



دانشگاه گیلان، دانشکده کشاورزی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و سوم، شماره چهارم، ۱۳۹۵

<http://jopp.gau.ac.ir>

## اثر سطوح مختلف کود دامی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، برگ و ایندیگو و سمه

\* سرور خرم‌دل<sup>۱</sup>، پرویز رضوانی‌مقدم<sup>۲</sup>، مینا هوشمند<sup>۳</sup> و فاطمه معلم‌بنهنگی<sup>۴</sup>

استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،<sup>۴</sup> دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸

### چکیده

وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) گیاهی فراموش‌شده و دارویی از خانواده بقولات است. این گیاه یکساله، دوساله و چندساله است، ولی اغلب به‌صورت یکساله کاشته می‌شود. ایندیگو که در صنعت برای رنگزائی استفاده می‌شود، از برگ‌های وسمه استخراج می‌گردد. ایندیگو رنگ آبی دارد. وقتی دو گروه ایندوکسیل به‌طور خود به خود در شرایط حضور اکسیژن هستند، یک مولکول ایندیگو تشکیل می‌گردد. وسمه در درمان یبوست، بیماری‌های کبدی، تپش قلب و نقرس کاربرد دارد و ضدعفونی‌کننده و قابض است. برگ‌های آن تقویت‌کننده رشد مو هستند. هدف از این مطالعه بررسی اثر سطوح کود دامی و تراکم بوته بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه فراموش‌شده و دارویی وسمه در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ اجرا شد. ترکیب‌های تیماری آزمایش شامل پنج سطح کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) و چهار تراکم بوته (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در مترمربع) بودند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش، اجزای عملکرد (شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در

\*مسول مکاتبه: [khorrandel@um.ac.ir](mailto:khorrandel@um.ac.ir)

### نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۳)، شماره (۴) ۱۳۹۵

بوته و وزن بذر در بوته)، عملکرد برگ، عملکرد غلاف، عملکرد ساقه، عملکرد زیست‌توده و محتوی و عملکرد ایندیگو و سمه بودند.

**یافته‌ها:** نتایج در سال دوم آزمایش نشان داد که اثر سطوح کود دامی و تراکم بر ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته، وزن بذر در بوته، عملکرد برگ، عملکرد ساقه، عملکرد غلاف، عملکرد زیست‌توده و عملکرد ایندیگو و سمه معنی‌دار ( $p \leq 0/01$ ) بود. بیشترین و کم‌ترین قطر تاج‌پوشش در کاربرد ۳۰ تن کود دامی و شاهد (به ترتیب با ۸۸/۳ و ۱۶/۶ سانتی‌متر) به‌دست آمد. بیشترین قطر تاج‌پوشش تحت تأثیر تراکم ۳۰ بوته در مترمربع (۵۶ سانتی‌متر) حاصل شد. بیشترین عملکرد برگ در شرایط مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار (۲۵۰/۶۹ گرم بر مترمربع) تراکم ۳۰ بوته در مترمربع (۲۲۴/۳۷ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد ایندیگو در مصرف ۳۰ تن در هکتار (۲/۰۱ گرم بر مترمربع) حاصل گردید. با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، عملکرد ایندیگو ۱۶ درصد افزایش یافت.

**نتیجه‌گیری:** با افزایش مصرف کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار عملکرد کمی و کیفی و سمه افزایش یافت. همچنین با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، رشد، اجزای عملکرد و عملکرد برگ، ساقه، غلاف و ایندیگو و سمه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

**واژه‌های کلیدی:** و سمه، عملکرد ایندیگو، گیاه فراموش شده، گیاه دارویی

## مقدمه

امروزه در جهان تمایل به کاربرد رنگ‌های طبیعی افزایش یافته که این امر در تحقق استانداردهای بوم‌شناختی است (۱۱). رنگ آبی و سبز یکی از قدیمی‌ترین مواد رنگزای شناخته شده توسط بشر است (۴۵).

جنس و سبزه (*Indigofera*) متشکل از گونه‌های بسیار زیادی است که حدود ۷۰۰ گونه می‌باشد و در سراسر مناطق استوایی و نیمه‌استوایی آفریقا، آسیا و آمریکا پراکندگی دارد (۳۶). جنس *Indigofera* در ایران شامل پنج گونه درختچه‌ای شامل *I. argentea*، *I. articulatae*، *I. tinctoria* و *I. intricata*، *I. oblongifolia* بوده که در مناطق جنوبی ایران می‌رویند (۳۶).

