

## کارایی فیزیولوژیک خیارهای پیوندی بر اساس نوع پایه، دمای محیط ریشه و مقادیر نیتروژن

مریم حقیقی<sup>۱\*</sup>، فاطمه بستاک<sup>۱</sup> و غزاله پورشرف الدین<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۷)

### چکیده

به منظور ارزیابی پایه های تجاری و بومی خیار در شرایط پیوند نسبت به مصرف مقادیر متفاوت نیتروژن در دماهای مختلف ریشه، این پژوهش به مدت یک سال در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، در سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، با تیمارهای سه سطح نیتروژن (۱۰۰٪ نیتروژن در محلول غذایی جانسون به عنوان شاهد برابر با ۱۱/۱۰ میلی مولار نیتروژن، ۷۵٪ نیتروژن در محلول غذایی برابر با ۷/۵۸۲ میلی مولار و ۵۰٪ نیتروژن در محلول غذایی برابر با ۵/۰۵۵ میلی مولار)، دو سطح دما (۱۵ درجه سلسیوس دمای کم ناحیه ریشه و ۲۵ درجه سلسیوس دمای بهینه ناحیه ریشه) و پایه های مختلف شامل کدو قلیانی (Rls) (*Lagenaria siceraria*)، کدو حلوائی هیبرید رقم فرو (Rcf) (*Cucurbita moschata* × *Cucurbita maxima* cv. Ferro)، کدو حلوائی توده بابل (Rsb) (*C. moschata* cv. Babol)، کدو حلوائی توده ساری (Rcm) (*C. moschata* cv. Sari) و خیار بومی اصفهان (Res) (*Cucumis sativus* cv. Isfahan) و شاهد خیار غیر پیوندی (Rn) (*Cucumis sativus* cv. DavosII) انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین وزن تازه اندام هوایی و ریشه و همچنین وزن خشک ریشه متعلق به پایه قلیانی است و پایه ساری بیشترین وزن خشک شاخساره را داشت. اثر تنش دمای ریشه بر رشد شاخساره بیش از تنش نیتروژن بود و کاهش بیشتری را در وزن تازه و خشک شاخساره ایجاد کرد. اثر دمای کم ناحیه ریشه نسبت به میزان نیتروژن تأثیر بیشتری بر فتوسنتز پایه های ساری، قلیانی، اصفهان و غیر پیوندی داشت. به نظر می رسد که پایه های کدو حلوائی توده ساری و قلیانی نسبت به سایر پایه ها توانایی حفظ رشد و شرایط فیزیولوژیک خیار را در تنش نیتروژن بیش از تنش دمایی داشته و پایه کدو حلوائی هیبرید رقم فرو بهترین شرایط رشد را در تنش دمایی کم ریشه فراهم ساخت. در کل، با مقایسه دو تنش (میزان نیتروژن و تنش دمای ریشه پیوند در تنظیم رشد)، سطوح مختلف نیتروژن کاراتر از تنش دمایی عمل کردند.

کلمات کلیدی: خیار، فتوسنتز، کدو حلوائی، کدو قلیانی

### مقدمه

متابولیک در گیاه می شود (۳۷). علاوه بر این، دماهای کمتر از حد مطلوب، ویژگی های فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، جذب یون و تنفس میتوکندریایی را تحت تأثیر قرار می دهند (۲۱). برخی از گزارش های مربوط به اثرهای نیتروژن بر رشد از

دماهای نامناسب سبب ایجاد برخی تغییرات در فرایندهای متابولیک گیاه می شوند. تحت شرایط دمای کم، تغییرات آنزیمی در گیاه ایجاد می شود که سبب نامتعادل شدن سرعت فرایندهای

۱. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mhaghghi@cc.iut.ac.ir

و  $\text{NH}_4^+$  در محلول مواد غذایی، رشد کاهش می‌یابد (۵). علاوه بر این، از نظر ویژگی‌های ظاهری، دیل (۱۱) گزارش کرد که در دمای ۱۵ درجه سلسیوس، نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس، برگ‌های کاهو سبزتر، ضخیم‌تر، چرمی‌تر و ریشه‌های محدودتری ایجاد می‌کند. فعالیت  $\text{H}^+$ -ATPase توسط هورمون‌هایی مانند اکسین و عوامل محیطی مانند دما تحریک می‌شود (۳۳).

با توجه به مطالب ذکرشده، پژوهش‌های اندکی تحقیقاتی در مورد اثر پایه‌های تجاری در شرایط تنش بر رشد خیار وجود دارد. اما هیچ‌کدام از این پژوهش‌ها به تغییرات جذب نیتروژن در سطوح مختلف، به‌ویژه در محیط بدون خاک، نپرداخته است. لذا، هدف از این آزمایش، بررسی اثر پایه‌های متداول و بومی در رشد خیار گلخانه‌ای در سطوح مختلف نیتروژن در دو دمای ریشه است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، در بهار ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت (جدول ۱). تیمارها شامل سه سطح نیتروژن (۱۰۰٪ نیتروژن در محلول غذایی جانسون به‌عنوان شاهد برابر با ۱۰/۱۱ میلی‌مولار نیتروژن، ۷۵٪ نیتروژن در محلول غذایی برابر با ۷/۵۸۲ میلی‌مولار و ۵۰٪ نیتروژن در محلول غذایی برابر با ۵/۰۵۵ میلی‌مولار)، دو سطح دما (۱۵ درجه سلسیوس دمای کم ناحیه ریشه و ۲۵ درجه سلسیوس دمای بهینه ناحیه ریشه) و پایه‌ها شامل کدو قلبانی *Lagenaria siceraria* (Rls)، کدو حلوایی هیبرید رقم فرو (*Cucurbita moschata* × *Cucurbita maxima*, cv. Ferro) (Rcf)، کدو حلوایی توده بابل (*C. moschata* cv. Babol) (Rcm)، کدو حلوایی توده ساری (*C. moschata* cv. Sari) (Rsb) و خیار بومی اصفهان (*Cucumis sativus* cv. Isfahan) (Res) و شاهد خیار غیریوندی (*Cucumis sativus* cv. DavosII) (Rn) پیوند شد. بذر داووس (شرکت تولید بذر داووس آزگرو آمریکا) از مرغوب‌ترین بذرهای موجود در بازار است. در بیشتر مناطق

جنبه‌های مختلف گزارش شده است. اولاً، منابع  $\text{NO}_3^-$  می‌توانند بر اسید جیبریلیک و متابولیسم جیبرلین با القای طویل شدن سلولی و افزایش رشد رویشی اثر گذارند (۱۳). ثانیاً، جایگزینی بخشی از غلظت  $\text{NO}_3^-$  با  $\text{NH}_4^+$  و اسیدهای آمینه (۳۰) این ترکیبات به‌طور متفاوتی بر رشد گیاه و متابولیسم نیتروژن تأثیر می‌گذارند؛ افزایش آمونیوم باعث کاهش سرعت رشد گیاه شده است. به‌همین ترتیب، گزارش شده که هنگامی که نسبت  $\text{NH}_4^+$  در محلول مواد مغذی افزایش می‌یابد، رشد کاهش می‌یابد (۵).

در سال ۱۹۷۰، اولین پایه خیار معرفی شد (۴). پایه‌های مختلف دارای سیستم‌های مختلف ریشه و توانایی جذب متفاوت هستند و می‌توانند باعث افزایش رشد رویشی شوند (۳۹). براساس گزارش لی و همکاران (۲۹) پایه‌ها سبب رشد بیشتر گیاه از طریق روش‌های مختلفی مانند افزایش جذب مواد مغذی، وضعیت هورمونی و رشد ریشه‌ها شدند (۲۹). پایه‌های کدوی برگ انجیری (*Cucurbita ficifolia* Bouch) و *Sicyos angulatus* L. اولین بار به‌عنوان پایه برای خیار استفاده شدند. کدوی برگ انجیری، تنها گونه کدوییان است که در دمای ۱۵ درجه سلسیوس رشد می‌کند (۲۶، ۲۹ و ۳۴). پژوهش‌های گوناگون نشان می‌دهد که این دو پایه سبب بهبود رشد رویشی و زود باردهی تحت شرایط نامطلوب دمایی می‌شوند (۱۰، ۳۴ و ۳۶). همچنین، نتایج مشابهی در گیاهان رشد یافته در دمای ۸ درجه سلسیوس به‌دست آمده است (۳). اخیراً مشاهده شده که خیارهای پیوند شده روی *C. moschata* Douch. که در محلول غذایی با دمای ۳۰ درجه سلسیوس رشد یافته، تحت شرایط تنش رشد بهتری را داشتند (۳۱). دمای کم ناحیه ریشه سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. عملکرد ریشه تحت دمای کم، گران‌روی آب، فشار ریشه‌ای و هدایت هیدرولیکی ریشه، فعالیت های متابولیک، تولید و انتقال رو به بالای هورمون‌های گیاهی را تغییر می‌دهد (۲۸). براساس نظریه اسید-رشد در pH برابر ۵،  $\text{H}^+$ -ATPase فعال می‌شود و  $\text{H}^+$  آزاد می‌شود. بنابراین، دیواره سلولی گسترش می‌یابد. گزارش شده که در کاهو، با کاهش  $\text{NO}_3^-$

