نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۲۴۵-۲۳۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.2, Summer 2019, P. 233-245
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر دفعات محلول‌پاشی کود اوره بر پارامترهای فتوسنتزی درختان بارور پسته رقم کله‌قوچی در مراحل مختلف رشد میوه

نسرین قرائی مسجدی[۱]- محمدحسین شمشیری[۲*] - محمدرضا دهقانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۷

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر دفعات کاربرد برگی کود اوره بر پارامترهای فتوسنتزی درختان پسته رقم کله‌قوچی انجام گرفت. در این آزمایش محلول‌پاشی کود اوره به غلظت ۰/۵ درصد در سه مرحله مختلف رشد میوه انجام شد و اندازه‌گیری پارامترهای فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و همچنین رنگیزه‌های کلروفیل و مجموع کارتنوئیدها در دو نوبت، یک روز پس از آخرین محلول‌پاشی و ۱۰ روز پس از مرحله اول اندازه‌گیری، انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش دفعات محلول‌پاشی اوره، شدت فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای نسبت به شاهد در هر دو زمان نمونه‌گیری افزایش یافت، درحالی‌که غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای کاهش پیدا کرد. کاربرد سه بار محلول‌پاشی اوره سبب افزایش ۲۰ درصدی شدت فتوسنتز نسبت به درختان شاهد گردید. با افزایش دفعات محلول‌پاشی اوره مقدار نیتروژن برگ در هر دو زمان اندازه‌گیری افزایش پیدا کرد، به طوری‌که کاربرد سه بار محلول‌پاشی اوره سبب افزایش ۶۵ درصدی غلظت نیتروژن برگ نسبت به درختان شاهد گردید، ولی کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی کاهش یافت. شاخص‌های F_v/F_m و PI نیز با افزایش دفعات محلول‌پاشی اوره در هر دو زمان اندازه‌گیری افزایش یافت. رنگیزه‌های کلروفیل نیز تحت تأثیر محلول-پاشی اوره قرار گرفت، به‌طوری که محلول‌پاشی اوره در سه مرحله به ترتیب سبب افزایش ۱۱، ۱۴ و ۳۰ درصدی کلروفیل a، b و کل نسبت به تیمار شاهد گردید. به‌طور کلی نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان فتوسنتز و پارامترهای مرتبط به آن در زمان دوم نمونه‌برداری و در تیمار سه بار محلول‌پاشی اوره دیده شد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل، نیتروژن

مقدمه

پسته یکی از محصولات کشاورزی ایران است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. ارزش تولید آن حدود ۱۰ درصد از درآمدهای غیرنفتی کشور می‌باشد. (۲۲). بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی، سطح زیر کشت پسته ایران ۳۱۶۷۸۰ هکتار است. پس از ایران، ایالات‌متحده با دارا بودن ۸۹۴۳۶ هکتار مقام دوم را به خود اختصاص داده است. میزان تولید پسته در ایران برابر ۴۱۵۵۳۱ تن و در ایالات‌متحده امریکا ۲۳۳۱۴۶ تن می‌باشد (۲۰). اخیراً، کشور امریکا به‌عنوان رقیب اصلی ایران میزان تولید خود را به‌طور چشمگیری افزایش داده است و با توجه به مشکلات موجود در کشور نظیر افت کمی و کیفی منابع آب، سرمازدگی بهاره، عدم تأمین نیاز سرمایی و غیره جایگاه تولید پسته ایران در معرض تغییر و تهدید می‌باشد (۲۲).

فتوسنتز یکی از مهم‌ترین فرایندهای متابولیکی در گیاهان است و تولید بالا وابسته به توانایی گیاه برای تولید میزان بالایی از مواد فتوسنتزی می‌باشد، پس فعالیت فتوسنتزی بالا به‌عنوان یک ویژگی مطلوب در طول فصل رشد همواره مورد توجه بوده است (۳۶). افزایش کارایی فتوسنتز در طی فصل رشد پسته می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد درخت پسته داشته باشد. افزایش کارایی فتوسنتز را می‌توان با تغییر در میزان برداشت نور از طریق افزایش سطح برگ یا سطح برداشت کننده نور (۴۴) و یا در طی مراحل تثبیت دی‌اکسید کربن (۲۸) بهبود بخشید، همچنین افزایش تبادلات گازی از طریق مهیا کردن شرایط برای رشد نیز می‌تواند بر کارایی فتوسنتز تأثیرگذار باشد (۲۸). کاربرد عناصر غذایی نیز سبب افزایش کارایی فتوسنتز می‌گردد. در یک بررسی در ارتباط با اثر کاربرد نیتروژن روی

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشا.رزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: shamshiri88@gmail.com
۳- استادیار گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.71004

پارامترهای فتوسنتزی زبان‌گنجشک نشان داده شد که کاربرد نیتروژن سبب افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق گردید (۲۷).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر معدنی است که تأثیرات بی‌شماری روی رشد و عملکرد گیاه دارد. برخی از فرایندهای اساسی مانند جذب آب، متابولیسم پروتئین، فتوسنتز، بخش‌بندی کربن، فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌های گیاهی تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد، نتیجه این پاسخ تغییرات شگرف در رشد، فتوسنتز، نمو گیاه و عملکرد است (۳). بیش‌ترین اهمیت نیتروژن در تغذیه گیاه مربوط به فتوسنتز است (۳۲)، بنابراین میزان فتوسنتز به‌شدت وابسته به وضعیت تغذیه نیتروژنی برگ است. کمبود نیتروژن باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های درگیر در فتوسنتز و کاهش قابل‌توجه در میزان آسیمیلاسیون دی‌اکسید کربن می‌شود (۱۰). کاربرد نیتروژن نه تنها با افزایش کارایی کربوکسیلاسیونی روبیسکو، مانع از انباشت CO_2 در برگ می‌شود، بلکه با تاثیر بر باز شدن روزنه و افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق سبب افزایش فتوسنتز می‌گردد (۲۹). طبق بررسی انجام شده روی درخت کیوی، کاربرد اوره باعث افزایش تعرق و شدت فتوسنتز نسبت به درختان شاهد گردید (۱۴). میزان نیتروژن برگ یک فاکتور مهم و تعیین‌کننده در مقدار فتوسنتز در واحد سطح برگ می‌باشد. یک ارتباط خطی بین مقدار نیتروژن برگ و شدت فتوسنتز در میوه‌های هسته‌دار دیده شد (۱۵). گزارش شده محلول‌پاشی اوره با غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ درصد در پسته باعث افزایش غلظت نیتروژن برگ، شاخه فصل جاری و جوانه گردید و شدت فتوسنتز، مقدار کلروفیل و سطح برگ را نیز افزایش داد (۴)، همچنین محلول‌پاشی درختان پسته با اوره ۰/۵ درصد سبب افزایش شدت فتوسنتز و کلروفیل برگ شد (۱۷). در پژوهشی، محلول‌پاشی درختان سیب با اوره ۳ درصد، غلظت نیتروژن برگ و شدت فتوسنتز را افزایش داد (۱۲).

با توجه به نقش کلیدی نیتروژن در فعالیت‌های متابولیسمی به‌ویژه فتوسنتز گیاهان، که به‌طور مستقیم با رشد و باروری ارتباط دارد، در این پژوهش به ارزیابی اثرات تجمعی دفعات محلول‌پاشی اوره در غلظت کم بر پارامترهای فتوسنتزی درختان پسته رقم کله‌قوچی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

محل و نحوه انجام آزمایش

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور دفعات محلول‌پاشی اوره و زمان نمونه‌برداری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار بر روی درختان ۸ ساله پسته رقم کله قوچی در سال بارده (on) در باغ پسته دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان طی فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. بدین منظور ۲۰ درخت ۸ ساله رقم کله‌قوچی با شرایط یکسان انتخاب و ۴ شاخه در جهات اصلی روی هر درخت اتیکت زده شد. برای محلول‌پاشی درختان از اوره (Merck, CAS No, 57-13-6) استفاده شد و درختان شاهد (۵ درخت) با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. محلول‌پاشی اوره بر روی ۱۵ درختی که این تیمار را دریافت کردند طی سه نوبت به شرح زیر انجام شد:

نوبت اول محلول‌پاشی (بیستم خردادماه هم‌زمان با آغاز رشد جنین): هر ۱۵ درخت محلول‌پاشی شدند.

