

بررسی اثرگذاری کود نیتروژن و زمان آبیاری بر شار گاز دی‌اکسیدکربن خاک، ویژگی‌های فوتوشیمیایی و عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴

هانیه رشیدرستمی^۱، محمود رائینی سرجاز^{۲*}، سعید شیوخی سوغانلو^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹

چکیده

با انقلاب سبز و افزایش تولید در یکای سطح، کاربرد سم‌های و کودهای شیمیایی، به‌ویژه نیتروژن به میزان چشمگیری افزوده شده است. هدف این پژوهش بررسی اثرگذاری کودهای ازته و زمان آبیاری پس از کوددهی بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از کشتزار ذرت می‌باشد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، با تیمار کود نیتروژن در سه سطح ۰ (N1)، ۱۵۰ (N2) و ۳۵۰ (N3) کیلوگرم کود اوره در هکتار، و زمان آبیاری پس از کوددهی در دو سطح (I1 آبیاری بی‌درنگ پس از کوددهی، و I2 آبیاری دو روز پس از کوددهی)، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در کشتزار پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری روی ذرت انجام شد. بر پایه یافته‌ها، سطوح مختلف کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری بر شار گاز دی‌اکسیدکربن از خاک نداشتند، اما زمان آبیاری پس از کوددهی اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0.01$)، بر گسیل این گاز داشت. با افزایش فاصله زمان آبیاری پس از کوددهی گسیل این گاز کاهش یافت. بیشترین شار دی‌اکسیدکربن در گامه دهم نمونه‌برداری در تیمار آبیاری بی‌درنگ با مقدار $366/42 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ و کمترین آن در گامه اول نمونه‌برداری در تیمار آبیاری دو روز پس از کوددهی با مقدار $45/86 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ دیده شد. همچنین بررسی اثرگذاری سطوح مختلف کود نیتروژن حاکی از تفاوت معنی‌دار بر عملکرد و ویژگی‌های فوتوشیمیایی گیاه ذرت بود ($P \leq 0.01$). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان عملکرد به‌ترتیب با ۳۶ کیلوگرم و ۱۳/۴ کیلوگرم در مترمربع برای تیمارهای N1 و N3 به‌دست آمد. همچنین بررسی اثرگذاری زمان آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های فوتوشیمیایی گیاه ذرت نشان داد که، تغییر زمان آبیاری پس از کوددهی اثر معنی‌داری بر پارامترهای مورد بررسی نداشت. نتیجه‌گیری می‌شود که زمان آبیاری بر عملکرد و دیگر ویژگی‌های فوتوشیمیایی ذرت اثرگذار نبود، ولی زمان آبیاری بی‌درنگ پس از کوددهی می‌تواند بر تثبیت کود در خاک و افزایش فعالیت گیاه و ریزاندمک‌های درون خاک اثر گذاشته و افزایش شار دی‌اکسیدکربن را در پی داشته است.

واژه‌های کلیدی: ذرت، زمان آبیاری، شار دی‌اکسیدکربن، فوتوشیمیایی، کود نیتروژن

مقدمه

این‌که فرآیندهای ویرانگر روندی افزایشی داشته و بر بهبود شرایط معیشتی مردم اثرگذار هستند، باید چاره‌ای در این زمینه اندیشه شود. برپایه گزارش کارگروه میان دولتی تغییر اقلیم (IPCC)، افزایش گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه CO_2 می‌تواند دمای سطح زمین را بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش دهد (IPCC, 2005). افزایش رهاسازی گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن از خاک به نیوار، یکی از نگرانی‌های جهان در چند دهه گذشته بوده است. گاز دی‌اکسیدکربن همچون یکی از عوامل مهم و اثرگذار در گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، محسوب

دنیای امروز با چالش‌های متفاوتی همچون تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، فروپاشی محیط زیست، تنگدستی و گرسنگی و نبود امنیت غذایی رو به‌رو است. با توجه به

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

^۲استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(*)نویسنده مسئول: (raeini@yahoo.com)

^۳مربی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

نحوه ارجاع مقاله:

مهمترین نشانگرهای کیفیت خاک در پیوند با تغییر اقلیم به‌شمار می‌روند. واکنش ویژگی‌های زیستی و بیوشیمیایی خاک در کوتاه‌مدت به تغییرات محیطی و مدیریت بوم‌سامانه نیز بسیار با اهمیت است (Souri et al., 2019). اندازه‌گیری جریان CO₂ برای ارزیابی چگونگی بهره‌برداری از خاک، چگونگی گرمایش جهانی و چرخه کربن بسیار کارآمد است (Tan and Lal, 2005). نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان دادند که دی‌اکسیدکربن فراوان‌ترین گاز گلخانه‌ای در خاک است و شار گسیل آن نیز صد برابر بیشتر از گاز نیتروژن و متان می‌باشد (Chen et al., 2010; Abalos et al., 2014; Price et al., 2015). آب و کود نیتروژن به عنوان مهم‌ترین فراسنجه‌های برانگیزش گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از خاک هستند (Abalos et al., 2014). این دو با تغییر محیط خاک مانند هوادهی، pH، رطوبت خاک، و نسبت C/N بر گسیل CO₂ خاک اثرگذار هستند. از این‌رو، برای راهنمایی کشاورزان و تدوین سیاست‌هایی برای کاهش گسیل CO₂ در آینده در بخش کشاورزی، به درک چگونگی اثرگذاری آب و کود بر گسیل گازهای گلخانه‌ای نیاز هست. از سویی دیگر نگرانی‌های جهانی در زمینه تغییر اقلیم و پیامدهای آن، انگیزه‌ای نیرومند برای بررسی درک بهتر انتشار گازهای گلخانه‌ای فراهم می‌کند (Dalal and Allen, 2008). از این‌رو، هدف این پژوهش بررسی اثرگذاری مقدار کود نیتروژن مصرفی و زمان آب‌دهی پس از کودپاشی بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از خاک کشتزار ذرت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۵ متر پایین‌تر از سطح دریا، میانگین دما ۱۱/۲ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۷۱۱ میلی‌متر، در فصل زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. داده‌های ویژگی‌های خاک کشتزار و داده‌های هواشناختی محل آزمایش در طول فصل رشد به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. بر پایه یافته‌های آزمون خاک و مرور منابع، میزان کود نیتروژن در سه سطح (N1: صفر (شاهد)، N2: ۱۵۰ و N3: ۳۵۰

