

بررسی ترکیب عنصرهای کانی اناردانه و برگ انار رقم نادری با محلول پاشی کود آمینواسیددار در شرایط تنش خشکی

سکینه حسن‌زاده^۱، فربرز حبیبی^۱، محمد اسماعیل امیری^{۲*} و محمدرضا نائینی^۳
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۳. استادیار، مرکز تحقیقات آب و خاک قم
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷)

چکیده

به منظور بررسی ترکیب عنصرهای کانی اناردانه و برگ انار رقم نادری با محلول پاشی کود آمینواسیددار در شرایط تنش خشکی پژوهشی انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمار آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمار کود آمینواسیددار در چهار سطح (۰، ۲، ۳ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر) اعمال شد. محلول پاشی در چهار مرحله (پیش از باز شدن گل‌ها، پس از تشکیل میوه، مرحله رشد سریع و دو هفته پیش از برداشت) انجام شد. نتایج نشان داد، افزایش تنش آبی موجب کاهش نیتروژن (۵/۹۷ درصد)، فسفر (۰/۳۷ درصد) و پتاسیم (۰/۰۷ درصد) اناردانه و افزایش میزان آهن (۲۳۰ قسمت در میلیون) اناردانه و پتاسیم (۰/۰۸ درصد) و آهن (۳۴۸/۸۴ قسمت در میلیون) برگ در مقایسه با شاهد شد. افزایش سطوح کود آمینواسیددار موجب افزایش نیتروژن (۸/۷۵ درصد)، پتاسیم (۰/۱ درصد) و آهن (۲۳۵/۹۲ قسمت در میلیون) اناردانه و فسفر (۰/۶۴ درصد) برگ شد. ولی میزان پتاسیم (۰/۰۷ درصد) و آهن (۳۲۴/۱۹ قسمت در میلیون) برگ را کاهش داد. نتایج به دست آمده نشان داد که محلول پاشی با کود آمینواسیددار می‌تواند به طور معنی‌داری ارزش تغذیه‌ای اناردانه را بهبود بخشد و اثرگذاری زیانبار تنش خشکی را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، تنش خشکی، کود آمینواسیددار، نیاز آبی، نیتروژن.

Study of aril and leaf mineral composition of pomegranate cv. Naderi with spraying fertilizer containing amino acid under drought stress conditions

Sakineh Hasanzadeh¹, Fariborz Habibi¹, Mohammad Esmaeil Amiri^{2*} and Mohammad Reza Naeini³

1, 2. Former M.Sc. Student and Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

3. Assistant Professor, Qom Water and Soil Research Center, Iran

(Received: Dec. 14, 2015 - Accepted: Feb. 6, 2016)

ABSTRACT

In order to the study of aril and leaf mineral composition of pomegranate cv. Naderi with spraying fertilizer containing amino acid under drought stress conditions, an experiment was conducted as a split plot based on randomized complete block design. Irrigation treatment in three levels (100%, 75% and 50% required water) and fertilizer containing amino acids in four levels (0, 2, 3 and 4 milliliter per liter) were applied. Spraying was done in four stages (before anthesis, after fruit set, rapid growth phase and two weeks before harvest). The results showed increasing water stress decreased nitrogen (5.97%), phosphorus (0.37%) and potassium (0.07%) and increased iron (230 ppm) in aril and potassium (0.08%) and iron (348.84 ppm) in leaves in comparison to the control without water stress. Increasing level of amino acid fertilizer increased nitrogen (8.75%), potassium (0.1%) and iron (235.92 ppm) in the aril and level of phosphorus (0.64%) in the leaves but decreases the amount of potassium (0.07%) and iron (324.19 ppm) in the leaves. Based on the results it can be stated that spraying of fertilizer containing amino acids significantly improved the nutritional value of pomegranate and reduced the harmful effects of drought stress.

Keywords: Drought stress, fertilizer containing amino acid, nitrogen, potassium, water requirement.

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از خانواده Punicaceae میوه‌ای گرمسیری تا نیمه گرمسیری است که در مناطق حاشیه کویر، با تابستان‌های گرم و خشک محصول خوبی می‌دهد (Ramezani et al., 2009). میوه انار به‌طور گسترده در پزشکی به دلیل افزایش سلامتی در درمان یا کاهش خطر اختلال‌های مزمن مانند سرطان، تصلب شرایین، دیابت، فشارخون و دیگر بیماری‌ها استفاده می‌شود. فراوان‌ترین عناصر در اناردانه^۱ نیتروژن، پتاسیم، فسفر، گوگرد و منیزیم است (Holland et al., 2009; Lansky & Newman, 2007).