گیاه دارویی - صنعتی و سبزه (*Indigofera tinctoria* L.) گونه‌ای ارزشمند از خانواده بقولات است که سابقه کشت طولانی در جیرفت و کهنوج و همچنین شهرستان‌های ایرانشهر و بم دارد (۶). این گیاه در پاکستان، سیلان، جاوه، عربستان، مصر، هندوستان، مناطق گرم و مرطوب آفریقا و سوریه نیز رویش دارد (۳۶). و سبزه گیاهی یکساله، دوساله و گاهی چندساله بوده و به صورت علفی، درختچه‌ای و حتی درختی نیز دیده می‌شود که ارتفاع آن به ۹۰-۱۱۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های مرکب آن به طول ۲/۵-۷/۵ سانتی‌متر و دارای گوشوارک‌های کوچک می‌باشد. برگچه‌ها به تعداد ۹ الی ۱۳ عدد به صورت متقابل و رنگ برگ‌ها سبز متمایل به خاکستری و پوشیده از کرک و حاشیه آن‌ها دندانه‌دار می‌باشد، گل‌ها به رنگ صورتی به طول چهار میلی‌متر روی دمگلی به طول ۱۰-۵ سانتی‌متر واقع شده‌اند (۶). و سبزه توانایی بالایی در رشد مجدد پس از برداشت داشته و حساسیت کم این گیاه نسبت به حمله آفات و بیماری‌ها در شرایط آب و هوایی گرم از جمله دلایل افزایش عملکرد این گیاه می‌باشد (۴۵).

و سبزه گیاهی مؤثر در درمان یبوست، بیماری‌های کبد، تپش قلب و نقرس است. مصرف برگ‌ها و ریشه و سبزه در درمان صرع (۴۷) و دیابت (۳۹) توصیه شده است. پودر خشک این گیاه در درمان آسم کاربرد دارد (۴۷). مصرف برگ‌های آن برای تقویت رشد مو، دفع سمیت کبدی و ضدالتهاب توصیه شده است (۳۸ و ۵۶). عصاره این گیاه در درمان تنگی نفس، سیاه سرفه و تپش قلب مؤثر شناخته شده‌اند (۱۰). عصاره متانولیک اندام‌های این گیاه از رشد ویروس ایدز جلوگیری می‌نماید (۲۴).

اجزای تشکیل‌دهنده ماده مؤثره وسمه شامل آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، فلاونوئیدها، تانن‌ها و ترکیبات فنولیک، مواد معدنی و سایر مواد همچون خاکستر، خاکستر محلول در اسید، خاکستر محلول در آب و غیره می‌باشند (۳۰). بذر این گیاه حاوی شش نوع روتنوئید شامل دگواتین، دهیدرو دگواتین، روتنول، روتون، تفروسین و سوماترول می‌باشد (۳).

اجزای اصلی عصاره خام وسمه شامل دو رنگدانه آبی رنگ ایندیگو و قرمز رنگ ایندیروبین است (۱۵). ایندیگو<sup>۱</sup> به‌عنوان فرآورده طبیعی، متابولیتی ثانویه است (۲۸ و ۴۵) که حاصل از گلوکوزید بدون رنگ<sup>۲</sup> از فرم انول<sup>۳</sup> بوده و از ایندوکسیل‌هایی<sup>۴</sup> همچون ایندیکان<sup>۵</sup> تشکیل شده است. اگرچه ایندیگو در برگ‌های گروه مختلفی از گیاهان انواع خانواده‌های گیاهی به دست می‌آید (۲۰)، ولی بیشترین محتوی ایندیگو مربوط به وسمه می‌باشد (۹).

اگرچه رشد و نمو کمی و کیفی گیاهان دارویی متأثر از عوامل ژنتیکی و محیطی است، ولی برای دستیابی به حداکثر عملکرد بایستی ترکیب مناسبی از این عوامل برای گیاهان فراهم شود (۵۹). در بین عوامل مؤثر بر عملکرد، مدیریت عناصر غذایی و تأمین میزان مطلوب این مواد برای گیاه به‌دلیل بهبود رشد و مدیریت زراعی به ویژه تراکم بوته، می‌تواند نقش بسزایی بر بهبود عملکرد کمی و کیفی داشته باشد.