می‌شود (Vanaee et al., 2016). در این میان کشاورزی و تغییر کاربری زمین هم نقش مهمی در گرمایش فراگیر دارد (Foley et al., 2011). افزایش درخواست برای فراورده‌های کشاورزی و تنگنا در افزایش سطح زیر کشت به افزایش کاربرد نهاده‌های شیمیایی انجامیده است. در سال‌های اخیر کاربرد کود اوره در ایران برای فراهم کردن نیاز ازت گیاهان زراعی و افزایش عملکرد، روندی افزایشی داشته است (Mohammadi et al., 2010). در این میان کود اوره سهم عمده‌ای در تأمین نیاز ازت گیاهان در کشاورزی داشته است. نیتروژن یکی از عناصر غذایی پرمصرف برای گیاهان و ریزاندامک‌های خاک هست و در مدیریت کشاورزی نقش مهمی دارد و پژوهش‌های شماری از نویسندگان (Lee et al., 2017; Ward et al., 2007) بر گسیل (انتشار) گاز دی‌اکسیدکربن از خاک تمرکز داشته‌اند. در این پژوهش‌ها تفاوت معنی‌داری در تنفس خاک به دلیل اندازه و نوع کود ازته دیده شد (Chi et al., 2020). در پژوهشی دیگر (Kooch et al., 2015)، نقش تنفس خاک را همچون یک فراسنجه (پارامتر) زیستی در سنجش فعالیت‌های میکروبی بسیار ارزنده می‌دانند. رهاسازی دی‌اکسیدکربن خاک به نیوار پیامد اکسایش و فروکافت مواد آلی خاک از راه ریزاندامک‌های خاکزی می‌باشد، که نشانه بارزی از کانی‌شدگی بازمانده‌های گیاهی در خاک می‌باشد. از این‌رو، فروکافت کربن آلی خاک به گازهای متان و دی‌اکسید کربن در پی کنش‌های زیستی قارچ‌ها و دیگر ریزاندامک‌های خاکزی می‌باشد و یا در مورد گیاهان از راه تنفس ریشه می‌باشد (Bond-Lamberty et al., 2004). نزدیک به ۱۰ تا ۲۰ درصد کود اوره مصرفی به ریخت NH₃ به نیوار گسیلیده می‌شود و به مصرف گیاه نمی‌رسد یا در خاک تثبیت نمی‌شود (Harrison and Webb, 2001). در پژوهشی دیگر دیده شد که رهاسازی دی‌اکسیدکربن در کشتزاری که پیاپی ذرت کشت می‌شد، ۲۴ درصد بیشتر از کشت متناوب ذرت-سویا بود (Wilson and Al-Kaisi, 2008). همچنین Sainju et al., (2011) رهاسازی کربن را فرآیند بازگشت کربن انباشته شده از راه گیاهان در خاک به نیوار در پی فرآیند تنفس در خاک بیان کردند. فراسنجه‌هایی مانند نیتروژن خاک، رطوبت خاک، عناصر غذایی پر مصرف و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک همچون

۳۸ میلی‌متر و قطره‌چکان‌هایی با آبدهی ۴ لیتر در ساعت استفاده شد. از تانسئومتر برای پایش رطوبت خاک استفاده شد. بدین ترتیب آبیاری زمانی که رطوبت خاک به ۷۰ درصد می‌رسید (SWC=70)، انجام می‌شد (Shiukhy-Sughanlu et al., 2014). همچنین با در نظر گرفتن فاصله بین ردیف‌ها و بذرها در هر ردیف، در پای هر گیاه یک قطره چکان برای پخش یکسان آب جاگذاری شد. در گامه ۳-۴ برگی در زمان نمناکی خاک عملیات تنک‌کاری صورت گرفت و برای مهار علف‌های هرز در طول دوره آزمایش وجین دستی انجام شد. برای اندازه‌گیری شار دی‌اکسیدکربن خاک، محفظه‌هایی استوانه‌ای به قطر ۱۰ و ژرفای ۳۰ سانتی‌متر در بین ردیف‌های کشت در هر کرت، در ژرفای ۱۰ سانتی‌متری خاک جاگذاری شد. اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن دو هفته پس از کاشت آغاز و به صورت هفتگی تا پایان دوره رویش در ۱۰ گامه ادامه یافت. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه CO₂-port-Germany و با روش infrared انجام شد. گفتنی است که برای کاهش خطای در اندازه‌گیری‌ها به دلیل تغییرات دمای روزانه، اندازه‌گیری‌ها در بازه ساعت‌های ۱۱-۸ بامداد انجام می‌شد (shimizu et al., 2009). همچنین برای بررسی روند دمای خاک در درازای دوره رشد و نمو ذرت از دماسنج‌های دیجیتالی مدل (M-LOG5W, GeoPrecision) که در ژرفای ۲۰ سانتی‌متری خاک جاگذاری شده بود استفاده شد (Shiukhy-Sughanlu et al., 2014). برای تعیین کلروفیل و کارتنوئید گیاه ذرت نخست ۰/۵ گرم از برگ جوان بالایی برداشت و هر نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد درآمیخته شد، پس از آن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شدند. آنگاه پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شدند و با اسپکتروفتومتر میزان جذب در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر ثبت شد (Raeini-Sarjaz and Shiukhy-Sughanlu, 2014). با به‌کارگیری معادلات ۱ الی ۴ میزان کلروفیل a، b، a*b و میزان کارتنوئید محاسبه شد.

$$\text{Choa}(\text{mg/g.f.w})=12.7(\text{A}663)-2.69(\text{A}645)\times v/1000\times w \quad (1)$$

$$\text{Chob}(\text{mg/g.f.w})=12.9(\text{A}645)-2.69(\text{A}663)\times v/1000\times w \quad (2)$$

$$\text{Chlo a*b}(\text{mg/g.f.w})=20.2(\text{A}645)-8.02(\text{A}663)\times v/1000\times w \quad (3)$$

$$\text{Car}(\text{mg/g.f.w})=7.6(\text{A}480)-1.49(\text{A}510)\times v/1000 \quad (4)$$

که در آن‌ها A طول موج (نانومتر)، V حجم نهایی محلول (میلی‌لیتر)، W وزن نمونه (گرم) می‌باشد. همچنین برای

کیلوگرم کود اوره در هکتار) به عنوان عامل اول و دو سطح زمان آبیاری (1: آبیاری بی‌درنگ پس از کوددهی، و 2: آبیاری دو روز پس از کوددهی، به عنوان عامل دوم مورد بررسی قرار گرفت.

