تأثیر تغذیه برگی آسکوربیک‌اسید و آلفاتوکوفرول بر مقاومت به تنش شوری در توت‌فرنگی رقم سلوا

فاطمه دهقان [۱]، منصور غلامی [۲*]، علی عزیزی [۳]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

*: نویسنده مسئول: Fatemedehghan65@Gmail.com

چکیده:

در این پژوهش اثر تنش شوری و تغذیه برگی آسکوربیک اسید و آلفاتوکوفرول بر برخی پارامترهای رشدی (سطح برگ و وزن تر و خشک برگ) و فاکتورهای بیوشیمیایی (کلروفیل a، b و کلروفیل کل ، قندهای محلول و پرولین) در توت‌فرنگی (Fragaria ananssa Duch) رقم سلوا مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح کلرید کلسیم (۰،۱۵،۳۰ mM) و پنج سطح تیمار ویتامینی شامل (شاهد، تیمار آسکوربیک اسید (۱،۵،۳ mM) و آلفاتوکوفرول (۱،۵،۳ mM)) با سه تکرار در شرایط کنترل شده گلخانه ای انجام شد. نتایج نشان داد در گیاهانی که تنها در معرض کلرید سدیم قرار داشتند، در مقایسه با گیاهان شاهد میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل ، پارامترهای رشدی کاهش و قندهای محلول و پرولین برگ افزایش یافت. اما گیاهانی که در معرض همزمان کلریدسدیم و تیمار ویتامین قرار داشتند، در مقایسه با گیاهانی که تنها در معرض تنش شوری بودند، پارامترهای رشدی، میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل و قندهای محلول را افزایش داد اما تأثیر معنی‌داری روی میزان پرولین نداشت. این نتایج نشان می‌دهند که اسپری برگی آسکوربیک‌اسید و آلفاتوکوفرول سبب افزایش بردباری به تنش شوری و کاهش اثرات مضر کلریدسدیم در توت‌فرنگی رقم سلوا شد.

کلمات کلیدی:تنش شوری-توت فرنگی-آسکوربیک اسید-آلفاتوکوفرول

مقدمه:

توت‌فرنگی گیاه علفی دائمی که جزء گیاهان نهاندانه دو لپه‌ای، جدا گلبرگ، از خانواده رزاسه و از جنس فراگاریا است (هانکوک[۱]، ۱۹۹۹). با توجه به افزایش نواحی کشت و مصرف کننده آن در جهان و همچنین اهمیت تجاری آن به طور قابل توجهی حساس به شوری است (کئوتگان و پائولزیک[۲]، ۲۰۰۷). شوری یکی از مهمترین تنش های غیر زیستی است که رشد و عملکرد گیاه را کاهش می دهد.همچنین سبب افزایش انواع اکسیژن های فعال می‌گردد که منجر به تنش اکسیداتیو در نتیجه تخریب سلولی بوسیله اکسیداسیون لیپید ها،پروتئین ها،اسیدهای نوکلئیک می‌شود (اشرف[۳]، ۲۰۰۹). گیاهان حاوی غلظت بالای آنتی اکسیدان مقاومت قابل توجهی به تخریب ناشی از اکسیژن فعال نشان می‌دهند. بافت‌های گیاهی برای کنترل مقدار رادیکال‌های آزاد اکسیژن و برای محافظت از یاخته‌های گیاهی در شرایط تنش دارای مجموعه‌ای از آنتی‌اکسیدان‌ها با وزن ملکولی پایین مانند آسکوربیک‌اسید و آلفاتوکوفرول است (اشرف، ۲۰۰۹). آسکوربیک‌اسید بعنوان یک آنتی‌اکسیدان محلول در آب بعنوان سوبسترای اولیه در مسیر چرخه‌ای سمیت زدایی پراکسیدهیدروژن عمل می‌کند، همچنین دارای چندین نقش کلیدی در گیاهان شامل:توسعه دیواره سلولی، تنظیم فتوسنتز، توسعه یاخته، طویل شدن ریشه و انتقال الکترون در عرض غشا دارد (اسمیرنف[۴]، ۲۰۰۰). آلفا-توکوفرول بعنوان مهمترین ترکیب فعال ویتامین E و آنتی‌اکسیدان چربی‌دوست با وزن ملکولی کم می‌باشد قویترین آنتی‌اکسیدان مهار کننده‌ی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سطح غشا است و از طریق شکستن زنجیره آسیل چربی

