تاثیر غلظت‌های مختلف نیتروژن محلول غذایی و دمای ریشه بر شاخص‌های تنشی در دو گیاه کاهو و فلفل دلمه‌ای

تـاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۱۲
از صفحه ۱۱ تا صفحه ۲۰

آتنا شیبانی راد
دانشجو کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

مریم حقیقی
استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان؛
a.sheibanirad@ag.iut.ac.ir

چکیده

در این پژوهش واکنش دو گیاه کاهو به عنوان یک سبزی برگی با سیستم ریشه‌ای سطحی و فلفل دلمه‌ای به عنوان یک سبزی میوه‌ای و سیستم ریشه‌ای عمیق نسبت به دمای بالا در ناحیه ریشه در غلظت‌های مختلف نیتروژن محلول غذایی بررسی گردیده است. تیمارهای غذایی شامل ۱۰۱/۱، ۷۵/۸ و ۵۰/۵ میلی مولار نیتروژن محلول غذایی جانسون و دو دمای ریشه ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. نتایج نشان داد که در شرایط تنش هرچه میزان شاخص مقاومت به تنش کاهش پیدا کند، میزان مقاومت گیاه به تنش افزایش می‌یابد. همچنین هرچه میزان شاخص‌های تحمل به تنش STI، میانگین عملکرد MP، شاخص میزان مقاومت TOL و شاخص پایداری عملکرد YSI بالاتر باشد، گیاه تحمل بهتری به شرایط تنش دارد. کاهو نسبت به دمای ریشه و فلفل دلمه‌ای نسبت به تغییرات غلظت نیتروژن محلول غذایی مقاومت بیش‌تری نشان دادند.

کلید واژه:
دمای بالا ریشه، کمبود نیتروژن، شاخص مقاومت به تنش.

مقدمه

دما یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و همچنین تعیین کننده میزان پراکنش جغرافیایی آن‌ها در سراسر دنیا است (Zhang et al, 2009 ; Bunn et al.,2009) همچنین دمای نامناسب می‌تواند یکی از عوامل اصلی تغییرات متابولیکی و به دنبال آن محدودکننده عملکرد در داخل گیاهان باشد(Wu and Zuo, 2010). علاوه بر این دمای ریشه نامناسب سبب محدودیت رشد هم در قسمت هوایی و هم در بخش ریشه‌ها می‌شود و در پی آن از نرخ فتوسنتز و سایر فعالیت‌های متابولیکی گیاه کاسته می‌شود و در نهایت عملکرد گیاه کاهش می‌یابد(Nada et al, 2003).

همچنین نیتروژن یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است و ۴-۳ درصد وزن خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. در شرایطی که کمبود آن وجود داشته باشد، یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد و نمو است(Makhziah et al, 2013). چرخه متابولیکی در گیاه بر اساس مقدار پروتئین‌ها برقرار است و در صورتی که نیتروژن اضافی در اختیار گیاه قرار گیرد رشد رویشی تحریک شده و رشد زایشی گیاه به تعویق می‌افتد(Lawlor, 2008).