Table 1- Soil physical and chemical properties at the experimental site

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Soil depth (cm)	0 - 60
Soil texture	Loam and Clay
Saturated acidity pH	7.87
Organic matter (O.M) (%)	2.63
Organic carbon (O.C) (%)	1.53
Absorbable phosphorus (P.P.M)	8.7
Absorbable sulfur (P.P.M)	281.7
Absorbable potassium (ppm)	179
Total nitrogen (%)	0.052

Table 2- Weather data for experimental site during growing season

جدول ۲- داده‌های هواشناسی جایگاه آزمایش در طول فصل رویش

Month	June	July	August	September
Precipitation (mm)	1.5	3.5	0.1	4.8
Relative Humidity (%)	75.3	79.8	70.5	78.3
T _{max} (°C)	30.2	31.1	34.8	29.6
T _{min} (°C)	21	23.1	23	20.6
T _{mean} (°C)	25.3	26.3	28.5	24.6

گامه‌های آماده‌سازی زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم صورت گرفت. سپس کرت‌ها با طول ۴، عرض ۳ و فاصله ۱ متر از هم با ۴ خط کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر مشخص گردید. با توجه به یافته‌های آزمون خاک کوددهی با استفاده از کود NPK₂₀₋₂₀₋₂₀ و به‌صورت ۵۰ درصد کود نیتروژن (نیترات: ۶/۵ درصد؛ آمونیوم: ۰/۴ درصد؛ اوره: ۴/۱ درصد) کود پایه پس از کرت‌بندی و مشخص شدن ردیف‌های کشت به صورتی نواری به زمین داده شد. پنجاه درصد کود نیتروژن با مانده به‌صورت سرک در همه کرت‌ها و به روش نواری به فاصله ۵ و ژرفای ۳ سانتی‌متری بذر در دو مرحله ۸-۶ برگی و پیش از گلدهی با تفاوت در زمان آبیاری صورت گرفت. کاشت بذر ذرت سینگل کراس ۷۰۴ دیررس، با طول دوره ۱۳۵-۱۲۵ روز در تاریخ ۲۵ خرداد ماه به‌صورت دستی در ژرفای ۵ سانتی‌متری خاک، با ۲ تا ۳ بذر ضدعفونی شده با قارچ‌کش در هر کپه کاشته شد. فاصله کپه‌ها از هم روی خط کشت ۲۰ سانتی‌متر بود (Paknejad et al., 2017). پس از کاشت، از سامانه آبیاری قطره‌ای با لوله‌هایی با قطر

این گسیل نداشت. یافته‌های این پژوهش با داده‌های Liu et al., (2015) همخوانی داشت. آنان نیز گزارش کردند که کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر میزان گسیل گاز دی‌اکسید کربن از خاک ندارد. با این حال، Ding et al., (2007) دریافتند که کاربرد کود نیتروژن به کاهش ۱۰٪ در شار دی‌اکسید کربن از خاک می‌انجامد. در بررسی دیگری Fog (1988) به مرور ۶۰ مقاله در این زمینه پرداخت و دریافت که نیتروژن یا اثری بر افزایش تجزیه در خاک ندارد و یا اثر منفی‌ای دارد. برپایه یافته‌های گزارش شده در جدول ۳، اثرگذاری تیمار زمان آبیاری پس از کوددهی بر گسیل دی‌اکسید کربن از خاک بسیار چشمگیر و از دیدگاه آماری تفاوت بسیار معنی‌داری بود ($P \leq 0.01$). بررسی دقیق گامه‌های اندازه‌گیری بیانگر آن است که، گامه‌های اول و دوم نمونه‌برداری، شاید به دلیل کمی زیست‌توده و ریشه‌دوانی اندک ذرت تفاوت معنی‌داری دیده نشد، ولی از گامه سوم نمونه‌برداری تا گامه دهم، زمان آبیاری پس از کوددهی اثر معنی‌داری بر گسیل گاز دی‌اکسید کربن از خاک داشت. به‌طوری‌که آبیاری بی‌درنگ پس از کوددهی به افزایش معنی‌دار گسیل دی‌اکسید کربن از خاک در همسنجی با دو روز دیرتر انجامید (شکل ۲). بیشترین گسیل دی‌اکسید کربن در گامه دهم نمونه‌برداری در تیمار آبیاری بی‌درنگ با مقدار $(366/42 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$ و کمترین آن در گامه اول نمونه‌برداری در تیمار آبیاری دو روز پس از کوددهی با مقدار $(45/86 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$ دیده شد. اثرگذاری زمان آبیاری پس از کوددهی از گامه سوم نمونه‌برداری، همراه با رشد گیاه و گسترش سامانه ریشه و شاید با افزایش ریزاندامک‌های خاک، آغاز می‌شود. در پژوهشی در همین زمینه $\text{Álvarez-Fuentes et al., (2004)}$ افزایش سریع در گسیل دی‌اکسید کربن را پس از آبیاری در پی دو فرآیند (۱) افزایش فیزیکی در رهاسازی دی‌اکسید کربن به دام افتاده در ساختار خاک در پی ورود آب به درون منافذ آن و، (۲) به دلیل اثر برانگیختگی در فعالیتهای میکروبی خاک می‌دانند. یافته‌های Borken et al., (2003) در خاکی که به مدت پنج روز تا نزدیک اشباع آبی قرار گرفته بود گویای آن است که مقدار شار دی‌اکسید کربن را $82/6$ و $26/3$ میلی‌گرم بر متر مربع در ساعت به ترتیب برای تیمارهای آبیاری و بدون آبیاری گزارش کردند.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل (سبزینه‌گی) از دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل: SPAD-502, Minolta, Japan) استفاده شد. در این آزمایش ویژگی‌های گیاهی، همچون عملکرد دانه، وزن هزار دانه و وزن بلال در ۲۸ شهریور، پس از دیدن نشانه‌های رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها اندازه‌گیری شد. یافته‌های آزمایش با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS تجزیه و از آزمون SNK^1 برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

شار دی‌اکسید کربن خاک

یافته‌های تجزیه واریانس اثر کاربرد کود نیتروژن و زمان آبیاری بر شار گاز دی‌اکسید کربن خاک از کشتزار ذرت (سینگل کراس ۷۰۴)، برای ۱۰ گامه اندازه‌گیری شده در جدول ۲ آورده شده است. بر پایه این یافته‌ها، اثرگذاری تیمار کودی بر گسیل دی‌اکسید کربن از خاک معنی‌داری نبود (جدول ۳). یافته‌های مقایسه میانگین اثر تیمار کودی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در درازای دوره‌ی رشد و نمو ذرت نشان داد که در گامه‌های چهارم و نهم نمونه‌برداری میان سطوح کودی ۱۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما این دو با سطح کودی شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند و شار گسیل دی‌اکسید کربن با افزایش کود نیتروژن در این گامه‌ها افزایش یافت، اما در دیگر گامه‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف کودی دیده نشد (شکل ۱). با این وجود، افزایش گسیل دی‌اکسید کربن در درازای دوره رویش با توجه به شکل ۱، می‌تواند به دلیل گامه‌های رشد و نمو گیاه در درازای دوره نمونه‌برداری بوده باشد، که همراه با افزایش اندام‌های هوایی گیاه، فعالیت ریشه نیز افزایش می‌یابد، که این موضوع به تنفس بیشتر ریشه و ریزاندامک‌های خاک می‌انجامد. همچنین می‌توان کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن در گامه‌های اول و دوم نمونه‌برداری را در همسنجی با دیگر گامه‌ها به کمی زیست‌توده گیاهی نسبت داد. بر پایه یافته‌های این پژوهش (شکل ۱) روند گسیل گاز دی‌اکسید کربن در درازای دوره رشد و نمو ذرت افزایشی بود، ولی تیمار کودی اثر معنی‌داری روی