کاربرد نهاده‌های آلی در خاک‌های کشاورزی، سبب بهبود ساختمان خاک، محتوی ماده آلی و حاصلخیزی خاک می‌شود؛ ولیکن میزان تأثیر این ماده آلی بر خصوصیات خاک و به تبع آن رشد گیاه، بسته به میزان مصرف و نوع نهاده متغیر می‌باشد (۴۱). نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان داده است که کودهای آلی با تأثیری که بر بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند، تولید محصول را افزایش می‌دهند (۳۷). خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی اثر سطوح کود دامی بر خصوصیات رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و اسانس گیاه دارویی زیره سیاه گزارش نمودند که با افزایش مصرف کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار رشد و عملکرد زیره سیاه افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین عملکرد دانه با ۱۶۴/۲۰ گرم بر متر مربع متعلق به بیشترین میزان مصرف کود دامی (۴۰ تن در هکتار)

- 1- Indigo
- 2- Colorless glucosides
- 3- Enol
- 4- Indoxyls
- 5- Indican

بود (۲۵). ایوبی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که مصرف انواع نهاده‌های آلی موجب بهبود عملکرد زیست‌توده، محتوی اسانس و عملکرد اسانس گیاه دارویی نعنا فلفلی در مقایسه با کود شیمیایی و شاهد شد (۷). رهبریان (۲۰۱۴) با ارزیابی اثر سطوح کود دامی بر رشد و عملکرد بادرشبو گزارش نمود که با افزایش مصرف کود دامی از صفر به ۴۰ تن در هکتار به دلیل فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف رشد و عملکرد تازه و خشک برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۴۲). نتایج مطالعه کارلا (۲۰۰۳) نشان داد که کاربرد کودهای آلی در نظام ارگانیک در مقایسه با نظام رایج، بهبود ۸۴-۸۰ درصدی عملکرد را به دنبال داشت (۲۳). در آزمایش دیگری مشاهده گردید که کاربرد کود مرغی، تولید برگ و اسانس ریحان را بهبود بخشید (۱۷). تیندال و همکاران (۲۰۰۲) با مقایسه عملکرد بابونه گاوی تحت مدیریت ارگانیک و رایج گزارش نمودند که افزایش مقدار کود شیمیایی، میزان زیست توده و پاتنولید را به‌ترتیب ۲۳ و ۱۸ درصد کاهش داد؛ در حالی که در نظام ارگانیک، حتی در سطوح پایین کاربرد کود آلی نیز عملکرد زیست توده و اسانس بهبود یافت (۵۵). شیفر و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که مصرف کودهای آلی سبب افزایش تولید محصول و اسانس بومادران گردید (۴۸).

به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف، انتخاب تراکم مناسب ضروری به‌نظر می‌رسد، زیرا از یک‌سو، اگر تعداد بوته در واحد سطح کم‌تر از حد بهینه باشد، منابع موجود به‌طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند و از سوی دیگر، کاشت با تراکم‌های بالا به‌دلیل افزایش رقابت دورن و برون گونه‌ای در مراحل مختلف رشد، منجر به کاهش رشد و عملکرد خواهد شد (۱۶). در بررسی الزندی و همکاران (۲۰۰۱) مشخص گردید که بیشترین عملکرد ریحان برای فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. آن‌ها همچنین گزارش نمودند که افزایش تراکم بدلیل کاهش تعداد شاخه جانبی، افت عملکرد را موجب گردید (۱۹). شارما و همکاران (۱۹۹۰) نتیجه گرفتند که با افزایش فواصل ردیف از ۱۵ به ۳۰ سانتی‌متر، عملکرد دانه رازیانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۵۰).

این آزمایش با هدف بررسی اثر سطوح کود دامی و تراکم بوته بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه فراموش‌شده- دارویی و صنعتی و سمه در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۵ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج سطح کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده و خشک شده (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) و چهار تراکم بوته (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در مترمربع) بود.

به منظور انجام عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت، از شخم و دیسک استفاده شده و بعد از آن زمین تسطیح شد. سپس، مقادیر مورد نظر کود دامی به خاک اضافه شد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی متری انجام گردید (جدول ۱). خصوصیات شیمیایی کود دامی خشک شده (بدون احتساب رطوبت) مورد استفاده نیز قبل از شروع آزمایش اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental field.

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیترژن کل (میلی گرم بر کیلوگرم) Total N (ppm)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable P (ppm)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable K (ppm)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
7.81	1.03	0.41	576	14.3	376	35.3	46.0	18.7

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده.

