7	35/1	17/0	18/7	36/7	343/3
27	67/3	217	22/0	23/7	9/0	17/5	33/3	207/7
28	125/7	219	25/3	27/7	11/3	13/7	37/0	324/3
29	55/3	249	17/5	16/3	15/3	11/6	29/1	172/3
30	95/3	218	25/0	23/9	17/7	11/7	22/6	155/3
LSD (0/05)	78/2	193/3	8/2	20/4	6/9	4/4	15/7	133/9

آن برخوردار بودند (جدول۲). از آنجا که سایر صفات مربوط به ریشه عمدتاً متأثر از مجموع طول ریشه‌ها است، بنابراین این صفت می‌تواند به‌عنوان یک معیار مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (۲ و۱۲). در این آزمایش ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند از نظر مجموع طول ریشه‌ها، تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

طول ریشه اصلی: ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند از نظر طول ریشه اصلی تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌کوتاه داشتند. دامنه تغییر طول ریشه اصلی از ۴۰ سانتی‌متر در ژنوتیپ شماره ۱۴ تا ۱۷/۵ سانتی‌متر در ژنوتیپ شماره ۲۹ که یک اختلاف ۱/۳ برابری است متفاوت بود. طول ریشه اصلی از جهت بهره‌برداری ریشه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در افق‌های متفاوت خاک مورد توجه است. این ویژگی می‌تواند در شرایط کمبود رطوبت و مواجههٔ گیاه با تنش خشکی برای گیاه راهگشا باشد (۱ و ۲).

سطح ریشه: تنوع ژنتیکی وسیعی بین ژنوتیپ‌ها از نظر سطح ریشه در گیاه وجود داشت. ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند از نظر سطح ریشه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما اختلاف آنها با ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌کوتاه، اغلب معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین سطح ریشه با مقادیر ۵۱ و ۹/۹ سانتی‌مترمربع به‌ترتیب به

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ و ۷ تعلق داشت که یک اختلاف پنج برابری است.

تعداد ریشه‌های جانبی: تنوع گسترده‌ای بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد ریشه‌های جانبی در گیاه وجود داشت. دامنه تغییر آن از ۱۹/۳ در ژنوتیپ شماره ۹ تا ۹ در ژنوتیپ‌های شماره ۷،۱۹ و ۲۷ متفاوت بود که یک اختلاف تقریباً دو برابری است. تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه از نظر تعداد ریشه‌های جانبی وجود داشت (جدول۲).

گوپتا و همکاران (۱۰) بیان داشتند که گزینش برای بهبود بنیه ریشه‌های اولیه (ریشه‌های بذری) یک صفت برای اصلاح مقاومت به خشکی است. ایشان اهمیت تعداد ریشه‌های بذری را به‌عنوان یک معیار مهم انتخاب برای مقاومت به خشکی مورد تأکید قرار دادند و بیان داشتند که در گزینش برای بهبود تحمل به خشکی بایستی از والدینی استفاده شود که دارای ریشه‌های بذری بیشتری هستند.

صفات اندام هوایی

تفاوت موجود در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر ارتفاع گیاه در اکثر موارد، معنی‌دار نبود و ژنوتیپ‌ها غالباً در یک گروه مشترک قرار گرفتند (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد تخصیص بیشتر اسیمیلات به ریشه نسبت به اندام هوایی در مراحل اولیه رشد، از دلایل اصلی یکنواختی ارتفاع گیاه در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی باشد. با وجود این‌که ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های ریشه‌کوتاه داشتند اما تفاوت‌های موجود میان سایر ژنوتیپ‌ها عمدتاً معنی‌دار نبود (جدول ۲). دامنه تغییر سطح برگ از ۴۸ سانتی‌مترمربع در ژنوتیپ شماره ۱۷ تا ۱۹ سانتی‌مترمربع در ژنوتیپ شماره ۸، که یک اختلاف ۲/۶ برابری است، متفاوت بود. ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند به‌دلیل برخورداری از سیستم ریشه‌ای سنگین‌تر و گسترده‌تر برای جذب آب و عناصر غذایی و نهایتاً تولید بیشتر اسیمیلات، از سطح برگ بالاتری برخوردار بودند. الگوی تغییرات وزن خشک برگ در میان ژنوتیپ‌ها مشابه سطح برگ آنها بود. ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند از وزن خشک برگ بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌کوتاه برخوردار بودند و تفاوت‌های موجود بین ژنوتیپ‌های دو گروه عموماً معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین وزن خشک برگ با مقادیر ۳۹۷ و ۱۵۵ میلی‌گرم به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های شماره ۱۷ و ۳۰ تعلق داشت (جدول ۲).