¹ Student-Nueman-Kouel

Table 3- Analysis of variance of the effects of nitrogen fertilizer and irrigation schedule on weekly soil CO₂ emissions from corn field (Single Cross 704)

جدول ۳- یافته‌های تجزیه واریانس اثرگذاری تیمارهای کود نیتروژن و زمان آبیاری بر گسیل هفتگی گاز دی‌اکسیدکربن خاک کشتزار ذرت (سینگل کراس ۷۰۴)

Source of Variations (S.O.V)	Degrees of freedom	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀
Block	2	1.80 ^{ns}	0.83 ^{ns}	0.26 ^{ns}	4.81 ^{ns}	2.32 ^{ns}	0.91 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.31 ^{ns}	1.41 ^{ns}	1.70 ^{ns}
Nitrogen fertilizer	2	0.28 ^{ns}	0.83 ^{ns}	0.39 ^{ns}	7.57 ^{**}	1.88 ^{ns}	1.90 ^{ns}	2.20 ^{ns}	0.25 ^{ns}	13.39 ^{**}	1.89 ^{ns}
Irrigation schedule	1	0.89 ^{ns}	4.09 ^{ns}	536.6 ^{**}	4.111 ^{**}	6.627 ^{**}	9.59 ^{**}	669.4 ^{**}	4277.5 ^{**}	8.36 ^{**}	399.52 ^{**}
Interaction	2	0.10 ^{ns}	2.55 ^{ns}	0.89 ^{ns}	6.63 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.37 ^{ns}	6.90 ^{ns}	6.09 ^{ns}
Error	10	3.8215	2.2627	8.0008	11.101	3.4668	3231.1	10.32	3.7762	0.5359	9.704
CV	-	4.22	1.74	1.66	1.37	0.73	15.31	1.01	0.57	1.2	1.59

الف) ** و ns در هر ستون به ترتیب سطح معنی‌داری یک درصد و نبود معنی‌داری می‌باشند. ب) حروف W₁ تا W₁₀ به ترتیب هفته‌های نمونه برداری گسیل گاز دی‌اکسیدکربن خاک (از ۲۵ خرداد تا ۲۸ شهریور) را نشان می‌دهند.

a)** and ns in each column represent the significant level of 1% and the non-significant, respectively. b) The letters w1 to w10 are the weekly sampling steps of soil carbon dioxide emissions (25 June to 28 September), respectively.

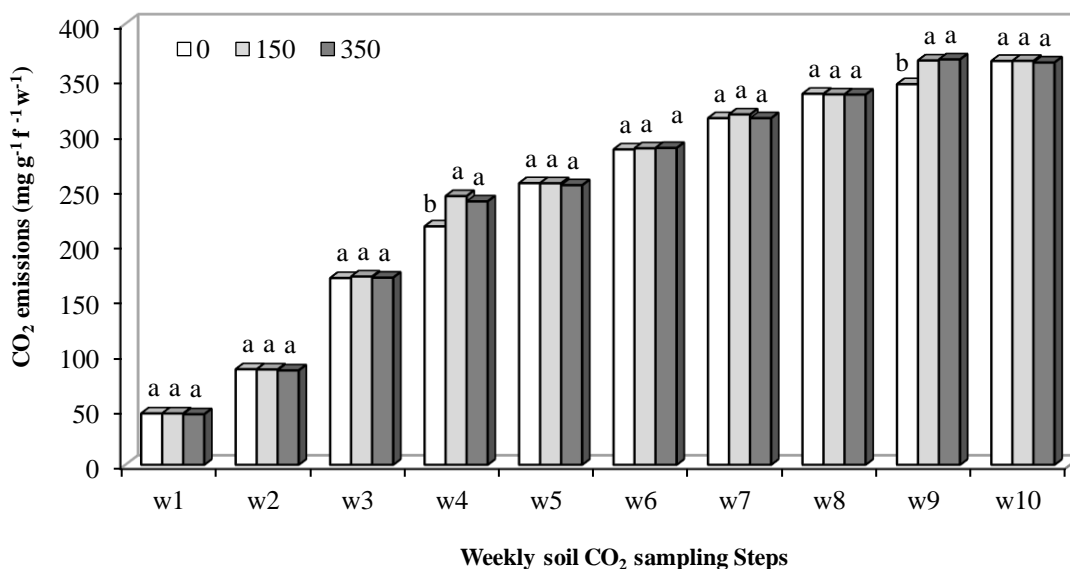


Figure 1- Mean weekly soil CO₂ emissions for nitrogen fertilizer levels during corn growing season
 شکل ۱- میانگین هفتگی گسیل دی‌اکسیدکربن خاک برای سطوح تیمار کود نیتروژن در درازای دوره رویش گیاه ذرت

در ژرفای ۲۰ سانتی‌متری و میزان گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از خاک را در ۱۰ گامه نمونه‌برداری نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳، تغییرات دما خاک در ژرفای ۲۰ سانتی‌متری در دوره رویش گیاه چندان چشمگیر نبود، که شاید این افتاخیز اندک دما به دلیل رسانایی گرمایی خاک و تغییرات درصد رطوبت خاک باشد. از آنجایی که بازه‌ی تغییرات دمای خاک در این آزمایش بین ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد بود (۳۲/۱ تا ۳۰/۳)، در این پژوهش دما اثر آشکاری بر انتشار دی‌اکسیدکربن خاک نداشت.