با توجه به مناطق کشت انار، این درختچه همواره تحت تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی قرار می‌گیرد. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که باعث برهم زدن فشار آماس در یاخته یا بافت گیاهی شده که به علت هدررفت بالای آب (تعرق) یا کاهش جذب آب و یا ترکیبی از این دو است و می‌تواند روی هدایت روزنه‌ای، میزان نورساخت (فتوسنتز)، ریخت‌شناختی (مورفولوژی) برگ‌ها و ریشه‌ها و تعادل عنصرهای غذایی در گیاهان اثر گذارد (Romero et al., 2004). در شرایط تنش غلظت یون‌های محلول خاک افزایش یافته و موجب کاهش پتانسیل آب محیط غذایی می‌شوند و بدین ترتیب جذب آب توسط ریشه گیاه را محدود می‌سازند و در پی آن جذب عنصرهایی مانند نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، مولیبدن، منگنز و غیره کاهش می‌یابد (Rouphael et al., 2012). گیاهان برای سازگار شدن با شرایط کم‌آبی، سازوکارهای گوناگونی را مانند تغییر ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی و سوخت‌وسازی (متابولیکی) در اندام‌های خود توسعه داده‌اند (Gill et al., 2015).

در شرایط بروز تنش‌های محیطی مانند سرمازدگی، دمای بالا، شوری، خشکی، مصرف آفت‌کش‌ها و غیره، گیاه قابلیت جذب عنصرهای غذایی را از راه ریشه از دست می‌دهد و مؤثرترین شیوه در چنین شرایطی، تغذیه برگ‌ی است. کودهای بر پایه اسیدهای آمینه بیش از سی سال است که به دلیل اثرگذاری‌های

سودمند زیادی که در انواع محصولات کشاورزی دارند، توسط کشاورزان مصرف می‌شود. اسیدهای آمینه مواد آلی هستند که خواص ضد تنش داشته و می‌توانند به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم در فعالیت‌های فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاه نفوذ کرده و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند (Faten et al., 2010). این نتایج تنها به دلیل محتوای نیتروژن آلی (ارگانیکی) اسیدهای آمینه نیست، بررسی‌های چندی نشان داده که این اثرگذاری‌ها به دلیل ویژگی‌های زیست محرک اسیدهای آمینه در گیاهان تحت تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی است (Heuer, 2003; Aslam et al., 2001). همچنین اسیدهای آمینه نقش اصلی در جذب عنصرهای غذایی ایفا می‌کنند (Faten et al., 2010). اسیدهای آمینه آزاد پیش‌ماده‌های انتقال نیتروژن بین یاخته‌ها و اندام‌ها هستند و جذب نیترات و فرآیند کاهش توسط سوخت‌وساز (متابولیسم) درونی اسیدهای آمینه تنظیم می‌شود (Aslam et al., 2001).

بررسی‌های محققان نشان می‌دهد، تنش خشکی موجب کاهش جذب عنصرهای کانی، کاهش سطح برگ و کاهش نورساخت در انار می‌شود (Mellisho et al., 2012; Karimi & Hasanpour, 2015). اسیدهای آمینه موجب بهبود جذب عنصرها و ویژگی‌های کیفی میوه در لیمو (Sanchez et al., 2002) و انگور (Rasp, 1986) می‌شود، همچنین موجب افزایش جذب آهن در گوجه‌فرنگی (Cerdana et al., 2009) و افزایش جذب نیتروژن در جو (Aslam et al., 2001) می‌شود.

با توجه به شرایط جوی ایران و رخداد تنش‌های محیطی، استفاده از اسیدهای آمینه می‌تواند برای افزایش بازده و بهبود کیفیت میوه انار کمک مؤثری کند. همچنین با توجه به اهمیت کاربرد کودهای آلی و طبیعی برای حفظ محیط‌زیست و حفظ سلامتی بشر، این تحقیق می‌تواند کمک شایانی در افزایش تولید و کیفیت میوه انار در فصل‌های تحت تنش خشکی نماید. از آنجاکه تنش خشکی روی جذب عنصرها تأثیر می‌گذارد و تاکنون نتایج مشخص و معینی درباره کاربرد کودهای آلی آمینواسیددار بر

در طی دوره آزمایش چهار بار و در زمان‌های پیش از باز شدن گل‌ها، پس از تشکیل میوه، مرحله رشد سریع و دو هفته پیش از برداشت انجام شد.

