نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2021.342847.2783
جلد ۳۷، شماره ۲، صفحه ۳۲۸-۳۱۵ (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1400.37.315.106.2.1576.46

بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر رشد و عملکرد *Datura stramonium* L.

زهرا ایزدی[۱]، عباس بیابانی[۲*]، حسین صبوری[۳] و بابک بحرینی‌نژاد[۴]

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران، پست الکترونیک: abbas.biabani@gonbad.ac.ir

۳- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۴- استادیار، مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۹۹ | تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

گیاه داتوره (*Datura stramonium* L.) به لحاظ دارا بودن ترکیب‌های آلکالوئیدی یکی از گیاهان مهم در صنایع دارویی است. به‌منظور بررسی اثرات سه سطح کود اوره (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح تراکم کاشت (۶، ۱۰ و ۱۴ بوته در مترمربع) بر عملکرد و اجزای عملکرد این گونه گیاهی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به اجرا درآمد. اثرات اصلی تراکم و اوره بر صفات ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و وزن هزاردانه و برهم‌کنش سطوح مختلف اوره و تراکم بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در کپسول در هر دو سال معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه (۱۲۸۲/۳۷ و ۱۲۱۲/۵۳ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و تراکم ۶ بوته در مترمربع بدست آمد. تجزیه علیّت، بیشترین اثر مثبت مستقیم در سطوح مختلف تراکم و اوره را مربوط به صفت تعداد کپسول در بوته نشان داد. نتایج این آزمایش نشان داد که، کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار و تراکم ۶ بوته در مترمربع می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه در گیاه دارویی داتوره داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: *Datura stramonium* L.، تراکم، عملکرد و اجزای عملکرد، نیتروژن.

مقدمه

داتوره (*Datura stramonium* L.) گیاهیست یک‌ساله از خانواده Solanaceae که بومی آمریکای شمالی است (Oseni *et al*., 2010) و در نواحی ساحلی شمال ایران از آستارا تا شرق مازندران به فراوانی دیده می‌شود (Niakan *et al*., 2016). ترکیب‌های فیتوشیمیایی مهم موجود در داتوره به‌ویژه آلکالوییدها آن را برای صنایع داروسازی مورد توجه قرار داده است. برخی از خواص درمانی این گیاه مانند تحریک سیستم عصبی، بیماری‌های تنفسی، معالجه پوست و درمان عفونت‌های دهان و دندان می‌باشد (Alinejad *et al*., 2020).

تروپان آلکالوئیدها از مهمترین ترکیب‌های موجود در

گیاهان خانواده سولاناسه بوده و اثرهای آنتی‌کولینرژیکی این ترکیب‌ها، کاربرد آنها را در پزشکی متداول کرده است. ازجمله تروپان آلکالوئیدهای مهم می‌توان به هیوسیامین، آسکوپولامین و آتروپین در داتوره اشاره کرد (Al-Humaid, 2005). اثر برخی عوامل محیطی و غیره به‌منظور دستیابی سریع به آلکالوئیدها گزارش شده است (Ghorbanpour *et al*., 2014). نیتروژن با افزایش تولید محصولات نقش کلیدی در کشاورزی دارد (Leghari *et al*., 2016). بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰) کیلوگرم بر روی گیاه داتوره نشان داد که استفاده از نیتروژن در سطح بالا موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در تمامی صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه و افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه و تغییرات مطلوب در ساختار تشریحی برگ‌های داتوره شد (Nasser *et al*., 2015). بررسی اثر سطوح متفاوت کود اوره بر داتوره نشان داد که استفاده از ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و نیز عملکرد دانه در این گیاه می‌گردد (Afsharypuor *et al*., 1997). بررسی مقدار کود نیتروژن در چهار سطح صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و سه سطح تراکم ۶، ۸ و ۱۰ بوته در مترمربع کاشت بر رشد و عملکرد گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) نشان داد که بالاترین عملکرد ماده خشک و اندام دارویی در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع بدست آمد (Khalili *et al*., 2012). میزان مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم مصرف نیتروژن در مرحله حداکثر گلدهی به‌ترتیب موجب تولید بیشترین و کمترین تعداد برگ در ساقه اصلی بوته شد. در آزمایشی که بر روی گیاه داتوره انجام شد، با بکار بردن ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود ازت به این نتیجه دست یافتند که اعمال تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث افزایش رشد و افزایش درصد سبز شدن دانه در این گیاه می‌شود (Abbaspour *et al*., 2014). اثر فاصله ردیف بر روی سیاهدانه نشان داد که افزایش تراکم بوته باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود که این موضوع به‌دلیل کاهش نفوذ نور به طبقات وسط و پایین پوشش گیاهیست، به‌طوری که در شرایط نور کم اکسین تجزیه شده و باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Ahmed & Haque, 1986).

در گندم کاربرد سطوح متفاوت کود اوره سبب افزایش ارتفاع گیاه گردید (Yoseph *et al*., 2018). همچنین براساس نتایج برخی از پژوهشگران در تراکم‌های بیش از حد معمول گیاهان علاوه‌بر نور برای سایر عناصر و عوامل مورد نیاز رشد رقابت خواهند کرد و با افزایش تراکم ارتفاع گیاه افزایش نیافته بلکه ممکن است کاهش یابد (Yoseph *et al*., 2018). وزن هزاردانه به‌طور مستقیم تحت تأثیر جریان فتوسنتزی قرار می‌گیرد که این مواد فتوسنتزی می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال دوباره مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها یا کپسول‌ها تأمین شوند (Bybordi & Ebrahimian, 2013). همچنین گزارش شده است که بیشترین عملکرد ذرت از ترکیب کمترین تراکم کاشت و بالاترین سطح استفاده شده از کود نیتروژن بدست آمد (Tadesse *et al*., 2013). افزایش معنی‌دار طول خوشه، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه ارزن با افزایش مقدار نیتروژن از ۶۰ به ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار توسط Ali (۲۰۱۰) گزارش شده است. مصرف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) سبب افزایش شاخه‌های جانبی و درصد جوانه‌زنی در این گیاه گردید (Safikhani *et al*., 2006). در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و نیز عملکرد بیولوژیک شد (Arganosa *et al*., 1998). کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد دانه در میوه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گردید (Yalcintas, 1995). در مطالعه‌ای افزایش سطح استفاده از کود نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش زیست‌توده در گیاه رزماری شد (Singh, 2012). از دیگر عوامل زراعی مؤثر بر کمّیت و کیفیت عملکرد گیاهان، می‌توان به آرایش کاشت و تراکم بوته در واحد سطح اشاره نمود (Sadeghi *et al*., 2009). در تراکم کاشت مناسب بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد حاصل خواهد شد (Malakouti & Tehrani, 2001). افزایش بازدهی جذب تابش، بستگی به سطح برگ و نحوه توزیع آن در گیاه دارد. همچنین