گفتنی است که برهمکنش سطوح مختلف کود نیتروژن و زمان آبیاری بر شار گاز دی‌اکسید کربن در هیچ کدام از گامه‌های نمونه‌گیری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). میزان و راستای بیشتر فرآیندهای فیزیکی و زیستی درون خاک به صورت مستقیم یا غیر مستقیم وابسته به دما است. افزون بر تبخیر تعرق، فرآیندهای دیگری همچون هوادهی خاک، جوانه‌زنی بذر، رشد و نمو گیاه، گسترش سامانه ریشه و فعالیت‌های میکروبی درون خاک نیز پیرو دمای خاک هستند. شکل ۳، میانگین دما خاک

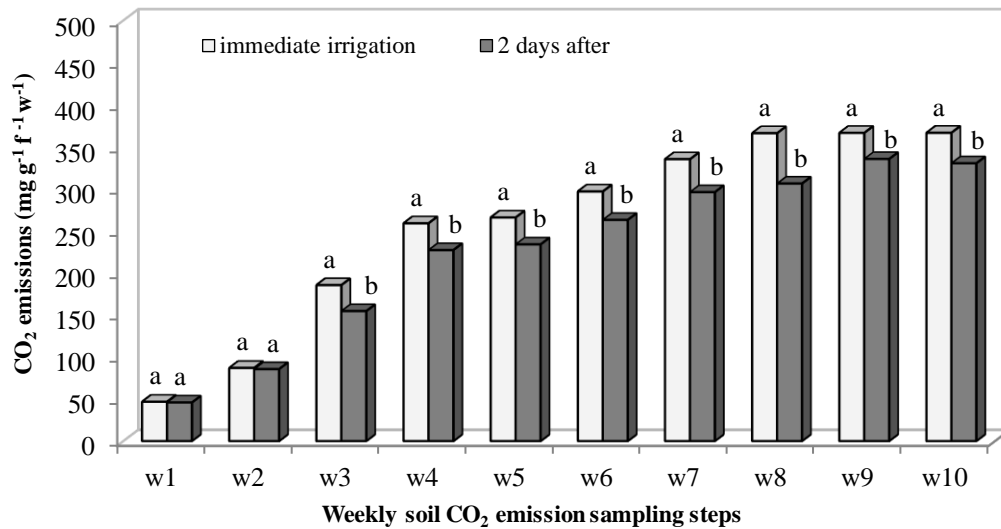


Figure 2- Mean weekly soil CO₂ emissions for irrigation schedules during corn growing season
 شکل ۲- میانگین هفتگی گسیل دی اکسید کربن خاک برای سطوح تیمار آبیاری در درازای دوره رشد و نمو گیاه ذرت

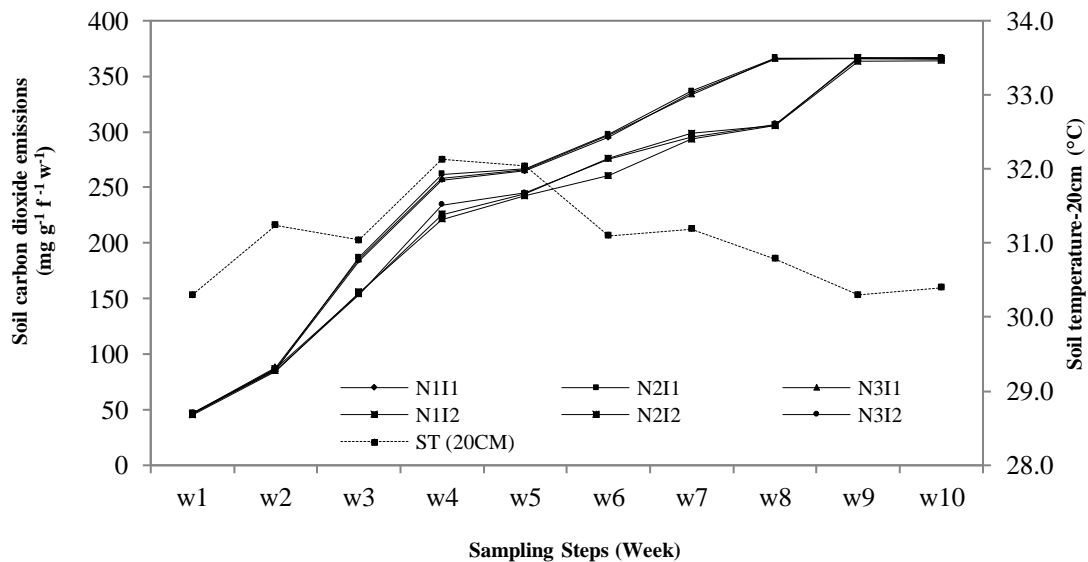


Figure 3-Trend of Soil carbon dioxide emissions as functions of soil temperature and corn growing stages
 شکل ۳- روند شار دی اکسید کربن خاک هم چون کارکردی از دمای خاک و گامه های رویشی ذرت

N1I1: 0_{kg} Nitrogen fertilizer + Immidant irrigation, N2I1: 150_{kg} Nitrogen fertilizer + Immidant irrigation, N3I1: 300_{kg} Nitrogen fertilizer + Immidant irrigation, N1I2: 0_{kg} Nitrogen fertilizer + 2 days after, N2I2: 150_{kg} Nitrogen fertilizer + 2 days after, N3I2: 300_{kg} Nitrogen fertilizer + 2 days after, ST (20cm):Soil temperature in depth (20cm).

N1I1: تیمار ۰ کیلوگرم کود نیتروژن + آبیاری بی درنگ، N2I1: تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن + آبیاری بی درنگ، N3I1: تیمار ۳۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن + آبیاری بی درنگ، N1I2: تیمار ۰ کیلوگرم کود نیتروژن + آبیاری پس از دو روز، N2I2: تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن + آبیاری پس از دو روز، N3I2: تیمار ۳۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن + آبیاری پس از دو روز، ST (20cm): دمای خاک در عمق ۲۰ سانتی متر.

دانه، وزن بلال، وزن هزار دانه، کلروفیل a، کلروفیل b* و محتوای کلروفیل کل گیاه ذرت داشت. در حالی که اثرگذاری چندانی بر برخی ویژگی های دیگر همچون کلروفیل b و کاروتنوئیدها نشان نداد. مقایسه میانگین اثرگذاری تیماری کودی نیتروژن بر عملکرد گیاه ذرت

برخی ویژگی های فوتوشیمیایی و عملکرد ذرت یافته های پژوهشی اثر کاربرد کود نیتروژن و زمان آبیاری بر برخی ویژگی های فوتوشیمیایی و عملکرد ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) در جدول ۴ آورده شده است. تیمار کودی نیتروژن اثر بسیار معنی داری ($P \leq 0.01$) بر عملکرد

سه سطح کودی (N1 و N2, N3) برای وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری دیده شد (شکل ۴ c). در دیگر پژوهش‌ها (Haghjoo and Rezvantlab et al., 2009), (Majidian et al., 2008) و (Bahrani 2014) نیز افزایش عملکرد دانه و وزن هم‌راستا با افزایش نیتروژن مصرفی گزارش شده است.