آزمایش گلخانه‌ای

مجموع طول ریشه‌ها: نتایج حاصل از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر مجموع طول ریشه‌ها در گیاه معنی‌دار نیست. بیشترین میزان آن به ژنوتیپ MCC1 با ۲۱۷۰ سانتی‌متر و کمترین آن به ژنوتیپ Flip 98-130C با ۷۹۰ سانتی‌متر هر دو در شرایط تنش خشکی تعلق داشت (جدول ۳). ژنوتیپ MCC 1 که در شرایط هیدروپونیک در گروه ژنوتیپ‌های ریشه‌بلند قرار داشت در شرایط گلخانه نیز از بالاترین مجموع طول ریشه‌ها برخوردار بود. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون بین مجموع طول ریشه‌ها در شرایط کشت هیدروپونیک و گلخانه نشان داد که هیچ‌گونه همبستگی معنی‌دار خطی و یا غیر خطی برای آن در دو محیط فوق وجود ندارد (r=۰/۰۸). این نتایج مؤید آن است که تأثیر محیط در صفات مربوط به ریشه و از جمله مجموع طول ریشه‌ها غیر قابل انکار است. در این رابطه سینگ و همکاران (۲۳) بیان داشتند که در نخود قابلیت توارث ارقام نخود در خصوصیات ریشه بسیار پایین است و لذا اثر عوامل محیطی در بروز این صفات بسیار شدید است. در این آزمایش، عواملی چون شرایط متفاوت رشد (محیط هیدروپونیک و کشت در محیط شن) را می‌توان از دلایل احتمالی وجود اختلاف‌های موجود در صفات ریشه و از جمله مجموع طول ریشه‌ها برای یک ژنوتیپ در دو محیط، برشمرد.

وزن خشک ریشه: اگرچه میانگین وزن خشک ریشه در گیاه در گروه ژنوتیپ‌های ریشه‌بلند بیش از گروه

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های ریشه‌کوتاه بود، اما تفاوت‌های موجود بین ژنوتیپ‌های دو گروه فوق هم در شرایط تنش و هم بدون تنش معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین هیچ‌گونه همبستگی معنی‌دار خطی یا غیر خطی بین وزن خشک ریشه در محیط هیدروپونیک و محیط شن در آزمایش گلخانه‌ای، هم در شرایط تنش و هم بدون تنش وجود نداشت. بنابراین نتایج فوق مؤید تأثیر غیر قابل انکار اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط بر رشد ریشه ژنوتیپ‌های نخود می‌باشد. در این ارتباط باوجود این‌که بررسی‌های متعدد نشان داده است که صفات مربوط به ریشه عمدتاً ژنتیکی هستند (۱،۷،۹،۱۶،۲۱ و ۲۲) اما مطالعات زیادی نیز وجود دارند که تأکید می‌نمایند صفات مربوط به ریشه به‌شدت تحت تأثیر محیط و عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرند (۹،۱۲ و ۲۰).

طول ریشه اصلی: در محیط گلخانه، تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه اصلی گیاهچه‌ها نداشت (جدول۳). همچنین تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه از نظر این صفت وجود نداشت ($p\leq ۰/۰۵$). به‌نظر می‌رسد در مراحل اولیه رشد رویشی (مرحلهٔ گیاهچه‌ای)، گیاهچه‌ها به‌دلیل برخورداری از سطح برگ کمتر و بنابراین تلفات آبی کمتر از طریق تعرق از سطح برگ و نهایتاً نیاز آبی کمتر در این مرحله، به تنش خشکی واکنش بسیار ضعیف نشان داده و یا حتی هیچ واکنشی نشان نداده‌اند. در این مطالعه نیز، همبستگی معنی‌دار خطی یا غیر خطی بین طول ریشه اصلی ژنوتیپ‌ها در شرایط هیدروپونیک و گلخانه وجود نداشت که این موضوع نشان از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو محیط رشد مختلف دارد. گریگوری (۹) در بررسی اولیه‌ای که روی ریشه گیاهان نخود، باقلا، عدس و نخود فرنگی انجام داد، نتیجه گرفت که عمق ریشه در نخود یک صفت ژنتیکی است ولی عوامل محیطی در بروز آن اثر بارزی دارد.