جدول ۱. محلول غذایی جانسون

ترکیبات	وزن مولکولی	غلظت محلول (M)	غلظت محلول پایه (g/l)	میلی لیتر محلول پایه در لیتر محلول نهایی	عنصر	غلظت نهایی (ppm)	%۵۰ (ppm)	%۷۵ (ppm)
KNO <sub>۳</sub>	۱۰۱/۱۰	۱/۰	۱۰۱/۱۰	۶/۰	N	۲۲۴	۱۱۲	۱۶۸
Ca(NO <sub>۳</sub> ) <sub>۲</sub> ·۴H <sub>۲</sub> O	۲۳۶/۱۶	۱/۰	۲۳۶/۱۶	۴/۰	K	۲۳۵	۱۱۷/۵	۱۷۶/۲۵
NH <sub>۴</sub> H <sub>۲</sub> PO <sub>۴</sub>	۱۱۵/۰۸	۱/۰	۱۱۵/۰۸	۲/۰	Ca	۱۶۰	۸۰	۱۲۰
MgSO <sub>۴</sub> ·۷H <sub>۲</sub> O	۲۴۶/۴۹	۱/۰	۲۴۶/۴۹	۱/۰	P	۶۲	۶۲	۶۲
					S	۳۲	۳۲	۳۲
	mM				Mg	۲۴	۲۴	۲۴
KCl	۷۴/۵۵	۵۰	۳/۷۲	۱/۰	Cl	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷
H <sub>۲</sub> BO <sub>۳</sub>	۶۱/۸۴	۲۵	۱/۵۴	۱/۰	B	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
MnSO <sub>۴</sub> ·H <sub>۲</sub> O	۱۶۹/۰۱	۲/۰	۰/۳۳	۱/۰	Mn	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
ZnSO <sub>۴</sub> ·۷H <sub>۲</sub> O	۲۸۷/۵۵	۲/۰	۰/۵۷	۱/۰	Zn	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳
CuSO <sub>۴</sub> ·۵H <sub>۲</sub> O	۲۴۹/۷۱	۰/۵	۰/۱۲	۱/۰	Cu	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
H <sub>۲</sub> MoO <sub>۴</sub>	۱۶۱/۹۷	۰/۵	۰/۰۸۱	۱/۰	Mo	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
Fe-EDTA	۳۴۶/۰۸	۵۰	۲۱/۵۳	۱/۰	Fe	۲/۸۰	۲/۸۰	۲/۸۰

تغییرات عناصر پتاسیم و کلسیم توسط نمک‌های کلرید آنها تنظیم شد.

آبیاری براساس نیاز گیاه انجام گرفت. یک هفته بعد، گیاهان پیوندی به محیط آبکشت حاوی محلول غذایی جانسون (۲۵) انتقال یافتند و تیمار نیتروژن با غلظت‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن محلول غذایی جانسون اعمال شد.

برای اعمال تیمارهای دمایی ریشه، ظروف هیدروپونیک در حمام‌های آبی با دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. در انتهای آزمایش، پس از ۶ هفته، بوته‌ها از محیط کشت بیرون آورده و ریشه آنها به‌خوبی در آب شسته شد. با کمک اسکارپل از محل طوقه ریشه و بخش هوایی از هم جدا شد. سپس بخش هوایی و ریشه را به صورت جداگانه با ترازوی دیجیتال وزن کرده و برای به‌دست آوردن وزن خشک بخش هوایی و ریشه‌ها، هر بخش را جداگانه در پاکت گذاشته و در آون (۷۰ درجه سلسیوس) خشک کرده و پس از ۴۸ ساعت توزین شد. حجم ریشه نیز با کمک استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. شاخص سبزیگی برگ، که نمایانگر میزان کلروفیل برگ است، توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD)

کشور، در شرایط گلخانه‌ای و خارج گلخانه‌ای، برای تولید خیار از این رقم استفاده می‌کنند. خیارهای حاصل از این نوع بذور دارای طول زیاد همراه با قطر کم و همچنین هسته‌های عقیم بوده که از ویژگی‌های بارز یک محصول بهینه است.

ابتدا بذورهای پایه‌های بومی (قلیانی، فرو، بابل، ساری و بومی اصفهان) را در مخلوطی از کوکوپیت و پرلایت (۵۰:۵۰) کاشته و پس از اینکه بوته‌ها به مرحله یک برگ حقیقی رسیدند، روی آنها پیوندک خیار DavosII به‌روش حفره‌ای انجام گرفت. پس از انجام عملیات پیوند، همه گیاهان به بستر کوکوپیت و پرلایت با نسبت حجمی ۱ به ۱ منتقل شده و در داخل یک اتاقک تاریک با رطوبت نسبی ۹۹٪ و دمای ۲۵-۲۶ درجه سلسیوس قرار داده شدند و سپس به یک مینی‌تونل با رطوبت نسبی ۹۵٪ و دمای ۲۹-۲۷ درجه سلسیوس انتقال یافتند. بوته‌های پیوندی به‌مدت ۱۰ روز در این محیط قرار گرفتند و سپس عمل مقاوم‌سازی به‌مدت ۵ روز روی آنها اعمال شد. گیاهان پیوندی در گلخانه، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵٪ قرار داده شدند و

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیر دما بر شاخص‌های رشد

دما (°C)	وزن تازه شاخساره (g/plant)	وزن خشک شاخساره (g/plant)	وزن تازه ریشه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	حجم ریشه (cm <sup>3</sup> /plant)
۲۵	۲/۴۸ <sup>a</sup>	۰/۶ <sup>a</sup>	۰/۶۳ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۹۳ <sup>a</sup>
۱۵	۱/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۴۹ <sup>b</sup>	۰/۲۸ <sup>b</sup>	۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۵۶ <sup>b</sup>

در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیر دما بر شاخص‌های فتوسنتزی و پرولین

دما (°C)	فتوسنتز ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ )	تعرق ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ )	غلظت زیر روزنه‌ای CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	هدایت روزنه‌ای ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ )	شاخص سبزی‌نگی (SPAD)	پرولین ( $\mu\text{g}/\text{mg FW}$ )
۲۵	۸/۲۸ <sup>a</sup>	۳/۱۳ <sup>a</sup>	۲۷۰/۹۴ <sup>b</sup>	۰/۰۷ <sup>a</sup>	۴/۷۵ <sup>a</sup>	۰/۰۰۱ <sup>b</sup>
۱۵	۵/۹۴ <sup>b</sup>	۱/۳۱ <sup>b</sup>	۳۰۵/۴۸ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>b</sup>	۴/۷۶ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

## نتایج

نتایج اثرهای ساده نشان داد که بیشترین وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه و همچنین حجم ریشه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس حاصل شد (جدول ۲).

نتایج اثرهای ساده دمای محیط ریشه بر فاکتورهای فتوسنتزی نشان داد که بیشترین میزان فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای در تیمار دمایی ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. در حالی که بیشترین میزان دی‌اکسید کربن داخل روزنه و پرولین در دمای ۱۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد و تیمار دمایی تأثیر معنی‌داری بر شاخص سبزی‌نگی نداشت (جدول ۳).

بیشترین وزن خشک شاخساره و حجم ریشه در تیمار نیتروژن ۷۵٪ مشاهده شد. درحالی که تیمارهای نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن تازه شاخساره، وزن تازه و خشک ریشه نداشتند (جدول ۴).

تیمار نیتروژن ۷۵٪ سبب بیشترین میزان فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، شاخص کلروفیل و غلظت دی‌اکسید کربن داخل روزنه شد. کمترین میزان پرولین در تیمار نیتروژن ۵۰ به‌دست آمد. درحالی که بین دو تیمار نیتروژن ۷۵ و ۱۰۰ از نظر میزان

(مدل ۵۰۲ ساخت شرکت مینولتا، ژاپن) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول CO<sub>2</sub> بر مترمربع بر ثانیه)، مقاومت روزنه‌ای (مترمربع در ثانیه در مول)، میزان تعرق (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای (میکرومول بر مول) برگ‌های میانی کاملاً توسعه‌یافته از هر تیمار انتخاب شده و با کمک دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (شرکت لای‌کور، ایالات متحده آمریکا) در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱۲۰۰-۱۴۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه اندازه‌گیری‌ها با سه تکرار برای هر صفت انجام شد. داده‌ها ۳۰ ثانیه پس از قرار دادن برگ در داخل محفظه دستگاه ثبت شد (۱ و ۱۲). همچنین، به منظور اندازه‌گیری میزان پرولین، از روش بیتز (۶) استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به هر صفت به کمک نرم‌افزار سیستم پردازش آماری SAS و نرم‌افزار Statistix نسخه ۴ انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. آزمون نرمال کردن داده‌ها برای کاهش واریانس برخی داده‌ها و نرمال‌سازی آنها پیش از آنالیز به‌صورت لگاریتم با نرم‌افزار Statistix صورت گرفت.