Table 2. Chemical properties of used cow manure

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	نیترژن N	فسفر P	پتاسیم K	رطوبت Humidity
				(%)	
7.58	11.58	0.994	0.451	1.61	42.03

عملیات کاشت بذر و سمه (تهیه شده از منطقه بم) روی شش ردیف دو متری با فاصله ۵۰ سانتی- متر به صورت سطحی با دست در ۲۵ اردیبهشت ماه هر دو سال انجام شد. قابل ذکر است بذرها روی ردیف‌ها به صورت جوی و پشته کاشته شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی نیز به صورت روزانه و به شیوه نشتی تا مرحله کامل استقرار گیاه انجام شد. پس از اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۱۰ روز یکبار تا پایان دوره آزمایش صورت گرفت. لازم به ذکر است که بذرها با تراکم بالا کاشته شدند و در مرحله ۶-۴ برگی پس از اطمینان از استقرار کامل بوته‌ها، به صورت دستی تنک شدند. کنترل دستی علف‌های هرز به طور مرتب بعد از هر نوبت آبیاری و پس از رسیدن به حالت ظرفیت زراعی در طی فصل رشد انجام شد.

در پایان فصل رشد (۲۵ مهر ماه) گیاه و سمه، به منظور بررسی خصوصیات رشدی و عملکرد صفات رویشی و اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش، اجزای عملکرد (شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و وزن بذر در بوته) از هر واحد آزمایشی پنج بوته انتخاب و صفات مذکور اندازه‌گیری و ثبت شد. تعیین عملکرد زیست‌توده، عملکرد غلاف، برگ و ساقه و سمه نیز در انتهای فصل رشد (۳۰ مهر ماه) با حذف اثرات حاشیه‌ای (۲۵ سانتی- متر از طرفین هر واحد آزمایشی) انجام شد.

اگرچه محتوی ایندیگو بسته به نوع بافت گیاهی متفاوت است (۳۰)، ولی با در نظر گرفتن محتوی ایندیگو بالاتر در برگ‌های و سمه در مقایسه با سایر اندام‌های این گیاه همچون ریشه و ساقه (۳۱)، غلظت ایندیگو در برگ‌ها بر مبنای روش ارائه شده توسط استوکر و همکاران (۱۹۹۸) و سالس و همکاران (۲۰۰۶) اندازه‌گیری شد (۵۲ و ۴۵). بر این اساس، یک گرم برگ به قطعات کوچک خرد و در سانتریفیوژ قرار داده شد. ده سی سی آب مقطر به لوله‌های حاوی نمونه برگ اضافه و لوله‌ها در بن ماری به مدت ۱۰ دقیقه گذاشته شدند. سپس به سرعت در حمام آب یخ سرد و به وسیله NaOH اسیدیته آن به میزان ۱۱ رسانیده شد. سی ثانیه در لوله‌ها به حالت آزاد هوادهی و تا رسیدن به دمای آزمایشگاه (۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگه داشته شد. یک ساعت بعد از آن به وسیله اسید کلریدریک، اسیدیته نمونه به ۲-۱ رسانیده شد. بعد از ۳۰ دقیقه مطابق با نمودار استاندارد نمونه‌ها تهیه و بعد از پنج دقیقه سانتریفیوژ در دور ۵۰۰۰ هزار در دقیقه و در طول موج ۶۱۱ نانومتر قرائت شد. نمودار استاندارد به میزان هشت میلی‌گرم ایندیگو خالص در ۲۰ سی سی اسید سولفوریک و تا رسیدن به حجم ۵۰۰ آب مقطر اضافه شد و سپس از این استوک غلظت‌های دیگر تهیه شدند.

لازم به ذکر است از آنجا که این گیاه تا کنون در منطقه مشهد کاشته نشده و به منظور مطالعه دقیق‌تر و آشنایی بیشتر با این گیاه، در سال اول فقط بیولوژی و نیازهای آن مورد مطالعه قرار گرفت و در سال دوم، خصوصیات موردنظر و سمه (شامل ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، اجزای عملکرد (شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و وزن بذر در بوته)، عملکرد زیست‌توده و عملکرد غلاف، برگ و ساقه) اندازه‌گیری و ثبت شد. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه شدند و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح کود دامی و تراکم بوته بر خصوصیات رشد، عملکرد کمی و کیفی و سمه طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در جدول ۳ نشان داده شده است.