نمایانگر آن است که بیشترین عملکرد، با ۳۶ کیلوگرم در مترمربع، در تیمار N3 و کمترین، با ۱۳/۴ کیلوگرم در مترمربع، در تیمار N1 دیده شد (شکل ۴ a). در همین راستا، بیشترین و کمترین وزن بلال به ترتیب با ۶/۶۸ کیلوگرم و ۳/۹۶ کیلوگرم در مترمربع در تیمارهای N3 و N1 دیده شد (شکل ۴ b). در مقایسه میانگین‌ها بین هر

Table 4- Analysis of variance of the effects of nitrogen fertilizer and irrigation schedule on some photochemical properties and corn yield (Single Cross 704)

جدول ۴- یافته‌های تجزیه واریانس اثرگذاری تیمار کود نیتروژن و زمان آبیاری بر برخی ویژگی‌های فتوشیمیایی و عملکرد ذرت (سینگل کراس ۷۰۴)

Source of Variations (S.O.V)	Degrees of freedom	Function (Kg m ⁻²)	Corn Weight (Kg)	1000 seed weight	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll a*b (mg g ⁻¹ f ⁻¹ w ⁻¹)	Carotenoid	Total chlorophyll
Block	2	3.33 ^{ns}	2.68 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.22 ^{ns}	2 ^{ns}	1.32 ^{ns}	5.07 ^{ns}
Nitrogen fertilizer	2	202.35 ^{**}	13.39 ^{**}	27.33 ^{**}	50.94 ^{ns}	0.16 ^{ns}	38.90 ^{**}	1.63 ^{ns}	7.02 ^{ns}
irrigation schedule	1	1.78 ^{ns}	0.29 ^{ns}	6.85 ^{ns}	0.02 ^{**}	0.57 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.75 ^{ns}
Interaction	2	0.38 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.46 ^{ns}	1.27 ^{ns}	2.45 ^{ns}
Error	10	3.7805	85.400	1.8396	1.0806	0.3941	0.6948	0.2285	6.2745
CV	-	7.86	17.82	2.80	4.02	2.38	2.07	3.09	6.41

** و ns در هر ستون به ترتیب سطح معنی داری یک درصد و نبود اثرگذاری را نشان می‌دهند.

**and ns in each column represent the significant level of 1% and the non-significant, respectively.

(Afkari 2018) اثر معنی‌دار برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن را بر ویژگی‌های کلروفیل a، کلروفیل کل و زیست‌توده خشک گزارش کردند. بنابراین در میان ترکیب‌های تیماری مورد بررسی، آبیاری ۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به عنوان تیمار برتر برای دستیابی به بالاترین میزان کلروفیل a، کلروفیل کل، عملکرد ماده خشک گیاه ریحان را توصیه نمود. شایان ذکر است که تأثیر تیمار زمان‌های آبیاری پس از کوددهی و همچنین اثر برهمکنش تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن مصرفی و زمان‌های آبیاری پس از کوددهی بر برخی ویژگی‌های عملکرد و خصوصیات فتوشیمیایی در طی دوره رویش گیاه ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) معنی‌دار نبود. کاهش عملکرد گیاهان در شرایط تنش آبی ۵۰ درصد نیاز آبی و کمتر از آن گزارش شده است (Abdelkhalik et al., 2020; Jans et al., 2020). در این پژوهش برهمکنش زمان آبیاری و تیمار کود نیتروژن بر ویژگی‌های فتوشیمیایی و عملکرد ذرت اثرگذار نبود.

یافته‌های این پژوهش با یافته‌های Hamzei and Sarmadi (2010) نیز همخوانی داشت. همانگونه که در جدول ۴ دیده می‌شود تفاوت معنی‌داری میان میانگین میزان کلروفیل a و کلروفیل a*b برای سطوح کودی N3 و N2 دیده نشد، در حالی که هر دو تفاوت معنی‌دار با سطح کودی N1 داشتند. (شکل ۴ d و e). همچنین اثرگذاری تیمار کودی نیتروژن بر میزان کلروفیل کل (سبزی‌نگی) گیاه ذرت در درازای دوره رویش نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل کل در تیمار سطح کودی N3 (۴۲/۱۳) و کمترین مقدار در N2 (۳۷/۹۶) و N1 (۳۷/۰۶) (میلی گرم برگرم در مترمربع) دیده شد (شکل ۴ f). کاربرد بهینه کود نیتروژن نقش ارزنده‌ای در افزایش کلروفیل، و در پی آن به‌دام‌اندازی پرتوهای کارای فتوسنتزی و افزایش فتوسنتز برگ می‌تواند داشته باشد. یافته‌های (Shafea et al., 2011) نشان داد که کاربرد بهینه کود نیتروژن همراه با ریزمغذی‌هایی مانند روی می‌تواند در افزایش کلروفیل برگ، بهبود فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه ذرت اثرگذار باشد. در پژوهش دیگر