افزایش بازدهی محصول و جذب تشعشع در پوشش گیاهی بستگی به تراکم و توزیع گیاهان در سطح مزرعه دارد (Nasiri Mahallati, 2001). در نتیجه افزایش عملکرد بذر و مواد مؤثر گیاهان دارویی همانند سایر گیاهان زراعی و باغی متأثر از عوامل ژنتیکی و محیطی است. بنابراین تراکم مطلوب بوته همراه مقدار مناسب کود از عوامل مؤثر در تعیین عملکرد اقتصادی گیاهان برای تولید بذر می‌باشد. گزارش‌های متعددی مبنی بر اثر تراکم بر عملکرد دانه گیاهان دارویی وجود دارد و در واقع تراکم مطلوب در کاشت گیاهان دارویی ابزار مناسبی در تضمین کمّیت و کیفیت محسوب می‌شود (Jasemi *et al.*, 2019). اگرچه گزارش‌هایی در مورد تأثیر نیتروژن برای بهبود عملکرد میزان آلکالوئیدها در گونه استرامونیوم وجود دارد، اما در مورد تأثیر برهم‌کنش کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و اجزا عملکرد گیاه داتوره در گونه استرامونیوم اطلاعات بسیار کمی وجود دارد. با توجه به اهمیت گیاه دارویی داتوره و مصرف گسترده آن در صنایع داروسازی، این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و سطوح مختلف تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال مجزا در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان واقع در ۲۵ کیلومتری غرب اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۱۲ متر از سطح دریا) که براساس تقسیم‌بندی گوسن دارای اقلیم نیمه‌بیابانی خفیف است، اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تیمارها عبارتند از: کود اوره که شامل سه سطح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و سه تراکم ۶، ۱۰ و ۱۴ بوته در مترمربع می‌باشد. کشت بذرها در آذرماه سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌صورت کشت انتظاری انجام شد. طی هر دو سال بذرها با توجه به تراکم‌های مورد نظر و با توجه به نقشه کاشت در عمق ۳-۲ سانتی‌متر کشت شد، به‌طوری که در هر گودال ۳-۲ بذر قرار داده شد و بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام گردید. پس از سبز شدن بوته‌ها در هر نقطه یک بوته نگهداری و بقیه تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز تا زمان استقرار گیاه به‌صورت مکانیکی انجام گردید. برای تعیین نیاز کودی و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از انجام آزمایش سه نمونه از هر تکرار از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌طور تصادفی تهیه شده و پس از اختلاط، نمونه ترکیبی یک کیلوگرمی برای تجزیه به آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. براساس نتایج آزمون خاک ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به‌صورت P_2O_5 (از منبع سوپر فسفات تریپل) مورد استفاده قرار گرفت. تمام کود فسفر به‌صورت نواری همزمان با بذرکاری در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک در محل توسعه ریشه قرار داده شد. تیمار کود اوره در دو قسمت مصرف شد، نیمی از آن به‌صورت پایه و قبل از کاشت و نیمی دیگر به‌صورت سرک در مرحله‌غنچه‌دهی به‌صورت نواری در بین خط‌های کشت مصرف گردید. در هر دو سال، برای اندازه‌گیری‌ها تعداد ۵ گیاه در هر کرت در مرحله رسیدن دانه‌ها (اواخر مرداد ماه) به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات عملکردی شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان هر کرت با حذف اثرهای حاشیه‌ای برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه و عملکرد دانه در هکتار برداشت شدند. آنگاه نمونه‌هایی برای تعیین وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت و پس از توزین، در نهایت صفات ذکرشده اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس مرکب طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS9.4 و Excel و همچنین تجزیه علیّت با استفاده از نرم‌افزار SPSS (۳۷) مقایسه میانگین صفات از طریق آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. در تجزیه گام به گام، عملکرد دانه متغیر مستقل و سایر صفات متغیر وابسته در نظر گرفته شد. نظر به معنی‌دار شدن برهم‌کنش‌های متقابل سال با تیمارهای مورد بررسی، از برش‌دهی برای محاسبات دقیق‌تر استفاده شد.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمایش خاک در سال‌های آزمایش

سال	رس (٪)	سیلت (٪)	ماسه (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر میلی‌گرم در کیلوگرم	پتاسیم میلی‌گرم در کیلوگرم	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی ds/m
۱۳۹۷	۳۳	۲۵	۴۶	۰/۰۳	۱۰/۸	۲۵۲	۷/۶	۲/۸
۱۳۹۸	۴۱	۲۸	۳۸	۰/۰۶	۸/۵	۲۷۵	۶/۵	۳/۵

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه مرکب سال‌های آزمایش نشان داد که سطوح اوره و نیز سطوح تراکم در سطح ۱٪ بر ارتفاع بوته معنی‌دار گردید اما اثر متقابل بین عوامل مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح تراکم بوته نشان داد که کمترین ارتفاع گیاه ۱۱۶/۱ سانتی‌متر مربوط به تراکم ۶ بوته در مترمربع و بیشترین ارتفاع ۱۳۰/۸۳ سانتی‌متر مربوط به تراکم ۱۴ بوته در مترمربع بود (جدول ۴). همچنین بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۸/۷۸ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در تحقیق مشابهی بر روی اثرهای تراکم کاشت بر روی گیاه داتوره مشاهده گردید که با افزایش میزان تراکم، نفوذ نور به طبقات وسط و پایین سایه‌انداز کمتر می‌شود و ارتفاع تا حدی افزایش می‌یابد؛ اگرچه در مراحل اولیه رشد، بوته‌ها بر سر نور با هم رقابت داشتند اما پس از شاخه‌دهی این رقابت کمتر شده و فواصل بین ردیف‌ها نقش بیشتری برای تأمین نور ایفاء می‌کنند (Al-Humaid, 2005).