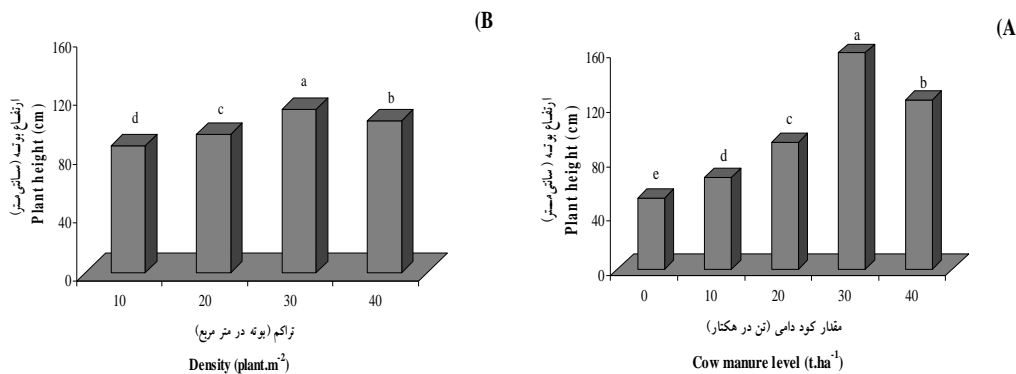
**ارتفاع بوته:** اثر سطوح کود دامی و تراکم بر ارتفاع بوته و سمه معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته برای مصرف ۳۰ تن کود دامی (۱۵۸/۹ سانتی‌متر) و شاهد (۵۲/۲ سانتی‌متر) مشاهده شد که بیش از ۲۰۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. با افزایش ۴۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با مصرف ۳۰ تن در هکتار، ارتفاع بوته ۲۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱-الف). به‌نظر می‌رسد که علت افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف کود دامی، مربوط به بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین افزایش فعالیت ریزموجودات خاکری (۴) می‌باشد. هندای و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که مصرف کودهای آلی موجب افزایش ارتفاع بوته آویشن (*Thymus vulgaris*) شد. آن‌ها علت این امر را به فراهمی عناصر غذایی این کودها به ویژه محتوی نیتروژن نسبت دادند (۲۲).



جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطح کود دامی و تراکم بوته بر خصوصیات ریخت‌شناسی، عملکرد کمی و کیفی و سهم طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳. Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for effects of cow manure levels and plant density on morphological criteria and quantitative yield of true indigo during growing seasons of 2014-2015.

عملکرد Indigo yield	محتوی ایندیگو content	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد غلاف Pod yield	عملکرد ساقه Stem yield	عملکرد برگی Leaf yield	وزن بذر در بوته Seed weight per plant	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch number per plant	قطر ناج‌پوشی Canopy diameter	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
0.07 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	5490 <sup>**</sup>	5102 <sup>**</sup>	126.40 <sup>**</sup>	344.69 <sup>**</sup>	88.62 <sup>**</sup>	579098 <sup>**</sup>	1183 <sup>**</sup>	27.97 <sup>**</sup>	3366 <sup>**</sup>	10180 <sup>**</sup>	2	تکرار Replication (A)
2.72 <sup>**</sup>	2.03 <sup>**</sup>	440669 <sup>***</sup>	182896 <sup>***</sup>	21973 <sup>**</sup>	8854 <sup>**</sup>	929.29 <sup>**</sup>	28092228 <sup>**</sup>	28004 <sup>**</sup>	1069 <sup>***</sup>	10498 <sup>**</sup>	22325 <sup>**</sup>	4	کود دامی (A) Cow manure (A)
0.12 <sup>**</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	23262 <sup>**</sup>	11751 <sup>**</sup>	1076 <sup>**</sup>	372.79 <sup>**</sup>	80.49 <sup>**</sup>	97201 <sup>**</sup>	1131 <sup>**</sup>	63.30 <sup>**</sup>	443.43 <sup>**</sup>	1730 <sup>**</sup>	3	تراکم بوته (D) Plant density (D)
0.005 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	742.47 <sup>ns</sup>	600.04 <sup>ns</sup>	17.54 <sup>ns</sup>	3.17 <sup>ns</sup>	1.05 <sup>ns</sup>	7173 <sup>ns</sup>	53.86 <sup>ns</sup>	9.03 <sup>ns</sup>	11.54 <sup>ns</sup>	31.11 <sup>ns</sup>	12	AD خطا
0.01	0.20	1038	888.29	26.08	5.90	2.00	16424	29.97	4.89	58.12	78.77	38	Error

\*, \*\*, and ns represent significant at 5 and 1% probability levels and non significant, respectively. \*\*, \* and ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار را نشان می‌دهد.