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر نیتروژن بر شاخص‌های رشد

نیتروژن	وزن تازه شاخساره (g/plant)	وزن خشک شاخساره (g/plant)	وزن تازه ریشه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	حجم ریشه (cm <sup>3</sup> /plant)
N ۱۰۰	۲/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۵۵ <sup>ab</sup>	۰/۴۸ <sup>a</sup>	۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۷۵ <sup>ab</sup>
N ۷۵	۲/۴۱ <sup>a</sup>	۰/۵۸ <sup>a</sup>	۰/۴۸ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۸۳ <sup>a</sup>
N ۵۰	۱/۹۹ <sup>a</sup>	۰/۵۱ <sup>b</sup>	۰/۴۱ <sup>a</sup>	۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۵ <sup>b</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.  
N ۱۰۰: ۱۰/۱۱، N ۷۵: ۷/۵۸۲، N ۵۰: ۵/۰۵۵ میلی‌مولار نیتروژن در محلول غذایی جانسون

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر نیتروژن بر شاخص‌های فتوسنتزی و پرولین

نیتروژن	فتوسنتز ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ )	تعرق (mmol H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> s)	غلظت زیر روزنه‌ای CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{mol/mol}$ )	هدایت روزنه‌ای (mmol H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> s)	شاخص سبزیگی (SPAD)	پرولین ( $\mu\text{g/mg FW}$ )
N ۱۰۰	۵/۸۴ <sup>b</sup>	۳/۰۸ <sup>b</sup>	۳۱۲/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>b</sup>	۴/۲۲ <sup>b</sup>	۰/۰۱ <sup>a</sup>
N ۷۵	۸/۹۸ <sup>a</sup>	۳/۳۴ <sup>a</sup>	۲۶۶/۵۶ <sup>b</sup>	۰/۰۸ <sup>a</sup>	۵/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۰۱ <sup>a</sup>
N ۵۰	۶/۵۱ <sup>b</sup>	۲/۹۴ <sup>b</sup>	۲۹۷/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>c</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۰/۰۰۱ <sup>b</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.  
N ۱۰۰: ۱۰/۱۱، N ۷۵: ۷/۵۸۲، N ۵۰: ۵/۰۵۵ میلی‌مولار نیتروژن در محلول غذایی جانسون

جدول ۶. مقایسه میانگین تأثیر پایه بر شاخص‌های رشد

پایه	وزن تر شاخساره (g/plant)	وزن خشک شاخساره (g/plant)	وزن تر ریشه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	حجم ریشه (cm <sup>3</sup> /plant)
غیرپیوندی	۱/۸۴ <sup>a</sup>	۰/۳۱ <sup>d</sup>	۰/۴۵ <sup>b</sup>	۰/۰۲۵ <sup>d</sup>	۰/۴۱ <sup>c</sup>
بابل	۲/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۵۹ <sup>c</sup>	۰/۳۸ <sup>bc</sup>	۰/۰۲ <sup>bcd</sup>	۰/۵۸ <sup>bc</sup>
اصفهان	۲/۱۷ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۳۸ <sup>bc</sup>	۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۷۶ <sup>b</sup>
قلیانی	۲/۴۶ <sup>a</sup>	۰/۵۹ <sup>bc</sup>	۰/۹۶ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>
ساری	۲/۱۸ <sup>a</sup>	۰/۸۱ <sup>a</sup>	۰/۲۳ <sup>c</sup>	۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۵۹ <sup>bc</sup>
فرو	۲/۱۶ <sup>a</sup>	۰/۳۴ <sup>d</sup>	۰/۳۵ <sup>bc</sup>	۰/۰۲ <sup>d</sup>	۰/۵۸ <sup>bc</sup>

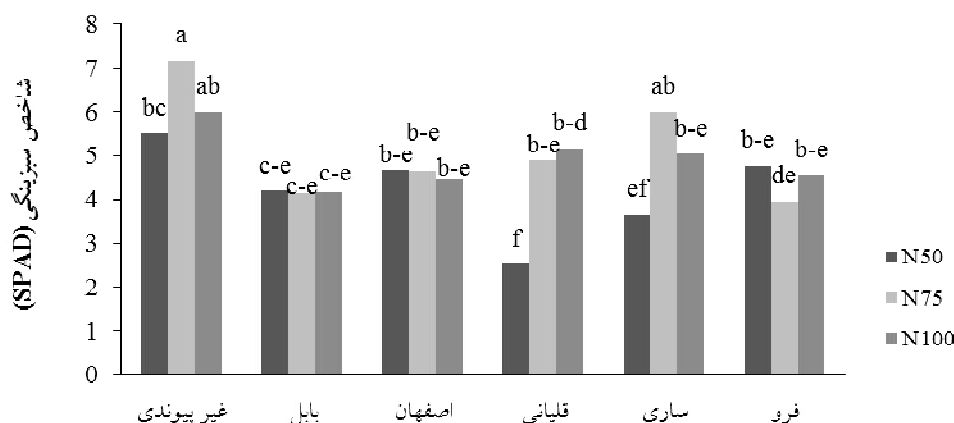
در هر ستون، میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

پرولین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). شاخساره متعلق به پایه ساری بود. درحالی که بین پایه‌ها از نظر نتایج اثرهای ساده نوع پایه بر ویژگی‌های رشدی بیانگر این مطلب بود که پایه قلیانی در بین سایر پایه‌ها بیشترین وزن تازه و خشک و حجم ریشه را دارا بود و بیشترین میزان وزن خشک و پرولین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).  
اثرهای ساده نوع پایه بر ویژگی‌های فتوسنتزی در جدول (۷) نشان داده شده است. بیشترین میزان شاخص سبزیگی،

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر پایه بر شاخص‌های فتوسنتزی و پرولین

پایه	فتوسنتز ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ )	تعرق ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ )	غلظت زیر روزنه‌ای $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	هدایت روزنه‌ای ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$ )	شاخص سبزیگی (SPAD)	پرولین ( $\mu\text{g}/\text{mg FW}$ )
غیرپیوندی	۷/۴۵ <sup>ab</sup>	۳/۵۵ <sup>a</sup>	۳۳۵/۲۸ <sup>a</sup>	۰/۰۱ <sup>a</sup>	۶/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۸۵ <sup>c</sup>
بابل	۷/۷۵ <sup>a</sup>	۳/۱۹ <sup>bc</sup>	۲۹۱/۲۲ <sup>bc</sup>	۰/۰۸ <sup>ab</sup>	۴/۱۸ <sup>b</sup>	۰/۰۰۹۸ <sup>b</sup>
اصفهان	۷/۷۳ <sup>a</sup>	۲/۹۲ <sup>cd</sup>	۲۶۶/۳۹ <sup>c</sup>	۰/۰۷ <sup>bc</sup>	۴/۶ <sup>b</sup>	۰/۰۰۹۲ <sup>c</sup>
قلیانی	۷ <sup>ab</sup>	۳/۲۷ <sup>ab</sup>	۳۱۷/۵۶ <sup>ab</sup>	۰/۰۸ <sup>ab</sup>	۴/۱۹ <sup>b</sup>	۰/۰۰۸۹ <sup>d</sup>
ساری	۶/۴۷ <sup>ab</sup>	۲/۹۷ <sup>b-d</sup>	۲۷۳/۳۳ <sup>c</sup>	۰/۰۶ <sup>c</sup>	۴/۹ <sup>b</sup>	۰/۰۱۳۷ <sup>a</sup>
فرو	۶/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۸۲ <sup>d</sup>	۲۷۹/۵ <sup>c</sup>	۰/۰۵ <sup>d</sup>	۴/۴۳ <sup>b</sup>	۰/۰۰۹۵ <sup>b</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.



شکل ۱. مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر متقابل پایه و سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص سبزیگی؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

پایه قلیانی داشته و در این پایه هر سه صفت بیشترین مقدار را در بین صفات دیگر داشتند و بیشترین مقدار در سطح نیتروژن ۷۵٪ بود؛ اگرچه از نظر آماری با نیتروژن ۵۰٪ تفاوتی نداشت. با افزایش نیتروژن تا ۱۰۰٪، تغییرات ریشه کاهش یافت. اما در پایه قلیانی بیش از سایر پایه‌ها بود (شکل ۲).