تعداد شاخه فرعی

اثر سطوح اوره بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار گردید اما سطوح تراکم و برهم‌کنش عوامل مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی نداشتند (جدول ۳). از میان سطوح مختلف کود اوره ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌ترتیب بیشترین (۸ عدد) و کمترین (۲ عدد) تعداد شاخه فرعی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در تراکم ۶ بوته نیز بیشترین شاخه فرعی به تعداد ۵ عدد مشاهده گردید (جدول ۴). تعداد شاخه فرعی صفتی است که متأثر از عوامل محیطی و ژنتیکی بوده و فراهمی عناصر غذایی بر آن مؤثر است. وجود روند افزایشی آن از سطوح کم اوره به سطوح زیاد اوره در جدول مقایسه میانگین‌ها قابل مشاهده است (جدول ۴). در تیمار سطوح متفاوت اوره افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم مناسب مواد غذایی در مقاصد باعث شده که تعداد شاخه فرعی در بوته افزایش یابد. از سویی افزایش سطح سبز فتوسنتزکننده در نتیجه استفاده از کود اوره، موجب افزایش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های محرک رشد به مریستم انتهایی و جانبی شده و مجموعه این عوامل سبب افزایش تحریک مریستم انتهایی و جانبی و افزایش تولید شاخه‌های جانبی در اثر استفاده از سطوح بالای اوره می‌شود. با توجه به رقابت کمتر در تراکم‌های پایین نسبت به تراکم‌های بالاتر و فضای بیشتری که برای رشد تک بوته در اختیار گیاه قرار می‌دهد، بنابراین تعداد شاخه جانبی در تراکم‌های پایین افزایش می‌یابد (Yadav *et al.*, 2018). پژوهش انجام شده بر روی گیاه مرزه (*Satureja hotensis* L.) نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب با کاربرد تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار شاهد حاصل گردید (Noori & Golchin, 2013). استفاده از کود نیتروژن در سطح مناسب بر روی گیاه گلرنگ نشان داد که رشد رویشی و تعداد شاخه فرعی افزایش و در نتیجه اثر مثبتی بر

عملکرد دانه داشت (Beech & Norman, 2002).

تعداد دانه و تعداد کپسول در بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود برهم‌کنش سال در اوره و نیز برهم‌کنش سال در تراکم بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها در هر دو سال آزمایش نشان داد که سطوح متفاوت تراکم و اوره تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد دانه در بوته داشتند (جدول ۳). همچنین برهم‌کنش سطوح اوره و تراکم در هر دو سال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). براساس نتایج بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۱۲۵/۷) در سال ۱۳۹۷ مربوطه به تراکم ۶ بوته در مترمربع و اعمال ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره و کمترین تعداد دانه (۸۲۶) در بوته در تیمار ۱۴ بوته در مترمربع با استفاده از ۶۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در سال ۱۳۹۸ نیز بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۱۴۸) در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در بوته و تراکم ۶ بوته در مترمربع بدست آمد (جدول ۵). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال اول اثر تراکم‌های مختلف و سطوح اوره در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار گردید. اما اثر متقابل عوامل مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته نداشت (جدول ۲). در سال ۱۳۹۸ اثر سطوح اوره و سطوح تراکم و نیز برهم‌کنش اوره و سطوح تراکم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد کپسول در بوته با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره به همراه تراکم ۶ بوته در مترمربع بدست آمد (جدول ۴).

تعداد دانه در کپسول

اطلاعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب بیانگر آن بود که در هر دو سال آزمایش اثر تراکم‌های مختلف و سطوح متفاوت کود اوره بر تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. همچنین برهم‌کنش سال در سطوح تراکم و نیز برهم‌کنش سال در سطوح اوره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس دو سال آزمایش نشان داد که اثر سطوح اوره و سطوح تراکم در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین اثر متقابل عوامل مورد بررسی در سال اول تأثیر معنی‌داری بر این جزء از عملکرد نداشت و در سال دوم اثر متقابل سطوح اوره و سطوح تراکم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). با اعمال ۱۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بیشترین تعداد دانه در کپسول و کمترین تعداد دانه در کپسول در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره بدست آمد که با توجه به وجود ارتباط معنی‌دار بین فراهمی مواد پرورده در هنگام گلدهی و تأثیر کاربرد کود اوره بر این فرایندها، افزایش تعداد دانه در هر کپسول نتیجه قابل قبولی است. همچنین در هر دو سال تراکم ۶ بوته در مترمربع نیز بیشترین تعداد کپسول را در بوته حاصل نمود (جدول ۳).

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که اثر سطوح اوره و اثر متقابل سطوح مختلف اوره و سطوح تراکم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر وزن هزاردانه داشتند اما اثر متقابل سطوح تراکم و سطوح اوره بر وزن هزاردانه تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲) که با نتایج El-Habbasha و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت. بیشترین وزن هزاردانه در بین تیمارهای اوره در بالاترین سطح (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) با مقدار ۶ گرم بدست آمد. همچنین تیمار ۶ بوته در مترمربع نیز در بین تیمارهای تراکم بوته بیشترین وزن هزاردانه را با مقدار ۵/۸۱ گرم نشان داد (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب خصوصیات مورد مطالعه گیاه داتوره استرمونیوم در سطوح متفاوت اوره و تراکم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع	شاخه جانبی	تعداد دانه در بوته	تعداد کپسول در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در کپسول
سال	۱	۲۳۲۰/۴۰۷۱*	۰/۱۶۶۶ns	۱۱۹۹۴۵۰/۰۸۵**	۹۳/۳۵۱۸*	۰/۶۱۷*	۲۲۶۷/۴۰۶**	۱۲۹۲/۳۲*	۵۲/۰۱ns
تکرار در سال	۴	۱۰۲۳/۷۷۴*	۲۵/۷۵۳**	۴۱۲۴۹۴/۱۳ns	۱۱۴/۲۹*	۰/۰۵۴۰ns	۱۳۲۱۰/۰۳**	۲۳۲۶۷/۱۸۶**	۱۸۰/۱۸۵**
سطوح اوره	۲	۱۱۳۰۹/۸۵۶**	۱۳۳/۵۷۴**	۱۷۷۲۰۸۶۹/۸۵**	۲۸۷۰/۹۰۷**	۵/۲۹۰**	۲۳۲۳۵۳/۴۲**	۲۸۰۶۲۴/۶۶**	۳۳۳۶/۹۱۲**
سطوح تراکم	۲	۹۰۳/۰۱ns	۱/۳۵ns	۵۸۵۳۸۳۶/۱۲۴**	۶۶۳/۵۷**	۴۱۳/۳*	۱۰۲۹۶۶/۷۳**	۱۹۱۵۶۳/۴۲**	۸۸۸/۷۲۲**
سطوح اوره × سطوح تراکم	۴	۲۳۶/۹۶۲ns	۰/۵۱۸ns	۴۰۹۷۵۳۸/۹۶**	۴۳۱/۹۸**	۰/۱۴۵ns	۲۵۹۷۴/۲۱۴**	۲۴۶۱۰/۹۸**	۲۱۴/۶۹۴**
سال × سطوح اوره	۲	۴۰/۶۶ns	۲/۰۵۵۵*	۱۰۷۴۰۰۰/۳۰**	۶۷/۹۸۵*	۰/۳۰۵ns	۷۳۰/۲۰۵ns	۲۴۷/۷۶۱ns	۱۷۴/۵۲۰**
سال × سطوح تراکم	۲	۱۱۲۰/۳۸*	۲/۳۸۶ns	۶۵۵۱۸۰/۹۳۵**	۱۹/۲۴۰ns	۰/۲۸۶ns	۱۱۴۷۲/۵۹۰ns	۶۵۱/۱۸ns	۲۷۸/۲۱**
سال × تراکم × اوره	۴	۲۱۲/۹۹۰ns	۱/۱۲ns	۴۵۷۶۰۳/۸۱	۲۸/۲۱ns	۰/۱۰۶	۲۵۲۶۳۳/۴۸۱ns	۵۱۶۰/۲۱	۴۲/۲۴ns
خطا	۳۲	۳۹۳/۶۸	۲/۷۳	۷۶۱۵۷/۸۸	۱۵/۵۶	۰/۱۶۲	۱۸۴۲/۷۹	۳۶۷۲/۰۲	۱۹/۴۵۳
ضریب تغییرات		۱۵/۲۶	۳۰/۳۱	۲۶/۲۳	۱۹/۸	۷/۱۳	۱۹/۲۳	۱۷/۸۴	۱۰/۰۲