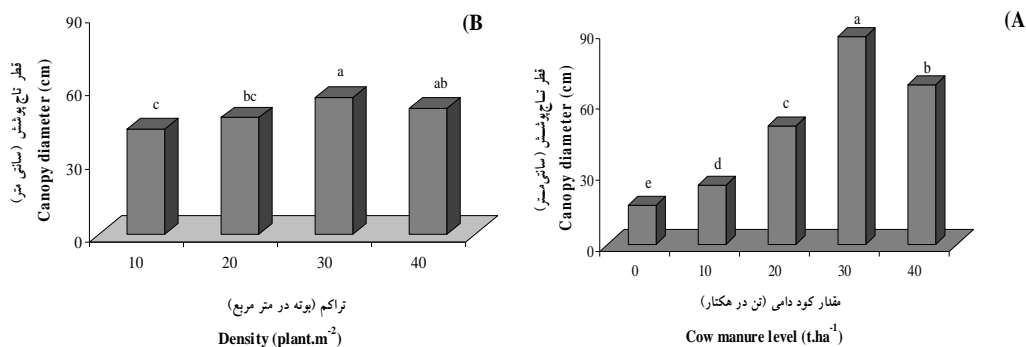
شکل ۱- اثر مقادیر کود دامی (الف) و تراکم بوته (ب) بر ارتفاع بوته و سمه.

Figure 1. Effects of cow manure levels (A) and plant density (B) on plant height of true indigo.

بیشترین و کم‌ترین ارتفاع بوته و سمه تحت تأثیر تراکم‌های مختلف به ترتیب برای تراکم ۳۰ و ۱۰ بوته در مترمربع به ترتیب با ۱۱۱/۵ و ۸۶/۹ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۱- الف). با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، ارتفاع بوته ۲۸ درصد افزایش یافت؛ در حالی که افزایش بیش از این میزان تراکم تا سطح ۴۰ بوته در مترمربع، کاهش هفت درصدی ارتفاع بوته را موجب گردید (شکل ۱- ب). بهبود کارایی جذب انرژی خورشیدی نیاز به وجود سطح برگ کافی داشته که با توزیع مناسب سطح خاک را پوشانیده باشد و این هدف را با تغییر تراکم بوته در بوم‌نظام‌های زراعی میسر می‌گردد، نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تراکم، ارتفاع و سمه به دلیل افزایش رقابت برای جذب نور در سطوح بالاتر تراکم به واسطه سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر افزایش یافت. نتایج مطالعه کیزیل و همکاران (۲۰۰۷) روی اثر چهار تراکم کشت (۴۰×۱۰، ۴۰×۲۰، ۶۰×۱۰ و ۶۰×۲۰ سانتی‌متر) بر روی ویژگی‌های ریخت‌شناسی دو گونه و سمه تحت شرایط دیم نشان داد که افزایش فاصله بین ردیف و تشدید رقابت بین بوته‌ها تحت تأثیر کاهش فاصله روی ردیف موجب افزایش طول ساقه اصلی شد (۲۶). نتایج پژوهش ثابت تیموری و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با افزایش تراکم گیاهی از یک به سه بوته در مترمربع ارتفاع بوته گیاه دارویی اروانه بزقی افزایش یافت (۴۴).

**قطر تاج پوشش:** سطوح کود دامی و تراکم بوته به‌طور معنی‌داری قطر تاج پوشش و سمه را تحت تأثیر قرار داد ( $p \leq 0/01$ ) (جدول ۳). با افزایش مصرف کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار قطر تاج پوشش افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین قطر تاج پوشش مربوط به کاربرد ۳۰ تن کود دامی (۸۸/۳)

سانتی‌متر) بود و کم‌ترین میزان برای شاهد (۱۶/۶ سانتی‌متر) به‌دست آمد که ۴۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی موجب کاهش ۳۰ درصدی قطر تاج‌پوشش در مقایسه با مصرف ۳۰ تن در هکتار شد (شکل ۲- الف). کاربرد کود دامی، با رهاسازی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف تحت تأثیر تجزیه ماده آلی توسط ریزموجودات خاکزی (۴) به واسطه وجود ماده آلی در کود دامی (جدول ۲) علاوه بر افزایش ارتفاع بوته (شکل ۱- الف)، به‌دلیل تحریک رشد رویشی، افزایش قطر بوته را نیز موجب گردید. ثابت تیموری و همکاران (۲۰۱۲) نیز اظهار داشتند که بیشترین قطر تاج‌پوشش بوته گل اروانه بزقی (*Hymenocrater platystegius*) در شرایط مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی به‌دست آمد (۴۴).