سطح ریشه: تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین میانگین سطح ریشه گیاه در ژنوتیپ‌های ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه در شرایط تنش خشکی و نیز در شرایط فراهمی رطوبت مشاهده نشد و تفاوت‌های موجود میان ژنوتیپ‌ها عموماً معنی‌دار نبودند (جدول ۳). دامنه تغییر سطح ریشه از ۱۵۲/۷ سانتی‌مترمربع در ژنوتیپ MCC 1 تا ۶۵/۶ سانتی‌مترمربع در ژنوتیپ MCC 392، هر دو در شرایط تنش خشکی، متفاوت بود. در شرایط فراهمی رطوبت نیز شرایط کم و بیش مشابهی وجود داشت و بیشترین و کمترین سطح ریشه با مقادیر ۱۳۸/۹ و ۸۰/۹ سانتی‌متر مربع به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های MCC 1 و MCC 165 تعلق داشت. سطح ریشه از طریق افزایش نقاط ورودی، به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در بهبود جذب آب و عناصر

جدول ۳: اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر صفات ریشه نخود در آزمایش گلخانه‌ای.

نام ژنوتیپ (شمارهٔ ژنوتیپ)		طول مجموع ریشه‌ها در گیاه (سانتی‌متر)		وزن خشک ریشه در گیاه (میلی‌گرم)		طول ریشه اصلی (سانتی‌متر)		سطح ریشه در گیاه (سانتی‌مترمربع)	
		تنش خشکی	شاهد	تنش خشکی	شاهد	تنش خشکی	شاهد	تنش خشکی	شاهد
گروه ریشه بلند	(۱۷) MCC 392	1130	1430	460/0	562/7	61	54	65/6	115/0
	(۹) FILP 98-107C	1280	1270	762/0	679/0	61	68	114/5	126/0
	(۱۴) MCC 184	880	1260	813/0	540/7	63	57	116/9	102/8
	(۱۵) MCC 1	2170	1450	726/0	۷۰۰/۰	66	63	152/7	138/9
	(۱۶) MCC 2	1300	1000	561/0	334/3	67	50	107/5	85/9
	میانگین	1350	1280	664/4	563/3	64	58	111/4	113/7
گروه ریشه کوتاه	(۱۰) FLIP 98-130C	790	1000	433/0	410/0	55	58	78/4	90/0
	(۲۲) MCC 458	1230	1000	795/5	503/0	74	54	125/3	88/6
	(۱۹) MCC 443	1220	1270	556/0	509/0	65	72	98/9	124/5
	(۲۷) MCC 165	1330	1290	552/0	470/3	62	59	142/0	80/9
	(۷) FLIP 99-34C	1430	1620	496/0	489/0	51	۷۰	123/9	130/0
	میانگین	1200	1240	566/5	476/3	61	63	113/7	102/8
	LSD(0/05)	812	812	443	443	21	21	68/9	68/9

Archive of SID

www.SID.ir

غذایی مطرح است (۲). مشابه سایر صفات ریشه، همبستگی معنی‌داری بین سطح ریشه ژنوتیپ‌ها در شرایط هیدروپویک و محیط گلخانه هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش وجود نداشت. به‌نظر می‌رسد که در این آزمایش تأثیر عوامل محیطی و به‌ویژه بستر کاشت بر عوامل ژنتیکی غالب است. تحقیقات ماین و همکاران (۱۹۹۳) در مورد ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه گندم نشان داد که همبستگی معنی‌دار خطی بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش هیدروپونیک با صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش گلخانه‌ای برای تیمار شاهد و غرقابی وجود دارد، اما این همبستگی برای تیمار تنش خشکی معنی‌دار نیست. به‌طور کلی در مورد ویژگی‌های ریشه نخود مطالعات بسیار کمی انجام شده است (۱۳،۲۱ و ۲۹) و در این مورد به بررسی‌های بیشتری نیاز است.