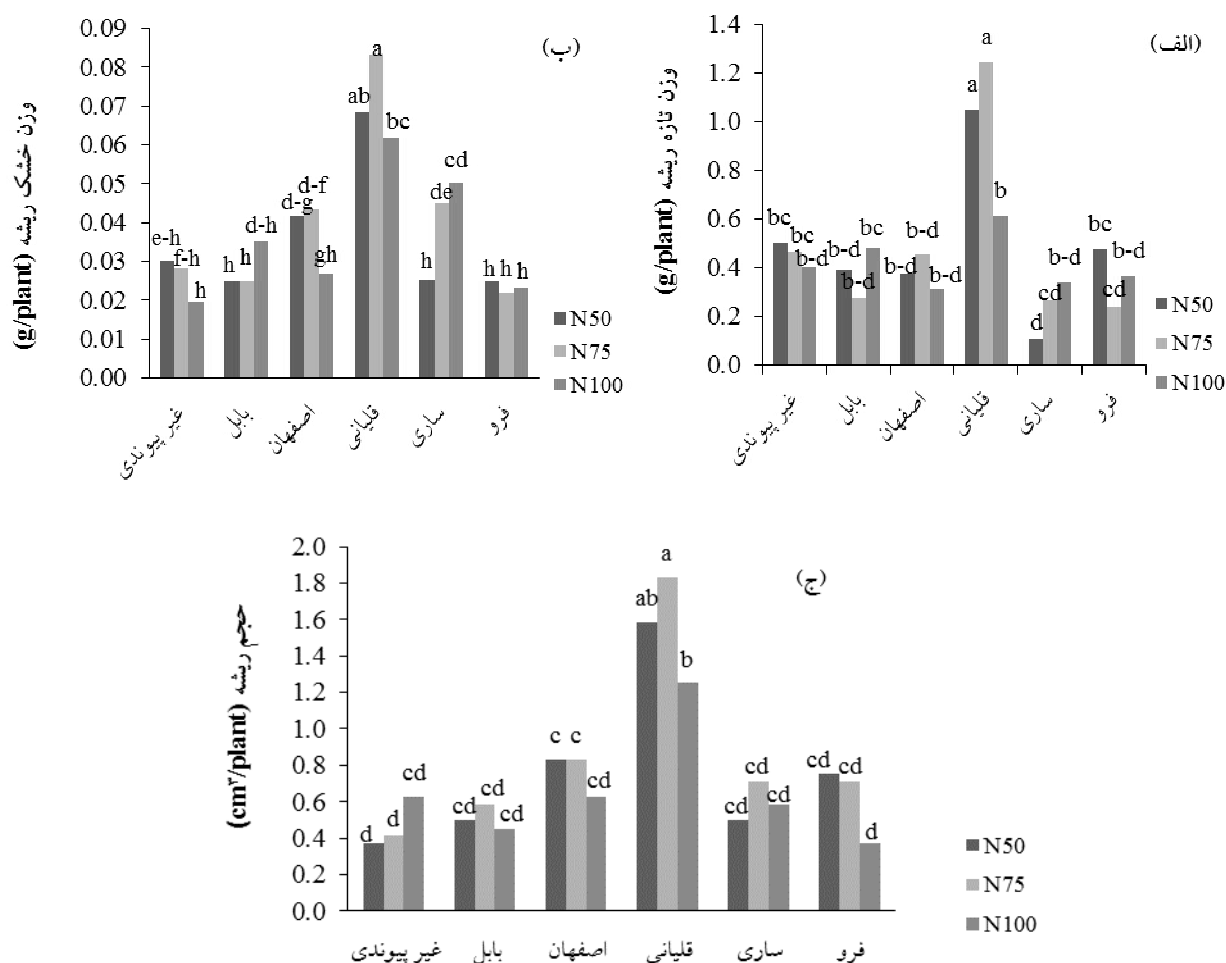
برهم‌کنش پایه و نیتروژن بر شاخص‌های رشدی بخش هوایی در شکل (۳) نشان داده شده است. وزن تازه ساقه در پایه‌های فرو و قلیانی در سطح نیتروژن ۷۵٪ و در پایه ساری در نیتروژن ۱۰۰٪ بیشترین مقدار بود؛ اگرچه، تفاوت معنی‌داری با بسیاری از تیمارها نداشت. وزن خشک شاخساره با انجام پیوند در پایه‌های بابل، قلیانی و ساری نسبت به پایه بدون پیوند در

هدایت روزنه‌ای، غلظت دی‌اکسید کربن داخل روزنه تعرق و در پایه غیرپیوندی به‌دست آمد. همچنین، پایه ساری سبب تولید بیشترین میزان پرولین شد و بیشترین میزان فتوسنتز هم در پایه‌های بابل و اصفهان مشاهده شد (جدول ۷).

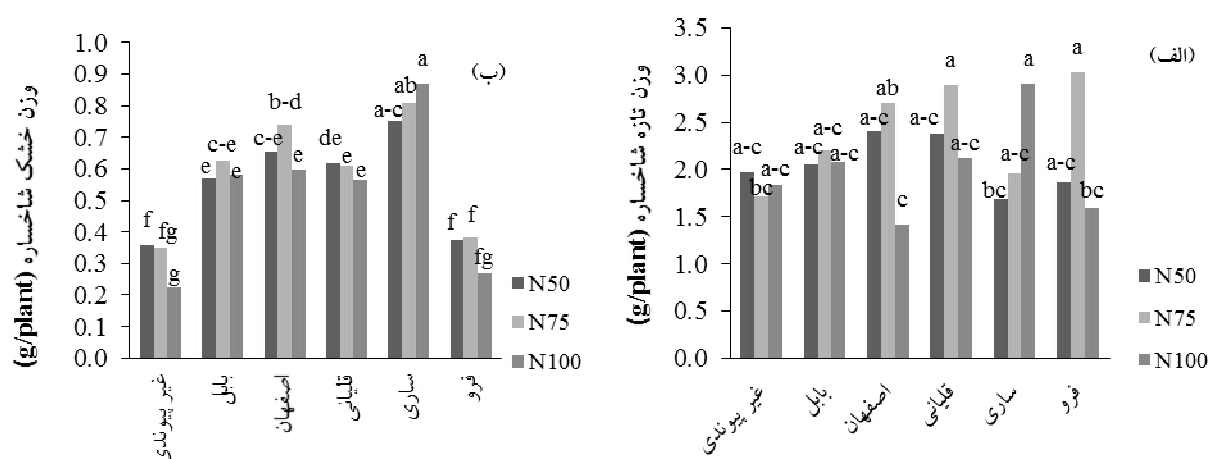
#### برهم‌کنش سطوح مختلف نیتروژن و نوع پایه پیوندی بر صفات اندازه‌گیری شده

برهم‌کنش پایه و نیتروژن نشان داد که پایه غیر پیوندی و نیتروژن ۷۵٪ بیشترین میزان شاخص سبزیگی را دارا بود (شکل ۱).

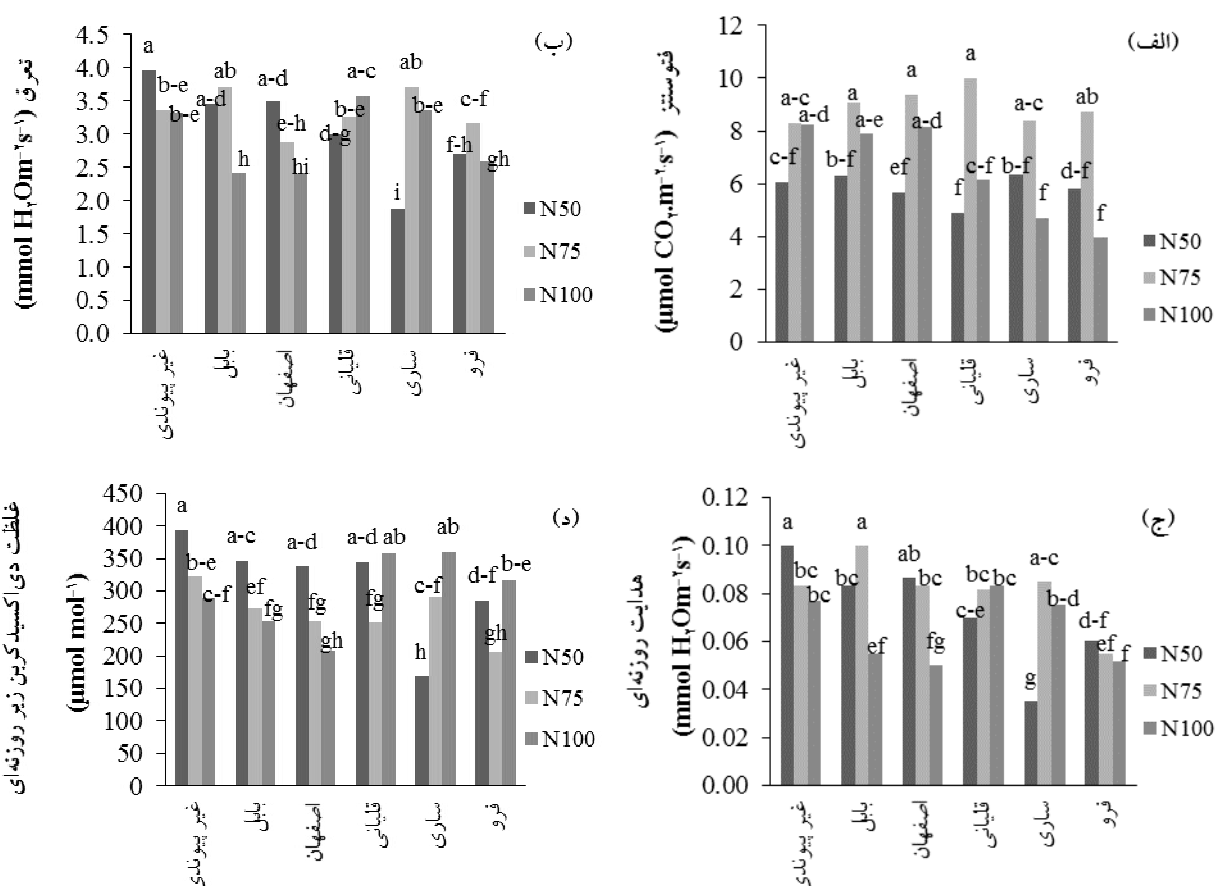
برهم‌کنش پایه و نیتروژن بر شاخص‌های رشدی ریشه نشان داد که حجم ریشه، وزن تازه و خشک ریشه روند یکسانی برای



شکل ۲. برهم کنش پایه و سطوح مختلف نیتروژن بر: الف) وزن تازه ریشه، ب) وزن خشک ریشه و ج) حجم ریشه؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.