شکل ۲- اثر مقادیر کود دامی (الف) و تراکم بوته (ب) بر قطر تاج‌پوشش و سمه.

Figure 2. Effects of cow manure levels (A) and plant density (B) on canopy diameter of true indigo.

بیشترین قطر تاج‌پوشش و سمه برای تراکم ۳۰ بوته در مترمربع با ۵۶ سانتی‌متر به‌دست آمد و با افزایش تراکم از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، قطر تاج‌پوشش ۳۰ درصد افزایش یافت. افزایش تراکم از ۳۰ به ۴۰ بوته در مترمربع کاهش نه درصدی قطر تاج‌پوشش را به دنبال داشت (شکل ۲- ب). به‌نظر می‌رسد که در تراکم متعادل گیاهی، ضمن تسریع در بسته شدن تاج‌پوشش، بهره‌وری از عوامل محیطی (۴۳) و فتوسنتز گیاهی بهبود یافته که در نتیجه موجب افزایش قطر تاج‌پوشش شده است. از طرف دیگر، افزایش بیش از حد مطلوب تراکم، با کاهش فضای موردنیاز برای رشد هر بوته به‌دلیل بروز رقابت، موجب کاهش رشد و قطر تاج‌پوشش گردید. میر و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر تراکم بر رشد گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گزارش کردند که با افزایش فاصله بین ردیف از ۵۰ به ۱۰۰ سانتی‌متر، قطر بوته افزایش یافت (۳۴). حکمتی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی

اثر فاصله بین و روی ردیف در گیاه مرزه (*Satureja montana*) گزارش کردند که بیشترین قطر تاج پوشش در فاصله روی ردیف ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد (۲۱).

**اجزای عملکرد:** اجزای عملکرد بذر و سمه شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن بذر در بوته و تعداد بذر در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کود دامی و تراکم بوته قرار گرفت ( $p \leq 0.01$ ) (جدول ۳). بیشترین مقادیر تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن بذر در بوته و تعداد بذر در بوته برای مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب با ۲۷/۰۵ شاخه جانبی در بوته، ۴۴۲/۹۷ غلاف در بوته، ۴۹/۳۱ گرم در بوته و ۲۴۵۲/۴۱ بذر در بوته به‌دست آمد. بر این اساس، افزایش مصرف کود دامی از صفر به ۳۰ تن در هکتار مقادیر صفات مذکور را به‌ترتیب برابر با ۶۵۱، ۴۲، ۸۸ و ۱۰۹ درصد بهبود بخشید و افزایش بیش از این میزان کود دامی تا ۴۰ تن در هکتار کاهش به‌ترتیب ۷۰، ۱۱، ۲۵ و ۳۱ درصدی صفات مذکور را موجب گردید (جدول ۴). با توجه به وجود عناصر غذایی در کودهای دامی (جدول ۲) و تأثیر این کودها بر بهبود فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف و محتوی رطوبتی (۵۷)، افزایش اجزای عملکرد بذر تحت تأثیر تحریک رشد رویشی به واسطه فراهمی عناصر غذایی و بهبود محتوی ذخیره رطوبتی خاک در شرایط استفاده از این کود آلی منطقی به‌نظر می‌رسد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر مقادیر کود دامی و تراکم بوته بر اجزای عملکرد و سمه.

Table 4. Mean comparisons for the effect of cow manure levels and plant density on yield components of true indigo.