برای اعمال سطوح مختلف آبیاری در آغاز نیاز آبی انار در ماه‌های مختلف برآورد شد (Farshi, 1998). برای این منظور نیاز آبی روزانه انار (مجموع نیاز آبی در هر ماه/شمار روز ماه) بنا بر جدول استاندارد محاسبه شد و با توجه به سطح سایه‌انداز و بازده آبیاری قطره‌ای (۸۵ درصد) توسط روابط زیر اصلاح شد:

= نیاز خالص آبیاری در هر دوره

میانگین نیاز آبی در روز × سطح سایه‌انداز × دور آبیاری

= نیاز ناخالص آبیاری در هر دوره

$$\text{نیاز ناخالص آبیاری} \times \frac{\text{راندمان آبیاری}}{\text{نیاز خالص آبیاری}} = \text{فاصله‌های درختان}$$

پس از تعیین دبی قطره‌چکان‌ها (۴ لیتر در ساعت) و با توجه به فاصله‌های درختان (۳×۴) و نوع طرح آزمایشی در سطح مزرعه، میزان ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد آن به درختان داده شد. ترکیب کود آلی آمینواسیددار آمینول فورته در جدول ۱ آورده شده است.

محتوای مواد کانی گیاه انار گزارش نشده است، بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر محلول‌پاشی ترکیب‌های آمینواسیددار بر ترکیب کانی‌های اناردانه و برگ انار رقم نادری در شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز کشت و صنعت آب شیرین که در ۴۰ کیلومتری جاده قدیم قم-کاشان قرار دارد طی سال ۱۳۹۰ انجام شد. به منظور بررسی اثر تیمار کود حاوی اسیدهای آمینه شماره ۱۸۰ درخت هم‌سن (چهار ساله) و هم‌اندازه انار رقم نادری انتخاب شد. در طول فصل رشد عملیات باغی از جمله هرس و برنامه‌های کوددهی و دیگر عامل‌های قابل کنترل به صورت یکنواخت در مورد آن‌ها اعمال شد. این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. سطوح آبیاری شامل آبیاری نرمال با ۱۰۰ درصد نیاز آبی، تنش آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی و تنش آبی با ۵۰ درصد نیاز آبی و سطوح تیمار مواد آلی شامل محلول‌پاشی با کود آمینواسیددار به غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۲، ۳ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر بود. محلول‌پاشی

جدول ۱. ترکیب کود آلی آمینواسیددار آمینول فورته

Table 1. Ingredient of organic fertilizer contain of Aminol-Forte

Amino acid	Value (%)	Amino acid	Value (%)	Amino acid	Value (%)	Amino acid	Value (%)
Glycine	1.8	Arginine	8.4	Phenylalanine	5.1	Tyrosine	1.5
Valine	5.1	Glutamic acid	0.9	Serine	4.2	Glutamine	0.9
Proline	8.4	Lysine	5.1	Therionine	3.9	Cysteine	0.3
Alanine	13.2	Lucine	16.5	Histidine	3	Other	0.3
Aspartic acid	4.5	Isolucine	4.5	Glycocoll	9.6	Nitrogen	1.1

کالریمتری توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) (Cecil.Series 2, England)، پتاسیم (K) با نورسنج شعله‌ای (فلیم‌فوتومتر Jenway PFP7, England) و آهن (Fe) با دستگاه جذب اتمی (Varian-Specter AA 20, Australia) اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۱) تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه

برای اندازه‌گیری عنصرهای کانی، نمونه‌های اناردانه و برگ توسط آون خشک شدند. در آغاز همه نمونه‌های خشک‌شده برگ و اناردانه هر تیمار با کمک آسیاب آزمایشگاهی به‌طور کامل پودر و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد. ۰/۳ گرم نمونه پودر شده به روش هضم تر با سولفوریک‌اسید-سالیسیلیک‌اسید و آب‌اکسیژنه عصاره‌گیری شد. پس از عصاره‌گیری، نیتروژن کل (N) با روش کج‌لدال، فسفر (P) با روش