1 -Hancock
2 - Keutgen and Pawelzik
3 - Ashraf
4 - Smirnoff

در طول اکسیداسیون لیپیدها سبب حفظ اسیدهای چرب اشباع نشده از پراکسیداسیون لیپیدها شده و از این طریق از اکسیداسیون غشاهای کلروپلاستی محافظت می‌کند (مون‌بوش[5]، ۲۰۰۴). هدف از این پژوهش بررسی اثر حفاظتی ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی و نیز برهمکنش آن در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از شوری روی گیاه توت فرنگی رقم سلوا است.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی اثر تنش شوری و تغذیه برگی آسکوربیک اسید و آلفاتوکوفرول آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بو علی سینا انجام شد. بدین منظور نشاهای سالم و عاری از آفات وبیماری ها توت فرنگی رقم سلوا را از مرکز تحقیقات کردستان تهیه شد و به گلدان هایی به نسبت های ۱:۱ کوکوپیت و پرلایت انتقال داده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح کلرید سدیم(۰،۱۵،۳۰) و تیمار ویتامین آنتی‌اکسیدانی {شاهد، ویتامین E (آلفاتوکوفرول) (۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) و ویتامین C (آسکوربیک‌اسید) (۱/۵ و ۳ میلی‌مولار)} هر کدام در سه تکرار انجام شد. وقتی بوته ها به مرحله ۵-۴ برگی رسیدند تنش شوری اعمال شد و محلول پاشی برگی بوته در سه مرحله همزمان با شوری و به فاصله دو هفته دو بار دیگر محلول‌پاشی صورت گرفت. سنجش محتوای کلروفیل برگها با استفاده از عصاره استونی انجام شد.برای محاسبه مقدار کلروفیل ها جذب عصاره در طول موج های ۶۶۳،۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (پورا[6]، ۲۰۰۲).مقادیر کلروفیل a،bو (a+b) با استفاده از رابطه ۱-۱ بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد:

رابطه ۱-۱

$$Chla=(12.25)(A663)-(2.55)(A645),\ Chlb=(20.31)(A645)-(4.91)(A663),\ Chl(a+b)=(17.76)(A645)+(7.34)(A663)$$

همچنین شدت پرولین برگ با استفاده از روش رنگ سنجی و قرائت نمونه ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه گیری شد (بیتس[7] و همکاران، ۱۹۷۳). سنجش قندهای محلول بااستفاده از عصاره الکلی و اسید سولفوریک و طبق روش (*پاکوئین و لچاسور*[8]،۱۹۷۹) و جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. اندازه‌گیری سطح برگ‌ها از طریق نرم‌افزار پردازش تصویرانجام گردید و سپس میانگین آنها منظور شد. بعد از اتمام دوره تنش، بوته‌ها را از گلدان‌ها خارج گردیدند سپس ریشه‌ها و اندام هوایی از قسمت از هم جدا شدند وزن تر ریشه و برگ توسط ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. سپس برای اندازه گیری وزن خشک، اندام‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار گرفتند. تجزیه آماری داده‌ها به روش مدل خطی عمومی (GLM) به کمک نرم افزار SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین سطوح مختلف ویتامین‌ها و شوری و برهمکنش سطوح مختلف شوری و ویتامین‌ها بر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).که می‌توان گفت به دلیل بسته شدن روزنه،عدم سنتز کلروفیل و آنزیم های فتوسنتزی و همچنین فعالیت بالای کلروفیلازی می باشد (اشرف و هریس[9]، ۲۰۰۴). با افزایش میزان شوری محتوای کلروفیل a،bو به تبع آن کلروفیل کل کاهش می یابد ولی کاربرد برگی ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی از طریق حفظ

[5] - Munne- Bosch
[6] - Porra
[7] - Bates
[8] - Paquin and Lechasseur
[9] - Ashraf. and Harris