ns، *، **: به‌ترتیب به معنی عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

جدول ۳- میانگین مربعات خصوصیات مورد مطالعه گیاه داتوره استرامونیوم در سطوح متفاوت اوره و تراکم در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

سال	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین	مربعات
			تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در کپسول
۱۳۹۷	تکرار	۲	۱۹۱۴۱۰/۴۴**	۳۵۱/۰*
	کود	۲	۵۱۵۵۳۴۰/۷۸**	۶۸۵۹/۰**
	تراکم	۲	۱۴۴۸۴۹۸/۷۸**	۲۷۹۳/۰**
	کود × تراکم	۴	۱۰۲۱۵۰۵/۱۱**	۶۴۴/۰۳ns
	خطا	۱۶	۴۰۸۴۴/۲۷	۱۸/۵۷
	ضریب تغییرات (٪)		۲۲/۳۷	۹/۳۸
۱۳۹۸	تکرار	۲	۶۳۳۵۷۷/۹۳*	۲/۸۱۴ns
	کود	۲	۱۳۶۳۹۵۲۹/۳۷**	۴۹۹/۱۴۸**
	تراکم	۲	۵۰۶۰۵۱۷/۳۵**	۴۷۱/۲۵۹**
	کود ×تراکم	۴	۳۵۳۳۶۳۷/۰۴**	۲۱/۱۴۸*
	خطا	۱۶	۱۳۰۲۹۱/۷۶	۵/۴۳۹
	ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۴۱	۵/۰۹

ns، **،*: به‌ترتیب به معنی عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

جدول ۴- مقایسات میانگین صفات عملکردی و رشد گیاه داتوره

	تیمارها	ارتفاع (cm)	شاخه فرعی	تعداد کپسول در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه (kg.ha)	عملکرد بیولوژیک (kg.ha)
اوره	۶۰ کیلوگرم در هکتار	۹۸/۶۴c	۸a	۹/۸c	۴/۹۲c	۴۰۲/۵c	۸۸۷/۸۵c
	۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲۲/۴۳b	۵/۵۰b	۱۵/۵b	۵/۳۶b	۶۲۰/۰۳b	۱۱۲۴/۹۹b
	۱۸۰ کیلوگرم در هکتار	۱۴۸/۷۸a	۲/۵۵c	۳۴a	۶/۰۰۳a	۱۰۲۷/۰۵a	۱۴۱۷/۴۸a
تراکم بوته	۱۴ بوته در مترمربع	۱۳۰/۸۳a	۵/۳۳a	۱۴/۶c	۴/۱۳c	۵۲۹/۱۷c	۸۴۷/۶۱c
	۱۰ بوته در مترمربع	۱۲۲/۷۸ab	۵/۲۲a	۱۸/۲b	۵/۴۱b	۷۰۳/۸۱b	۱۱۴۲/۰۳b
	۶ بوته در مترمربع	۱۱۶/۱b	۵/۳۳a	۲۶/۵a	۵/۸۱a	۹۵۹/۸۹a	۱۴۲۸/۳۸a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرهای متقابل صفات مورد مطالعه گیاه داتوره در سطوح متفاوت اوره و تراکم