صفات اندام هوایی

تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع گیاه وجود داشت (جدول ۴). دامنه تغییر ارتفاع گیاه از ۳۰/۴ سانتی‌متر در ژنوتیپ MCC 184 در تیمار شاهد تا ۲۱/۷ سانتی‌متر در ژنوتیپ MCC 392 در تیمار تنش خشکی متفاوت بود. میانگین ارتفاع گیاه بین ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند با ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌کوتاه، تفاوت چندانی نداشت. در ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند، ارتفاع گیاه در برخی از ژنوتیپ‌ها مانند MCC 184 و MCC 1، هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش، اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ MCC 392 داشت (جدول ۴). هرچند همبستگی‌های معنی‌داری بین ارتفاع گیاه و مجموع طول ریشه‌ها در محیط هیدروپونیک مشاهده شد اما نتایج آزمایش گلخانه‌ای، همبستگی معنی‌داری را بین صفات مذکور در محیط شن نشان نداد و بنابراین ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند لزوماً قادر به تولید گیاهانی با ارتفاع ساقه بالاتری نبودند. در رابطه با سطح برگ، ژنوتیپ‌های MCC 165 از گروه ریشه‌کوتاه و MCC 2 از گروه ریشه‌بلند، هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش از بالاترین مقادیر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌های هم‌گروه، برخوردار بودند (جدول۴). بالاترین و کمترین سطح برگ به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های MCC 165 (تیمار شاهد) و MCC 392 (تیمار تنش خشکی) تعلق داشت. تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر سطح برگ در شرایط تنش خشکی و بدون تنش مشاهده نشد. احتمالاً دوره کوتاه رشد (۳۰ روز) سبب شده است که گیاهچه‌ها واکنش معنی‌داری به مقدار تنش خشکی اعمال شده نشان ندهند. در این آزمایش با وجود انتظار سطح برگ بالاتر برای ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند به‌دلیل برخورداری از سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر برای جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه در شرایط تنش خشکی، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری از این نظر میان ژنوتیپ‌های دو گروه حتی در شرایط تنش خشکی مشاهده نشد. در این رابطه دو احتمال وجود دارد. نخست، تأثیر معنی‌دار بستر رشد گیاه بر صفات ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر، واکنش ژنوتیپ‌ها از نظر صفات ریشه و اندام هوایی در محیط هیدروپونیک متفاوت از محیط شن بوده است و ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند نتوانستند برتری خود را از نظر خصوصیات ریشه در آزمایش گلخانه‌ای حفظ نمایند. تاثیر غیر قابل انکار محیط رشد بر خصوصیات ریشه گیاه در آزمایش های متعدد تائید شده است (۹، ۲۳،۲۷ و۲۸). عدم همبستگی‌های معنی‌دار صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی در دو محیط فوق مؤید این موضوع است. دوم، اولویت اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها نسبت به برگ‌ها در مراحل اولیه رشد و به‌ویژه مرحله گیاهچه‌ای (۹) سبب شده است که پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار سطح برگ بیان نشود و احتمالاً در مراحل بعدی رشد، اختلاف‌های ژنتیکی بیشتر بروز خواهد کرد.

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر زیست توده اندام هوایی گیاهچه های ۳۰ روزه ژنوتیپ‌ها نداشت و دامنه تغییر آن از ۳۱۴ میلی‌گرم در ژنوتیپ MCC 392 (گروه ریشه‌بلند) در شرایط تنش خشکی تا ۶۶۸ میلی‌گرم در

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ Flip98-130C (گروه ریشه‌کوتاه) متفاوت بود (جدول۴). به‌نظر می‌رسد عدم وجود تفاوت‌های معنی‌دار میان ژنوتیپ‌ها از نظر سطح برگ و به‌دنبال آن تولید اسیمیلات در گیاه، از دلایل اصلی یکنواختی بیوماس اندام هوایی میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. از طرفی همانطور که قبلاً نیز اشاره شد در مراحل اولیه رشد، تخصیص مواد فتوسنتزی عمدتاً به‌سمت ریشه‌ها است و بنابراین انتظار می‌رود که اختلاف‌های ژنوتیپی از نظر بیوماس اندام هوایی در مراحل بعدی رشد، بیشتر آشکار شود.

نتیجه‌گیری

تنوع ژنوتیپی قابل توجهی میان ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی در محیط هیدروپونیک مشاهده شد و بر این اساس دو گروه از ژنوتیپ‌ها، شامل ژنوتیپ‌های ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه شناسایی شدند. تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه از نظر صفات ریشه و اندام هوایی وجود داشت ولی بین ژنوتیپ‌های داخل هر گروه از این نظر تفاوتی معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که محیط رشد گیاه تأثیر غیرقابل انکاری بر صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی دارد. به‌نظر می‌رسد که عوامل محیطی (بستر کاشت) بر عوامل ژنتیکی غالب است چرا که هیچ‌گونه همبستگی معنی‌دار خطی و یا غیر خطی بین صفات ریشه و اندام هوایی در آزمایش هیدروپونیک با صفات فوق در آزمایش گلخانه‌ای وجود نداشت. در آزمایش گلخانه‌ای صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفتند. به‌نظر می‌رسد دوره کوتاه رشد گیاهچه‌ها (۳۰ روز) دلیل اصلی عدم واکنش یا واکنش‌پذیری کم ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش خشکی است. احتمالاً با طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه، اختلاف‌های ژنوتیپی از نظر پاسخ به تنش خشکی آشکارتر خواهد شد.

جدول۴: اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر صفات اندام هوایی ژنوتیپ‌های گروه ریشه‌بلند و ریشه‌کوتاه نخود.

نام ژنوتیپ	(شمارهٔ ژنوتیپ)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)		سطح برگ در گیاه (سانتی‌مترمربع)		بیوماس اندام هوایی در گیاه (میلی‌گرم)	
		تنش خشکی	شاهد	تنش خشکی	شاهد	تنش خشکی	شاهد
گروه ریشه بلند	(۱۷) MCC 392	۲۱/۷	۲۳/۷	۳۲/۳	۴۷/۵	۳۱۴	۴۲۰
	(۹)FILP 98-107C	۲۵/۷	۲۴/۳	۶۲/۶	۵۵/۷	۵۵۸	۴۷۸
	(۱۴) MCC 184	۳۰/۲	۳۰/۴	۴۸/۲	۶۸/۴	۴۴۷	۶۳۸
	(۱۵) MCC 1	۳۰/۲	۳۰/۰	۶۳/۷	۵۲/۵	۵۸۳	۵۵۰
	(۱۶) MCC 2	۲۶/۰	۲۸/۰	۶۶/۹	۶۹/۲	۶۱۹	۶۰۸
	میانگین	۲۶/۸	۲۷/۳	۵۴/۷	۵۸/۷	۵۰۴/۲	۵۳۸/۸
گروه ریشه کوتاه	(۱۰)FLIP 98-130C	۲۶/۰	۲۸/۰	۵۴/۶	۷۵/۱	۴۹۲	۶۶۸
	(۲۲) MCC 458	۲۸/۰	۲۷/۳	۶۱/۶	۶۰/۴	۵۳۹	۵۱۱
	(۱۹) MCC 443	۲۸/۷	۲۸/۳	۵۶/۳	۵۲/۸	۵۲۶	۵۷۴
	(۲۷) MCC 165	۲۶/۰	۲۷/۷	۷۰/۴	۷۵/۴	۶۲۲	۶۶۷
	(۷) FLIP 99-34C	۲۳/۰	۲۴/۰	۵۱/۷	۵۸/۱	۴۷۹	۵۰۹
	میانگین	۲۶/۳	۲۷/۱	۵۸/۹	۶۴/۷	۵۳۱/۶	۵۸۵/۸
	LSD(0/05)	۶/۸	۶/۸	۲۸/۲	۲۸/۲	۲۴۸	۲۴۸

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

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

۲- گنجعلی، ع. ۱۳۸۴. بررسی جنبه‌های فیزیومورفولوژیک مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود(*Cicer arietinum* L.). رسالهٔ دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

3- Apel, P. and A. Bergmann. 1981. Variability in the number of seedlings roots in barely. Kulturpflanze. 29: 403-415.

4- Arnon, I. 1972. Crop Production in Dry Region. Leonard hill Publisher, London.

5- Austin, R. B., I. E. Henson and S. A. Quarrie. 1982. Abscisic acid and drought resistance in wheat, millet and rice. PP. 171-80. In: Banos, L. (Ed.). Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice. Philippines, IRRI.

6- Bangal, D. B., B. M. Birari and K. G. Patil. 1988. Root characters the important criteria for drought resistance in wheat. J. Maharastra Agric. Univ. 13: 242-243.

7- Clements, H. F. 1964. Interaction of factors affecting yield. Annu. Rev. Plant Physiol. 15: 409-420.

8- Elshazly, M. S. and I. B. Warboys. 1989. The use of transparent flexible tubes for studying the root extension and elongation of beans. J. Exp. Agric. 25: 35-37.

9- Gregory, P. J. 1988. Root growth of chickpea, faba bean, lentil and pea and effcets of water and salt stresses. PP. 857-867. In: Summerfield, R. J. (Ed.). World Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers.

10- Gupta, U. S. 1984. Crop Improvement for drought resistance. Curr. Agric. 8: 1-15.