غشای کلروپلاستی و ممانعت از تجزیه کلروفیل سبب بهبود سنتز کلروفیل می گردیدند (مون‌بوش، ۲۰۰۴). فاروک[10]، (۲۰۱۱) گزارش کرد اثر آنتی اکسیدان‌ها در شرایط شوری بر محتوای کلروفیل ممکن است به‌دلیل ثبات در مکان آنزیمی و واکنش‌های فتوسنتزی همچنین. تحریک بیوسنتز و یا به تأخیر انداختن تجزیه کلروفیل در پی افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کاهش تجمع پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپیدی در گندم باشد ، همچنین نتایج نشان داد که محتوای قندهای محلول در گیاهان تحت تنش شوری نسبت به شاهد افزایش یافت. اختلاف بین تیمارهای سطوح شوری و ویتامین‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵٪ معنی دار شد (جدول ۱). در شرایط شوری ۳۰ میلی‌مولار آلفاتوکوفرول ۳ میلی‌مولار باعث تجمع بیشتر قندهای محلول گردید (جدول ۲). در اثر تنش اسمزی و تغییر در محتوای نسبی آب ناشی از شوری قندهای محلول تجمع یافته و باعث تنظیم اسمزی و حفظ آماس و ادامه رشد در گیاه می شود (اشرف و هریس، ۲۰۰۴). کاربرد برگی ویتامین‌ها با افزایش سطوح درونی برخی فیتوهورمون‌های خاص و حفظ دستگاه فتوسنتزی و آنزیم‌های چرخه کالوین از آسیب رادیکال‌های آزاد سنتز کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهند (مون-بوش، ۲۰۰۴؛ اسمیرنف، ۲۰۰۰). اختلاف بین سطوح مختلف ویتامین‌ها و شوری در سطح ۱ درصد بر میزان پرولین برگ معنی‌دار شد در حالی‌که اثر متقابل سطوح شوری و ویتامین‌ها نیز معنی‌دار نشد (جدول ۱). با افزایش میزان شوری مقدار پرولین در برگ‌ها افزایش یافت. محلول‌پاشی برگ‌های توت‌فرنگی با آسکوربیک‌اسید و آلفاتوکوفرول منجر به افزایش میزان پرولین در برگ‌ها شدند. حداکثر مقدار پرولین در سطوح شوری مربوط به تیمار غلظت ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و حداقل آن مربوط به تیمار شاهد بود. در بین سطوح مختلف ویتامین‌ها آلفاتوکوفرول با غلظت ۳ میلی‌مولار دارای بیشترین میزان پرولین بود. تیمار شاهد کمترین میزان پرولین را داشت که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار آسکوربیک اسید نداشت (جدول ۲). پرولین نوعی مکانیسم دفاعی بوده و نقش آنتی اکسیدانتی داشته و سبب حذف رادیکال‌های آزاد تولید شده در طی تنش می‌شود و از این طریق پروتئین‌ها و غشا را از آسیب اکسیداتیو حفظ می‌کند (اشرف و هریس، ۲۰۰۴). آنتی‌اکسیدان‌ها سبب افزایش سنتز پرولین و یا بیوسنتز سایر اسیدهای آمینه به‌منظور تبدیل آنها به پروتئین می‌شوند و همچنین سبب فعال کردن واکنش‌های چندگانه، که بعنوان بخشی از فرآیندهای سازگاری است می‌گردند (مجیو[11]، ۲۰۰۲) آلکورایني[12] (۲۰۰۷) گزارش کرد آسکوربیک اسید سبب افزایش پرولین در گیاه نخود و لوبیامی‌شود ولی برهمکنش آن با شوری اثر معنی‌داری بر افزایش پرولین در گیاه نخود و لوبیا ندارد. که با نتایج به دست آمده در پژوهش مطابقت دارد.نتایج نشان داد اختلاف بین تیمارهای سطوح شوری و ویتامین‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل آن‌ها به غیر از وزن تر برگ در سطح ۱٪ بر پارامترهای رشدی معنی دار شد (جدول ۱). پارامترهای رشدی (سطح برگ، وزن تر و خشک برگ) گیاه توت فرنگی به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند و کاهش یافتند و تیمار برگی ویتامینی در شرایط تنش سبب افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک برگ تحت تنش شوری شد (جدول ۲).. کاهش پارامترهای رشدی تحت شرایط تنش شوری روی توت‌فرنگی می تواند به دلیل عدم جذب آب و یا عدم تعادل ، جذب و استفاده از مواد غذایی تحت شرایط شوری باشد (سعید و همکاران، ۲۰۰۵؛ کئوتگان و پائولزیک، ۲۰۰۷). آنتی‌اکسیدان‌ها بعنوان کنترل کننده رشد مؤثر روی بسیاری از فرآیندهای بیولوژیکی شناخته شده‌اند. همبستگی مثبتی بین آنتی‌اکسیدان‌ها به ویژه آسکوربیک‌اسید و آلفاتوکوفرول با هم و با کنترل کننده کننده‌های رشد از جمله اسید سالیسیلیک و جاسمونیک اسید در کنترل حالت رداکس سلولی تحت شرایط تنش وجود دارد که سبب افزایش رشد نرمال در گیاهان می‌شوند (عباسی[13] و همکاران، ۲۰۰۷)..با توجه به حساس بودن گیاه توت فرنگی به شوری با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی می‌توانند از اثرات مضر تنش

[10] - Farouk
[11] - Maggio
[12] - Alqrainy
[13] - Abbasi

شوری بر روی توت فرنگی از طریق افزایش متابولیت‌هایی مانند قندهای محلول، پرولین و همچنین پارامترهای رشدی جلوگیری کرده و سبب تحمل گیاه به شوری شود.

منابع

Abbasi, A.R., Hajirezaei, M., Hofius, D., Sonnewald, U. and Voll, L.M. (2007) "Specific roles of a- and g-tocopherol in abiotic stress responses of transgenic tobacco". Plant Physiology, 143: 1720-1738.

Alqrainy, F. (2007) "Responses of bean and pea to vitamin C under salinity stress". Journal of Agriculture and Biological Science, 3(6) : 714-722.

Ashraf, M. (2009) "Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers". Biotechnology Advances, 27: 84-93.

Ashraf, M. and Harris, P.G.C. (2004) "Potential biochemical indicator of salinity tolerance in plant". plant Science, 166:3-16.

Bates, L.S., Waldron, R.P. and Teare, I.D. (1973). "Rapid determination of free proline for water stress studies". Plant and Soil, 39: 205-207.

Farouk, S. (2011). "Ascorbic acid and α-tocopherol minimize salt-induced wheat leaf senescence". Journal of Ptress Physiology and Biochemistery, 7(3): 58-79.

Hancock, J.F.(1999). "Strawberries". CABI Publishing", 237p.

Keutgen, A.J. and Pawelzik, E. (2007). "Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity". Food Chemistry, 150: 1487-1494.

Munne- Bosch, S. (2004). "New insights into the function of tocopherols in plants". Journal Falk, 218: 323-326.

Paquin, R. and Lechasseur, P. (1979). "Observations sur une method de dosage de la proline liber dans les extraits de plants". Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.

Porra, R. J. (2002). "The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b". Photosynthesis Research, 73:149-156.

Saeid, A.S., Keutgen, A.J., and Noga, G. (2005). "The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. Elsanta and Korona". Scientia Horticulturae, 103: 289-303.

Smirnoff, N. (2000). "Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-facetted molecule". Current Opinion in Plant Biology, 3: 229-235.

The effect of foliar Application of ascorbic acid and alpha tocopherol on salt tolerance of strawberry plants (*Fragaria ananassa*) cv. Selva

Fatemeh Dehghan*[1], Mansour gholami[2] and Ali Azizi[3]

1 - MSc Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

2-Professor of Horticulture, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

3- Assistant Professors of Horticulture, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

*: Corresponding author

Email: Fatemedehghan65@gmail.com

Abstract

In this study, the effect of salinity and foliar nutrition on the Alpha-Tocopherol and ascorbic acid some growth parameters (fresh and dry weight of leaves) and biochemical parameters (chlorophyll a, b and total chlorophyll, soluble sugars and proline) Was examined in strawberry (Fragaria ananssa Duch) Cv. Selva . For this purpose experiment was conducted in a completely randomized design with three levels of calcium chloride (0,15,30 mM) and five levels of vitamin treatment (control, treated with ascorbic acid (1.5,3 mM) and Alpha-Tocopherol (1.5,3 mM)) with three replications for each under greenhouse comditions. The results showed that the plants were exposed to sodium chloride, compared with control plants,reduced chlorophyll a, b and total chlorophyll content, growth parameters and increased leaf soluble sugars and proline. but the plants were exposed same Salt stress and vitamin treatments compared with plants that were only exposed to salt stress. Growth parameters, chlorophyll a, b and total chlorophyll and soluble sugars increased but there was no significant effect on the proline. These results show that foliar spray ascorbic acid and Alpha-Tocopherol increased tolerance to salt

stress and was reduces the harmful effects of Calcium chloride in strawberry (Fragaria ananssa Duch) Cv. Selva.
Keywords:salt stress, strawberry, ascorbic acid, Alpha-tocopherol

جدول۱ - جدول تجزیه واریانس اثر تنش شوری و ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی و اثر متقابل آن‌ها بر روی برخی ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی بر توت‌فرنگی رقم سلوا

منابع تغییرات	درجات آزادی					میانگین	مربعات		
		قندهای محلول	پرولین	کلروفیلa	کلروفیل b	کلروفیل کل	سطح برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ
ویتامین‌ها	۴	۴۷۵/۲۳۰**	۲۷/۷۳۴**	۰/۲۰۰**	۰/۱۳۹**	۰/۶۵۸**	۶۲۴/۵۷۵**	۵۵۸/۰۵۹**	۹/۲۰۳**
شوری	۲	۶۲۵/۱۱۵**	۹۰/۶۸۴**	۰/۲۷۲**	۰/۲۹۹**	۱/۱۳۶**	۴۶۳/۷۲۸**	۲۵۴۴/۳۶۳**	۶۰/۷۵۴**
ویتامین‌ها ×شوری	۸	۹۷/۸۰۰*	۵/۷۱۰^{ns}	۰/۰۲۵**	۰/۰۱۰**	۰/۰۵۶**	۱۶۶/۸۴**	۸۰/۹۲۷*	۷/۲۹۱**
اشتباه آزمایشی	۳۰	۳۷/۴۹۳	۳/۰۴۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۳۴۲	۳۳/۱۹۷	۳۴/۵۷۸	۲/۳۹۴
تغییرات (٪) ضریب	-	۱۲/۱۹	۱۸/۴۱	۱۱/۱۱	۹/۷۷	۸/۲۳	۱۱/۶۲	۱۳/۲۰	۱۵/۴۲۴

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ns: غیر معنی‌دار

جدول۱-۱- مقایسه میانگین اثر تنش شوری و ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی و برهمکنش آن‌ها روی برخی ویژگی‌های رویشی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم سلوا

شوری mM	ویتامین mM	قندهای محلول mg/g fw	پرولین µmol/g fw	کلروفیل a mg/g fw	کلروفیل b mg/g fw	کلروفیل کل mg/g fw	سطح برگ Cm^2	وزن تر برگ g	وزن خشک برگ g
	0	۳۰/۳۶^{f}	۳/۹۹^{f}	۰/۷۸۹^{bcde}	۰/۴۹۷^{cd}	۱/۲۸۶^{cd}	۵۲/۹۲^{ab}	۴۹/۲۶۳ ^{bcd}	۱۰/۹۶^{bcd}
	ASC(1.5)	۳۷/۰۱^{ef}	۴/۳۱^{f}	۰/۸۸۹^{bc}	۰/۵۴۶^{c}	۱/۴۳۶^{bc}	۵۸/۳۲^{ab}	۵۲/۲۸۰ ^{bc}	۱۰/۳۳^{bcd}
0	**ASC(3)**	۵۵/۱۶^{bc}	۶/۸۸^{ef}	۰/۹۰۵^{b}	۰/۷۰۳^{b}	۱/۶۱۰^{b}	۵۹/۸۷^{a}	۵۳/۹۱۰ ^{b}	۱۱/۸۳^{b}
	α-TOC(1.5)	۴۲/۹۹^{de}	۸/۲۳^{bcde}	۰/۸۰۴^{bcd}	۰/۵۳۸^{c}	۱/۳۴۲^{c}	۵۳/۲۱^{ab}	۶۷/۴۴۷ ^{a}	۱۶/۴۶^{a}
	α-TOC(3)	۵۵/۲۷^{bc}	۱۱/۱۳^{abc}	۱/۳۸۸^{a}	۰/۹۳۳^{a}	۲/۳۲۲^{a}	۵۴/۹۹^{ab}	۶۹/۷۳۷ ^{a}	۱۱/۶۳^{bc}
	0	۴۳/۵۲^{cde}	۷/۶۸^{cd}	۰/۶۸۴^{def}	۰/۳۵۶^{efg}	۱/۰۶۳^{ef}	۳۴/۴۲^{d}	۳۴/۸۶۰ ^{e}	۸/۳۳^{de}
	ASC(1.5)	۵۱/۳۱^{bcd}	۸/۰۳^{cde}	۰/۷۲۶^{cdef}	۰/۳۸۰^{ef}	۱/۱۰۶^{def}	۴۷/۴۵^{bc}	۴۲/۴۰۷ ^{cde}	۹/۴۶^{bcde}
15	**ASC(3)**	۴۶/۸۴^{bcde}	۸/۰۸^{cde}	۰/۸۲۳^{bcd}	۰/۴۲۳^{de}	۱/۲۵۰^{cde}	۵۴/۸۷^{ab}	۴۴/۲۷۴ ^{bcde}	۱۰/۴۳^{bcd}
	α-TOC(1.5)	۵۱/۴۲^{bcd}	۱۰/۷۷^{abcd}	۰/۷۲۰^{cdef}	۰/۴۲۳^{de}	۱/۱۴۴^{def}	۳۸/۹۹^{cd}	۴۱/۸۲۷ ^{cde}	۸/۵۶^{de}
	α-TOC(3)	۵۳/۰۹^{cdef}	۱۱/۱۷^{abc}	۰/۹۵۱^{b}	۰/۶۳۶^{b}	۱/۵۸۷^{b}	۵۱/۵۷^{ab}	۴۷/۹۸۷ ^{bcd}	۱۰/۹۰^{bcd}
	0	۴۸/۸۴^{bcd}	۱۰/۸۴^{abcd}	۰/۵۵۹^{f}	۰/۲۸۳^{g}	۰/۸۳۸^{g}	۱۹/۹۴^{e}	۱۸/۴۴۳ ^{f}	۶/۹۳^{e}
	ASC(1.5)	۴۹/۲۴^{bcd}	۱۱/۱۴^{abc}	۰/۶۹۷^{def}	۰/۳۱۳^{fg}	۱/۰۱۳^{fg}	۵۳/۵۰^{ab}	۲۳/۲۳۳ ^{f}	۸^{ed}
30	**ASC(3)**	۵۷/۷۰^{b}	۱۳/۴۰^{a}	۰/۷۳۳^{cde}	۰/۳۴۰^{efg}	۱/۰۷۶^{ef}	۵۷/۰۴^{ab}	۳۹/۸۴۷ ^{de}	۹/۰۳^{bcde}
	α-TOC(1.5)	۵۷/۳۳^{b}	۱۱/۵۴^{ab}	۰/۶۲۷^{ef}	۰/۳۹۷^{ef}	۱/۰۲۵^{f}	۵۴/۶۴^{ab}	۳۹/۹۸۰ ^{de}	۸/۷۳^{cde}
	α-TOC(3)	۷۲/۳۵^{a}	۱۲/۴۴^{a}	۰/۸۳۴^{bcd}	۰/۵۱۹^{c}	۱/۳۵۴^{c}	۵۳/۱۵^{ab}	۴۳/۰۳۰ ^{bcde}	۸/۸۶^{cde}

ASC : بیانگر آسکوربیک اسید (ویتامین C), **α-TOC** بیانگر آلفاتوکوفرول (ویتامین E)

مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۱٪ می‌باشد. حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده تفاوت غیر معنی‌دار است.