سال	سطوح اوره	سطوح تراکم بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته
۱۳۹۷	۶۰ کیلوگرم در هکتار	تراکم ۶ بوته در مترمربع	۸۲۶ a	۶۰۰/۴۷a	۹۷۹/۶۳a	۵۱ a	۱۱/۶ a
		تراکم ۱۰ بوته در مترمربع	۶۴۲/۶۶ b	۳۷۹/۴۶ b	۸۲۶/۵۶ b	۴۴ b	۱۰/۶a
		تراکم ۱۴ بوته در مترمربع	۳۵۹/۵ c	۳۶۹/۴۷ c	۷۲۰/۷۶ c	۳۱/۶۶ c	۸/۸b
	۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	تراکم ۶ بوته در مترمربع	۱۵۶۸/۴ a	۸۷۸/۸ a	۱۴۶۷/۴۲ a	۴۸/۳ a	۱۶/۳a
		تراکم ۱۰ بوته در مترمربع	۸۲۵/۵ b	۵۹۸/۳۷ b	۱۰۹۲/۳۷ b	۳۹ b	۱۵/۳ b
		تراکم ۱۴ بوته در مترمربع	۳۸۹/۷ c	۵۰۴/۶۳c	۸۷۲/۱۶ c	۲۸/۳۳ c	۱۴/۶c
	۱۸۰ کیلوگرم در هکتار	تراکم ۶ بوته در مترمربع	۲۱۲۵/۷ a	۱۲۸۲/۳۷ a	۱۸۱۲/۶۳ a	۶۲/۲۲ a	۲۵/۳ a
		تراکم ۱۰ بوته در مترمربع	۱۰۲۵/۸ b	۱۱۷۱/۹ b	۱۴۷۲/۴۸ b	۴۴/۲۲b	۲۳/۶ b
		تراکم ۱۴ بوته در مترمربع	۶۴۸/۷ c	۷۹۱/۱۵ c	۱۰۵۳/۰۸ c	۳۴/۶۶ c	۲۲c
۱۳۹۸	۶۰ کیلوگرم در هکتار	تراکم ۶ بوته در مترمربع	۶۳۱/۳۳ a	۷۸۰/۶۹ a	۱۱۸۸/۷۳ a	۳۸/۶ a	۱۱a
		تراکم ۱۰ بوته در مترمربع	۳۴۳/۳۳ b	۴۴۰/۵۳ b	۹۳۱/۸۵ b	۳۱/۶ b	۱۰/۳b
		تراکم ۱۴ بوته در مترمربع	۲۶۵/۳۳ c	۳۲۴/۱۴ c	۶۲/۲۶ c	۲۹/۳c	۱۱a
	۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	تراکم ۶ بوته در مترمربع	۸۱۰/۶۶ a	۱۰۰۴/۷۳a	۳۹۱۴۱۸ a	۴۴a	۱۷/۳ a
		تراکم ۱۰ بوته در مترمربع	۶۶۲ b	۶۶۶/۴ b	۱۱۱۶/۰۹b	۴۱ b	۱۵/۳b
		تراکم ۱۴ بوته در مترمربع	۴۶۲ c	۴۴۳/۷ c	۷۸۱/۱۸ c	۳۱/۶ c	۱۴/۳ b
	۱۸۰ کیلوگرم در هکتار	تراکم ۶ بوته در مترمربع	۳۱۴۸ a	۱۲۱۲/۵۳ a	۱۷۶۷/۸a	۸۱/۶ a	۴۸/۳a
		تراکم ۱۰ بوته در مترمربع	۲۰۶۲/۶۶b	۹۶۶/۳۴ b	۱۴۱۳/۹۳ b	۶۶/۶b	۳۳/۳b
		تراکم ۱۴ بوته در مترمربع	۹۴۳/۳۳ c	۷۴۱/۱۲ c	۹۸۵/۷۱ c	۴۴/۳ c	۲۱/۳c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تراکم‌های مختلف و سطوح اوره تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۲). عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح متفاوت نیتروژن قرار گرفت و به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه در سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (۱۰۲۷/۰۵ و ۴۰۲/۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. همچنین در پایین‌ترین سطح تراکم بیشترین عملکرد دانه (۹۵۹/۸۹ کیلوگرم) در هکتار بدست آمد (جدول ۴). اوره به‌دلیل اینکه نقش مهمی در افزایش رشد رویشی گیاه دارد، افزایش مصرف نیتروژن از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی منجر به افزایش فتوسنتز، تولید اسیمیلات بیشتر و ماده خشک و عملکرد دانه بالاتر می‌گردد (Mosavi *et al*., 2015). با توجه به معنی‌دار شدن برهم‌کنش تراکم بوته و سطوح کود اوره می‌توان نتیجه گرفت که سطح ۱۸۰ کیلوگرم در

هکتار اوره و ۶ بوته در مترمربع برای عملکرد دانه بالا در داتوره مناسب می‌باشد، در واقع مجموعه این عوامل منجر به فراهمی مطلوب عناصر غذایی ضروری به‌ویژه نیتروژن برای گیاه می‌گردد که نتیجه نهایی آن بهبود فتوسنتز بوده، در نتیجه تأثیر مثبت بر عملکرد دانه گیاه داتوره می‌گذارد.

عملکرد بیولوژیک

اثر سطوح متفاوت اوره و سطوح تراکم و نیز اثر متقابل سطوح اوره و تراکم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). به‌طوری که با افزایش سطوح نیتروژن عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت و بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب ۱۴۱۷/۴۸ و ۸۸۷/۸۵ کیلوگرم در هکتار در سطح ۱۸۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۴). در کشت‌های متراکم بابونه آلمانی رقابت شدید سبب کاهش تولید بیوماس گردید. زیرا در تراکم‌های بالا رقابت بین گیاهان هم‌گونه منجر به کاهش وزن تک بوته می‌گردد (Peerzad et al., 2004). در مطالعات پژوهشگران متعددی به اثر مثبت نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده اشاره شده است (Rezvani Moghaddam et al., 2013؛ Asadi et al., 2013). با توجه به نتایج بدست آمده افزایش وزن خشک بوته در تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم کود اوره و تراکم ۶ بوته در مترمربع نشان‌دهنده موفقیت بیشتر گیاه در فتوسنتز به‌دلیل فراهم بودن شرایط رشدی مناسب‌تر و ذخیره کربوهیدرات بیشتر می‌باشد.

تجزیه علیّت

به‌منظور دستیابی به برآورد دقیق‌تری از اهمیت نسبی و تأثیر مستقیم و غیرمستقیم هر یک از اجزاء عملکرد بر عملکرد، تجزیه علیّت با استفاده از صفات وارد شده در مدل رگرسیونی انجام شد. برای این منظور عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و اجزا عملکرد به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. در بین سطوح مختلف تیمارهای تراکم، در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع تعداد کپسول در بوته اثر مستقیم و بالایی با عملکرد دانه داشت و اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد دانه در کپسول بود. اثر مستقیم تعداد دانه در کپسول در تیمار ۶ بوته در مترمربع در رده‌بعدی قرار گرفته و اثر غیرمستقیم آن از طریق وزن دانه بود. در میان تیمارهای اوره نیز تعداد کپسول در بوته بیشترین اثر مستقیم را در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد. در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین اثر مستقیم مربوط به تعداد کپسول بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق وزن دانه بود (جدول ۶). با توجه به بالا بودن اثر مستقیم تعداد کپسول در بوته در هر دو تیمار اعمال شده، می‌توان گفت که تعداد کپسول در بوته با توجه به نتایج و مقایسه اثرهای مستقیم در شرایط مختلف گزینش‌های غیرمستقیمی را از طریق افزایش صفت تعداد خورجین در بوته برای دستیابی به عملکرد بالا دارد. از سوی دیگر عملکرد دانه هم به ظرفیت مبدأ و هم به ظرفیت مخزن بستگی دارد و این دو نیز به یکدیگر وابسته هستند. مقصد برای کربوهیدرات‌ها به مبدأ وابسته است و کارآیی مبدأ در ساخت کربوهیدرات‌ها با فعالیت مقصد در ارتباط است، بنابراین با شناخت ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه می‌توان الگوی رشد، جذب نور و میزان فتوسنتز را کنترل کرد، در نتیجه آن مدل‌سازی خصوصیات گیاهی و پیش‌بینی عملکرد را می‌توان بهتر انجام داد، زیرا که ارزش اقتصادی یک گونه به صفات مختلف آن بستگی دارد. البته وجود تفاوت در نتایج شرایط متفاوت این تحقیق را می‌توان به متفاوت بودن نوع کاشت، تراکم مختلف و شرایط محیطی متفاوت در هر یک از صفات نسبت داد، زیرا اهمیت نسبی اجزای مختلف عملکرد با محل، فصل، طول عمر گیاه زراعی و موقعیت زمین فرق می‌کند.