فیشر و همکاران (۱۹۹۸) شاخص تنش دمایی وابسته (RTS) را یک شاخص مناسب برای تعیین مقاومت گیاه به شرایط تنش معرفی کردند. شاخص مقاومت به تنش(TOL) که نمایانگر عملکرد گیاه تحت شرایط تنش و غیر تنش است (Fisher and Maurer, 1981 ; Rosielle and Hamblin, 1978) علاوه بر این شاخص دیگری که میانگین عملکرد گیاه را تحت شرایط رشدی مطلوب و غیر مطلوب نشان می‌دهد نیز تحت عنوان میانگین عملکرد (MP) نیز وجود دارد. شاخص مقاومت به دمای نامناسب (TRI) بیشترین عملکرد گیاه را تحت شرایط تنش نشان می‌دهد(Rosielle and Hamblin ,1981). شاخص عملکرد جغرافیایی (GMP) میزان تحت تاثیر قرار گرفتن عملکرد گیاه در اثر شرایط محیطی را نشان می‌دهد (Lan, 1988). شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان‌دهنده پایداری عملکرد تحت شرایط شرایط تنش‌زا و نرمال است(Bouslama and Sohapapaus, 1984). شاخص عملکرد (YI) (Gavuzzi, 1997) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) (Bouslama and Sohapapaus، 1984) پایداری گیاه را تحت شرایط تنش و شرایط ایده‌آل رشد نشان می‌دهد. یکی دیگر از شاخص‌های کاربردی شاخص تحمل به تنش(STI) است که توانایی مقاومت هر گیاه را تحت شرایط تنش نشان می‌دهد(Guo and Al-Khatib, 2003). برخی دیگر از این شاخص ها عبارتند از: شاخص میزان عملکرد تحت شرایط تنش و غیرتنش(SNPI) و شاخص مقاومت به تنش‌های غیر زنده(ATI) که همانند سایر شاخص‌ها نمایانگر عملکرد گیاه تحت شرایط مختلف رشد است. هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان مقاومت دو گیاه کاهو و فلفل دلمه‌ای تحت شرایط تنش بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار، سه سطح نیتروژن (N3=50 و N2=75، N1=100 درصد محلول غذایی جانسون) و دو سطح دمایی ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط محیطی کنترل‌شده گل‌خانه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان با میانگین دمای روز و شب ۱۷/۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بذرهای هر دو گیاه در بستر پیت و پرلایت با نسبت حجمی برابر کاشته شدند. گیاهچه‌های کاهو به مدت ۴ و گیاهچه‌های فلفل دلمه‌ای ۶ هفته در این بسترها پرورش یافت. سپس به ظروف کاشت هیدروپونیک انتقال یافتند که حاوی محلول غذایی جانسون با غلظت‌های ۱۰۱/۱، ۷۵/۸ و ۵۰/۵ میلی مولار نیتروژن بودند. ظروف هیدروپونیک در حمام‌های آبی با دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به منظور تأمین دمای مورد نیاز در ناحیه ریشه قرار گرفتند. گیاهچه‌ها به مدت ۳۸ روز در شرایط مذکور پرورش یافتند. به وسیلهٔ اسکالپل ریشه‌ها از قسمت هوایی جدا شده و دو گیاه توزین شدند. برای محاسبه شاخص‌های تنشی داده‌های مربوط به وزن خشک به ترتیب در فرمول‌های زیر جایگزاری شد;(Fischer and Maurer, 1978; Fischer et al, 1998)

Fernandez, 1992; Rosielle & Hamblin, 1981; Bouslama & Schapaugh, 1984; Hall, 1993; Lan, 1998; Moosavi et al, 2008; Farshadfar & Sutka, 2002).

نتایج به‌وسیلهٔ نرم افزار Statistix 8 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمونLSD در سطح ۵٪ محاسبه شد.

YI

$$Yi = \left[\frac{y_s}{\overline{y}_p}\right] \qquad ATI = \left[\frac{\left(y_p - y_s\right)}{\left(\overline{y}_s - \overline{y}_p\right)}\right] \times \left[\sqrt{y_p} \times y_s\right]$$

(هرچه میزان این شاخص بیشتر باشد مقاومت گیاه تحت شرایط تنش بیشتر است).

$$TOL = \left[y_p - y_s\right]$$

(مقادیر پایین‌تر از این شاخص از لحاظ مقاومت به تنش مطلوب است).

$$GMP = \sqrt{\left(y_s\right)}\left(y_p\right) \qquad RNI = \left[\frac{y_s / y_p}{\overline{y}_s / \overline{y}_p}\right] \qquad STI = \left[\frac{y_s \times y_p}{\left(\overline{y}_p\right)}\right]$$

(هرچه که مقدار آن بیشتر باشد مقاومت گیاه تحت شرایط تنش بیشتر است)

$$SSI = \left[\frac{1-\left(y_s / y_p\right)}{1-\left(\overline{y}_s / \overline{y}_p\right)}\right]$$

$$MP = \left[\frac{\left(y_s + y_p\right)}{2}\right] \qquad NRI = \frac{\left[y_s \times \left(y_s / y_p\right)\right]}{\overline{y}_s} \qquad STI = \left[\frac{y_s \times y_p}{\left(\overline{y}_p\right)^2}\right]$$

(با مقادیر کمتر از این شاخص مقاومت بیشتری مشاهده شد).

$$YSI = \left[\frac{y_s}{y_p}\right]$$

(هرچه میزان این شاخص بیشتر باشد مقاومت گیاه به تنش بالاتر است).

$$HM = \left[\frac{2\left(y_p \times y_s\right)}{y_p - y_s}\right]$$

(هرچه که میزان میانگین هارمونی بالاتر باشد مقاومت گیاه بیشتر است).