شکل ۳. برهم کنش پایه و سطوح مختلف نیتروژن بر: الف) وزن تازه شاخساره و ب) وزن خشک شاخساره؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.



شکل ۴. اثر متقابل پایه و سطوح مختلف نیتروژن بر: (الف) فتوسنتز، (ب) تعرق، (ج) هدایت روزانه‌ای و (د) غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای و (د) غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

با افزایش نیتروژن در پایه‌های غیرپیوندی، بابل، اصفهان و قلیانی کاهش یافته و در پایه ساری افزایش یافت. با افزایش نیتروژن میزان هدایت روزانه‌ای در پایه‌های غیرپیوندی، بابل، اصفهان و فرو کاهش یافته و در ساری و قلیانی افزایش یافت (شکل ۴).

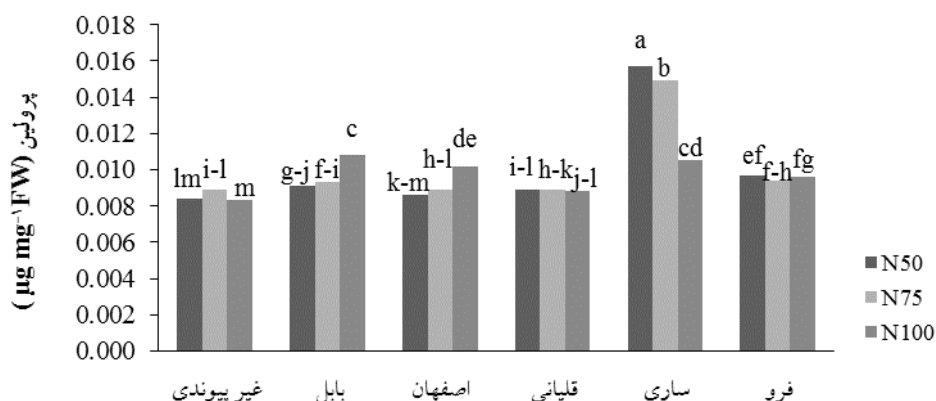
برهم‌کنش پایه و نیتروژن بر پرولین نشان داد که میزان پرولین با افزایش نیتروژن در پایه ساری کاهش یافته و در سایر پایه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵).

**برهم‌کنش نوع پایه و دمای ریشه بر صفات اندازه‌گیری شده**  
برهم‌کنش نوع پایه و دمای ریشه بر شاخص‌های ریشه در شکل (۶-الف) نشان داد که با کاهش دما، حجم ریشه در پایه‌های غیرپیوندی، بابل، اصفهان و قلیانی کاهش یافت و در

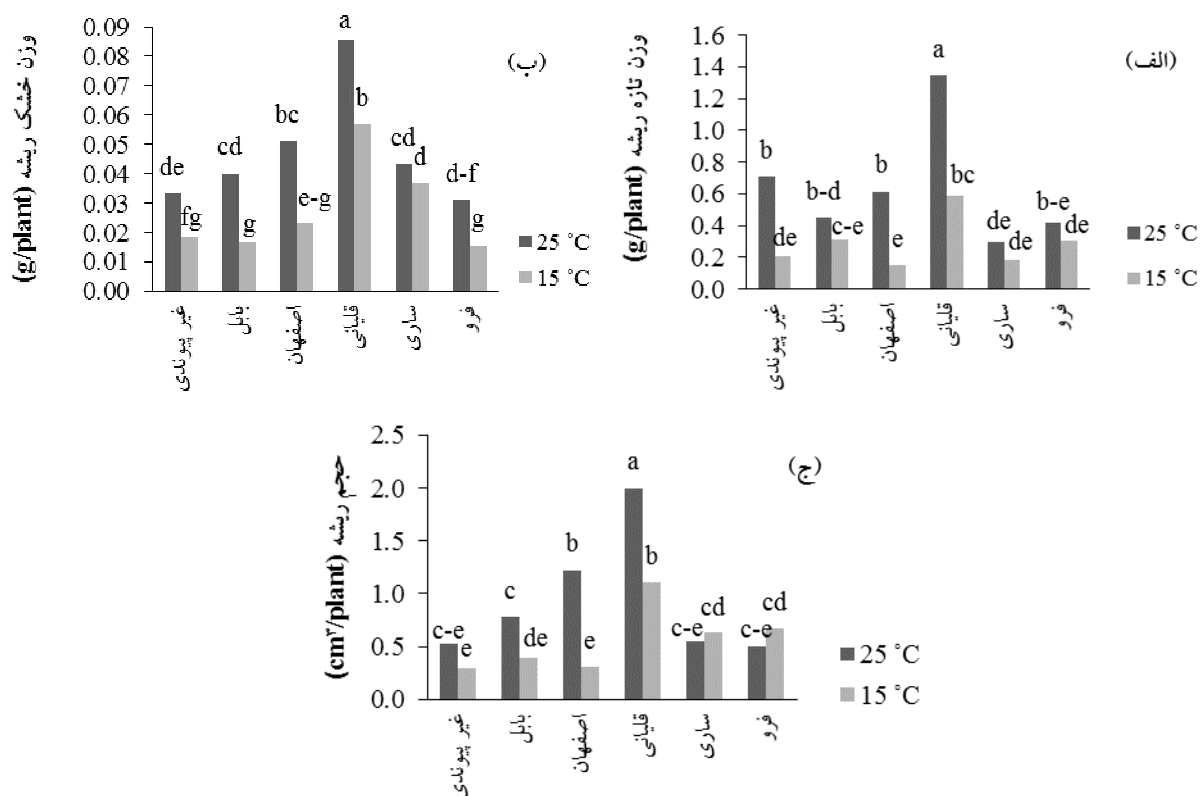
کلیه سطوح نیتروژن افزایش معنی‌داری داشت و در پایه فرو با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. تأثیر پیوند بر وزن خشک شاخساره بیشتر از وزن تازه بود. بیشترین وزن خشک شاخساره در پایه ساری مشاهده شد.

برهم‌کنش پایه و نیتروژن محیط ریشه بر فتوسنتز نشان داد که میزان فتوسنتز در سطح نیتروژن ۷۵٪ در کلیه پایه‌های پیوندی نسبت به سطوح دیگر نیتروژن افزایش داشت و نیتروژن ۵۰٪ و ۱۰۰٪ در همه پایه‌ها باعث کاهش فتوسنتز شد؛ هرچند این کاهش در برخی از پایه‌ها معنی‌دار نبود. برهم‌کنش نیتروژن و پایه بر تعرق نشان داد که میزان تعرق در پایه‌های غیرپیوندی، بابل و اصفهان با افزایش نیتروژن کاهش یافته و در پایه‌های اصفهان، قلیانی و بابل افزایش یافت. میزان دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای





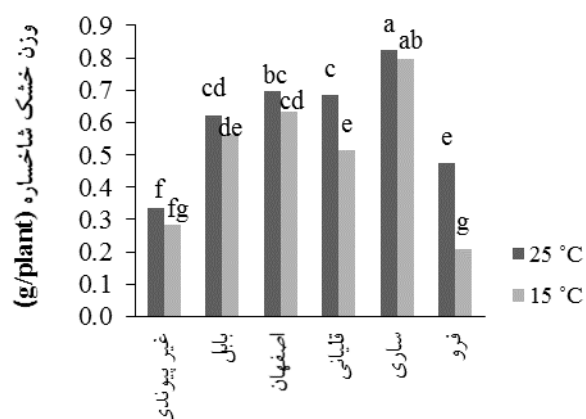
شکل ۵. برهم کنش پایه و سطوح مختلف نیتروژن بر میزان پرولین؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.