جدول ۶- اثرهای مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد داتوره در سطوح مختلف تراکم و اوره

تیمارها			اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم			همبستگی با عملکرد
				X1	X2	X3	
تراکم بوته	۶ بوته در مترمربع	تعداد کپسول X1	۰/۴۶۹	---	۰/۲۷۰	۰/۱۱۵	۰/۸۵۶**
		تعداد دانه در کپسول X2	۰/۴۰۲	۰/۳۱۵	---	۰/۰۸۱	۰/۷۹۹**
		وزن دانه X3	۰/۱۶۴	۰/۳۳۰	۰/۱۹۹	---	۰/۶۹۴**
	۱۰ بوته در مترمربع	تعداد کپسول X1	۰/۹۵۶	---	-۰/۰۳۸	۰/۰۷۳	۰/۹۲۵**
		تعداد دانه در کپسول X2	-۰/۰۴۶	۰,۷۹۹	---	۰/۰۵۹	۰/۷۵۹**
		وزن دانه X3	۰/۰۱۱	۰/۶۳۵	-۰/۰۲۴	---	۰/۶۲۲**
	۱۴ بوته در مترمربع	تعداد کپسول X1	۰/۳۷۵	---	۰/۳۲۱	۰/۱۰۰	۰/۷۹۷**
		X2 تعداد دانه در کپسول	۰/۳۶۰	۰/۳۳۵	---	۰/۰۶۴	۰/۷۹۷**
		وزن دانه X3	۰/۱۳۱	۰/۲۸۷	۰/۱۷۸	---	۰/۶۹۸**
اوره	۶۰ کیلوگرم در هکتار	تعداد کپسول X1	۰/۲۹۴	---	۰/۰۹۹	۰/۰۴۰	۰/۴۳۵**
		تعداد دانه در کپسول X2	۰/۴۱۸	۰/۰۷۰	---	۰/۰۲۹	۰/۵۱۷**
		وزن دانه X3	۰/۱۲۱	۰/۰۹۹	۰/۱۰۱	---	۰/۳۲۱**
	۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	تعداد کپسول X1	۰/۳۸	---	۰/۱۶۰	۰/۱۹۷	۰/۳۶۹**
		تعداد دانه در کپسول X2	۰/۳۶۲	۰/۱۶۷	---	۰/۲۶۴	۰/۴۰۶**
		وزن دانه X3	۰/۵۱۹	۰/۱۴۴	۰/۱۸۴	---	۰/۵۵۱**
	۱۸۰ کیلوگرم در هکتار	تعداد کپسول X1	۰/۷۷۳	---	۰/۰۲۷	۰/۰۳۵	۰/۷۸۲**
		تعداد دانه در کپسول X2	-۰/۰۳۴	۰/۶۱۶	--	۰/۰۳۴	۰/۶۱۷**
		وزن دانه X3	۰/۰۴۹	۰/۵۶۷	۰/۰۲۳	---	۰/۵۹۲**

بحث

با توجه به نتایج بدست‌آمده می‌توان چنین بیان کرد که در تراکم ۱۴ بوته رقابت بین گیاهان برای تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته است. با توجه به نقش مهم اکوفیزیولوژیک نور در تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، تنظیم تراکم کاشت یک ابزار قدرتمند در افزایش رقابت بین گیاهان محسوب شده تا تولید بیشتر مواد مؤثره و عملکرد گیاهان کنترل شود (Omid Beigi, 2000). همچنین استفاده از کود اوره سبب افزایش فراهمی عناصر غذایی و نیتروژن باعث تحریک هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و جانبی گیاه شده و این عوامل در نهایت سبب افزایش تولید شاخه‌های جانبی در تیمارهای مربوط به کود اوره می‌شوند. با افزایش فاصله روی ردیف به‌دلیل افزایش دسترسی بوته‌های داتوره به منابع محیطی رشد مانند فضا، آب و نور تعادلی بین مراحل رشد رویشی و زایشی ایجاد می‌شود که این امر در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. اثر فاصله ردیف بر روی سیاهدانه نشان داد که افزایش تراکم بوته باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود که این امر به‌دلیل کاهش نفوذ نور به طبقات وسط و پایین پوشش گیاهی می‌باشد. در شرایط نور کم اکسین تجزیه شده

و باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Ahmed & Haque, 1986). کاربرد سطوح متفاوت کود اوره سبب افزایش ارتفاع گیاه گردید (Yoseph *et al*., 2018). همچنین براساس نتایج برخی از محققان در تراکم‌های بیش از حد معمول گیاهان علاوه‌بر نور برای سایر عناصر و عوامل مورد نیاز رشد رقابت خواهند کرد و با افزایش تراکم ارتفاع گیاه افزایش نیافته بلکه ممکن است کاهش یابد (Yoseph *et al*., 2018). وزن هزاردانه به‌طور مستقیم تحت تأثیر جریان فتوسنتزی قرار می‌گیرد که این مواد فتوسنتزی می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال دوباره مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها یا کپسول‌ها تأمین شوند (Bybordi & Ebrahimian, 2013). استفاده از سطوح مختلف اوره سبب افزایش تعداد دانه در بوته گردید و این افزایش به‌علت تأثیر مستقیم نیتروزن بر تقسیم سلولی و افزایش تعداد گل‌های بارور و همچنین کاهش تعداد گل‌های عقیم می‌باشد که باعث افزایش چشمگیر تعداد دانه در بوته گردید (Sharma *et al*., 2007). در غیر این صورت با کاهش فاصله روی ردیف‌ها و افزایش تعداد بوته در مترمربع به‌دلیل نبودن فضای کافی برای هر بوته، رشد رویشی غالب و سبب کاهش رشد زایشی و عملکرد خواهد شد. در تراکم‌های بالا تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه کاهش یافت و این امر به‌دلیل بیشتر بودن تعداد بوته در واحد سطح و در نتیجه افزایش رقابت برای منابع غذایی و نور و کاهش تعداد کپسول در بوته گیاه بود. از سویی در تراکم بوته بالا به علت رقابت بین بوته‌ای تعداد کمتری شاخه فرعی روی بوته‌ها تولید می‌شود، چون تعداد کپسول تولیدی در شاخه فرعی کاهش می‌یابد، بنابراین در نهایت از تعداد کپسول در بوته کاسته می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد کود اوره به راحتی جذب گیاه شده و با تجزیه به آمونیوم با استفاده از آنزیم اروه‌آز در داخل گیاه در ساخت اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها مشارکت می‌کند، بنابراین می‌تواند نیتروژن بیشتری را در اختیار گیاه قرار دهد. از سوی دیگر بخشی از اوره در خاک با آنزیم اوره‌آز میکروارگانیسم‌های خاک به آمونیوم تبدیل شده و ممکن است توسط گیاه جذب شود (Marschner, 2012). همچنین اوره به‌دلیل اینکه شستشوی کمتری در خاک نسبت به سایر کودهای نیتروژن دارد، تأثیر کمی بر pH خاک داشته و احتمالاً پس از تبدیل به آمونیوم در گیاه باعث تحریک رشد و فتوسنتز شده و با تأثیر بر توازن فیتوهورمون‌ها رشد زایشی را بیشتر و در نتیجه عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Arkoun *et al*., 2012). همچنین، به نظر می‌رسد که استفاده از کود اوره از طریق افزایش قابلیت فتوسنتزی، تجمع ماده خشک را در داتوره افزایش داده است. تراکم زیاد سبب کاهش تعداد کپسول در بوته و در نهایت منجر به کاهش تعداد دانه در هر کپسول گردید. اثر انواع و مقادیر متفاوت کود نیتروژن بر گیاه سیاهدانه نیز نشان داد که نه نوع کود و نه میزان کود در تعداد دانه در هر کپسول و وزن هزاردانه اثر معنی‌داری نداشت (Abdolzadeh *et al*., 2017). اوره به‌دلیل افزایش مقدار ماده خشک و دوام سطح برگ می‌تواند باعث افزایش وزن هزاردانه گردد. تأمین کافی مواد غذایی می‌تواند رقابت را برای تخصیص مواد غذایی به دانه کاهش دهد که این امر سبب افزایش تسهیم مواد غذایی به دانه شده که در نتیجه تجمع مواد غذایی در دانه بیشتر و باعث افزایش وزن هزاردانه می‌گردد. با توجه به اینکه این جزء از عملکرد همانند تعداد دانه در کپسول از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد اما با توجه به نتایج بدست‌آمده و معنی‌داری صفت ذکرشده در سطوح متفاوت تراکم، بنابراین به نظر می‌رسد که بهتر بودن شرایط رشد برای گیاه در سطوح پایین تراکم و کمتر بودن رقابت بین گیاهان باعث شده است که مواد فتوسنتزی بیشتری به هر دانه اختصاص یافته، در نتیجه وزن هزاردانه در این تراکم‌ها بیشتر می‌شود. در تراکم‌های کم به‌دلیل وجود رقابت کمتر برای جذب آب و عناصر غذایی، گل‌های بیشتری به کپسول تبدیل شده و تعداد کپسول بیشتری برداشت می‌شود. در تراکم‌های بالا نفوذ به درون کانوپی کاهش یافته و سبب افزایش رشد رویشی شده است و سبب شده نفوذ نور به پایین بوته‌ها کاهش یابد و باعث شود که قسمت‌های پایین گیاه تعداد کمتری کپسول تشکیل دهد و یا گاهی بدون کپسول باشد. مجموعه این عوامل منجر

به افزایش تعداد کپسول و دانه در تراکم‌های کم نسبت به تراکم‌های زیاد شد. کپسول‌ها جایی هستند که مواد فتوسنتزی از برگ‌ها (منبع) به محل مصرف (دانه‌ها) و نیز اندام‌های در حال نمو انتقال می‌یابد. در صورت عدم تعادل بین منبع و مخزن دسترسی به عناصر غذایی مناسب مانند نیتروژن که نقش بسیار مهمی در تولید و عملکرد گیاه دارد منجر به کاهش عملکرد می‌گردد و بعکس در صورت توازن بین منبع و مخزن و فراهم بودن شرایط مناسب رشد عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. در نهایت طبق پژوهش انجام شده، تراکم مناسب در بین تیمارهای آزمایش ۶ بوته در مترمربع و استفاده از ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای کاشت این گیاه در سطح وسیع توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Abbaspour, R., Imam, Y. and Hosseini, S.Z., 2014. Investigating the effect of organic and chemical fertilizer application on growth and distribution of Datura weed seeds. 13th National Congress on Agronomy and Plant Breeding, Karaj, Iran, 4-6 September: 1-4.
- Abdolzadeh, A., Valipoor Chahardahcheriki, Y.G. and Ghaderi-Far, F., 2017. The effects of nitrogen source and amount on growth, chlorophyll, oil, and essence contents of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Plant Environmental Physiology, 12(45): 68-80.
- Afsharypuor, S., Mostajeran, A. and Shaneh-Saz, M.R. 1997. Effect of urea fertilizer on the weight of different parts of *Datura stramonium* L. and their alkaloidal contents at different developmental stages. DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 7(1): 66-72.
- Ahmed, N.U. and Haque, K.R., 1986. Effect of row spacing and time of sowing on the yield of blackcumin (*Nigella Sativa*). Bangladesh Journal of Agriculture (Bangladesh), 11: 21-24.
- Al-Humaid, A.I., 2005. Effects of compound fertilization on growth and alkaloids of datura plants. Journal of Plant Nutrition, 27(12): 2203-2219.
- Ali, E.A., 2010. Grain yield and nitrogen use efficiency of pearl millet as affected by plant density, nitrogen rate and splitting in sandy soil. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 7(3): 327-335.
- Alinejad, S., Sarabi, V., Bakhtvari, A.R.S. and Hashempour, H., 2020. Variation in physiological traits, yield and secondary metabolites of jimsonweed (*Datura stramonium* L.) under different irrigation regimes and nutrition systems. Industrial Crops and Products, 143: 111916.
- Arganosa, G.C., Sosulski, F.W. and Slikard, A.E., 1998. Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of oil in *Calendula officinalis*. Indian Perfumer, 33(3): 182-195.
- Arkoun, M., Jannin, L.P., Laîné, P., Etienne, P., Garcia-Mina, J.M., Yvin, J.C. and Ourry, A., 2012. Hydroponics versus field lysimeter studies of urea, ammonium and nitrate uptake by oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Experimental Botany, 63(14): 5245-5258.
- Asadi, Q., Momen, A., Noorzadeh, M. and Khorramdel, S., 2013. Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on performance and nitrogen performance indices in *Plantago ovata*. Journal of Agricultural Ecology, 9: 113-121.
- Beech, D.F. and Norman, M.J.T., 2002. The effect of wet-season land treatment and nitrogen fertilizer on safflower, linseed, and wheat in the Ord River Valley. Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 8: 72-80.
- Bybordi, A. and Ebrahimian, E., 2013. Growth, yield and quality components of *Canola fertilized* with urea and zeolite. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44: 2896-2915.
- El-Habbasha, S.F., Abd El Salam, M.S. and Kabesh, M.O., 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(6): 563-571.
- Ghorbanpour, M., Majnoun Hosseini, N., Rezazadeh, S., Omidi, M., Khavazi, K., Hatami, M. and Ghaffarzadegan, R., 2014. Effect of nitrogen on growth, biomass selection and generation of alkaloids in root and shoots in *Hyoscyamus niger* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 30(2): 199-215.
- Jasemi, B., Shabani, GH., Chaichi, M.R., Khoshkhoei, S.H. and Norozi, N., 2019. The yield and growth characteristics of thymus (*Thymus daenensis* L.) treated with different fertilizers and plant densities. Journl of Agricultural Sciences, 64: 37-51.
- Khalili, H., Daneshian, J., Naderi, G.H. and Chegini, M., 2012. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on growth and function of sulfur essences. New Agricultural Findings, 6(3): 221-229.
- Leghari, S.J., Wahocho, N.A., Laghari, G.M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., HussainTalpur, K. and Lashari, A.A., 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. Advances in Environmental Biology, 10(9): 209-219.
- Malakouti, M.J. and Tehrani, M.M., 2001. Effects of Micronutrients on the Yield and Quality of