درصد با سطح کود ۲ میلی لیتر در لیتر، بیشترین میزان فسفر (۰/۶۵ درصد) و کمترین میزان آن (۰/۳۳ درصد) به ترتیب در تیمار آبیاری کامل با سطح کود صفر، آبیاری ۵۰ درصد با سطح کود صفر، بیشترین میزان پتاسیم (۰/۱۲ درصد) و کمترین میزان آن (۰/۰۶ درصد) به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و سطح کود ۳ میلی لیتر در لیتر و آبیاری ۵۰ درصد با کود ۲ میلی لیتر در لیتر و بیشترین میزان آهن (۲۵۷/۹۶ قسمت در میلیون) و کمترین میزان آن (۱۸۹/۸۱ قسمت در میلیون) به ترتیب در تیمار آبیاری ۷۵ درصد و سطح کود ۳ میلی لیتر در لیتر و آبیاری کامل و کود ۲ میلی لیتر در لیتر مشاهده شد (جدول ۴).

میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد، با افزایش سطح کود، میزان نیتروژن، پتاسیم و آهن اناردانه به طور معنی داری افزایش یافت ولی میزان فسفر اناردانه کاهش یافت (جدول ۲) و با کاهش سطوح آبیاری میزان آهن اناردانه به طور معنی داری افزایش ولی نیتروژن، پتاسیم و فسفر اناردانه به طور معنی داری کاهش یافتند (جدول ۳). بیشترین میزان نیتروژن (۱۰/۹۶ درصد) و کمترین میزان آن (۴/۲۱ درصد) به ترتیب در تیمار آبیاری کامل با سطح کود ۴ میلی لیتر در لیتر و آبیاری ۵۰

جدول ۲. تأثیر سطوح مختلف تیمار اسید آمینه بر عنصرهای کانی اناردانه انار رقم نادری

Table 2. Effect of different levels of amino acid treatment on aril's minerals of pomegranate cv. Naderi

Fertilizer treatment (ml/l)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Iron (ppm)
0	6.13 ^b	0.45 ^a	0.07 ^c	212 ^b
2	6.67 ^{ab}	0.38 ^b	0.08 ^{bc}	215.86 ^b
3	6.83 ^{ab}	0.37 ^b	0.1 ^a	235.92 ^a
4	8.75 ^a	0.39 ^b	0.96 ^{ab}	214.01 ^b

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری بر عنصرهای کانی اناردانه انار رقم نادری

Table 3. Effect of different levels of irrigation treatment on aril's minerals of pomegranate cv. Naderi

Irrigation treatment (Required irrigation %)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Iron (ppm)
100	8.61 ^a	0.44 ^a	0.1 ^a	200.9 ^b
75	6.61 ^b	0.37 ^b	0.08 ^b	227.4 ^a
50	5.97 ^b	0.37 ^b	0.07 ^b	230 ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۴. تأثیر سطوح مختلف تیمار اسید آمینه و آبیاری بر عنصرهای کانی اناردانه انار رقم نادری

Table 4. Effect of different levels of amino acid and irrigation treatment on aril's minerals of pomegranate cv. Naderi

Irrigation treatment (Required irrigation %)	Fertilizer treatment (ml/l)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Iron (ppm)
100	0	4.97 ^a	0.65 ^a	0.09 ^a	193.61 ^c
	2	9.56 ^a	0.36 ^d	0.08 ^a	189.81 ^c
	3	9.7 ^a	0.38 ^c	0.12 ^a	193.14 ^c
	4	10.96 ^a	0.38 ^c	0.11 ^a	227.03 ^c
75	0	8.93 ^a	0.36 ^d	0.08 ^a	225 ^c
	2	5.49 ^a	0.39 ^c	0.08 ^a	214.25 ^{cd}
	3	5.47 ^a	0.35 ^{cd}	0.09 ^a	257.96 ^a
	4	6.93 ^a	0.37 ^{cd}	0.09 ^a	212.59 ^d
50	0	5.27 ^a	0.33 ^e	0.07 ^a	217.4 ^{cd}
	2	4.2 ^a	0.38 ^c	0.06 ^a	243.51 ^b
	3	5.32 ^a	0.38 ^c	0.08 ^a	256.66 ^a
	4	8.34 ^a	0.41 ^b	0.08 ^a	202.4 ^{cd}

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

آبیاری ۵۰ درصد و سطح کود ۴ میلی‌لیتر در لیتر و آبیاری کامل با کود ۴ میلی‌لیتر در لیتر و بیشترین میزان آهن (۴۰۰/۱۸) قسمت در میلیون) و کمترین میزان آن (۲۹۴/۲۶) قسمت در میلیون) به ترتیب در تیمار آبیاری ۵۰ درصد و سطح کود صفر و آبیاری ۵۰ درصد و کود ۳ میلی‌لیتر در لیتر مشاهده شد (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین‌های عنصرهای غذایی برگ انار توسط آزمون دانکن نشان داد با افزایش سطح کود، میزان فسفر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی میزان آهن کاهش یافت (جدول ۵) و با کاهش سطوح آبیاری میزان آهن به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول ۶). بیشترین میزان پتاسیم (۰/۰۹ درصد) و کمترین میزان آن (۰/۰۶ درصد) به ترتیب در تیمار

جدول ۵. تأثیر سطوح مختلف تیمار اسید آمینه بر عنصرهای کانی برگ انار رقم نادری

Table 5. Effect of different levels of amino acid treatment on leaf's minerals of pomegranate cv. Naderi

Fertilizer treatment (ml/l)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Iron (ppm)
0	2.77 ^a	0.32 ^b	0.76 ^a	371.41 ^a
2	2.56 ^a	0.64 ^a	0.08 ^a	326.48 ^b
3	2.76 ^a	0.42 ^{ab}	0.07 ^a	324.19 ^b
4	2.56 ^a	0.42 ^{ab}	0.07 ^a	348.02 ^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند. Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۶. تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری بر عنصرهای کانی برگ انار رقم نادری

Table 6. Effect of different levels of irrigation treatment on leaf's minerals of pomegranate cv. Naderi

Irrigation treatment (Required irrigation %)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Iron (ppm)
100	2.75 ^a	0.44 ^a	0.07 ^b	332.12 ^b
75	2.72 ^a	0.51 ^a	0.07 ^b	346.62 ^a
50	2.71 ^a	0.41 ^a	0.08 ^a	348.84 ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند. Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۷. تأثیر سطوح مختلف تیمار اسید آمینه و آبیاری بر عنصرهای کانی برگ انار رقم نادری

Table 7. Effect of different levels of amino acid and irrigation treatment on leaf's minerals of pomegranate cv. Naderi

Irrigation treatment (Required irrigation %)	Fertilizer treatment (ml/l)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Iron (ppm)
100	0	2.71 ^a	0.39 ^a	0.08 ^b	322.22 ^{cd}
	2	2.11 ^a	0.49 ^a	0.08 ^b	342.03 ^c
	3	2.73 ^a	0.51 ^a	0.08 ^b	310.55 ^{de}
	4	2.44 ^a	0.36 ^a	0.06 ^c	353.7 ^{bc}
75	0	2.83 ^a	0.36 ^a	0.08 ^b	391.85 ^a
	2	2.86 ^a	0.76 ^a	0.08 ^b	301.48 ^{de}
	3	2.63 ^a	0.43 ^a	0.07 ^c	367.77 ^b
	4	2.57 ^a	0.48 ^a	0.07 ^b	325.37 ^{cd}
50	0	2.76 ^a	0.2 ^a	0.06 ^c	400.18 ^a
	2	2.71 ^a	0.68 ^a	0.08 ^b	335.92 ^c
	3	2.92 ^a	0.33 ^a	0.08 ^b	294.25 ^c
	4	2.66 ^a	0.41 ^a	0.09 ^a	365 ^b

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند. Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

تغییرپذیری فیزیولوژیکی و متابولیکی آن‌ها می‌شود (Zhang et al., 2010). از سویی قابلیت دسترسی عنصرهای غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر انواع تنش، تغییر شایان ملاحظه‌ای می‌یابد (Rouphael et al., 2012). در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد

نتایج آزمایش نشان می‌دهد، تنش خشکی به‌طور معنی‌داری روی همه عنصرهای اندازه‌گیری شده اناردانه و عنصرهای پتاسیم و آهن برگ تأثیر گذاشته است. تنش خشکی ضمن کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان، باعث محدود شدن رشد و برخی

درون‌یاخته‌ای و برون‌یاخته‌ای این آنزیم شود. اهمیت این آنزیم در تولید و انتقال فسفر است (Julie *et al.*, 2000). آنزیم اسید فسفاتاز در شرایط تنش و کمبود آب وظیفه حفظ سطح فسفات کانی^۱ (Pi) را به عهده دارد و این کار با تبدیل فسفر استری شده به فسفات کانی صورت می‌گیرد و فسفات کانی دوباره توسط یاخته‌ها جذب می‌شود. تنش شوری و خشکی موجب افزایش فعالیت اسید فسفاتاز می‌شود که این افزایش فعالیت، همراه با کاهش میزان فسفر خارج و یا درون‌یاخته‌ای است (Sharma & Kaur, 2007). رطوبت خاک موجب رشد و حرکت بهتر ریشه‌ها در خاک شده که در نهایت سبب رشد بهتر گیاه می‌شود. با افزایش رطوبت خاک در اثر آبیاری بیشتر، میزان جذب فسفر در گیاه افزایش می‌یابد (Melisho *et al.*, 2012). در این پژوهش، محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه موجب افزایش فسفر برگ شد ولی برخلاف انتظار موجب کاهش فسفر اناردهانه شد.

در این آزمایش، تحت تنش خشکی محتوای پتاسیم اناردهانه کاهش داشت که می‌تواند مرتبط با کاهش وزن خشک بر اثر تنش خشکی باشد. ولی تنش موجب شد میزان جذب پتاسیم برگ افزایش یابد. گزارش محققان مختلف نیز این مسئله را تأیید می‌نمایند که جذب پتاسیم در هنگام تنش خشکی و شوری افزایش می‌یابد آنان علت این امر را سازوکار جذب فعال این یون دانسته‌اند (Cakmak, 2005). نتایج تحقیقات Karimi & Hasanpour (2015) روی انار رقم شیشه کپ نشان داد افزایش شوری و تنش آبی موجب افزایش غلظت پتاسیم ساقه و ریشه انار می‌شود. اگر تنش خشکی با کمبود پتاسیم همراه شود، این آسیب‌ها شدیدتر خواهد شد و پتاسیم تحمل به کم‌آبی را در گیاهان القا می‌نماید (Zheng *et al.*, 2010). پتاسیم به‌طور عمده در گیاهان به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی مهم به شمار آمده و ۳۰-۵۰ درصد از پتانسیل اسمزی بافت‌های برگ مسن به‌وسیله پتاسیم تنظیم می‌شود (Zheng *et al.*, 2010). گزارش‌هایی مبنی بر افزایش نیاز گیاه به یون

که تنش شوری باعث نداشتن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود (Romero *et al.*, 2004).

کاهش میزان نیتروژن اناردهانه همسو با نتایج تحقیقات Mellisho *et al.* (2012)، روی انار است که نشان داد، تیمار آبیاری موجب کاهش عنصرهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم اناردهانه می‌شود. در شرایط تنش خشکی که ریشه‌های گیاه با کمبود آب و عنصرهای غذایی به‌ویژه نیتروژن قرار می‌گیرد و جذب نیتروژن از خاک کاهش می‌یابد (Mellisho *et al.*, 2012). بنابر نتایج، محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه موجب افزایش نیتروژن اناردهانه شده است. نیترات بیشترین شکل معمول تغذیه نیتروژن غیرآلی گیاهان است (Aslam *et al.*, 2001)، در آغاز نیترات توسط ناقل غشای پلاسمایی جذب شده و موجب کاهش آمونیوم توسط نیترات‌ردوکتاز و نیتريت‌ردوکتاز می‌شود، آمونیوم به اسیدهای آمینه متصل شده و موجب تشکیل گلوتامین و دیگر اسیدهای آمینه و سوخت‌وساز آن‌ها می‌شود (Aslam *et al.*, 2001). گیاهان با سرعت پایین اسمیلاسیون نیترات در ریشه‌ها، بیشتر نیترات جذب‌شده را به شاخه‌ها می‌فرستند و در آنجا کاهش‌یافته به اسیدهای آمینه ملحق می‌شوند، سپس اسیدهای آمینه شاخه‌ها توسط آوندهای آبکش به ریشه‌ها منتقل می‌شود (Gebler *et al.*, 1998). چرخش اسیدهای آمینه بین ریشه و شاخه یک سیگنال برای سطوح درونی نیتروژن است و می‌یابند و یا به‌صورت بیرونی تأمین می‌شوند موجب القای جذب نیترات و سامانه‌های کاهشی می‌شوند (Sivasankar *et al.*, 1997). از آنجایی که القای هر دو این سامانه‌ها بستگی به در دسترس بودن نیترات در بافت‌ها دارد، بنابراین متابولیت‌های نیتروژن بر در دسترس بودن بستره (سوبسترا)ها اثر می‌گذارند (Aslam *et al.*, 2001).

در این آزمایش میزان فسفر اناردهانه با افزایش سطوح تنش کاهش یافت. یکی از آنزیم‌هایی که در نتیجه تنش خشکی بیان آن افزایش می‌یابد، آنزیم اسید فسفاتاز است که عامل‌های محیطی پرشمار دیگری نیز می‌توانند سبب افزایش فعالیت

1. Inorganic phosphate

Sánchez (2005) پیشنهاد کرد اسیدهای آمینه به دلیل توانایی عمل به‌عنوان کلات دهنده‌های طبیعی و هم به‌عنوان ناقلان کارآمد آهن به درون گیاهان و اثر آن‌ها روی سوخت‌وساز و فیزیولوژی گیاهی (افزایش نفوذپذیری غشای یاخته‌ای^۱، تحریک H^+ -ATPase و کاهش فعالیت کلات Fe^{3+} و ...) در بهبود تغذیه گیاهی آهن مشارکت دارند.

همان‌طور که در نتایج مشهود است، محلول‌پاشی کود آمینو اسیددار موجب افزایش عنصرهای کانی اناردانه نسبت به عنصرهای کانی برگ شده است، به‌استثنای فسفر اناردانه که کاهش یافته است. بسیار مهم است که تأکید شود طی تنش آبی بیشتر میوه‌ها به‌عنوان منبع (سینک) قوی مواد نورساختی عمل می‌کنند و هنگامی آبیاری به حال اول برگردد درصد رشد میوه به میزان زیاد توسعه می‌یابد (Muller et al., 2011).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی تنش خشکی موجب کاهش جذب عنصرهای غذایی می‌شود. کاربرد اسیدهای آمینه به‌صورت بیرونی با تأثیر روی اجزای بیوشیمیایی گیاه، به‌عنوان منبع کربن و انرژی برای محافظت گیاه به کار می‌روند و به‌عنوان بافرها و زیست‌ساخت (بیوسنتز) ترکیب‌های آلی عمل می‌کنند. در این بررسی با افزایش سطوح تنش، میزان جذب عنصرهای نیتروژن، فسفر و آهن به میزان معنی‌داری کاهش یافت، ولی پتاسیم برگ افزایش یافت که می‌تواند نشانه مقاومت نسبی انار به تنش خشکی باشد. همچنین محلول‌پاشی کود آمینو اسیددار موجب افزایش نیتروژن، پتاسیم و آهن اناردانه و فسفر برگ شد و آثار سوء تنش بر جذب عنصرها را کاهش داد.

پتاسیم همراه با انباشته شدن آن در برگ گیاهان ناشی از دوره درازمدت خشکی وجود دارد که نشان‌دهنده نقش این یون در تنظیم عملکرد روزنه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان) در برگ‌ها است (Cakmak, 2005). افزایش میزان جذب پتاسیم تحت تنش خشکی در این آزمایش می‌تواند نشانه توان انتخابی انار در انتقال پتاسیم به شاخه باشد.

افزایش میزان آهن اناردانه و برگ با افزایش تنش می‌تواند به دلیل کاهش سطح برگ و افزایش سبزینه (کلروفیل) در واحد سطح باشد. نتایج بررسی Oserkowsky (1933) به‌طور واضح نشان می‌دهد، همبستگی مثبت بین میزان آهن جدا شده از برگ‌ها و محتوای سبزینه آن‌ها وجود دارد.

نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی کود آمینو اسیددار موجب افزایش آهن اناردانه شد که با نتایج بسیاری از پژوهشگران همخوانی دارد. آنان بیان کردند، کاربرد خاکی و برگی اسیدهای آمینه موجب افزایش جذب آهن می‌شود (Cerdana et al., 2009). Sánchez (2002, 2005) گزارش کرد، کاربرد خاکی اسیدهای آمینه در ترکیب با کلات آهن، جذب آهن و برخی ویژگی‌های کیفی میوه لیمو را بهبود بخشید. همچنین محلول‌پاشی برگ اسیدهای آمینه و سولفات آهن در انگور، موجب افزایش جذب سطحی آهن و بهبود انتقال و در دسترس قرار گرفتن آهن در مقایسه با کاربرد سولفات آهن به‌تنهایی شد (Rasp, 1986). بررسی‌های انجام‌شده نشان داد افزودن ترکیب اسیدهای آمینه و انواع کلات‌های مصنوعی (سنتزی)، رشد ریشه، شاخه و محتوای سبزینه برگ در مارچوبه (آسپاراگوس) را افزایش می‌دهد (Cerdana et al., 2009). Sánchez (2002) و

REFERENCES

1. Aslam, M., Travis, R. L. & Rains, D. W. (2001). Differential effect of amino acids on nitrate uptake and reduction systems in barley roots. *Plant Science*, 160, 219-228.
2. Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 521-530.
3. Cerdana, M., Sánchez-Sánchez, A., Oliver, M., Juárez, M. & Sánchez-Andreu, J. J. (2009). Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants, *Acta Horticulturae*, 830, 481-488.

4. Emami, A. (1996). *Methods of plant analysis*. Agriculture research and promotion organization. Agriculture ministry. pp 128. (in Farsi)
5. Farshi, A. A. (1998). *An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran*. Agriculture Education Press, Volume 2. pp 648. (in Farsi)
6. Faten, S. Abd El-Aal, F. S., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. & Mahmoud, A. R. (2010). Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6, 583-588
7. Gebler, A., Schultze, M., Schrempp, S. & Rennenberg, H. (1998). Interaction of phloem-translocated amino compounds with nitrate net uptake by the roots of beech (*Fagus sylvatica*) seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 49, 1529-1537.
8. Gill, S. S., Anjum, N. A., Gill, R., Mahajan, M. & Tuteja, N. (2015). Abiotic stress tolerance and sustainable agriculture, pp. 439-472. *Elucidation of abiotic stress signaling in plants*, Volume 2, Girdhar K. P.
9. Heuer, B. (2003). Influence of exogenous application of proline and glycine betaine on growth of salt-stressed tomato plants. *Plant Science*, 165, 693-699.
10. Holland, D., Hatib, K. & Bar-Yàakov, I. (2009). Pomegranate: Botany, horticulture, breeding. *Horticultural Reviews*, 35, 127-191.
11. Julie, E. H., Simpson, R. J. & Richardson, A. E. (2000). The growth and phosphorus utilization of plants in sterile media when supplied with inositol hexaphosphate, glucose-1-phosphate or inorganic phosphate. *Plant and Soil*, 220, 165-174.
12. Karimi, H. R. & Hasanpour, Z. (2015). Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 37, 1937-1951.
13. Lansky, E. P. & Newman, R. A. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109, 177-206.
14. Mellisho, C.D., Egea, I., Galindo, A., Rodriguez, P., Rodriguez, J., Conejero, W., Romojaro, F. & Torrecillas, A. (2012). Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 114, 30-36.
15. Muller, B., Pantin, F., Genard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M. & Gibon, Y. (2011). Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Experimental Botany*, 62, 1715-1729
16. Oserkowsky, J. (1933). Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic leaves. *Plant Physiology*, 8, 449-669.
17. Roupheal, Y., Cardarelli, M., Schwarz, D., Franken, P. & Colla, G. (2012). Effects of drought on nutrient uptake and assimilation in vegetable crops. In: *Plant responses to drought stress* (pp. 171-195). Springer Berlin Heidelberg.
18. Rasp, H. (1986). Control of grape chlorosis through nutrient applications on leaves. In: *Foliar Fertilization* (pp. 242-254). Springer Netherlands.
19. Ramezani, A., Rahemi, M. & Vazifehshenas, M. R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121, 171-175.
20. Romero, P., Navarró, J. M., Garcia, F. & Ordaz, P. B. (2004). Effects of regulated deficit irrigation during the pre-harvest period on gas exchange, leaf development and crop yield of mature almond trees. *Tree Physiology*, 24, 303-312.
21. Sánchez Sánchez, A., Juárez M., Sánchez-Andreu J., Jordá, J. & Bermúdez, D. (2007). Use of humic substances and amino acids to enhance iron availability for tomato plants from applications of the chelate Fe-EDDHA. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 1877-1886.
22. Sánchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J. & Bermúdez, D. (2002). Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate Fe-EDDHA in lemon trees. *Journal Plant Nutrition*, 25, 2433-2442.
23. Sharma, A. D. & Kaur, R. (2007). Drought-induced changes in acid phosphatase activities in wheat in relationship with phosphorus. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 19, 31-38.
24. Sivasankar, S., Rothstein, S. & Oaks, A. (1997). Regulation of the accumulation and reduction of nitrate by nitrogen and carbon metabolites in maize seedlings. *Plant Physiology*, 114, 583-589.
25. Zhang, J., Yuncong, Y., Streeter, G. & Ferree, D. C. (2010). Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of Fuji/M.9EML, a young apple seedling. *Journal of Biotechnology*, 9, 5320-5325.