شکل ۶. برهم کنش پایه و دماهای مختلف بر: (الف) وزن تازه ریشه، (ب) وزن خشک ریشه و (ج) حجم ریشه؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

وزن تازه و خشک با کاهش دما کاهش یافت و بیشترین وزن تازه و خشک در پایه قلیانی در شرایط بهینه را داشت و در شرایط تنش نسبت به سایر پایه‌ها در وضعیت مشابه، وزن تازه

پایه‌های فرو و ساری تغییر معنی‌داری نداشت. وزن‌تر و خشک ریشه روند نسبتاً مشابهی در پایه‌های مختلف تحت تأثیر تنش دمای کم ریشه داشت. به‌طوری که در کلیه پایه‌ها



شکل ۷. برهم کنش پایه و دماهای مختلف بر وزن خشک شاخساره؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

(۱۶). دمای کم سبب کاهش رشد بخش هوایی، ریشه‌ها، فتوسنتز و برخی دیگر از فرایندهای فیزیولوژیک در دانه‌های خیار می‌شود (۲۷). از سوی دیگر، پیوند، از طریق افزایش در جذب آب و عناصر غذایی توسط سیستم ریشه‌ای گسترده گیاه پایه (۳۱) و افزایش تولید تنظیم‌کننده‌های رشد داخلی (۹)، سبب مقاومت به دمای کم خاک (۳۸)، افزایش مقاومت به شوری (۱۷، ۲۱ و ۲۲) و افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها می‌شود (۲۸). پایه‌های مقاوم به دماهای کم باعث افزایش رشد و عملکرد خیار می‌شوند. معیار گزینش پایه‌های مقاوم به دماهای کم، تفاوت لیپیدهای موجود در غشای سلولی است. دمایی که در آن غشا از حالت سیالیت به حالت بلوری تغییر حالت می‌دهد به دمای انتقال مشهور است. گیاهان حساس به سرما معمولاً مقدار بیشتری اسیدهای چرب اشباع دارند و بنابراین دمای انتقال آنها نیز زیاد است (۱۹). از طرف دیگر، گونه‌های مقاوم به سرما دارای مقادیر زیادی اسیدهای چرب غیراشباع بوده و از دمای انتقال کمی برخوردار هستند. همچنین، اثرهای نامبرده در غشاهای ریشه‌های در معرض دماهای کم نیز مشاهده شده است (۳).

تعرق، از مهم‌ترین فرایندهای فتوسنتزی است که به شدت تحت تأثیر نیتروژن در دسترس قرار می‌گیرد و در غلظت کم نیتروژن، شدت تعرق در غلات کاهش می‌یابد. بسته به میزان

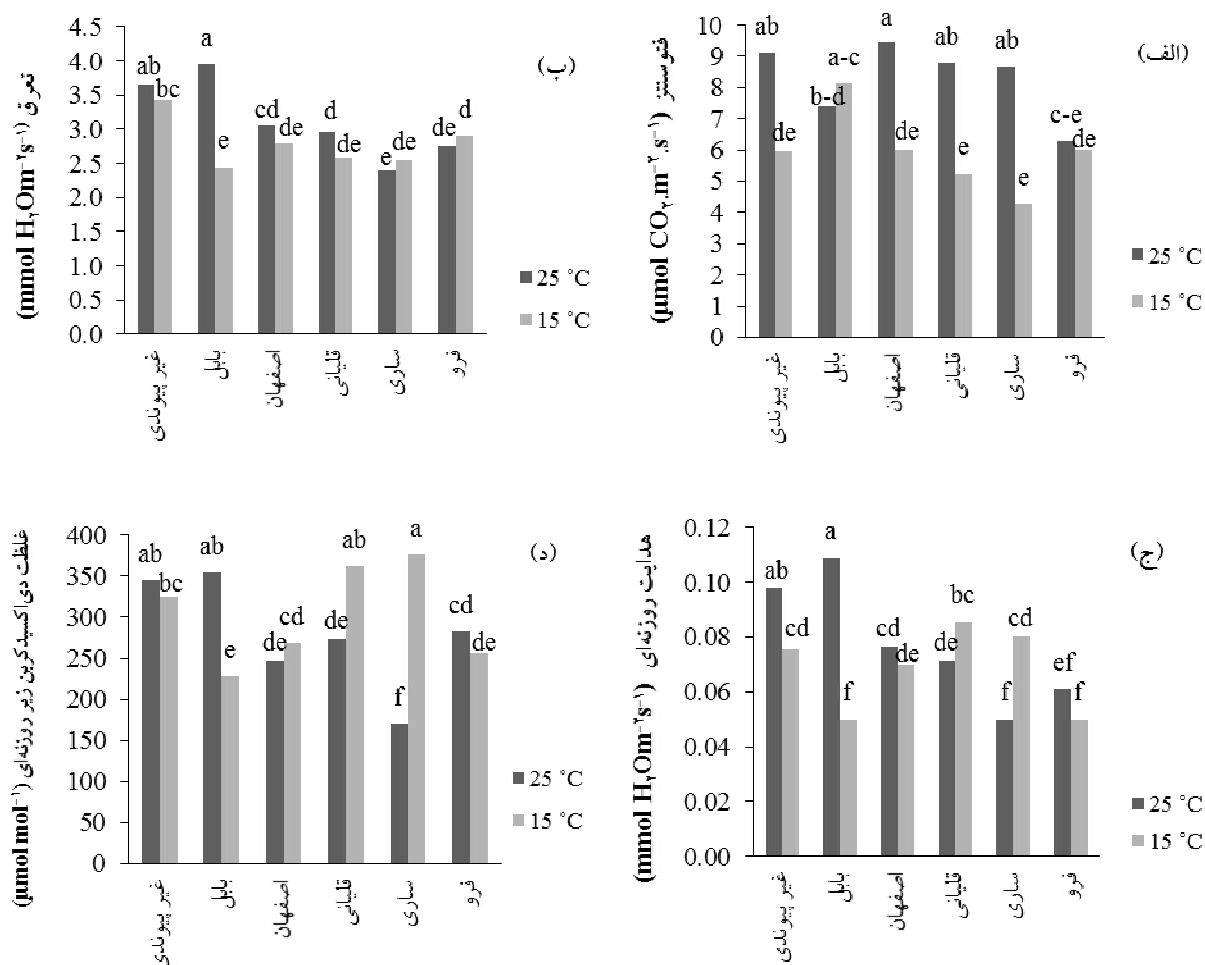
و خشک بیشتری داشت (شکل ۶).

بیشترین وزن خشک شاخساره در پایه ساری در هر دو دما و کمترین در پایه فرو در تنش دمای کم بود. کاهش وزن خشک در اثر تنش دما در پایه فرو بیشترین (۵۵/۶۳ درصد) و در پایه ساری کمترین (۸/۹۲ درصد) بود (شکل ۷). اثر دمای ریشه و نوع پایه نشان داد که با کاهش دمای ریشه، میزان فتوسنتز در کلیه پایه‌ها کاهش یافت و در پایه‌های بابل و فرو تغییر معنی‌داری نداشت. با کاهش دمای ریشه، میزان تعرق و غلظت دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای در پایه بابل کاهش یافت و در سایر پایه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت و میزان دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای در پایه ساری افزایش یافته و در سایر پایه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت. هدایت روزنه‌ای در پایه بابل کاهش یافته و در پایه ساری افزایش داشت که با نتایج غلظت دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای همخوانی دارد (شکل ۸).

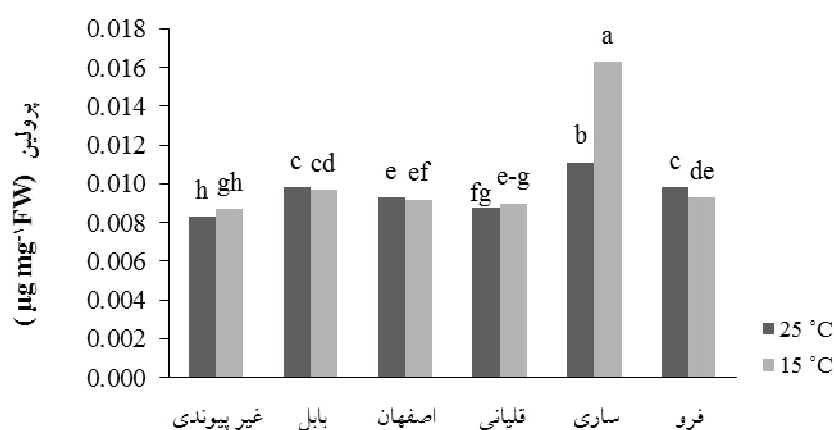
میزان پرولین در پایه ساری و دمای کم افزایش داشت و در سایر پایه‌ها تنش دمایی تغییرات چشمگیری در میزان پرولین ایجاد نکرد (شکل ۹).

## بحث

دماهای نامناسب و کمبود مواد غذایی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده گسترش گیاهان در مناطق مختلف جغرافیایی است



شکل ۸. برهم کنش پایه و دماهای مختلف بر: (الف) فتوسنتز، (ب) تعرق، (ج) هدایت روزنه‌ای و (د) غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.



شکل ۹. برهم کنش پایه و دماهای مختلف بر میزان پرولین؛ میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD هستند.