Agricultural Products: Micro-Nutrients with Macro-Nutrients. Tarbiat Modares University, 328p.
- Marschner, P., 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 643p.
- Mosavi, S.G., Seghatoleslami, M.J., Jouyban, Z., Ansarinia, S. and Moosavi, S.A., 2015. Response morphological traits and yield of ajowan (*Carum copticum*) to water deficit stress and nitrogen fertilizer. Biological Forum-An International Journal, 7(1): 293-299.
- Nasiri Mahallati, M., 2001. Modeling of Crop Growth Processing (Translation). Jahaad Daneshgahi Press, Mashhad, Iran, 280p.
- Nasser, R.M.A., Boghdady, M.S. and Selim, D.A., 2015. Effect of mineral and bio- fertilizers on vegetative growth, mineral status, seed yield, tropane alkaloids and leaf anatomy of thornapple plant. Middle East Journal of Agriculture , 4(4): 754-768.
- Niakan, M., Rezapur, M. and Gorbani, M., 2016. The effect of Putrescin on growth, photosynthesis and alkaloids of *Datura stramonium* (in response to salinity stress under hydroponic culture conditions). Journal of Crop Science and Technology, 21: 111-121.
- Noori, M. and Golchin, A., 2013. The effect of irrigation intervals and nitrogen levels on the growth and yield of essential oil of savory. National Conference of Medicinal Plants, Place of Conference, 20-21 November: 7-15.
- Omid Beigi, R., 2000. Approaches to the Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 2). Publishers of Ghods Razavi, 420p.
- Oseni, O.A., Olarinoye, C.O. and Amoo, I.A., 2010. Studies on chemical compositions and functional properties of thorn apple (*Datura stramonium* L) Solanaceae. African Journal of Food Science, 5(2): 40-44.
- Peerzad, A.S., Alariyah, E., Shakiba, M., Zahtab, R., Salmasi, S. and Mohammadi, S., 2004. Effects of irrigation and plant density on water sampling in the production of German chamomile capitol. Journal of Agricultural Science, 18(4): 81-90.
- Rezvani Moghaddam, P., Sidi, M. and Azad, M., 2013. Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Medicinal Plants and Aromatic Plants Research, 30(2): 260-274.
- Sadeghi, S., Rahnavard, A. and Ashrafi, Z.Y., 2009. The effect of plant density and sowing date o yield of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Iran. Journal of Agricultural Technology, 5(2): 413-422.
- Safikhani, F., Heidari Sharifabad, H., Siadat, S.A., Sharifi Ashorabadi, E., Seyednejad, S.M. and Abaszadeh, B., 2006. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal Plants and Aromatic Plants Research, 23(2): 183-190.
- Sharma, K., Dak, G., Agrawal, A., Bnatnagar, M. and Sharma, R., 2007. Effect of phosphate solubilizing bacteria on the germination of *Cicer arietinum* seeds and seedling growth. Journal of Herbal Medicine and Toxicology, 1: 61-63.
- Singh, M., 2012. Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Archives of Agronomy and Soil Science. 59: 273-279.
- Tadesse, T., Assefa, A., Liben, M. and Tadesse, Z., 2013. Effects of nitrogen split-application on productivity, nitrogen use efficiency and economic benefits of maize production in Ethiopia. International Journal of Agricultural Policy and Research, 1(4): 109-115.
- Yadav, G.S., Saha, P., Babu, S., Das, A., Layek, J. and Debnath, C., 2018. Effect of no-till and raised-bed planting on soil moisture conservation and productivity of summer maize (*Zea mays* L.) in Eastern Himalayas. Agricultural Research, 7(3): 300-310.
- Yalcintas, G. 1995. The effect of sowing dates and levels of nitrogen fertilizer on yield and some agricultural characteristics of Coriander. Master thesis, Ondokuz Mayis University, Institute of Natural and Applied Sciences. Department of Agronomy, Turkey.
- Yoseph, T., Ayalew, T., Li, X., Jigang, H. and Yan, T., 2018. Comparative effects of newly introduced and adopted chemical N and P fertilizers on wheat growth, yield and yield components. African Journal of Plant Science, 12(5): 114-121.

Effects of nitrogen and density on growth and *Datura stramonium* L. yield

Z. Izadi[1], A. Biabani[2*], H. Sabouri[3] and B. Bahreyninejad[4]

1- Ph.D. student, Department of Plant Production, Plant Physiology, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
2*- Corresponding author, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavoos, Iran, E-mail: abbas.biabani@gonbad.ac.ir
3- Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavoos, Iran
4- Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

Received: May 2020 Revised: August 2020 Accepted: February 2021

Abstract

Datura stramonium L. is one of the important medicinal plants in the pharmaceutical industry due to its alkaloid compounds. To investigate the effects of urea fertilizer at three levels (60, 120, and 180 kg.ha^{-1}) and planting density at three levels (6, 10, and 14 plants.m^{-2}) on the yield and yield components of this plant species, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design in the research farm of Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Iran in 2018 and 2019 crop years. The main effects of density and urea on the traits including height, number of lateral branches, and 1000-seed weight and the interaction of different urea and density levels on the traits including seed yield, biological yield, number of capsules per plant, number of seeds per plant, and number of seeds per capsule were significant in both years. The highest seed yield (1282.37 and 1212.53 kg.ha^{-1}, respectively in 2018 and 2019 years) was obtained in the urea fertilizer 180 kg.ha^{-1} and 6 plants.m^{-2} treatment. The causal analysis results showed that the highest direct positive effect at the different levels of density and urea was related to the number of capsules per plant. The results of this experiment showed that the application of 180 kg.ha^{-1} of urea and 6 plants.m^{-2} could play an important role in increasing the seed yield of medicinal plant *D. stramonium*.

Keywords: *Datura stramonium* L., density, yield and yield components, nitrogen.