نوبت دوم (هفتم تیرماه هم‌زمان با رشد سریع جنین): ۱۰ درخت از ۱۵ درخت برای بار دوم محلول‌پاشی شدند.

نوبت سوم محلول‌پاشی (بیست و چهارم تیرماه در طول ریزش جوانه‌های گل): ۵ درخت از ۱۰ درخت که در سری قبل محلول‌پاشی شدند برای بار سوم اوره دریافت کردند.

در این پژوهش از غلظت ۰/۵ درصد اوره استفاده شد. تمام محلول‌پاشی‌ها در ساعات عصر انجام شد و برای بهتر شدن جذب از توین ۲۰ استفاده گردید. در محلول‌پاشی، تمام برگ‌های درخت به‌طور کامل خیس شد. اندازه‌گیری پارامترهای فتوسنتزی یک روز پس از آخرین محلول‌پاشی و برای بار دوم، ۱۰ روز پس از نمونه‌برداری اول انجام گرفت. پارامترهایی که در این آزمایش مورد اندازه‌گیری قرار گرفت شامل پارامترهای فتوسنتزی، غلظت نیتروژن برگ، پارامترهای فلورسانس کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی بود.

اندازه‌گیری پارامترهای فتوسنتزی

به‌منظور اندازه‌گیری آن از دستگاه سنجش فتوسنتز (LCpro-SD, ADC Ltd, UK) استفاده گردید. پارامترهای فتوسنتزی شامل شدت فتوسنتز، A (میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)، تعرق E، (میلی‌مول H_2O بر مترمربع بر ثانیه)، هدایت روزنه‌ای، g_s (مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه) و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای، C_i (میکرومول CO_2 بر مول) بود. کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی، PNUE از تقسیم شدت فتوسنتز بر میزان نیتروژن برگ بدست آمد.

اندازه‌گیری نیتروژن کل

برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن برگ از همان برگی استفاده شد که فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل در آن اندازه‌گیری شده بود و مقدار نیتروژن با استفاده از روش کجلدال[1] محاسبه گردید (۹).

اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه کلروفیل فلوریمتر (Pocket PEA, Hansatech Ltd, UK) استفاده گردید. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس پارامترهای F_v/F_m و PI ثبت

1- Kejeldahl

نمود. از برگی که برای اندازه‌گیری فتوسنتز استفاده شد، جهت اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل نیز استفاده گردید.

اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی

از برگی که برای اندازه‌گیری فتوسنتز استفاده شد نمونه‌گیری شد و درنهایت غلظت رنگدانه‌ها با استفاده از روش پورا[1] (۳۴) محاسبه گردید.

در پایان آزمایش، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple range test) در سطح احتمال یک و پنج درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

پارامترهای فتوسنتزی

طبق نتایج تجزیه واریانس، پارامترهای فتوسنتزی شامل شدت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای تحت تأثیر دفعات کاربرد اوره و مرحله نمونه‌برداری و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت، درحالی‌که شدت تعرق تنها تحت تأثیر اثرات مستقل تیمارها قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد شدت فتوسنتز درختان تیمار شده با اوره به‌طور قابل‌توجهی نسبت به درختان تیمار نشده افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که کاربرد یک مرحله، دو مرحله و سه مرحله به ترتیب سبب افزایش ۱۱، ۱۲ و ۲۰ درصدی شدت فتوسنتز نسبت به تیمار شاهد گردید، همچنین نتایج نشان داد که شدت فتوسنتز در زمان دوم اندازه‌گیری بیشتر از زمان اول اندازه‌گیری بود (شکل A-۱)، از طرفی نتایج نشان داد که هدایت روزنه‌ای درختانی که در سه مرحله با اوره محلول‌پاشی شده بودند به ترتیب حدود ۶ و ۱۷ درصد نسبت به درختانی که محلول‌پاشی نشده بودند در زمان اول و دوم اندازه‌گیری افزایش پیدا کرد، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در ارتباط با هدایت روزنه‌ای بین درختانی که یک‌بار و دو بار با اوره محلول‌پاشی شده بودند با درختان محلول‌پاشی نشده مشاهده نشد، هرچند میزان هدایت روزنه‌ای تا حدودی افزایش پیدا کرد (شکل B-۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس شدت فتوسنتز A، تعرق E، هدایت روزنه g_s، غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه C_i، مقدار نیتروژن برگ N و کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی PNUE ، درختان پسته رقم کله قوچی تیمار شده با کود اوره در یک، دو و سه نوبت در طی فصل رشد

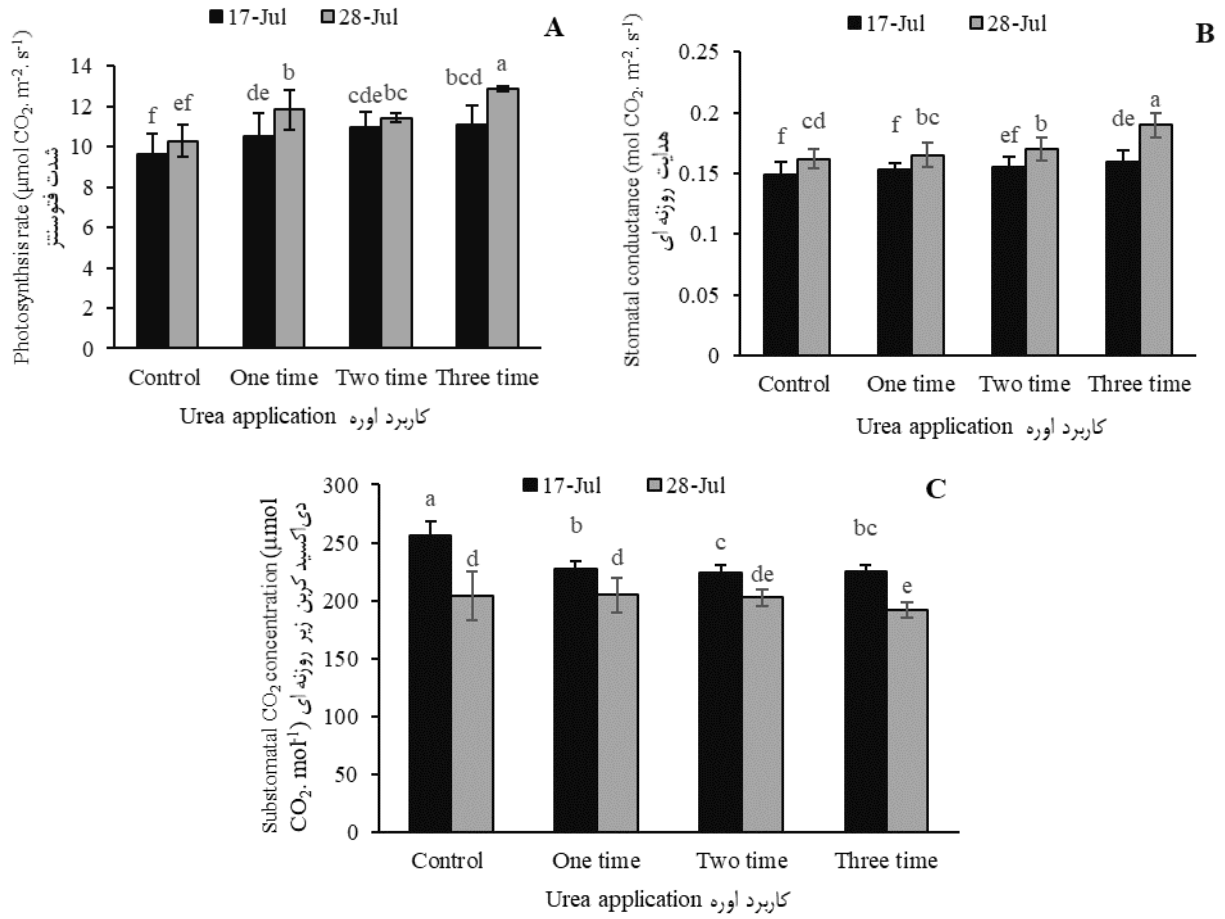
Table 1- ANOVA results for photosynthesis (A), transpiration rate (E), stomatal conductance (g_s), internal CO_2 concentration (C_i), leaf nitrogen (N) and photosynthetic nitrogen use efficiency (PNUE) of "Kalleh-ghuchi" pistachio treated with urea one, two or three time during growing season

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	Means Squares میانگین مربعات					
		A	E	g_s	C_i	N	PNUE
کاربرد اوره Urea application (UA)	3	6.94 **	1.22 **	0.001 **	231.4 ns	16.59**	1.21 **
بلوک Block (B)	4	0.60 ns	0.05 ns	0.0001 ns	308.51 ns	0.07 ns	0.25 ns
خطای یک Error1	12	0.35 ns	0.13 ns	0.00002 ns	572 ns	0.0007ns	0.25 ns
تاریخ نمونه‌برداری Sampling date (SD)	1	11.02 **	2.26 **	0.003 **	10579 **	0.95 **	0.098 ns
کاربرد اوره× تاریخ نمونه‌برداری SD×UA	3	0.92 **	0.17 ns	0.0003 **	1141 **	0.49 **	4.37 *
خطای دو Error2	16	0.289	0.132	0.00002	254	0.81	0.39
ضریب تغییرات CV (%)		4.85	4.38	2.69	7.35	6.78	5.23

ns، * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

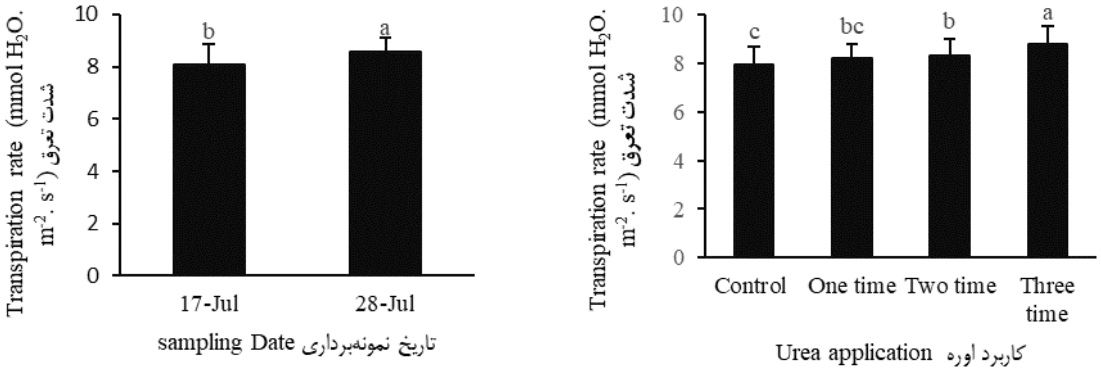
ns, *, **: Non significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

1- Porra



شکل ۱- تأثیر دفعات محلول‌پاشی اوره بر شدت فتوسنتز (A)، هدایت روزنه‌ای (B) و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای (C_i) درختان پسته رقم کله‌قوچی در دو زمان نمونه‌برداری (۲۷ تیرماه و ۶ مردادماه).

Figure 1- Effect of repeated urea application on photosynthesis rate [A] (A), stomata conduction [g_s] (B) and intercellular CO_2 concentration [C_i] (C) of pistachio trees cv. "Kalleh-ghuchi" in two sampling dates (17 Jul and 28 Jul)



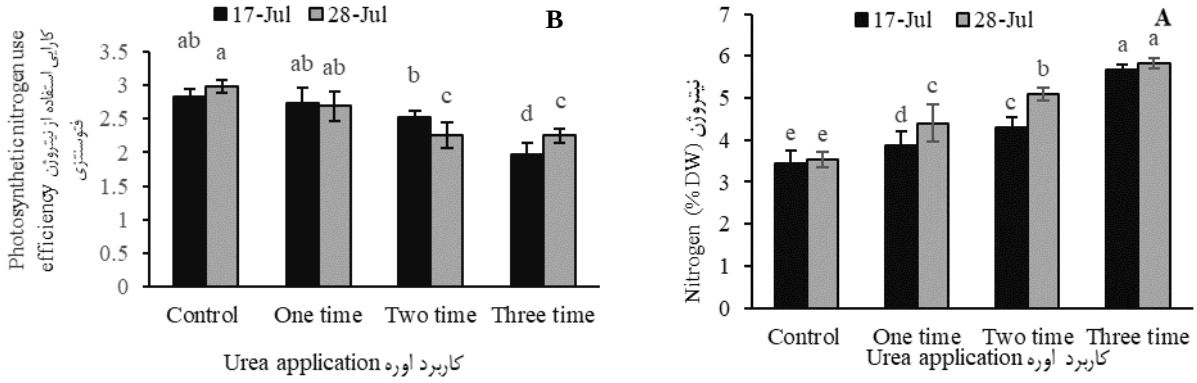
شکل ۲- تأثیر دفعات محلول‌پاشی اوره بر میزان تعرق درختان پسته رقم کله‌قوچی در دو زمان نمونه‌برداری (۲۷ تیرماه و ۶ مردادماه)

Figure 2- Effect of repeated urea application on transpiration rate [E] of pistachio trees cv. "Kalleh-ghuchi" in two sampling dates (17 Jul and 28 Jul)

نتایج نشان داد که غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای با کاربرد نیتروژن در هر دو مرحله اندازه‌گیری کاهش پیدا کرد که این کاهش در زمان دوم اندازه‌گیری بیشتر بود، به‌طوری‌که کاربرد سه بار محلول‌پاشی اوره به ترتیب سبب کاهش ۶ و ۱۲ درصدی غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه در زمان‌های اول (۲۶ تیر) و دوم (۶ مرداد) نسبت به درختان شاهد گردید. نتایج همچنین نشان داد غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه تفاوت معنی‌داری بین یک‌بار، دو بار محلول‌پاشی اوره با تیمار شاهد در زمان دوم اندازه‌گیری نداشت (شکل C–۱). نتایج مربوط به شکل ۲ نیز نشان داد که کاربرد اوره در ۳ مرحله سبب افزایش ۱۰ درصدی تعرق نسبت به شاهد گردید، درحالی‌که تفاوتی بین یک‌بار محلول‌پاشی، دو بار محلول‌پاشی با تیمار شاهد ازلحاظ میزان تعرق مشاهده نشد، همچنین تعرق در زمان دوم اندازه‌گیری نسبت به زمان اول اندازه‌گیری بیشتر بود (شکل ۲).

نیتروژن برگ

نتایج حاصل از تجزیه داده‌های مربوط به مقدار نیتروژن برگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات مستقل محلول‌پاشی اوره، زمان نمونه‌برداری و برهمکنش بین آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که کاربرد یک، دو و سه مرحله‌ای اوره به ترتیب سبب افزایش محتوای نیتروژن برگ به میزان ۱۹، ۳۵ و ۶۵ درصد گردید. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن برگ در تیمار کاربرد سه مرحله اوره در زمان دوم نمونه‌گیری مشاهده گردید و کمترین مقدار نیتروژن در تیمار شاهد و در مرحله اول نمونه‌گیری دیده شد. نتایج همچنین حاکی از آن است که مقدار نیتروژن در زمان دوم نمونه‌گیری حدود ۹ درصد نسبت به مرحله اول نمونه‌گیری بیشتر بود (شکل A–۳). کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی نیز تحت تاثیر کاربرد اوره و برهمکنش بین محلول‌پاشی اوره و زمان نمونه برداری قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد که با کاربرد یک، دو و سه مرحله اوره کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی حدود ۶، ۱۷و ۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل B–۳).



شکل ۳- تأثیر دفعات محلول‌پاشی اوره بر مقدار نیتروژن برگ (A) و کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی (B) درختان پسته رقم کله‌قوچی در دو زمان نمونه‌برداری (۲۷ تیرماه و ۶ مردادماه)

Figure 3- Effect of repeated urea application on leaf nitrogen concentration (A) and photosynthetic nitrogen use efficiency (B) of pistachio trees cv." Kalleh-ghuchi" in two sampling dates (17 Jul and 28 Jul)

فلورسانس کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (F_v/F_m) و شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI) در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات مستقل محلول‌پاشی اوره، زمان نمونه‌برداری و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که کاربرد اوره سبب افزایش شاخص F_v/F_m و PI در دو زمان نمونه‌گیری گردید، به‌طوری که بیشترین شاخص F_v/F_m و PI در تیمار کاربرد سه مرحله اوره در زمان دوم نمونه‌گیری مشاهده گردید و کمترین شاخص F_v/F_m و PI در تیمار عدم کاربرد اوره و در مرحله اول نمونه‌گیری دیده شد. نتایج همچنین نشان داد که شاخص F_v/F_m و PI در زمان دوم نمونه‌گیری نسبت به مرحله اول نمونه‌گیری بیشتر بود (شکل ۴).

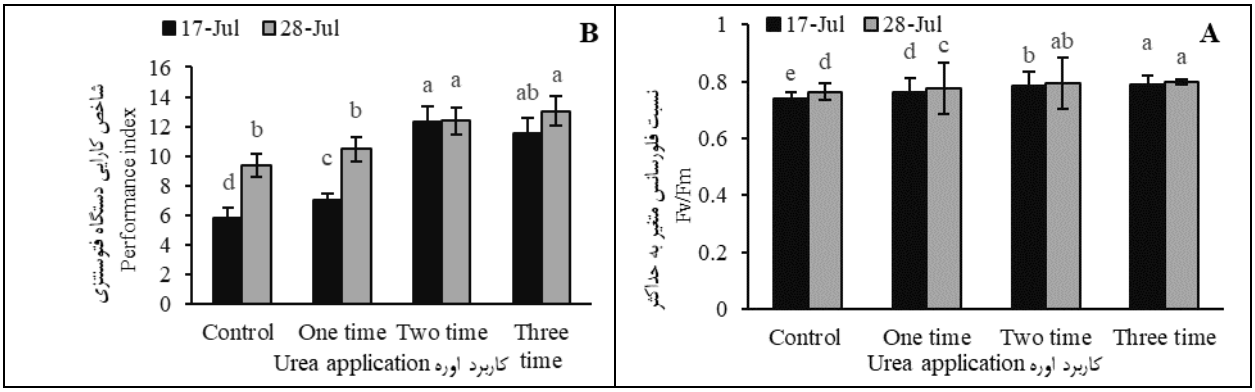
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر (F_v/F_m)، شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI)، کلروفیل a (Chl a)، کلروفیل b (Chl b)، کلروفیل کل (TChl) و مجموع کارتنوئیدهای برگ درختان پسته رقم کله قوچی تیمار شده با یک، دو و سه مرحله با اوره در طی فصل رشد

Table 2- ANOVA results for variable to maximum fluorescence ratio (F_v/F_m), performance index (PI), chlorophyll a (Chl a), chlorophyll b (Chl b), Total chlorophyll (TChl) and carotenoids content of "Kalleh-ghuchi" pistachio treated with urea one, two or three time durings growing season

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		F_v/F_m	PI	Chl a	Chl b	TChl	Carotenoids
کاربرد اوره Urea application (UA)	3	0.004 **	53.5 **	0.014 **	0.008 **	0.04 **	0.00005 ns
بلوک Block (B)	4	0.0001 ns	0.73 ns	0.0003 ns	0.0002 ns	0.0009 ns	0.000004 ns
خطای یک Error1	12	0.0006 ns	0.47 ns	0.00003 ns	0.00008 ns	0.0002 ns	0.0000021 ns
تاریخ نمونه‌برداری Sampling date (SD)	1	0.001 *	64.75**	0.07 **	0.011 **	0.14 **	0.000002 ns
تاریخ نمونه‌برداری* کاربرد اوره SD×UA	3	0.0003**	7.19 **	0.0016 **	0.0008 **	0.004 **	0.000006 ns
خطای دو Error2	16	0.00006	0.81	0.0003	0.0001	0.0004	0.000001
ضریب تغییرات CV (%)		1.004	8.88	1.96	4.42	1.49	4.37

ns، * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns, *, **: Non significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.



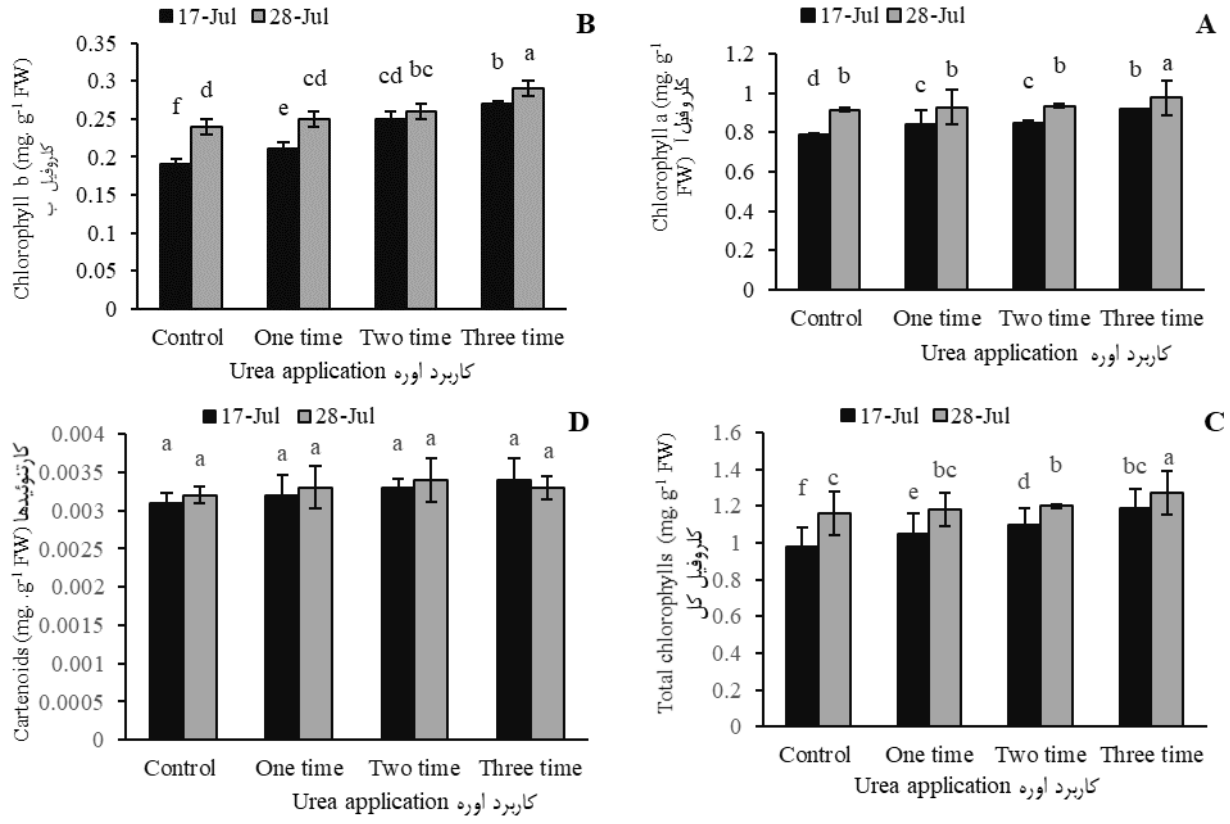
شکل ۴- تأثیر دفعات محلول‌پاشی اوره بر شاخص F_v/F_m (A) و PI (B) برگ درختان پسته رقم کله‌قوچی در دو زمان نمونه‌برداری (۲۷ تیر ماه و ۶ مرداد ماه).

Figure 4- Effect of repeated urea application on F_v/F_m (A) and PI (B) of pistachio trees cv. "Kalleh-ghuchi" in two sampling dates (17 Jul and 28 Jul)

رنگدانه‌های فتوسنتزی

طبق نتایج تجزیه واریانس، کاربرد اوره و مرحله نمونه‌برداری و برهمکنش بین آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ داشت، درحالی‌که غلظت کارتنوئیدها تحت تأثیر این فاکتورهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاربرد اوره مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل افزایش پیدا کرد، به‌طوری که محلول‌پاشی اوره در سه مرحله به ترتیب سبب افزایش ۱۱، ۱۴ و ۳۰ درصدی کلروفیل a، b و کل

نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل برگ در مرحله دوم نمونه‌برداری بیش‌تر بود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار کلروفیل کل و کلروفیل b درختانی که دو مرحله محلول‌پاشی اوره شده بودند نسبت به درختانی که یک مرحله اوره دریافت کردند به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر بود، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری ازلحاظ مقدار کلروفیل a بین این دو تیمار مشاهده نشد (شکل ۵).



شکل ۵- تأثیر دفعات محلول‌پاشی اوره بر مقدار کلروفیل a (A)، کلروفیل b (B)، کلروفیل کل (C) و کارتنوئید (D) برگ درختان پسته رقم کله‌قوچی در دو زمان نمونه‌برداری (۲۷ تیرماه و ۶ مردادماه)

Figure 5- Effect of repeated urea application on chlorophyll a (A), b (B), Total chlorophyll (C) and carotenoids (D) of pistachio trees cv. "Kalleh-ghuchi" in two sampling dates (17 Jul and 28 Jul)

همبستگی بین مقدار نیتروژن برگ با شدت فتوسنتز، شاخص F_v/F_m، PI و میزان کلروفیل کل

نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که مقدار نیتروژن برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با شدت فتوسنتز (r = ۰/۸۱)، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر (r = ۰/۸۸)، شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (r = ۰/۷۹) و مقدار کلروفیل کل (r = ۰/۸)داشت، به طوری که با افزایش مقدار نیتروژن برگ، شدت فتوسنتز، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر، شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی و مقدار کلروفیل کل برگ افزایش پیدا کرد. بر اساس جدول همبستگی صفات، نیتروژن با ضریب همبستگی بیشتر با شاخص Fv/Fm، تاثیر بیشتری بر این شاخص نسبت به سایر شاخص‌های ارزیابی شده داشت (جدول ۳). نتایج همبستگی بین صفات همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با شدت فتوسنتزی (r = ۰/۸۶)، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر (r = ۰/۸۵) و شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (r = ۰/۸۵) داشت (جدول ۳).

بحث

آسیمیلاسیون دی‌اکسید کربن با افزایش میزان روبیسکو افزایش پیدا می‌کند، درنتیجه هر عاملی که روی فعالیت آنزیم روبیسکو مؤثر باشد، آسیمیلاسیون دی‌اکسید کربن و درنهایت شدت فتوسنتز را افزایش می‌دهد (۳۰). آنزیم کربوکسیلاسیون اولیه در برگ‌ها (روبیسکو)، بخش قابل‌توجهی از کل پروتئین‌های محلول برگ را

تشکیل می‌دهد، با توجه به نقش نیتروژن در پروتئین‌سازی با افزایش نیتروژن، شدت فتوسنتز برای تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی افزایش می‌یابد (۳۰).

جدول ۳- نتایج همبستگی بین مقدار نیتروژن برگ با شدت فتوسنتز، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر، شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی و مقدار کلروفیل کل

Table 3- the correlation results between leaf nitrogen concentration whit photosynthesis rate (A), variable to maximum *fluorescence ratio (F_v/F_m)*, performance index (PI) and Total chlorophyll (TChl)

	نیتروژن برگ leaf nitrogen	شدت فتوسنتز photosynthesis rate	نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر F_v/F_m	شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی PI	کلروفیل کل TChl
نیتروژن برگ leaf nitrogen	1				
شدت فتوسنتز photosynthesis rate	0.81 *	1			
نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر F_v/F_m	0.88 **	0.82 *	1		
شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی PI	0.79 *	0.86 **	0.96 **	1	
کلروفیل کل TChl	0.80 *	0.86**	0.85 **	0.85**	1

**** و * به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد برای همبستگی بین صفات مورد بررسی را نشان می‌دهد**

ns, *, **: Non significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

در یک آزمایش روی گیاه برنج، کاربرد نیتروژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش شدت فتوسنتز گردید (۱۸). نیتروژن علاوه بر اینکه به‌صورت مستقیم بر افزایش فتوسنتز از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو تأثیرگذار است، به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش تعرق و همچنین هدایت روزنه‌ای سبب افزایش فتوسنتز می‌گردد (۲۹). بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر شدت فتوسنتز رابطه مثبت و معنی‌داری با مقدار نیتروژن برگ از خود نشان داد. به‌طورکلی نیتروژن از طریق افزایش کارایی استفاده از آب سبب باز شدن روزنه‌ها و درنتیجه افزایش تعرق برگ می‌شود (۲۷). در واقع کاربرد اوره سبب افزایش مقدار نیترو اکسید می‌شود که به‌عنوان یک عامل پیام‌رسان عمل می‌کند و سبب کاهش پتانسیل اسمزی از طریق تجمع تنظیم‌کننده‌های اسمزی می‌گردد و جذب آب بیشتر می‌شود (۳۹). نیتریدهای اسمزی در بافت‌های گیاهی مسئول حفظ بهتر وضعیت آبی می‌باشند (۴۳)، علاوه بر این نیتروژن با تأثیر بر فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها از طریق تنظیم پتانسیل اسمزی، باعث افزایش بیش‌تر جذب آب توسط گیاه می‌شود (۴۲). عمده‌ترین روش تبادلات گازی، روزنه برگ است. بهبود وضعیت آبی گیاه، سبب باز شدن روزنه می‌شود (۴۳). پژوهش‌های انجام شده در انگور (۱۰)، پسته (۱)، چای (۲۶) و سیب (۱۱) به افزایش هدایت روزنه‌ای با افزایش نیتروژن برگ اشاره دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد درختانی که میزان نیتروژن اندکی داشتند از غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه بالاتری برخوردار بودند که به خاطر کاهش کارایی کربوکسیلاسیونی می‌باشد، به عبارتی دیگر کاهش توانایی آنزیم روبیسکو برای تثبیت این میزان از CO_2 دلیل این امر است (۴۱). دی‌اکسید کربن، پیش ماده‌ای برای فرایند فتوسنتز است. بالا بودن غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای نشان می‌دهد که شدت فتوسنتز برگ به اندازه‌ای نیست که بتواند مصرف CO_2 را افزایش دهد. درواقع کاهش شدت فتوسنتز به‌موازات افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای است که با نتایج این تحقیق نیز مطابقت دارد (۶). افزایش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای در شرایط نیتروژن پایین (شدت فتوسنتز کم) در انگور (۱۰)، پرتقال (۶) و سیب (۱۱) نیز دیده شده است.

تعرق، تبخیر آب از قسمت‌های هوایی گیاه خصوصاً برگ‌ها می‌باشد. تعرق برگ از طریق روزنه‌ها اتفاق می‌افتد، بنابراین باز شدن روزنه‌ها سبب افزایش تعرق و همچنین افزایش تبادلات گازی بین هوا و گیاه می‌گردد. تعرق ارتباط مستقیمی با درجه باز شدن روزنه و سطح برگ دارد (۲۷). میزان تعرق با کمبود عناصر غذایی کم می‌شود و با دسترسی به عناصر غذایی، میزان تعرق و درنتیجه فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (۲۷). نیتروژن با افزایش تعرق سبب کاهش دمای برگ و درنهایت افزایش کارایی دستگاه فتوسنتزی می‌گردد (۲۹). نتایج این پژوهش نشان داد که میزان تعرق با کاربرد نیتروژن افزایش پیدا کرد که با نتایج سایر پژوهشگران روی درخت زبان‌گنجشک (۲۷)، کیوی (۱۴) و گیاه گل مکزیکی (۲۹) در ارتباط با افزایش میزان تعرق تحت تأثیر کاربرد نیتروژن مطابقت داشت.

از بین انواع کودهای شیمیایی نیتروژنه، کود اوره بیش‌ترین نفوذ و جذب توسط برگ درختان دارد (۲۴). با تغذیه برگی، اوره به سرعت به‌وسیله برگ جذب شده و توسط آنزیم اوره‌آز تجزیه شده و نیتروژن آن به‌صورت آمونیوم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در روش محلول‌پاشی اوره، نیتروژن در معرض پتانسیل‌های اتلاف، از قبیل شستشو و یا اتصال به ذرات خاک قرار نمی‌گیرد و سطوح آن به‌طور چشمگیری در برگ افزایش پیدا می‌کند (۲). در پژوهش حاضر مقدار نیتروژن برگ درختان پسته با محلول‌پاشی اوره افزایش پیدا کرد که مشابه با نتایج بدست آمده توسط سایر پژوهشگران در پسته (۱۹)، زیتون (۱۳)، گیلاس (۳۳) و نارنگی (۱۶) بود. کاهش کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی با افزایش محتوای نیتروژن برگ نشان می‌دهد در مواقعی که غلظت نیتروژن برگ زیاد است روبیسکو به جای اینکه به عنوان یک آنزیم کاتالیزوری عمل کند، نقش یک پروتئین ذخیره‌ای به خود می‌گیرد. با وجود اینکه روبیسکو آنزیمی کلیدی در فتوسنتز است و در تثبیت CO_2 نقش دارد و کاهش نیتروژن هم سبب کاهش میزان این آنزیم و هم فعالیت آن می‌گردد، ولی مشاهده شده زمانی که نیتروژن زیاد باشد روبیسکو به عنوان نیتروژن ذخیره‌ای عمل کرده و حالت فعال روبیسکو در این شرایط کاهش پیدا کرده و به شکل غیرفعال درمی‌آید. در واقع کاهش PNUE در غلظت بالای نیتروژن نشان می‌دهد که تمامی نیتروژن جذب شده در فتوسنتز برگ وارد نمی‌شود یا اینکه ظرفیت فتوسنتزی به حداکثر می‌رسد و مازاد ازت نقشی در فتوسنتز ندارد. این یافته مطابق با نتایج بدست آمده توسط پژوهشگران دیگر در تنباکو (۲۳) و زیتون (۷) بود.

فلورسانس کلروفیل یکی از راه‌های مصرف انرژی برانگیختگی در فتوسنتز است که به‌طور گسترده‌ای در پژوهش‌های فتوسنتزی به کار گرفته می‌شود و از آن برای تعیین وضعیت فیزیولوژی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی استفاده می‌شود. زمانی که انرژی نورانی جذب شده توسط برگ مازاد ظرفیت فتوسنتزی باشد انرژی اضافی از طریق فلورسانس کلروفیل بازتاب می‌شود. یکی از پارامترهای مهم فلورسانس کلروفیل، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر (Fv/Fm) است. نسبت Fv/Fm، بیشترین کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل انرژی نورانی جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد. شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI) نیز یکی از شاخص‌های مهم فلورسانس کلروفیل است که عملکرد هر دو فتوسیستم I و II را بازتاب می‌کند. افزایش این پارامترها نشان‌دهنده سلامت گیاه است (۲۱). نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های F_v/F_m و PI با محلول‌پاشی اوره به‌طور قابل‌توجهی افزایش پیدا کرد. نتایج این تحقیق همچنین حاکی از آن است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ با شاخص‌های فلورسانس کلروفیل وجود داشت، از طرف دیگر افزایش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در اثر کاربرد اوره را می توان به افزایش مقدار کلروفیل برگ نسبت داد به طوری که نتایج همبستگی بین صفات نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار کلروفیل برگ و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل وجود داشت. گزارش شده که نیتروژن بر جذب و استفاده از انرژی دریافت شده توسط برگ تأثیر گذار است. افزایش محتوای کلروفیل برگ در پاسخ به تأمین نیتروژن سبب افزایش جذب انرژی نورانی توسط مولکول کلروفیل شده که نتیجه آن کاهش تجمع انرژی نورانی دریافت شده می‌باشد، درحالی‌که اگر مازاد انرژی دریافت شده به‌طور مؤثر کاهش پیدا نکند گونه‌های اکسیژن فعال (Ros) تولید شده که این پدیده نشان‌دهنده آسیب جدی به دستگاه فتوسنتزی است و به کلروپلاست آسیب نوری وارد می‌شود (۷)، از طرفی کاربرد نیتروژن علاوه بر افزایش میزان کلروفیل برگ از طریق بهبود روابط آبی گیاه سبب حفظ رنگیزه‌های فتوسنتزی که در جذب انرژی نورانی دخیل هستند شده و درنهایت فلورسانس کلروفیل کاهش پیدا می‌کند (۳۸)، همچنین کاربرد نیتروژن با افزایش تعرق سبب کاهش دمای برگ شده و از اثرات مخرب دمای بالا و آسیب به دستگاه فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (۲۹). در یک بررسی ارتباط مثبتی بین مقدار نیتروژن برگ و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل گیاه قهوه نیز گزارش شده است (۳۱). در پژوهشی دیگر با افزایش میزان نیتروژن، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر نهال‌های زیتون افزایش یافت (۷).

افزایش غلظت کلروفیل برگ (a، b و کل) با افزایش دفعات محلول‌پاشی اوره به نقش نیتروژن در سنتز کلروفیل ارتباط دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ با مقدار کلروفیل وجود داشت، بنابراین نیتروژن با افزایش سنتز کلروفیل باعث افزایش میزان کلروفیل در غشای تیلاکوئید می‌شود. (۳۴). دیده شده که نیتروژن تأثیرات زیادی روی اندازه کلروپلاست دارد، به‌طوری‌که گیاهانی با نیتروژن بیش‌تر، کلروپلاست بزرگتری دارند (۲۵). نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی در این پژوهش در تطابق با سایر پژوهش‌های انجام‌شده بر روی زیتون (۸)، گردوی سیاه (۳۲)، پرتقال (۶)، نارنگی (۵) و انگور (۱۰) بود.

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر پارامترهای فتوسنتزی، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در زمان دوم اندازه‌گیری نسبت به زمان اول اندازه‌گیری بیشتر بود. این امر ممکن است به دلیل تأثیر نیتروژن بر مقدار اسیدهای آمینه برگ باشد که با گذشت زمان تجمع اسیدهای آمینه در بافت برگ بعد از محلول‌پاشی نیتروژن افزایش پیدا می‌کند (۴۰). در یک بررسی انجام شده در ارتباط با محلول‌پاشی بهاره نیتروژن روی درختان سیب نشان داده شد که درختان سیب که در اوایل فصل رشد با نیتروژن محلول‌پاشی شده بودند نسبت به درختان شاهد از مقدار اسیدآمینه بیشتری در طول فصل رشد برخوردار بودند (۴۰). پس بالا

بودن ظرفیت فتوسنتزی طی زمان دوم اندازه‌گیری را می‌توان این‌گونه توضیح داد که برای وارد شدن اسیدهای آمینه به کلروفیل برگ و همچنین شرکت در فرایند فتوسنتز به مدت زمان بیش‌تری نیاز می‌باشد (۳۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد اوره می‌تواند به واسطه افزایش مقدار نیتروژن برگ درختان پسته، سبب بهبود ظرفیت فتوسنتزی گردد. در این آزمایش تکرار محلول‌پاشی اوره در مراحل مختلف رشد میوه پسته، دارای اثرات تجمعی مثبت بر شدت فتوسنتز و سایر پارامترهای وابسته بود که ممکن است در تخفیف سال‌آوری پسته مؤثر باشد. از طرفی اثرات کاربرد نیتروژن بر فتوسنتز برگ پسته تا یک ماه پس از کاربرد، بیشتر از تیمار شاهد بود.

منابع

1- Afrousheh M., Hokmabadi H. and Hosseini H. 2010. Effect of nitrogen, iron, magnesium, manganese and molybdenum deficiencies on biochemical and ecophysiological characteristics of pistachio seedling (*Pistacia vera*), Journal of Soil Science, 94:53-63.

2- Agnieszka S. and Brodzik R. 2000. Plant ureases: Roles and regulation, Acta Biochimica Polonica, 4:1189-1195.

3- Ahmad R., Waraich E.A., Ashraf M.Y., Ahmad S. and Aziz T. 2014. Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review, Journal of Plant Nutrition, 37(6):942-963.

4- Baninasab B., Rahimi M. and Javanshah A. 2007. Effect of time foliar application of nitrogen and ites concentrations on the flower bud retention in pistachio tree, International Journal of Soil Science, 2(1):40-47.

5- Bondada B. and Syvertsen J. 2003. Leaf chlorophyll, net gas exchange and chloroplast ultrastructure in citrus leaves of different nitrogen status, Journal of Tree Physiology,23:553-559.

6- Bondada B. and Syvertsen J. 2005. Concurrent changes in net CO2 assimilation and chloroplast ultrastructure in nitrogen deficient citrus leaves, Journal of Environmental and Experimental Botany,54:41-48.

7- Boussadia O., Steppe K., Van Labeke M.C., Lemeur R. and Braham M. 2015. Effects of nitrogen deficiency on leaf chlorophyll fluorescence parameters in two olive tree cultivars ‘Meski’ and ‘Koroneiki’, Journal of Plant Nutrition, 38(14):2230-2246.

8- Boussadia O., Steppe K., Zgallai H., Ben El Hadj S., Braham M., Lemeur R. and Van Labeke M. 2010. Effects of nitrogen deciency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'meski' and 'koroneiki, Journal of Scientia Horticulturae, 123:336-342.

9- Bremner, J. M. 1965. Total Nitrogen 1. In: A.G. Norman, editor, Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph. 9.2. ASA, SSSA, Madison, WI. p. 1149-1178.

10- ChenL. and Chen L. 2003. Carbon assimilation and carbohydrate metabolism of concord grap (*Vitis Labrusca* L.) leaves in response to nitrogen supply, Journal of Horticulture Science, 128(5):754-760.

11- Cheng L and Fuchigami L. 2000. CO2 assimilation in relation to nitrogen in apple leaves, Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75(4):383-387.

12- Cheng L., Ma F. and Ranwala D. 2004. Nitrogen storage and its interaction with carbohydrates of young apple trees in response to nitrogen supply, Tree physiology, 24(1):91-98.

13- Connell J.H., Krueger W.H., Ferguson L., Metheney P.D., Reyes H. and Sibbett G.S. 2002. Effects of foliar application of urea on olive leaf nitrogen, growth and yield, Acta Horticulture, 586: 251-254.

14- Costa G., Lain O., Vizzotto G. and Johnson S. 1997. Effect of nitrogen fertilization on fruiting and vegetative performance, fruit quality and post-harvest life of Kiwifruit cv. Hayward, Acta Horticulture, 444: 279-284 .

15- DeJong T.M. 1983. CO2 [carbon dioxide] assimilation characteristics of five Prunus tree fruit species [Almond, apricot, cherry, peach, plum, photosynthesis], Journal of the American Society for Horticultural Science, 108:303-307.

16- El-Otmani M., Ait-Oubahou A., Zahra F. and Lovatt C. J. 2002. USA.Efficacy of foliar urea as an N source in substainable *citrus* production systems, Acta Horticulture, 586: 251-254. .

17- Esmaeilizadeh M., Talaie A.R., Lesani H., Javanshah A. and Hokmabadi H. 2014. Effect of shoot girdling, fruit thinning and foliar application of urea, zinc sulfate and sucrose on yield, leaf chlorophyll content, photosynthesis rate and nut quantitative characteristics of *Pistachio* cv. ‘Ohadi’, Journal of Horticultural Science, 28(3):277-287. (in Persian)

18- Feng L., Li H., Jiao J., Li D., Zhou L., Wan J. and Li Y. 2009. Reduction in SBPase activity by antisense RNA in transgenic rice plants: effect on photosynthesis, growth, and biomass allocation at different nitrogen levels, Journal of Plant Biology, 52(5):382-394.

19- Ferguson L. 1986. Effect of foliar urea applications on leaf nitrogen content and bud retention in pistachios,

California Pistachio Industry, Annual Report, 94-95.
20- FAO . 2014. Food outlook global market analysis. Food and agriculture organization, rome, Italy.
21- Hakam P., khanizade S., Deell J. R. and Richr C. 2000. Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence, Horticultural Science, 35:184-186.
22- Hokmabadi H., Arzani K., Dehghani-Shooraki Y. and Panahi B. 2004. Response of badami-zarand, sarakhs and ghazvini Pistachio rootstocks to sodium chloride and boron excess in irrigation water, Journal of Water and Soil Science, 7(4):11-24. (in Persian)
23- Jiang C., Zu C. and Wang H. 2015. Effect of Nitrogen Fertilization on Growth and Photosynthetic Nitrogen use Efficiency in Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), Journal of Life Sciences, 9:373-380.
24- Klein I. and Weinbaum A. 1987. Foliar application of urea to olive: Translocation of urea nitrogen as influenced by sink demand and nitrogen deficiency, Journal of American Society for Horticultural Science, 109:356-360.
25- Lawlor D. W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems, Journal of Experimental Botany, 370(15):773-787.
26- Lin Z.H., Zhong Q.S., Chen C.S., Ruan Q.C., Chen Z.H. and You X.M. 2016. Carbon dioxide assimilation and photosynthetic electron transport of tea leaves under nitrogen deficiency, Botanical Studies, 57(1):37-48.
27- Liu X., Fan Y., Long J., Wei R., Kjelgren R., Gong C. and Zhao J. 2013. Effects of soil water and nitrogen availability on photosynthesis and water use efficiency of *Robinia pseudoacacia* seedlings, Journal of Environmental Sciences, 25(3):585-595.
28- Long S.P., ZHU X.G., Naidu S.L. and Ort D.R. 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields?. Plant, Cell and Environment, 29(3):315-330.
29- Moghaddam M., Estaji A. and Farhadi N. 2015. Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Morphological and Physiological Characteristics, Essential Oil Content and Constituents of Agastache (*Agastache foeniculum*), Journal of Essential Oil Bearing Plants, 18(6):1372-1381.
30- Moon J., Bailey D., Fallahi E., Jensen R. and Zhu G. 2002. Effect of nitrogen application on growth and photosynthetic nitrogen use efficiency in Two ecotypes of wild strawberry, (*Fragaria chiloensis* L.) *Duch*, Journal of Deciduous Fruit and Nut, 45:132-146.
31- Netto A.T., Campostrini E., de Oliveira J.G. and Bressan-Smith R.E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves, Scientia Horticulturae, 104(2):199-209.
3- Nicodemus M., Salifu F. and Jacobs D. 2008. Growth, nutrition, and photosynthetic response of black walnut to varying nitrogen sources and rates, Journal of Plant Nutrition, 31(11):1917-1936.
33- Ouzounis T. and Lang G.A. 2011. Foliar applications of urea affect nitrogen reserves and cold acclimation of sweet cherries (*Prunus avium* L.) on dwarfing rootstocks, Horticultural Science, 46 (7):1015-1021.
34- Pankovic D., Plesnicar M., Arsenijevic-Maksimovic I., Petrovic N., Sakac Z. and Kastori R. 2000. Effects of nitrogen nutrition on photosynthesis in Cd-treated sunflower plants, Annals of Botany, 86(4):841-847.
35- 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.
36- Proietti P. and Famiani F. 2002. Diurnal and seasonal changes in photosynthetic characteristics in different olive (*Olea europaea* L.) cultivars, Photosynthetica, 40 (2):171-176.
37- Rachmilevitch S., Cousins A.B. and Bloom A.J. 2004. Nitrate assimilation in plant shoots depends on photorespiration, Journal of Plant Biology, 101(31):11506-11510.
38- Shangguan Z., Shao M. and Dyckmans J. 2000. Effects of nitrogen nutrition and water deficit on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in winter wheat. Journal of Plant Physiology, 156(1):46-51.
39- Stiegler J.C., Richardson M.D. and Karcher D.E. 2011. Foliar nitrogen uptake following urea application to putting green turfgrass species, Crop Science, 51(3):1253-1260.
40- Tromp J. and Ovaa J.C. 1976. Effect of time of nitrogen application on amino-nitrogen composition of roots and xylem sap of apple, Physiologia Plantarum, 37(1):29-34.
41- Vrabl D., Vaskova M., Hronkova M., Flexas J. and Santrucek J. 2009. Mesophyll conductance to CO2 transport estimated by two independent methods: effect of variable CO2 concentration and abscisic acid, Journal of Experimental Botany, 60(8):2315-2323.
42- Xin Z.L., Mei G., Li S.Q., Li S.X. and Liang Z.S. 2011. Growth, water status and photosynthesis in two maize (*Zea mays* L.) cultivars as affected by supplied nitrogen form and drought stress, Pakistan Journal of Botany, 43:1995-2001.
43- Zhang L., Li S., Liang Z. and Li S. 2009. Effect of foliar nitrogen application on nitrogen metabolism, water status, and plant growth in two maize cultivars under short-term moderate stress, Journal of Plant Nutrition, 32(11):1861-1881.
44- Zhu X.G., Long S.P. and Ort D.R. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass?,. Current Opinion in Biotechnology, 19(2):153-159.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.2, Summer 2019, P. 233-245
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۲۴۵-۲۳۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Repeated Foliar Applications of Urea on Photosynthetic Parameters of Pistachio Tress cv. "Kalleh-ghuchi" in Different Stages of Fruit Growth

N. Gharaie[1] **– M. H. Shamshiri**[2*]**– M. H. Dehghani**[3]

Received: 06-05-2018
Accepted: 27-04-2019

Introduction: Pistachio (*Pistacia vera*), as one of the most important horticultural products of Iran, has been embraced as one of the main commercial products. Rafsanjan is an important area of pistachio production in the world. High production is primarily dependent on the ability of the trees to produce large amounts of photoassimilates during the growing season. Nitrogen is the primary nutrient element needed in the greatest quantities for plant growth and physiology. The greatest impact of nitrogen is in relation to photosynthesis. Therefore, the rate of CO_2 assimilation has been closely related to leaf nitrogen status. Nitrogen deficiency leads to the reduction in the activities of enzymes involved in photosynthesis and consequently a decrease in the rate of CO_2 assimilation. Regarding the key role of nitrogen in metabolic activities, especially photosynthesis, this research was conducted to investigate the effects of repeated foliar applications of urea on photosynthesis parameters of "Kalleh-ghuchi" *pistachio* cultivar.

Materials and Methods: This research was conducted to assess the effect of repeated foliar applications of urea on photosynthetic parameters of *pistachio* trees in different stages of fruit growth, as a factorial experiment based on a randomized complete block design with five replications. In this experiment, urea was applied at the rate of 0.5% at three different stages of fruit growth including initiation of embryo growth, rapid growth of embryo and during flower bud abscission with two weeks interval. Measurement of photosynthesis parameters (including photosynthesis (A), transpiration rate (E) and stomatal conductance (g_s) and intercellular CO_2 concentration (C_i)) were done by used a portable photosynthesis system, after measuring photosynthesis parameters, chlorophyll fluorescence parameters (F_v/F_m and PII) were recorded by using a Chlorophyll Fluorometer. Leaf nitrogen content was determined by the kjeldahl method. Leaf chlorophyll and carotenoids content were measured according to porra (2002). Photosynthetic nitrogen use efficiency (PNUE) was calculated as the ratio of photosynthesis to foliar nitrogen content. All above parameters was performed in two times, one day after the last spraying and 10 days after the first stage of measurement. The experimental data was analyzed by SAS software and the significant differences among the treatment were tested by Duncan test.

Results: The results showed that photosynthesis and transpiration rate and stomatal conductance were increased in urea treated trees compared to control in both sampling dates, while intercellular CO_2 concentration was decreased by urea application. Three times applications of urea caused a 20% increase in photosynthesis rate compared to control trees. Leaf nitrogen content was also increased by repeated urea application in two sampling dates, as three times application of urea resulted in a 65% increase in leaf nitrogen concentration compared to the control , while photosynthetic nitrogen use efficiency decreased by urea application. F_v/F_m and PII were improved by repeated urea applications in two sampling dates. The results also indicated that chlorophyll pigments were increased by urea application. Generally, results showed that the maximum of photosynthesis and related parameters were obtained with three applications of urea at second date of sampling.

Discussion: Any increase in photosynthesis with urea application indicates that more nitrogen maybe allocated to the enzymes of the carbon assimilation. Thus, more CO_2 could be used by the plant, therefore increases in CO_2 assimilation was accompanied by a decrease in the C_i due to nitrogen application. In the present study, nitrogen application increased stomatal conductance of pistachio trees. Application of nitrogen can influence stomatal opening, and thus transpiration rate. Increased chlorophyll content with applied nitrogen indicates paramount role of nitrogen in determining of chlorophyll synthesis. Increasing photosynthesis rate is always accompany with chlorophyll fluorescence reduction that is in agree with our results. Differences in PNUE are mainly brought about by differences in photosynthetic capacity or foliar nitrogen allocation either within the photosynthetic apparatus or to non-photosynthetic pools (e.g. cell walls, nitrate).

Conclusion: The results of this study showed that urea application can improve photosynthesis capacity by increasing nitrogen content of pistachio leaves. In this experiment, repeated foliar applications of urea in

1 and 2- M. Sc and Associate Professor of Horticultural Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
(*- Correspondig Author Email: shamshiri88@gmail.com)
3: Assistant Professor of Genetic and Plant Production, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

different stages of fruit growth had positive effects on photosynthesis and other dependent parameters which may be effective in reduction of alternate bearing in pistachio trees. On the other hand, the effect of nitrogen application on photosynthesis was continued for more than a month after application, compared to control.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Nitrogen. Photosynthetic pigments, Photosynthesis rate