تأثیرپذیری گیاه از شرایط تنش، شدت تعرق می‌تواند در گیاهان مختلف با یکدیگر متفاوت باشد (۱۲). برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که افزایش شدت تعرق تحت شرایط تنش می‌تواند ناشی از تلاش گیاه برای حفظ بقای چرخه‌های متابولیک باشد (۲۰). دمای کم، به‌ویژه در ناحیه ریشه، میزان جذب آب را محدود می‌کند که این موضوع سبب کاهش تعرق از سطح برگ می‌شود. در نتیجه، دمای سطح برگ به‌علت تابش نور خورشید افزایش می‌یابد (۱۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با کاهش دمای ناحیه ریشه، میزان تعرق در پایه بابل کاهش یافت. یکی دیگر از عوامل محدودیت رشد ریشه‌ها تحت شرایط تنش را کاهش تنفس و در نتیجه تولید کمتر ریشه‌ها دانسته‌اند (۶). مشابه نتایج به‌دست آمده از هر دو گیاه، برخی از گزارش‌ها دمای زیاد در ناحیه ریشه را در کاهش اثرهای مخرب کمبود مواد غذایی و تنش خشکی مؤثر دانسته‌اند (۱۴ و ۱۵). از دیگر اثرهای مفید افزایش دمای ناحیه ریشه، کاهش مصرف انرژی در گلخانه‌های مناطق سردسیری است (۲۴). همانند نتایج به‌دست آمده در درختان، مشاهده شده که با کاهش دما، از وزن ریشه‌ها کاسته می‌شود و در صورتی که گیاهان برای مدت طولانی در معرض دمای کم قرار گیرند ریشه گیاهان حساس قادر به بازیابی نخواهد بود (۳۰).

با مقایسه تغییرات ریشه و فتوستتوز در سطوح مختلف نیتروژن، به‌نظر می‌رسد اثر فتوستتوز بر رشد شاخساره تحت پایه‌های مختلف مؤثرتر از ریشه بوده است. اگرچه گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر مثبت ریشه در افزایش جذب و در نتیجه رشد گیاه وجود دارد، اما این اثر در سطوح مختلف نیتروژن کارایی چندانی ندارد. دانه‌های پیوندی دارای تعامل با سیستم ریشه‌ای پایه هستند که ویژگی‌های پایه به گیاه جدید منتقل می‌شود. به‌طور مثال، اگر پایه دارای ویژگی تحمل سرما باشد، این ویژگی بر رشد پیوندک تأثیر گذاشته و سبب رشد بهتر و عملکرد بیشتر می‌شود. از اثرهای پایه بر پیوندک می‌توان به تأثیر بر اندازه و عادت رشد، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش‌های سرما و گرما اشاره کرد (۷، ۱۲ و ۳۲).

به‌نظر می‌رسد که کاهش فتوستتوز در پایه‌های غیرپیوندی بابل و اصفهان به‌علت کاهش دی‌اکسید کربن در دسترس باشد و در پایه‌های قلیانی، مکانیسم متفاوت و غیرروزنه‌ای در کاهش فتوستتوز دخیل است. به‌طوری که در پژوهش احمدی و بیکر (۱) ذکر شده است، کاهش فتوستتوز به دو دسته عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند و عوامل غیرروزنه‌ای که فتوستتوز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر فرایندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند. فیشر و همکاران (۱۵) اظهار داشته‌اند که عامل اصلی محدودکننده فتوستتوز، کاهش هدایت مزوفیلی و روزنه‌ای است. هدایت روزنه‌ای در پایه‌های قلیانی و بابل منطبق با غلظت دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای است که تأییدی بر مکانیسم متفاوت این پایه در تنظیم‌های روزنه‌ای و در سطوح مختلف نیتروژن است. به‌دلیل عدم تطابق نتایج تغییرات فتوستتوز در تنش دمایی با تعرق و غلظت دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای و هدایت روزنه‌ای، به‌نظر می‌رسد که کاهش فتوستتوز مربوط به تغییرات غیرروزنه‌ای فتوستتوز باشد که فتوستتوز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر فرایندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند.

بیشترین کاهش وزن تازه ریشه در شرایط تنش دمای کم نسبت به دمای بهینه در پایه اصفهان به‌میزان ۷۶/۱۲ درصد و وزن خشک در پایه اصفهان ۵۴/۲ درصد بود. به‌نظر می‌رسد که تنش دمایی بیش از تنش نیتروژن باعث کاهش رشد ریشه شد. افزایش وزن خشک ریشه‌ها در دماهای نامناسب را به‌دلیل استفاده بهینه گیاه از کمترین شرایط موجود در خاک دانسته‌اند (۸). محدودیت رشد ریشه‌ها در دمای کم و کاهش تنفس آنها را می‌توان از دلایل کاهش شدیدتر وزن خشک ریشه‌ها در دمای کم دانست (۲۵).

گیاهان، با انباشت مواد تنظیم‌کننده اسمزی مانند اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌های محلول، برخی یون‌های معدنی و پروتئین‌ها، مقاومت خود را به دمای کم افزایش می‌دهند.

اثر مثبت پایه‌ها بر وزن تازه شاخساره مؤثرتر از وزن خشک آن بود و پایه‌های قلیانی، اصفهان و ساری، وزن تازه و خشک بهتری داشتند. اثر تنش دمای ریشه بر رشد شاخساره نیز بیش از نیتروژن بود و کاهش بیشتری را در وزن تازه و خشک ایجاد کرد. اثر کاهش دمای ریشه بر فتوسنتز نیز بیش از میزان نیتروژن در پایه‌های ساری، قلیانی، اصفهان و غیرپیوندی بود. به تعبیری، پایه‌های پیوندی ذکر شده توانایی بیشتری در حفظ فتوسنتز در شرایط نامطلوب نیتروژن نسبت به تنش دمای ریشه داشته‌اند. به طور کلی، به نظر می‌رسد که پایه‌های ساری و قلیانی نسبت به سایر پایه‌ها توانایی حفظ رشد و شرایط فیزیولوژیک خیار را در تنش نیتروژن بیش از تنش دمایی داشته و بهترین رشد در ۷۵٪ نیتروژن و نه در کمبود نیتروژن و نیتروژن کامل حاصل شد. پایه فرو بهترین شرایط رشد را در تنش دمایی کم ناحیه ریشه فراهم ساخت. در کل، با مقایسه دو تنش، میزان نیتروژن و تنش دمای ریشه پیوند در تنظیم رشد، سطوح مختلف نیتروژن کارا تر از تنش دمایی عمل کردند.

پروکلین یکی از اسیدآمین‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است (۲). نقش محافظتی پروکلین و پروتئین‌های محلول، محافظت گیاه در برابر تغییرات اسمزی، محافظت از غشای سلولی و آنزیم‌های سلولی و همچنین ذخیره انرژی برای ترمیم‌های پس از تنش است (۵). تولید رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش افزایش می‌یابد که در انتقال الکترون‌ها در کلروپلاست‌ها و میتوکندری اختلال ایجاد می‌کنند و موجب تخریب و فروپاشی غشاها در شرایط تنش می‌شوند. اسید غیرآمین‌ه ساختار پروکلین نقش آنتی‌اکسیدانی دارد و در از بین بردن رادیکال‌های آزاد مؤثر است و از این طریق پروتئین‌ها و غشاها را در برابر آسیب های اکسیداتیو محافظت می‌کند (۳۶).

### نتیجه گیری

به نظر می‌رسد که دمای نامناسب ریشه بیش از سطوح نامناسب نیتروژن بر شاخص‌های ریشه اثر دارد. اما در هر دو تنش، پایه قلیانی حفظ رشد ریشه بهتری داشته است. نیتروژن زیاد بیش از نیتروژن کم در برخی پایه‌ها باعث کاهش رشد شاخساره شد و

### منابع مورد استفاده

- احمدی، ع. و د. آ. بیکر. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱(۴): ۸۲۵-۸۱۳.
- حسیبی، پ.، ف. مرادی و م. نبی پور. ۱۳۸۶. غربال کردن ژنوتیپ‌های برنج برای تحمل به تنش دمای پایین با استفاده از فلورسانس کلروفیل. مجله علوم زراعی ایران. ۹(۱): ۳۱-۱۴.
- کاشی، ع.، ر. صالحی محمدی و ر. جوانپور هروی. ۱۳۸۷. فناوری پیوند در پرورش و تولید سبزی‌ها. نشر آموزش کشاورزی.
- Ahn, S.J., Y.J. Im, G.C. Chung, B.H. Cho and S.R. Suh. 1999. Physiological responses of grafted cucumber leaves and rootstock roots affected by low root temperature. Sci. Hort. 81: 397-408.
- Andriolo, J.L., R. Godoi, S. Dos, C.M. Cogo, O.C. Bortolotto da, G.L. Luz and J.C. Madaloz. 2006. Growth and development of lettuce plants at high  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  ratios in the nutrient solution. Hort. Bras. 24: 352-355.
- Ashraf, M. and M.R. Fool. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
- Behera, R.K., P.C. Mishra and N.K. Choudhury. 2002. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. Plant Physiol. 159: 967-973.
- Bloom, A.J., L.B. Randall, P.A. Meyerhof and D.A. St. Clair. 1998. The chilling sensitivity of root ammonium influx in a cultivated and wild tomato. Plant Cell Environ. 21: 191-199.
- Choi, K.J., G.C. Chung and S.J. Ahn. 1995. Effect of root-zone temperature on the mineral composition of xylem sap and plasmamembrane  $\text{K}^+-\text{Mg}^{2+}$ -ATPase activity of grafted-cucumber and figleaf gourd root systems. Plant Cell Physiol. 36: 639-643.
- Cohn, R., Y. Burger, C. Horev, A. Porat and M. Edelstein. 2005. Performance of Galia-type melons grafted onto