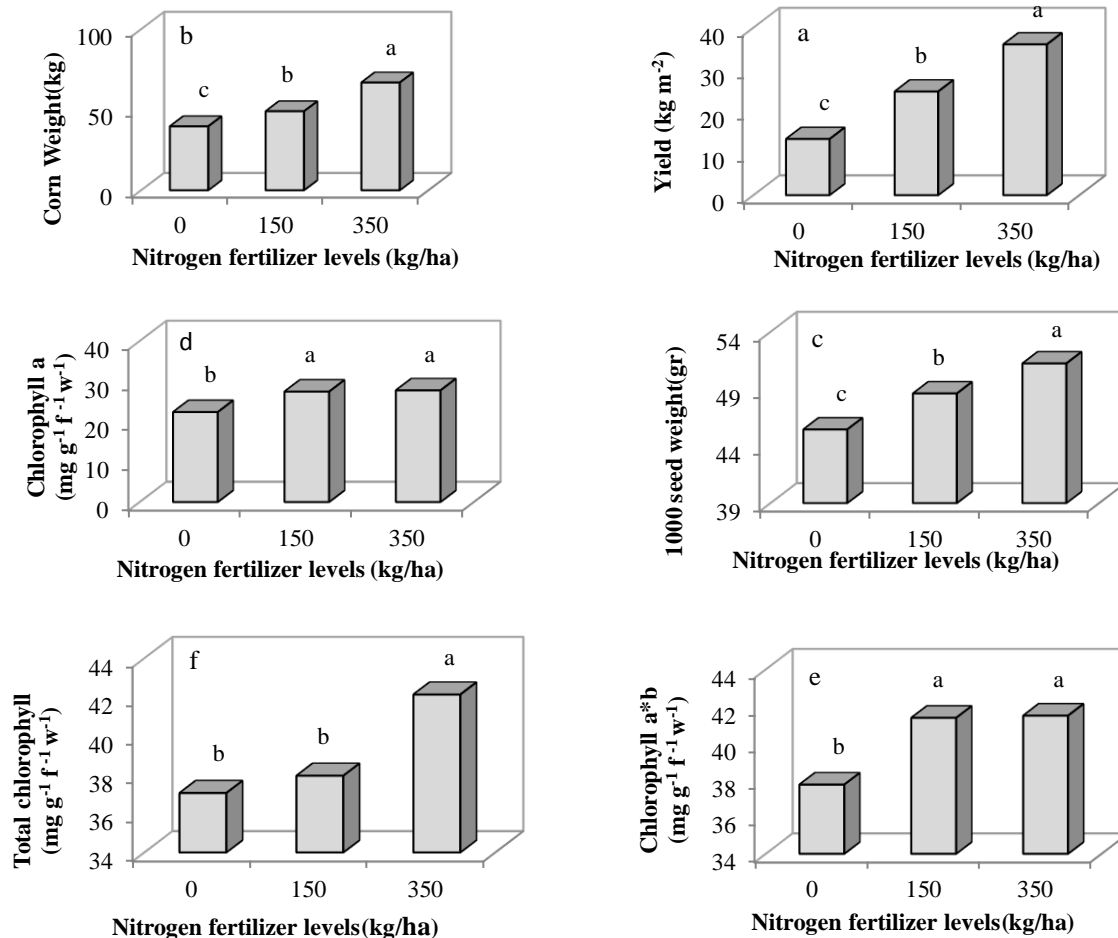


Figure 4- Means comparisons of the effect of different levels of N fertilizer application on yield and some photochemical properties of corn during plant growing season (Single Cross 704)

شکل ۴- مقایسه میانگین اثرگذاری سطوح مختلف کود نیتروژن مصرفی بر برخی ویژگی‌های فتوشیمیایی و عملکرد در درازای فصل رویشی ذرت (سینگل کراس ۷۰۴)

اما زمان آبیاری پس از کوددهی بر گسیل این گاز اثرگذار بود و با افزایش زمان آبیاری پس از کوددهی گسیل این گاز کاهش یافت. به‌طور کلی برپایه این یافته‌ها، و دیگر پژوهش‌ها در زمینه کاربرد همزمان کود نیتروژن و آبیاری می‌توان به بهره‌مندی بیشتر گیاه از کود نیتروژن و تثبیت آن در خاک اشاره کرد. از این رو آبیاری بی‌درنگ پس از کوددهی می‌تواند گزینه بهتری باشد، چون افزایش شار دی‌اکسیدکربن خاک نشانگر کنش زیستی بیشتر گیاه و ریزاندامک‌های درون خاک و جلوگیری از تصعید کود اوره می‌باشد.

منابع

Abalos, D., Sanchez-Martin, L., Garcia-Torres, L., van Groenigen, J.W., Vallejo, A. 2014. Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از بررسی اثر کاربرد کود نیتروژن و زمان آبیاری پس از کوددهی بر شار گاز دی‌اکسیدکربن خاک، ویژگی‌های فتوشیمیایی و عملکرد ذرت، نمایانگر آن بود که سطوح مختلف کود نیتروژن به استثنای گامه نهم نمونه‌برداری، اثری بر میزان گسیل دی‌اکسیدکربن از خاک کشتزار ذرت نداشت. در بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از خاک، بیشترین میزان دی‌اکسیدکربن از تیمار ۱۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در گامه نهم نمونه‌برداری حاصل شد.

NO emissions from drip-fertigated crops. Science of the Total Environment, 490, 880-888. Abdelkhalik, A., Pascual, B., Nájera, I., Domene,

- M. A., Baixauli, C., Pascual-Seva, N. 2020. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. *Irrigation Science*, 38(1), 89-104.
- Afkari, A. 2018. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer rate on some physiological characteristics, essential oil percentage, and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(6), 1047-1059. (In Farsi)
- Álvaro-Fuentes, J., López Sánchez, M.V., Gracia Ballarín, R., Arrúe Ugarte, J.L. 2004. Effect of tillage on short-term CO₂ emissions from a loam soil in semiarid Aragon (NE Spain). *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens (CIHEAM)*, 60, 51-54.
- Bond-Lamberty, B., Wang, C., Gower, S. 2004. A global relationship between the heterotrophic and autotrophic components of soil respiration?. *Global Change Biology*, 10(10), 1756-1766.
- Borken, W., Davidson, E. A., Savage, K., Gaudinski, J., Trumbore, S. E. 2003. Drying and wetting effects on carbon dioxide release from organic horizons. *Soil Science Society of America Journal*, (677), 1888-1896.
- Chen, G. C., Tam, N. F. Y., Ye, Y. 2010. Summer fluxes of atmospheric greenhouse gases N₂O, CH₄ and CO₂ from mangrove soil in South China. *Science of the Total Environment*, 408(13), 2761-2767.
- Chi, Y., Yang, P., Ren, S., Ma, N., Yang, J., Xu, Y. 2020. Effects of fertilizer types and water quality on carbon dioxide emissions from soil in wheat-maize rotations. *Science of The Total Environment*, 698, 134010.
- Dalal, R. C., Allen, D. E. 2008. Greenhouse gas fluxes from natural ecosystems. *Australian Journal of Botany*, 56(5), 369-407.
- Ding, W., Cai, Y., Cai, Z., Yagi, K., Zheng, X. 2007. Soil respiration under maize crops: effects of water, temperature, and nitrogen fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 71(3), 944-951.
- Fog, K. 1988. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter. *Biological Reviews*, 63(3), 433-462.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.
- Haghjoo, M., Bahrani, A. 2014. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components and dry matter remobilization of maize cv. SC260. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(4), 278-192. (In Farsi).
- Hamzei, J., Sarmadi, H. 2010. Effect of biological and chemical fertilizers application on yield, yield components, agronomic efficiency and nitrogen uptake in corn. *Plant technology Journal*, 10 (2), 52-63. (In Farsi).
- Harrison, R., Webb, J. 2001. A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. *Advances in Agronomy*, 73, 65-108.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2005. <http://www.Ipccwg1.Ucar.edu/wg1/report/AR4WG>.
- Jans, Y., Bloh, W.V., Schaphoff, S., Müller, C. 2020. Global cotton production under climate change—Implications for yield and water consumption. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 1-27.
- Kooch, Y., Hosseini, S. M., Scharenbroch, B. C., Hojjati, S. M., Mohammadi, J. 2015. Pedodiversity analysis in the Caspian forests of Iran. *Geoderma Regional*, 5, 4-14.
- Lee, D. K., Doolittle, J. J., Owens, V. N. 2007. Soil carbon dioxide fluxes in established switch grass land managed for biomass production. *Soil Biol. Biochem*, 39, 178-186.
- Liu, L., Hu, C., Yang, P., Ju, Z., Olesen, J.E., Tang, J. 2015. Effects of experimental warming and nitrogen addition on soil respiration and CH₄ fluxes from crop rotations of winter wheat-soybean/fallow. *Agricultural and forest meteorology*, 207, 38-47.
- Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar, H. A., Karimian, N. A. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(3), 303-330. (In Farsi)
- Mohammadi, A., rafiee, S., Mohtasebi, S. S., rafiee, H. 2010. Energy input- yield relationship and cost analysis of kiwi fruit production in Iran. *renewable energy*, 35(5), 1071-1075.
- Paknejad, F., Moayeripour, S., Aghayari, F., Ilkai, M. N. 2017. Simulation of maize yield with different levels of nitrogen by using DSSAT model. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(3), 503-518. (in Farsi).
- Price, R. F., Basir, A., Snapp, S. S., Kravchenko A. 2015. Cover crop and tillage systems effect on soil CO₂ and N₂O fluxes in contrasting topographic positions. *Soil Tillage Res*, 154, 64-74.
- Raeini-Sarjaz, M., Shiukhy-Sughanlu, S. 2014.

- Evaluation of the effect of geographical aspects and fruit location within orange tree canopy on Sangin orange fruit quality. *Journal of Agricultural Meteorology*, 2(1), 57-66. (In Farsi)
- Rezvantalab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A., Abbasian, A. 2009. Evaluating effects of municipal waste compost and chemical fertilizer application on yield and yield components of maize (*Zea mays* L. cv. SC704). *Journal of Crop Production*, 2(1), 75-90. (In Farsi)
- Sainju, U. M., Stevens, W. B., Caesar-TonThat, T., Jabro, J. D. 2011. Carbon input and soil carbon dioxide emission affected by land-use and management practices. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 16, 256-261.
- Shafea, L., Saffari, M., Emam, Y., Mohammadinejad, G. 2011. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids, *Journal of Seed and Plant Production*, 27-2(2), 235-246. (In Farsi).
- Shimizu, M., Marutani, S., Desyatkin, A. R., Hiroshi Hata, T. J., Hatano, R. 2009. The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130, 31-40.
- Shiukhy-Sughanlu, S., Raeini-Sarjaz, M., Chalavi, V. 2014. Colored plastic mulch microclimates affect strawberry fruit yield and quality. *Int. J. Biometeorol*, 59(8), 1061-1066.
- Souri, M., Kamali, N., Asouri, P. 2019. Effects of grazing intensity on the rate of carbon dioxide emission (Case study: Ghoshchi Rangelands of Urmia). *Journal of Rangeland*, 13(1), 113-124. (In Farsi).
- Tan, Z., Lal, R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 111(1-4), 140-152.
- Vanaee, F., Karami, P., Joneidi J. H., Nabiee, E. K. 2016. Simulation of Soil Organic Carbon Dynamics in Lawn Ecosystem under Different Management Conditions Using the Model of the Century. *Rangeland*, 10(4), 439-449 (In Farsi).
- Ward, D., Kirkman, K., Hagenah, N., Tsvuura, Z. 2017. Soil respiration declines with increasing nitrogen fertilization and is not related to productivity in long-term grassland experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, 115, 415-422.
- Wilson, H.M., Al-Kaisi, M.M. 2008. Crop rotation and nitrogen fertilization effect on soil CO₂ emissions in central Iowa. *Applied soil ecology*, 39(3), 264-270.



Evaluation of the effect of nitrogen fertilizer and irrigation schedule on soil CO₂ flux, photochemical properties and corn yield (Single Cross 704)

H. Rashid Rostami¹, M. Raeini-Sarjaz^{2*}, S. Shiukhy-Sughanlu³

Received: 16/03/2020

Accepted: 09/03/2021

Abstract

With the Green Revolution and crop yield increase per unit area, the use of pesticides and chemical fertilizers, especially nitrogen, has grown significantly. The aim of this study was to evaluate the effects of nitrogen fertilizer levels and irrigation schedule on soil CO₂ emission, photochemical characteristics and corn yield. The study a 3×2 factorial was conducted in a randomized completely block design, includes nitrogen fertilizer treatments at three levels 0 (N1), 150 (N2) and 350 (N3) kg of urea fertilizer per hectare, and two Irrigation schedules, immediately (I1) and two days after fertilization (I2). The experiment was conducted during 2016-2017 cropping season at the research farm of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. According to the results, different levels of nitrogen fertilizer had no significant effect on soil CO₂ flux, while irrigating after fertilization significantly affected CO₂ emission ($P \leq 0.01$). The highest carbon dioxide flux was observed in the tenth stage of sampling in I1 irrigation with 366.42 mgC.m⁻².h⁻¹, while the lowest occurred on first sampling stage in I2 irrigation treatment with 45.86 mgC.m⁻².h⁻¹. While, the effect of different levels of nitrogen fertilizer showed a significant difference in the yield and photochemical properties of corn ($P \leq 0.01$). So that the highest and lowest yields achieved by N3 (36 kg m²) and N1 (13.4 kg m²) nitrogen fertilizer levels, respectively. In conclusion, although irrigation schedule had no effect on yield or photochemical properties of corn, but it assumes by fixation of nitrogen fertilizer immediately on the soil tends to increase soil CO₂ fluxes through plant and soil microorganisms activities.

Keywords: CO₂ flux, Irrigation schedule, corn, urea, photochemical



¹ M.Sc. Graduate of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

² Professor of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

(*Corresponding Author Email Address: raeini@yahoo.com)

³ Instructor of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

رشیدرستمی، ه.، رائینی سرجاز، م.، شیوخی سوغانلو، س. ۱۴۰۰. بررسی اثرگذاری کود نیتروژن و زمان آبیاری بر شار گاز دی اکسیدکربن خاک، ویژگی های فوتوشیمیایی و عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۹(۱): ۴-۱۳. DOI: 10.22125/agmj.2020.223645.1095

Rashid Rostami, H., Raeini-Sarjaz, M., Shiukhy-Sughanlu, S. 2021. Evaluation of the effect of nitrogen fertilizer and irrigation schedule on soil CO₂ flux, photochemical properties and com yield (Single Cross 704). Journal of Agricultural Meteorology, 9(1): 4-13. DOI: 10.22125/agmj.2020.223645.1095