نتایج

در گیاه کاهو از میزان شاخص‌های حساسیت به تنش، مقاومت به تنش، میانگین عملکرد، شاخص مقاومت و میانگین هارمونیک در دمای ریشه ۳۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به طور معناداری کاسته شد(جدول ۱).

دمای ریشه	شاخص حساسیت به تنش (SSI)	شاخص مقاومت به تنش (STI)	میانگین عملکرد جغرافیایی (GMP)	میانگین عملکرد (MP)	شاخص مقاومت (TOL)	میانگین هارمونیک (HM)
۲۵° C	۰/۶۳ a	۱/۵۴ a	۱/۸ a	۱/۱ a	۱/۶۱ a	۰/۶۳ a
۳۵° C	۰/۴۸ b	۱/۱۸ b	۱/۶ b	۰/۷۹ b	۱/۳ b	۰/۴۸ b

جدول۱
تاثیر دمای ریشه بر روی شاخصهای تنشی در کاهو

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

علاوه بر این در کاهو از میزان شاخص‌های عملکرد، پایداری عملکرد، حساسیت به دما، کاهش عملکرد نسبی و حساسیت به تنش غیر زیستی در دمای ریشه ۳۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به طور معناداری کاسته شد. اما در مقدار شاخص مقاومت به دما در میان دو دمای اعمال شده تفاوت معناداری مشاهده نشد(جدول ۲).

دمای ریشه	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص حساسیت به تنش دمایی (SHI)	شاخص مقاومت به تنش (SRI)	شاخص کاهش عملکرد نسبی (RDY)	شاخص حساسیت به تنش غیر زیستی (ATI)
۲۵° C	۰/۵۱ a	۰/۶۳ a	۵۱/۲۱ a	۲/۴۹ a	۲۵/۵۸ a	۱۰/۰۵ a
۳۵° C	۰/۳۶ b	۰/۴۶ b	۳۶/۳۴ b	۱/۹۴ a	۱۸/۱۶ b	۶/۸۲ b

جدول۲
تاثیر دمای ریشه بر روی شاخصهای تنشی در کاهو

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

در کاهو از میزان شاخص‌های حساسیت به تنش، مقاومت به تنش، میانگین عملکرد، شاخص مقاومت و میانگین هارمونیک در یک روند نزولی با کاهش غلظت نیتروژن موجود در محلول غذایی از مقادیر آن‌ها نیز به طور معنی‌داری کاسته شد(جدول ۳).

غلظت نیتروژن	شاخص حساسیت به تنش (SSI)	شاخص مقاومت به تنش (STI)	میانگین عملکرد جغرافیایی (GMP)	میانگین عملکرد (MP)	شاخص مقاومت (TOL)	میانگین هارمونیک (HM)
۱۰۱/۱ mM	a ۰/۹۲	a ۲/۳۲	a ۲/۱۱	a ۱/۷	a ۲/۱	a ۰/۹۲
۷۵/۸mM	b ۰/۵۳	b ۱/۳	b ۱/۶۹	b ۱/۰۱	b ۱/۴	b ۰/۵۳
۵۰/۲ mM	c ۰/۲۲	c ۰/۵۴	c ۱/۳۴	c ۰/۱۶	c ۰/۷۹	c ۰/۲۲

جدول۳
تاثیر سطوح مختلف نیتروژن محلول غذایی بر روی شاخص‌های تنشی در کاهو

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

همچنین در کاهو از میزان شاخص‌های عملکرد، پایداری عملکرد، حساسیت به دما، مقاومت به دما، کاهش عملکرد نسبی و حساسیت به تنش غیر زیستی در یک روند نزولی با کاهش غلظت نیتروژن موجود در محلول غذایی از مقادیر آن‌ها نیز به طور معناداری کاسته شد (جدول ۴).

غلظت نیتروژن	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص حساسیت به تنش تغذیه‌ای (SHI)	شاخص مقاومت به تنش (SRI)	شاخص کاهش عملکرد نسبی (RDY)	شاخص حساسیت به تنش غیر زیستی (ATI)
۱۰۱/۱ mM	a ۰/۷۷	a ۰/۹۲	a ۷۷/۴۸	a ۴/۰۸	a ۳۸/۷۲	a ۱۰/۴۴
۷۵/۸ mM	b ۰/۴۶	b ۰/۵۶	b ۴۶/۳۲	b ۲/۲۴	b ۲۳/۱۳	b ۹/۲۹
۵۰/۲ mM	c ۰/۰۷	c ۰/۲۵	c ۷/۵۲	c ۰/۳۳	c ۳/۷۷	c ۵/۵۷

میانگین هایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۴

تاثیر سطوح مختلف نیتروژن محلول غذایی بر روی شاخص‌های تنشی در کاهو

در گیاه فلفل دلمه‌ای در میان دو دمای ریشه اعمال شده در شاخص حساسیت به تنش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما مقادیر شاخص‌های مقاومت به تنش، میانگین عملکرد جغرافیایی، میانگین عملکرد و میانگین هارمونیک در دمای ریشه ۳۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر و تفاوت معناداری را نشان داد. هرچند که شاخص مقاومت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۳۶ درصد نسبت به دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مقدار بیشتری را نشان داد(جدول ۵).

دمای ریشه	شاخص حساسیت به تنش (SSI)	شاخص مقاومت به تنش (STI)	میانگین عملکرد جغرافیایی (GMP)	میانگین عملکرد (MP)	شاخص مقاومت (TOL)	میانگین هارمونیک (HM)
۲۵° C	۰/۹۶ a	۰/۴۹ b	۰/۶۳ b	۱/۲ b	۰/۸۲ a	۱ b
۳۵° C	۰/۶۲ a	۰/۶۴ a	۰/۸۴ a	۱/۳ a	۰/۵۶ b	۱/۲ a

میانگین هایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۵

تاثیر دمای ریشه بر روی شاخص‌های تنشی در فلفل دلمه‌ای

همچنین از مقادیر شاخص‌های پایداری عملکرد، مقاومت به دما، کاهش عملکرد نسبی و حساسیت به تنش‌های غیر زیستی با افزایش دمای ریشه به طور معناداری کاسته شد. اما شاخص عملکرد و شاخص مقاومت به دما با افزایش دمای ریشه به طور معناداری افزایش پیدا کرد (جدول ۶).

دمای ریشه	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص حساسیت به تنش دمایی(SHI)	شاخص مقاومت به تنش (SRI)	شاخص کاهش عملکرد نسبی (RDY)	شاخص حساسیت به تنش غیر زیستی (ATI)
۲۵° C	۰/۴۹ b	۰/۵ a	۰/۴۹ b	۵۱/۷۸ a	۱/۰۶ a	۶۷/۳ a
۳۵° C	۰/۶۴ a	۰/۳۵ b	۰/۶۴ a	۳۵/۰۹ b	۰/۷۵ b	۴۶/۰۴ b

میانگین هایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۶

تجدول ۶- تاثیر دمای ریشه بر روی شاخصهای تنشی در فلفل دلمه ای

مقدار شاخص حساسیت به تنش در غلظت ۱۰۱/۱ میلی مولار نیتروژن از دو غلظت دیگر به طور معناداری تا ۵۱ درصد کم‌تر بود، اما میان دو غلظت ۷۵/۸ و ۵۰/۲ میلی مولار نیتروژن محلول غذایی تفاوت معناداری مشاهده نشد. در فلفل دلمه‌ای مقاومت به تنش، میانگین عملکرد جغرافیایی، میانگین عملکرد و میانگین هارمونیک در یک روند نزولی با کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی به طور معنی‌داری کاهش یافت. هرچند که مقدار شاخص مقاومت در یک روند صعودی با کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی به طرز معناداری افزایش یافت (جدول ۷).

جدول ۷

تاثیر سطوح مختلف نیتروژن محلول غذایی بر روی شاخص‌های تنشی در فلفل دلمه‌ای

غلظت نیتروژن	شاخص حساسیت به تنش (SSI)	شاخص مقاومت به تنش (STI)	میانگین عملکرد جغرافیایی (GMP)	میانگین عملکرد (MP)	شاخص مقاومت (TOL)	میانگین هارمونیک (HM)
mM ۱۰۱/۱	b 46/0	a ۰/۸۲	a ۱/۱۳	a ۱/۵	c ۰/۲۱	a ۱/۴۸
۷۵mM/۸	a ۰/۹۶	b ۰/۵۵	b ۰/۷۱	b ۱/۲۵	b ۰/۷۲	b ۱/۱۳
۵۰/۲ mM	a ۰/۹۸	c ۰/۲۸	c ۰/۳۶	c ۱/۰۳	a ۱/۱۵	c ۰/۷

میانگینهایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنیداری ندارند.

شاخص عملکرد و شاخص حساسیت به دما به طور معناداری با کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی کاهش پیدا کرد، اما در در مقادیر شاخص‌های پایداری عملکرد، مقاومت به دما، کاهش عملکرد نسبی و حساسیت به تنش غیرزیستی افزایش معناداری با کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی مشاهده شد(جدول ۸).

جدول ۸

تاثیر سطوح مختلف نیتروژن محلول غذایی بر روی شاخص‌های تنشی در فلفل دلمه‌ای

غلظت نیتروژن	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص حساسیت به تنش تغذیه‌ای (SHI)	شاخص مقاومت به تنش(SRI)	شاخص کاهش عملکرد نسبی (RDY)	شاخص حساسیت به تنش غیر زیستی (ATI)
mM ۱۰۱/۱	a ۰/۸۲	c ۰/۱۲	a ۰/۸۷	c ۱۲/۷۴	c ۰/۲۵	c ۱۷/۵۳
۷۵/۸ mM	b ۰/۵۵	b ۰/۴۴	b ۰/۵۵	b ۴۴/۲۶	b ۰/۹۲	b ۵۸/۸۶
۵۰/۲ mM	c ۰/۲۸	a ۰/۷۱	c ۰/۲۸	a ۷۱/۸۱	a ۱/۵	a ۹۳/۶۳

میانگینهایی که در هر ستون دارای حرف مشترکی هستند بر مبنای آزمون LSDدر سطح خطای ۵٪ تفاوت معنیداری ندارند.

بحث

هرچند که میزان دو شاخص حساسیت به تنش (SSI) و مقاومت به تنش (STI) بالاتر باشد نمایانگر مقاومت بیشتر گیاه تحت شرایط تنش‌زای محیطی است. در این پژوهش در گیاه فلفل دلمه‌ای شاخص مقاومت به تنش با کاهش نیتروژن محلول غذایی و همچنین افزایش دمای ریشه افزایش یافت، ولی در گیاه کاهو این روند نزولی بود. همچنین شاخص حساسیت به تنش در فلفل دلمه‌ای در غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد نیتروژن محلول غذایی با یکدیگر تفاوت معناداری نداشت، اما هر دو غلظت مقادیر کمتری از شرایط تأمین کامل نیتروژن محلول غذایی داشتند. علاوه بر این در فلفل دلمه‌ای با افزایش دمای ریشه مقدار این شاخص افزایش یافت و این در حالی است که شاخص حساسیت به تنش در کاهو با افزایش دمای ریشه و همچنین کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی به طور معنی‌داری کاهش یافت. البته در

گندم گزارش شده است که هر مقدار که میزان شاخص STI بالاتر باشد آن رقم می‌تواند در شرایط محیطی مختلف عملکردهای متفاوتی داشته باشد و به دنبال آن شاخص‌های MP و GMP برای آن رقم خاص در شرایط مختلف متفاوت باشد(Farshadfar et al, 2012). نتایج به دست آمده از این پژوهش کاهش میانگین عملکرد را تحت دمای نامناسب و غلظت‌های پایین نیتروژن در هر دو گیاه نشان داد. در میان ژنوتیپ‌های مختلف گندم مشاهده شد که هر چه میزان میانگین عملکرد بالاتر باشد عملکرد بالاتری از گیاه در شرایط تنش دیده می‌شود و گیاه سازگاری بیشتری با شرایط استرس دارد(Farshadfar et al., 2012). در مقدار شاخص مقاومت هر قدر میزان این شاخص پایین‌تر باشد مقاومت بالاتری نسبت به عوامل تنش‌زای محیطی مشاهده می‌شود(Fernandez, 1992; Farshadfar et al., 2012). همان‌طور که در هر دو گیاه مشاهده شد با افزایش شرایط تنشی شاخص پایداری عملکرد (YSI) کاهش می‌یابد. به طور کلی هرچه میزان پایداری عملکرد بالاتر باشد، میزان مقاومت گیاه بیشتر است. همانند نتایج بررسی‌های مختلف صورت‌گرفته بر روی گندم هرچه میزان این شاخص بیشتر باشد، عملکرد بالاتری از گیاه هم در شرایط رشد نرمال و هم تحت شرایط تنش مورد انتظار است. البته ممکن است به دنبال آن، میزان شاخص STI آن گیاه نیز بالاتر باشد (Fernandez, 1992; Farshadfar et al, 2012). هر اندازه که شاخص مقاومت به تنش دمایی و تغذیه‌ای (SRI) بیشتر باشد یعنی گیاه حساسیت کم‌تری نسبت به شرایط تنش‌زا دارد(Fernandez, 1992). در هر دو گیاه با افزایش دمای ریشه و همچنین کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی حساسیت به تنش افزایش یافت. در شاخص مقاومت به تنش‌های غیرزنده (ATI) فلفل دلمه‌ای با کاهش غلظت نیتروژن مقدار آن افزایش یافت در حالی که در کاهو به طور معناداری با کاهش غلظت نیتروژن کاهش یافت. این شاخص نمایانگر توانایی مکانیسم‌های داخل گیاه برای کنار آمدن با شرایط استرس‌زای محیطی است هر اندازه که مقدار آن کمتر باشد مقاومت بیشتری نسبت به شرایط تنش‌زا مشاهده می‌شود. در نتیجه فلفل دلمه‌ای توانایی پایین‌تری برای مقاومت به تنش‌های غیر زیستی نسبت به کاهو دارد. همانند نتایج به دست آمده در بررسی ژنوتیپ‌های گندم، ژنوتیپ‌هایی که میزان شاخص ATI در آن‌ها پایین‌تر بود توانایی مقابله بالاتری با شرایط تنش را داشتند (Fernandez,1992 Farshadfar et al, 2012).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به داده‌های به دست آمده، گیاه کاهو یک گیاه فصل سرد است، اما نسبت به فلفل دلمه‌ای تحت شرایط تنش دمای بالا در ناحیه ریشه مقاومت بیشتری دارد. فلفل دلمه‌ای حساسیت کمتری در مقایسه با کاهو نسبت کاهش غلظت نیتروژن محلول غذایی دارد.

REFERENCES

- Bouslama, M. & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24, 933-937.
- Bunn, R., Lekberg, Y. & Zabinski, C. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi ameliorate temperature stress in thermophilic plants. Ecology, 90, 1378-1388.
- Farshadfar, E. & Dabiri, S. (2012). Comparison between effective selection criteria of drought tolerance in bread wheat landraces of Iran. Annals of Biological Research, 7, 3381-3389.
- Farshadfar, E. & Sutka, J. (2002). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. Cereal Research Communication, 31, 33-39.
- Farshadfar, E., Moradi, Z., Elyasi, P., Jamshidi, B. & Chaghakabodi, R. (2012). Effective selection criteria for screening drought tolerant landraces of bread wheat (Triticum aestivum L.). Annals of Biological Research, 5, 2507-2516.
- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C. G. Kuo (Ed), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan.
- Fischer, R. A.& Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29, 897-912.
- Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Condon, A. G. & Saavedra, A. L. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler Canopies. Crop Science, 38, 1467-1475.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L.& Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Plant Science, 77, 523-531.
- Guo, P. & Al-Khatib, K. (2003). Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (Amaranthus retroflexus) Palmer amaranth (A. almery), and common waterhemp (A.rudis). Weed Science, 51, 869-875.
- Hall, A. E. (1993). Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments? In: T. J. Close and E. A. Bray (Ed), Plant Responses to cellular Dehydration during environmental stress, 1-10.
- Lan, J., (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agric Boreali-occidentalis Sinica, 7, 85-87.
- Lawlor, D. W., (2008). Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. Journal of Experimental Botany, 53, 773-787.
- Makhziah, K., Rochiman, A. & Purnobasuki, H. (2013). Effect of Nitrogen Supply and Genotypic Variation for Nitrogen Use Efficiency in Maize. American Journal of Experimental Agriculture, 3(1), 182-199.
- Moosavi, S. S., Yazdi Samadi, B., Naghavi, M. R., Zali, A. A., Dashti, H. & Pourshahbazi, A., (2008).

Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert, 12, 165-178.

- Nada, K., He, L. X. & Tachibana, S. (2003). Impaired photosynthesis in cucumber (Cucumis sativus L.) by high root-zone temperature involves ABA-induced stomatal closure and reduction in ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activity. Journal of Society of Horticulture, 72, 504-510.
- Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments. Crop Science, 21, 943-946.
- Wu, Q. S. & Zou, Y. N. (2010). Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. Scinetia Horticulture, 125, 289-293.
- Zhang, W. P., Jiang, B., Li, W. G., Song, H., Yu, Y. S. & Chen, J. F. (2009). Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber (Cucumis sativus L.) through modulating antioxidative system. Scinetia Horticulture, 122, 200-208.