- Cucurbita rootstock in *Monoporsus cannoballus* infested and non-infested soils. J. Ann. Appl. Biol. 146(3): 140–146.
11. Dale, J.E. 1965. Leaf growth in *Phaseolus vulgaris*. II. Temperature effects and the light factor. Ann. Bot. 114: 293–307.
  12. Den Nijis, A.P.M. 1981. The effect of grafting on growth and early production of cucumbers at low temperature. Acta Hort. 118: 57–64.
  13. Engel, R., D. Long and G. Carlson. 2001. Nitrogen requirement and yield potential of spring wheat as affected by water. Montana Fertilizing Facts, No. 25.
  14. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S.M. Basra. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29: 185–212.
  15. Fisher, R.A., D. Rees, K.D. Sayre, Z.M. Lu, A.G. Candon and A.L. Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci. 38: 1467–1475.
  16. Foolad, M.R. and G.Y. Lin. 2001. Genetic analysis of cold tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. Euphytica 122: 105–111.
  17. Gent, M.P.N., J.H. Thorne and D.E. Aylor. 1979. Split-night temperatures in a greenhouse: The effects of physiology and growth of plants. The Connecticut Agricultural Experiment Station, Bulletin 781, New Haven, Conn.
  18. Gonçalves, B., J. Moutinho-Pereira, A. Santos, A.P. Silva, E. Bacelar, C. Correia and E. Rosa. 2005. Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. Tree Physiol. 26: 93–104.
  19. Guy, C., F. Kaplan, J. Kopka, J. Selbig and D.K. Hinch. 2008. Metabolomics of temperature stress. Plant Physiol. 132: 220–235.
  20. He, Y., Z. Zhu, J. Yang, X. Ni and B. Zhu. 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. Environ. Exp. Bot. 66: 270–278.
  21. Hendrickson, L., B. Forster, R.T. Furbank and W.S. Chow. 2004. Processes contributing to photoprotection of grapevine leaves illuminated at low temperature. Plant Physiol. 121: 272–281.
  22. Hongbo, S., L. Zongsuo and S. Mingan. 2006. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficit. Colloids Surf. 47: 132–139.
  23. Huang, Y., J. Li, B. Hua, Z.H. Liu, M. Fan and Z.H. Bie. 2013. Grafting onto different rootstocks as a means to improve watermelon tolerance to low potassium stress. Sci. Hort. 149: 80–85.
  24. Huang, Y., Z.H. Bie, S. He, B. Hua, A. Zhen and Z.H. Liu. 2010. Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. J. Environ. Exp. Bot. 69: 32–38.
  25. Johnson, C.M., P.R. Stout, T.C. Broyer and A.B. Carlton. 1957. Comparative chlorine requirements of different plant species. Plant Soil 8(4): 337–353.
  26. Karlsen, P. 1981. The influence of root and air temperature on young cucumber plants. Acta Hort. 118: 95–104.
  27. Kessler, W., B.C. Boiler and J. Nosberger. 1990. Distinct influence of root and shoot temperature on nitrogen fixation by white clover. Ann. Bot. 65: 341–346.
  28. Lee, J.M. 2008. Vegetable grafting: A powerful aid for cultivation of environmentally friendly produce. KAS Rev. Modern Sci. 4: 68–85.
  29. Lee, J.M., C. Kubota, S.J. Tsao, Z. Bie, P. HoyosEchevarria, L. Morra and M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting/diffusion, grafting techniques, automation. Sci. Hort. 127: 93–105.
  30. Marsic, N.K. and J. Osvald. 2002. Effects of different nitrogen levels on lettuce growth and nitrate accumulation in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. Gartenbauwissenschaft 67(4): 128–134.
  31. Miao, M.M., X.F. Xu, X.H. Chen, L.B. Xue and B.S. Cao. 2007. Cucumber carbohydrate metabolism and translocation under chilling night temperature. J. Plant Physiol. 164: 621–628.
  32. Miguel, A., J.V. Maroto, A. San Bautista, C. Baixauli, V. Cebolla, B. Pascual, S. Lopez and J.L. Guardiola. 2004. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of Fusarium Wilt. Sci. Hort. 103: 9–17.
  33. Nagel, K.A., B. Kastenholz, S. Jahnke, D. Van Dusschoten, T. Aach, M. Muhlich, D. Truhn, H. Scharf, S. Terjung, A. Walter and U. Schurr. 2009. Temperature responses of roots: Impact on growth, root system architecture and implications for phenotyping. Func. Plant Biol. 36: 947–959.
  34. Rivero, R.M., J.M. Ruiz and L. Romero. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. Food Agric. Environ. 1(1): 70–74.
  35. Salehi, R., A. Kashi, S.G. Lee, Y.C. Hou, J.M. Lee, M. Babalar and M. Delshad. 2009. Assessing the survival and growth performance of Iranian melons to grafting onto Cucurbita rootstocks. J. Hort. Sci. Technol. 27(1): 1–6.
  36. Shibuya, T., A. Tokuda, R. Terakura, K. Shimizu-Maruo, H. Sugiwaki, Y. Kitaya and M. Kiyota. 2007. Short-term bottom-heat treatment during low-air-temperature storage improves rooting in squash (*Cucurbita moschata* Duch.)

- cuttings used for rootstock of cucumber (*Cucumis sativus* L.). J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 76(2): 139–143.
37. Somers, D.A., T.M.A. Kua, R.L. Kelenhofs and A. Oaks. 1983. Synthesis and degradation of barley nitrate reductase. Plant Physiol. 72: 949–952.
38. Sze, H., X. Li and M.G. Palmgren. 1999. Energization of plant cell membranes by H<sup>+</sup>-pumping ATPases: Regulation and biosynthesis. Plant Cell. 11: 677–689.
39. Wang, H., L. Wu, Y. Zhu and Q. Tao. 2008. Growth, nitrate accumulation, and macronutrient concentration of pakchoi as affected by external nitrate-N: Amino acid-N ratio. J. Plant Nutr. 31: 1789–1799.

## Physiological Efficiency of Grafted Cucumbers based on Rootstock Type, Root Zone Temperature and Nitrogen Levels

M. Haghighi<sup>1\*</sup>, F. Bostaki<sup>1</sup> and Gh. Poursharafodin<sup>1</sup>

(Received: 22 April 2018 ; Accepted : 8 December 2018)

### Abstract

To evaluate the commercial and local cucumber rootstocks in grafting conditions at different nitrogen (N) levels and temperatures of the rootzone, this research was conducted for a year in the Research Greenhouse of the Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology in 2014. The research was a factorial experiment based on completely randomized design with 3 replications, three N treatments (100% N in Johnson solution (10.11 mM) as control, 75% N in Johnson solution (7.582 mM) and 50% N in Johnson solution (5.055 mM)), two temperatures (15 °C as low temperature in the root zone and 25 °C as optimum root zone temperature) with different rootstocks including *Cucurbita Lagenaria siceraria* (Rls), *Cucurbita moschata* cv. Ferro (Rcf), *Cucurbita moschata* cv. Babol (Rsb), *Cucurbita moschata* cv. Sari (Rcm), *Cucumis sativus* cv. Isfahan (Res) and *Cucumis sativus* cv. DavosII (Rn) as control. Results showed that the highest fresh weight of the shoots and roots and roots dry weight belonged to the Rls, and the Rcm rootstock had the highest dry weight of the shoots. The effect of root zone temperature stress on shoot growth was more than N stress and caused a greater reduction in shoots fresh and dry weight. The effect of low rootzone temperature, compared to N stress, had greater effect on the photosynthesis of Rcm, Rls, Res and Rn rootstocks. It seems that Rcm and Rls had better ability in maintaining of cucumber growth under N stress than temperature stress. The Rcf maintained the best growth conditions in low root zone temperature. In general, comparing the two stresses, (N and low temperature stress in grafting, in growth regulation), different levels of N were more effective than temperature stress.

**Keywords:** Cucumber, Photosynthesis, *Cucurbita moschata*, *Lagenaria siceraria*.

---

1. Dept. of Hort., College of Agric., Isfahan Univ. of Technol., Isfahan, Iran.

\* Corresponding Author, Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir