



تأثیر دفعات محلول پاشی کود اوره بر پارامترهای فتوسنتزی درختان بارور پسته رقم کله قوچی 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 به منظور بررسی تأثیر دفعات کاربرد برگی کود اوره بر پارامترهای فتوسنتزی درختان پسته رقم کله قوچی انجام گرفت. در این آزمایش محلول پاشی کود اوره به غلظت ۰/۵ درصد در سه مرحله مختلف رشد میوه انجام شد و اندازه گیری پارامترهای فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و همچنین رنگیزه های کلروفیل و مجموع کارتنوئیدها در دو نوبت، یک روز پس از آخرین محلول پاشی و ۱۰ روز پس از مرحله اول اندازه گیری، انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش دفعات محلول پاشی اوره، شدت فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه ای نسبت به شاهد در هر دو زمان نمونه گیری افزایش یافت، درحالی که غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه ای کاهش پیدا کرد. کاربرد سه بار محلول پاشی اوره سبب افزایش ۲۰ درصدی شدت فتوسنتز نسبت به درختان شاهد گردید. با افزایش دفعات محلول پاشی اوره مقدار نیتروژن برگ در هر دو زمان اندازه گیری افزایش پیدا کرد، به طوری که کاربرد سه بار محلول پاشی اوره سبب افزایش ۶۵ درصدی غلظت نیتروژن برگ نسبت به درختان شاهد گردید، ولی کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی کاهش یافت. شاخص های F_v/F_m و PI نیز با افزایش دفعات محلول پاشی اوره در هر دو زمان اندازه گیری افزایش یافت. رنگیزه های کلروفیل نیز تحت تأثیر محلول پاشی اوره قرار گرفت، به طوری که محلول پاشی اوره در سه مرحله به ترتیب سبب افزایش ۱۱، ۱۴ و ۳۰ درصدی کلروفیل a ، b و کل نسبت به تیمار شاهد گردید. به طور کلی نتایج نشان داد بیشترین میزان فتوسنتز و پارامترهای مرتبط به آن در زمان دوم نمونه برداری و در تیمار سه بار محلول پاشی اوره دیده شد.

واژه های کلیدی: رنگدانه های فتوسنتزی، فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل، نیتروژن

مقدمه

اصلی ایران میزان تولید خود را به طور 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 می باشد (۲۲).

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

پسته یکی از محصولات کشاورزی ایران است که از جنبه های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اهمیت فوق العاده ای دارد. ارزش تولید آن حدود ۱۰ درصد از درآمدهای غیرنفتی کشور می باشد. (۲۲). بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی، سطح زیر کشت پسته ایران ۳۱۶۷۸۰ هکتار است. پس از ایران، ایالات متحده با دارا بودن ۸۹۴۳۶ هکتار مقام دوم را به خود اختصاص داده است. میزان تولید پسته در ایران برابر ۴۱۵۵۳۱ تن و در ایالات متحده امریکا ۲۳۳۱۴۶ تن می باشد (۲۰). اخیراً، کشور امریکا به عنوان رقیب

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

* - نویسنده مسئول: (Email: shamshiri88@gmail.com)

۳ - استادیار گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

اصلی روی هر درخت اتیکت زده شد. برای محلول پاشی درختان از اوره (Merck, CAS No, 57-13-6) استفاده شد و درختان شاهد (۵ درخت) با آب مقطر محلول پاشی شدند. محلول پاشی اوره بر روی ۱۵ درختی که این تیمار را دریافت کردند طی سه نوبت به شرح زیر انجام شد:

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

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

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

در این پژوهش از غلظت ۰/۵ درصد اوره استفاده شد. تمام محلول پاشی‌ها در ساعات عصر انجام شد و برای بهتر شدن جذب از توین ۲۰ استفاده گردید. در محلول پاشی، تمام برگ‌های درخت به‌طور کامل خیس شد. اندازه‌گیری پارامترهای فتوسنتزی یک روز پس از آخرین محلول پاشی 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 CO₂ بر مترمربع بر ثانیه)، تعرق E (میلی مول H₂O بر مترمربع بر ثانیه)، هدایت روزنه‌ای، g_s (مول CO₂ بر مترمربع بر ثانیه) و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای، C_i (میکرومول CO₂ بر مول) بود. کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی، PNU 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^۱ 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

پارامترهای فتوسنتزی زبان گنجشک 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 شکر 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 کربوکسیلاسیون ریبیسکو، مانع از انباشت CO₂ در برگ می‌شود، بلکه با تأثیر بر باز شدن روزنه و افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق سبب افزایش فتوسنتز می‌گردد (۳۹). 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی درختان پسته با اوره ۰/۵ درصد سبب افزایش شدت فتوسنتز و کلروفیل برگ شد (۱۷). در پژوهشی، محلول پاشی 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی اوره و زمان نمونه‌برداری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار بر روی درختان ۸ ساله پسته رقم کله‌قوچی 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

تأثیر دفعات کاربرد اوره و مرحله نمونه برداری و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت، درحالی که 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 به طور قابل توجهی نسبت به درختان تیمار نشده افزایش پیدا کرد، به طوری که 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 اندازه گیری بیشتر از زمان اول اندازه گیری بود (شکل ۱-A)، از طرفی نتایج نشان داد که هدایت روزنه‌ای درختانی که در سه مرحله با اوره محلول پاشی شده بودند به ترتیب حدود ۶ و ۱۷ درصد نسبت به درختانی که محلول پاشی نشده بودند در زمان اول و دوم اندازه گیری افزایش پیدا کرد، درحالی که تفاوت معنی داری در ارتباط با هدایت روزنه‌ای بین درختانی که یک بار و دو بار با اوره محلول پاشی شده بودند با درختان محلول پاشی نشده مشاهده نشد، هر چند میزان هدایت روزنه‌ای تا حدودی افزایش پیدا کرد (شکل ۱-B).

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

اندازه گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی

از برگی که برای اندازه گیری فتوسنتز استفاده شد نمونه گیری شد و در نهایت غلظت رنگدانه‌ها با استفاده از روش پورا^۱ (۳۴) محاسبه گردید.

در پایان آزمایش، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار 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

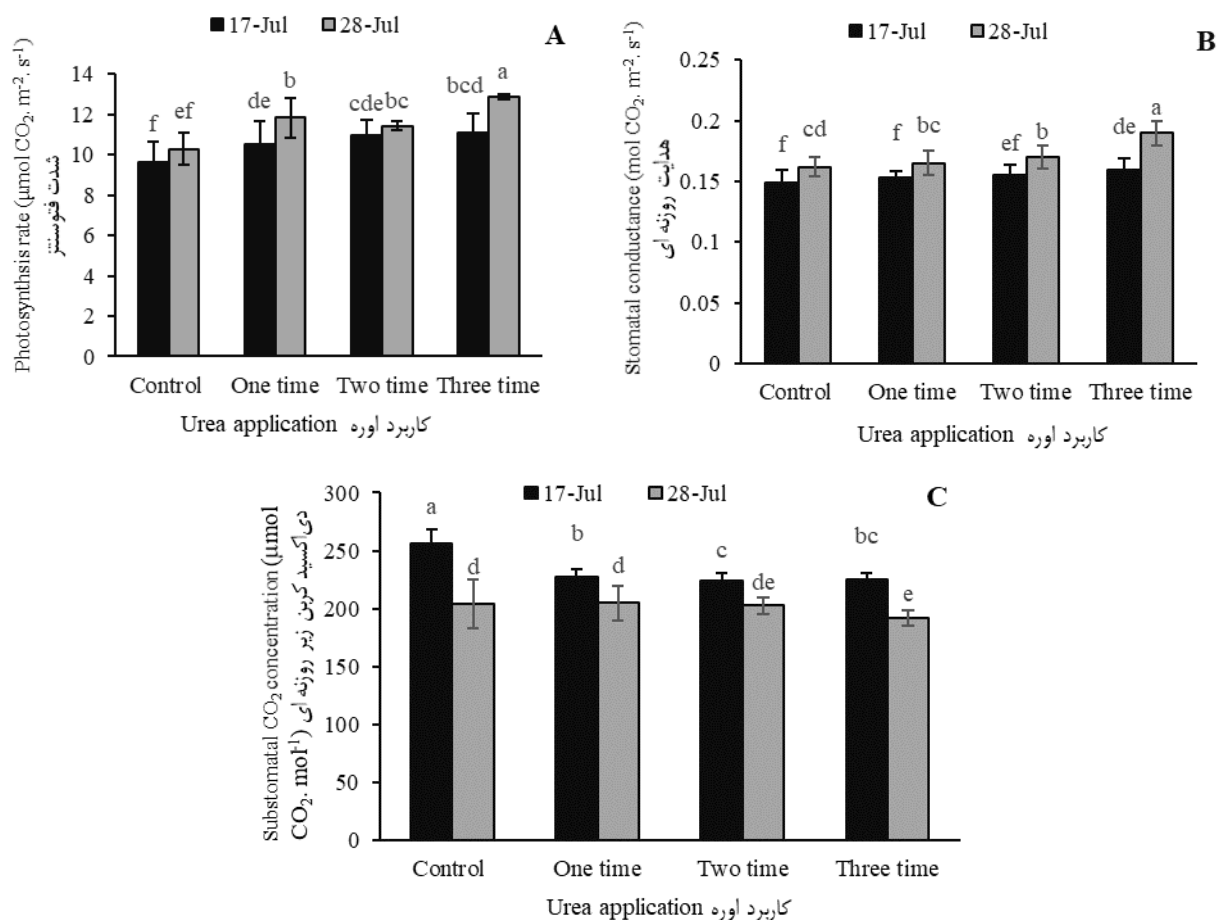
طبق نتایج تجزیه واریانس، پارامترهای فتوسنتزی شامل شدت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای تحت

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

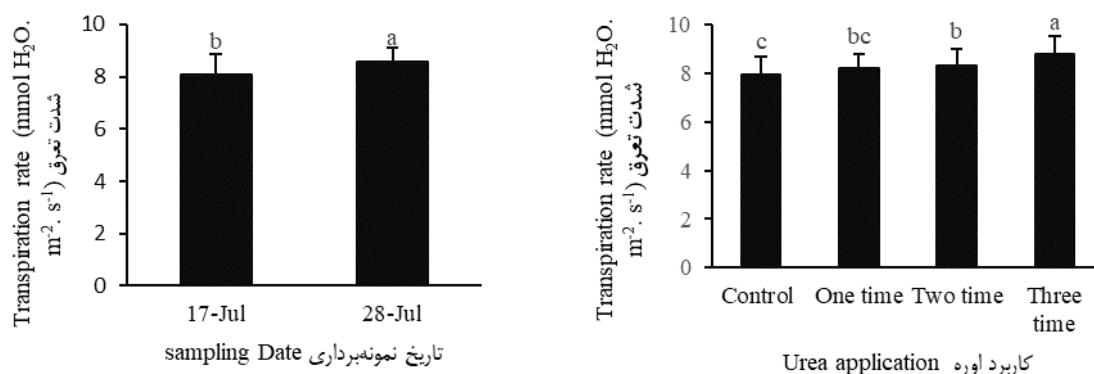
منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	Means Squares میانگین مربعات					
		A	E	g_s	C_i	N	PNUE
کاربرد اوره Urea application (UA)	3	6.94 **	1.22 **	0.001 **	231.4 ns	16.59**	1.21 **
بلوک Block (B)	4	0.60 ns	0.05 ns	0.0001 ns	308.51 ns	0.07 ns	0.25 ns
خطای یک Error1	12	0.35 ns	0.13 ns	0.00002 ns	572 ns	0.0007ns	0.25 ns
تاریخ نمونه برداری Sampling date (SD)	1	11.02 **	2.26 **	0.003 **	10579 **	0.95 **	0.098 ns
کاربرد اوره × تاریخ نمونه برداری 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, *, ** به ترتیب عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد
ns, *, **: Non significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.



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

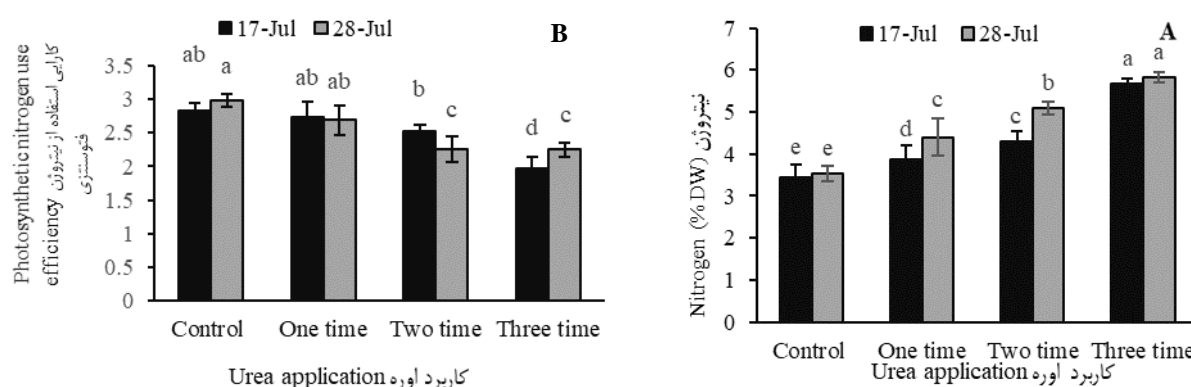
Figure 2- Effect of repeated urea application on transpiration rate [E] of pistachio trees cv. "Kalleh-ghuchi" in two sampling dates (17 Jul and 28 Jul)

سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات مستقل محلول پاشی اوره، زمان نمونه برداری 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 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 ۳-۱). کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی نیز تحت تأثیر کاربرد اوره و برهمکنش بین محلول پاشی 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، ۱۷ و ۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۳-۲).

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، به طوری که کاربرد سه بار محلول پاشی 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 محلول پاشی اوره با تیمار شاهد در زمان دوم اندازه‌گیری نداشت (شکل ۱-۱). نتایج مربوط به شکل ۲ نیز نشان داد که کاربرد اوره در مرحله سبب افزایش ۱۰ درصدی تعرق نسبت به شاهد گردید، درحالی که تفاوتی بین یک‌بار محلول پاشی، دو بار محلول پاشی با تیمار شاهد از لحاظ 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



شکل ۳- تأثیر دفعات محلول پاشی اوره بر مقدار نیتروژن برگ (A) و کارایی استفاده از نیتروژن فتوسنتزی (B) درختان پسته رقم کله قوچی در دو زمان نمونه برداری (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)

گردید، به طوری 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).

فلورسانس کلروفیل

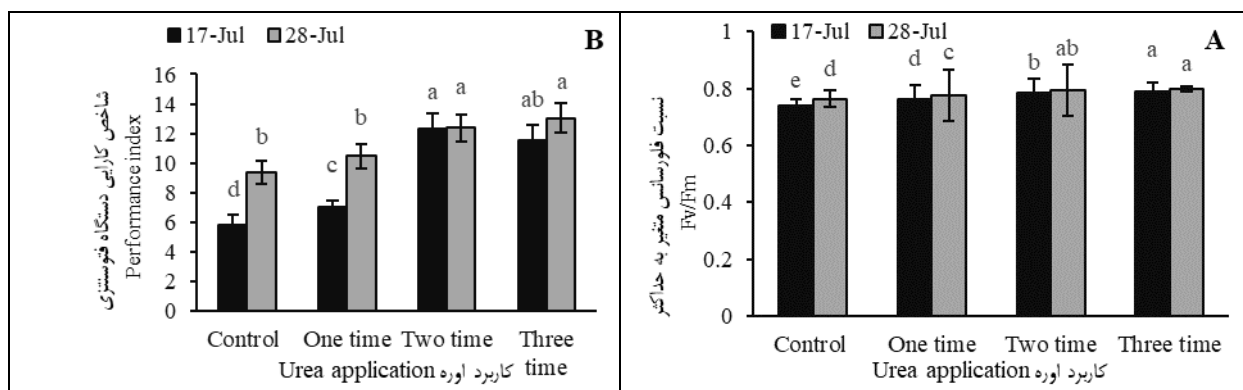
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (F_v/F_m) و شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI) در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات مستقل محلول پاشی اوره، زمان نمونه برداری و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که کاربرد اوره سبب افزایش شاخص F_v/F_m و PI در دو زمان نمونه‌گیری

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 نمونه برداری Sampling date (SD)	1	0.001 *	64.75 **	0.07 **	0.011 **	0.14 **	0.000002 ns
تاریخ نمونه برداری * 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 معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد
ns, *, **: Non significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.



شکل ۴- تأثیر دفعات محلول پاشی اوره بر شاخص F_v/F_m (A) و PI (B) برگ درختان پسته رقم کله قوچی در دو زمان نمونه برداری (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)

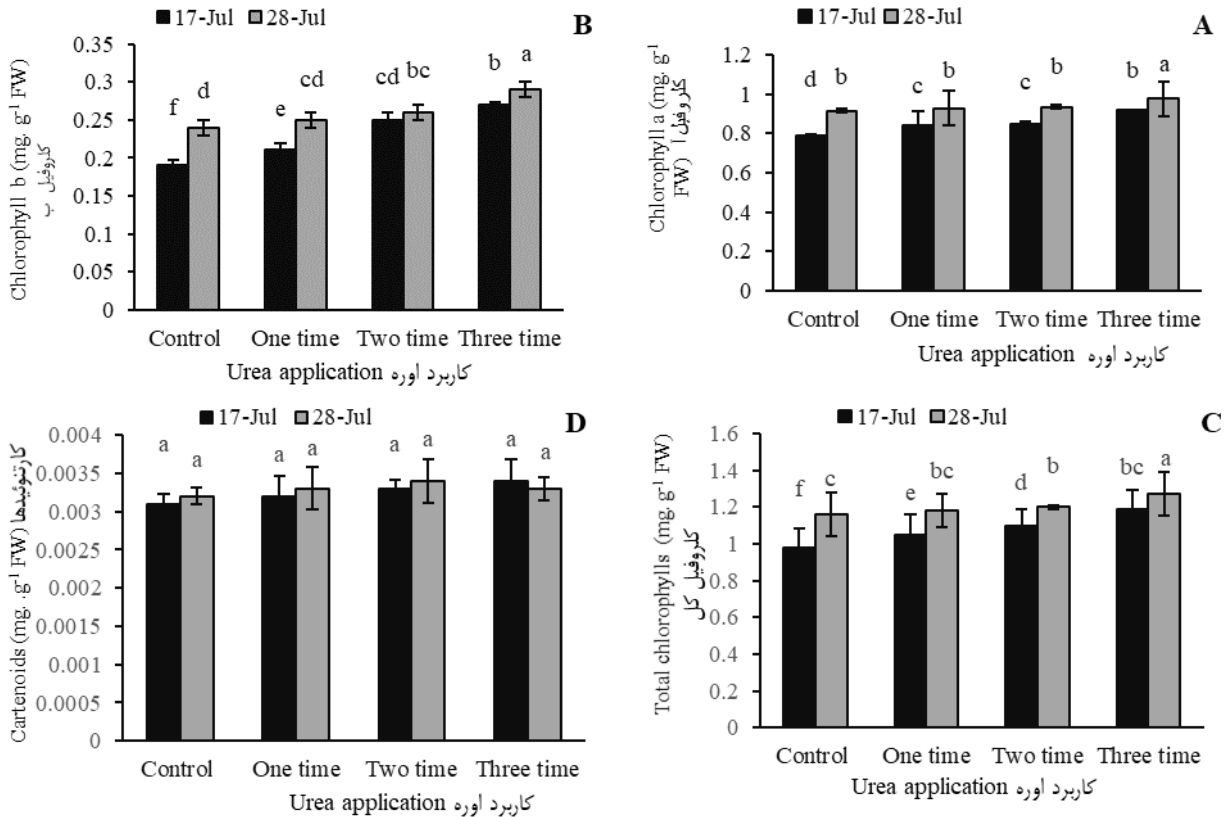
این فاکتورهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاربرد اوره مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل افزایش پیدا کرد، به طوری که محلول پاشی اوره در سه مرحله به ترتیب سبب افزایش ۱۱، ۱۴ و ۳۰ درصدی کلروفیل a، b و کل

رنگدانه های فتوسنتزی

طبق نتایج تجزیه واریانس، کاربرد اوره و مرحله نمونه برداری و برهمکنش بین آنها تأثیر معنی داری بر مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ داشت، درحالی که غلظت کارتنوئیدها تحت تأثیر

اوره دریافت کردند به طور قابل توجهی بیش تر بود، درحالی که تفاوت معنی داری از لحاظ مقدار کلروفیل a بین این دو تیمار مشاهده نشد (شکل ۵).

نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل برگ در مرحله دوم نمونه برداری بیش تر بود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار کلروفیل کل و کلروفیل b درختانی که دو مرحله محلول پاشی اوره شده بودند نسبت به درختانی که یک مرحله



شکل ۵- تأثیر دفعات محلول پاشی اوره بر مقدار کلروفیل a (A)، کلروفیل b (B)، کلروفیل کل (C) و کارتنوئید (D) برگ درختان پسته رقم کله قوچی در دو زمان نمونه برداری (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)

داشت (جدول ۳). نتایج همبستگی بین صفات همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل کل همبستگی مثبت و معنی داری با شدت فتوسنتزی ($r = 0.86$)، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر ($r = 0.85$) و شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی ($r = 0.85$) داشت (جدول ۳).

بحث

آسیمیلاسیون دی اکسید کربن با افزایش میزان رویسکو افزایش پیدا می کند، در نتیجه هر عاملی که روی فعالیت آنزیم رویسکو مؤثر باشد، آسیمیلاسیون دی اکسید کربن و در نهایت شدت فتوسنتز را افزایش می دهد (۳۰). آنزیم کربوکسیلاسیون اولیه در برگ ها (رویسکو)، بخش قابل توجهی از کل پروتئین های محلول برگ را

همبستگی بین مقدار نیتروژن برگ با شدت فتوسنتز، شاخص F_v/F_m و PI و میزان کلروفیل کل نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که مقدار نیتروژن برگ همبستگی مثبت و معنی داری با شدت فتوسنتز ($r = 0.81$)، نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر ($r = 0.88$)، شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی ($r = 0.79$) و مقدار کلروفیل کل ($r = 0.8$) 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 F_v/F_m تاثیر بیشتری بر این شاخص نسبت به سایر شاخص های ارزیابی شده

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

به خاطر کاهش کارایی کربوکسیلاسیون 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. در واقع کاهش شدت فتوسنتز به موازات 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 در نتیجه فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (۲۷). نیتروژن با افزایش تعرق سبب کاهش دمای برگ و در نهایت 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 زبان گنجشک (۲۷)، کیوی (۱۴) و گیاه گل مکزیکی (۲۹) در ارتباط با افزایش میزان تعرق تحت تأثیر کاربرد نیتروژن مطابقت داشت.

در یک آزمایش روی گیاه برنج، کاربرد نیتروژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش شدت فتوسنتز گردید (۱۸). نیتروژن علاوه بر اینکه به صورت مستقیم بر افزایش فتوسنتز از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو تأثیرگذار است، به طور 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. به طور کلی نیتروژن از طریق افزایش کارایی استفاده از آب سبب باز شدن روزنه‌ها و در نتیجه افزایش تعرق برگ می‌شود (۲۷). در واقع کاربرد اوره سبب افزایش مقدار نیترو اکسید می‌شود که به عنوان 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 بیش تر 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

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 در نهایت 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، به طوری که 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 اسید آمینه بیشتری در طول فصل رشد برخوردار بودند (۴۰). پس بالا

از بین انواع کودهای شیمیایی نیتروژنه، کود اوره بیش‌ترین نفوذ و جذب توسط برگ درختان دارد (۲۴). با تغذیه برگ، 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 رویسکو به جای اینکه به عنوان یک آنزیم کاتالیزوری عمل کند، نقش یک پروتئین ذخیره‌ای به خود می‌گیرد. با وجود اینکه رویسکو 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 رویسکو به عنوان نیتروژن ذخیره‌ای عمل کرده و حالت فعال رویسکو 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 برای رانگیختگی 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 Fv/Fm و PI با محلول‌پاشی اوره به‌طور قابل توجهی 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 می‌توان به افزایش مقدار کلروفیل برگ نسبت

افزایش مقدار نیتروژن برگ درختان پسته، سبب بهبود ظرفیت فتوسنتزی گردد. در این آزمایش تکرار محلول پاشی اوره در مراحل مختلف رشد میوه پسته، دارای اثرات جمعی مثبت بر شدت فتوسنتز و سایر پارامترهای وابسته بود که ممکن است در تخفیف سال آوری پسته مؤثر باشد. از طرفی اثرات کاربرد نیتروژن بر فتوسنتز برگ پسته تا یک ماه پس از کاربرد، بیشتر از تیمار شاهد بود.

بودن ظرفیت فتوسنتزی طی زمان دوم اندازه گیری را می توان این گونه توضیح داد که برای وارد شدن اسیدهای آمینه به کلروفیل برگ و همچنین شرکت در فرایند فتوسنتز به مدت زمان بیش تری نیاز می باشد (۳۷).

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد اوره می تواند به واسطه

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 its 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 deficiency 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- Chen L. and Chen L. 2003. Carbon assimilation and carbohydrate metabolism of concord grape (*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 sustainable citrus production systems, Acta Horticulture, 586: 251-254.
- 17- Esmaeilzadeh 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., Kjellgren 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- Shanguan 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 Ova 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.



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

N. Gharaie¹ – M. H. Shamschiri^{2*} – M. H. Dehghani³

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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ could be used by the plant, therefore increases in CO₂ 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

(*- Corresponding Author Email: shamschiri88@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