11- Gupta, U. S. 1998. Production and Improvement of Crops for Dryland .Oxford and IBH Publishing. CO. PVT. LTD.

12- Gupta, U. S. 1997. Crop Improvement: Vol II. Stress Toleronce. Oxford and IBH Publishing CO. PVT. LTD.

13- Hurd, E. A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. Agric. Meteorol. 14: 39-55.

14- Hurd, E. A. and E. D. Spreatt. 1975. Root patterns in crop as related to water and nutrient uptake. PP. 167-235. In: Gupta, U. S. (Ed.). Physiological Aspect of Dry lands Farming. Oxford and IBH. Pub. Co. New Delhi.

15- ICRISAT. 1990. Annual Report. Qatancheru. India. ICRISAT.

16- Krishnamurthy, L. and R. Serraj. 2003. Root and shoot growth dynamics of some chickpea genotypes under two moisture levels. International Chickpea and Pigeonpea Newsletters. 10: 24-28.

17- Krishnamurthy, L., J. Kashiwagi and H. D. Upadhyaya. 2003. Genetic diversity of drought avoidance root triats in the mini-core germplasm collection of chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletters. 10: 21-24.

18- Ludlow, M. M. and R. C. Munchow. 1990. A critical evaluation of triats for improving crop yield in water - limited environments. Adv. Agron. 43: 107 - 153.

19- Mian, M. A. R., D. Emerson and R. Tegker. 1993. Root growth of wheat genotypes in hydroponic culture and in the greenhouse under different soil moisture regimes. Crop Sci. 33: 283-286.

20- 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. Eu. J. Agron.13: 39-45.

21- Saxena, N. P. 2003. Management of Agriculture Drought: Agronomic and Genetic Options. Science Publishers Inc, NH, USA.

22- Singh, K.B. and M.C. Saxena. 1993. Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legume. Johan Wiley and Sons Publisher.

23- Singh. D. N., R. I. Massod Ali and P. S. Basu. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influnces of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress 2000.

24- Turner, N. C., G. C. Wright and K. H. M. Siddique. 2001. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. Adv. Agron. 71: 193-231.

25- Turner, N. C. 2003. Adaptation to drought: Lessons from studies with chickpea. Ind. J. Plant Physiol. (Special Issue) PP: 11-17.

26- 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: Saxena, N. P. (Ed.). Management of Agriculture Drought: Agronomic and Genetic Options. Science Publishers Inc, NH, USA.

27- Varnord Wijk, M. and P. Willigen. 1987. Agricultural concepts of roots: from morphogenetic to functional equilibrum between root and shoot growth. Neth. J. Agric. Sci. 35: 487-496.

28- Vincent, C. and P. J. Gregory. 1986. Differences in the growth and development of chickpea seedling roots. Exper. Agric. 22: 233-242.

Archive of SID

www.SID.ir

Genotypic diversity of root and shoot characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in hydroponic culture and in the greenhouse

A. Ganjeali, H. Porsa and S. Hojjat [1]

Archive of SID

Abstract

Root and shoot characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes are believed to be important in drought tolerance. There is a little information about the response of genotypes root growth in hydroponics and greenhouse culture, also the relationships between root size and drought tolerance. This study was conducted to observe whether genotypes differ in root size, and to see that root size is associated with drought tolerance during early vegetative growth. We found significant differences ($p \leq 0.01$) in root dry weight, total root length, tap root length, root area, leaf dry weight, leaf area and shoot biomass per plant among 30 genotypes of chickpea grown in hydroponics culture for three weeks. Each of these parameters correlated with all others, positively. Among 30 genotypes, 10 genotypes with different root sizes were selected and were grown in a greenhouse in sand culture experiment under drought stress (FC %30) for three weeks. There were not linear or non-linear significant correlations between root characters in hydroponics and greenhouse environments. It seems that environmental factors are dominant on genetic factors in seedling stage and so, the expression of genotypics potential for root growth characteristics of genotypes are different in hydroponic and greenhouse conditions. In this study, the selection of genotypes with vigorous roots system in hydroponic condition did not lead to genotypes with the same root characters in greenhouse environment. The genotype×drought interactions for root characters of chickpea seedlings in 30 days were not significant ($p<0.05$). Short period of growth, may be the main reason for showing low or non-responsibility of genotypes to drought stress. Therefore, two factors including the growth stage (phenology) of plant and the type of seedbed must be noted when screening vigorous root system of plants.

Keywords: Chickpea, drought stress, hydroponics, root.

1- Contributions from Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

www.SID.ir