تعداد بذر	وزن بذر	تعداد غلاف	تعداد شاخه جانبی	تیمارها
(تعداد در بوته)	(گرم در بوته)	(تعداد در بوته)	(تعداد در بوته)	Treatments
Seed number (No.plant <sup>-1</sup> )	Seed weight (g.plant <sup>-1</sup> )	Pod number (No.plant <sup>-1</sup> )	Branches number (No.plant <sup>-1</sup> )	
1171.07 <sup>e</sup>	26.28 <sup>e</sup>	312.05 <sup>e</sup>	3.60 <sup>e*</sup>	0
1444.09 <sup>d</sup>	30.82 <sup>d</sup>	359.17 <sup>d</sup>	5.96 <sup>d</sup>	10
1718.64 <sup>c</sup>	36.74 <sup>c</sup>	378.74 <sup>c</sup>	9.17 <sup>c</sup>	20
2452.41 <sup>a</sup>	49.31 <sup>a</sup>	442.97 <sup>a</sup>	27.05 <sup>a</sup>	30
1872.39 <sup>b</sup>	39.51 <sup>b</sup>	398.24 <sup>b</sup>	15.93 <sup>b</sup>	40
Cow manure level (t.ha <sup>-1</sup> )				
1623.62 <sup>b</sup>	33.87 <sup>d</sup>	367.71 <sup>c</sup>	10.00 <sup>c</sup>	10
1717.84 <sup>a</sup>	35.61 <sup>c</sup>	375.51 <sup>c</sup>	11.68 <sup>b</sup>	20
1800.56 <sup>a</sup>	39.26 <sup>a</sup>	388.05 <sup>a</sup>	14.90 <sup>a</sup>	30
1784.86 <sup>a</sup>	37.39 <sup>b</sup>	381.68 <sup>b</sup>	12.79 <sup>b</sup>	40
Plant density (plant.m <sup>-2</sup> )				

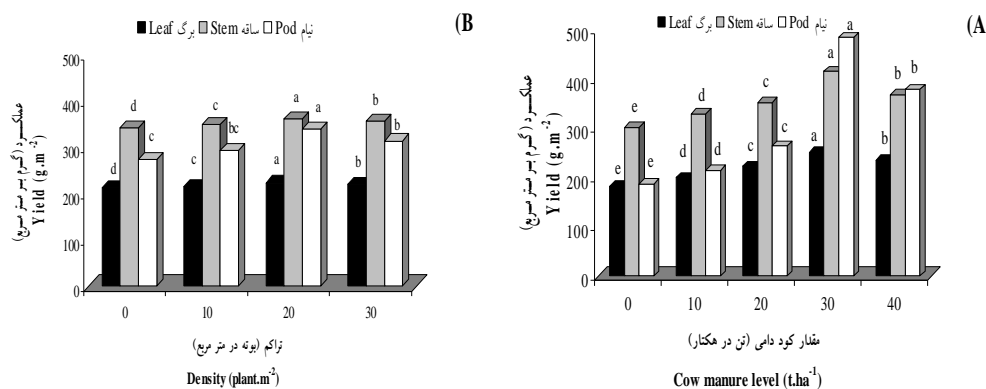
\* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند ( $p \leq 0.05$ ).

\* Means in each column and for each component, with at least one similar letter are not significant different based on LSD test ( $p \leq 0.05$ ).

با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع اجزای عملکرد و سمه شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن بذر در بوته و تعداد بذر در بوته و سمه به ترتیب ۴۹، ۶، ۱۶ و ۱۱ درصد افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر صفات مذکور برای تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به ترتیب با ۱۴/۹ شاخه جانبی، ۳۸۸/۰۵ غلاف در بوته، ۳۹/۲۶ گرم در بوته و ۱۸۰۰/۵۶ بذر در بوته حاصل گردید. البته افزایش تراکم از ۳۰ به ۴۰ بوته در مترمربع به احتمال زیاد به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای بین بوته‌ها برای فضا و کسب نور و عناصر غذایی کاهش ۱۲، ۲، ۵ و ۱ درصدی مقادیر صفات مذکور را در پی داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته، فضا و محتوی عناصر غذایی موردنیاز برای رشد محدود شده (۶۰) و علاوه بر این، سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر باعث کاهش تعداد شاخه جانبی شده که این امر علاوه بر کاهش تعداد غلاف در بوته، به دلیل تشدید رقابت بین بوته‌ها، کاهش وزن و تعداد بذر در بوته را نیز به دنبال داشته است. بنابراین، در فواصل بین بوته کم‌تر، سایه‌اندازی و تشدید رقابت درون گونه‌ای برای جذب نور سبب شده که اجزای عملکرد بذر در گیاه کاهش یابد، اما در فواصل زیاد به علت نفوذ بیشتر نور به داخل پوشش گیاهی و افزایش جذب نور، اجزای عملکرد به واسطه تحریک فتوسنتز و بهبود رشد افزایش یافته است (۱). شلبی و ستی (۱۹۹۲) نیز گزارش کردند که تعداد شاخه جانبی و به واسطه آن سایر اجزای عملکرد در گیاه آویشن به شدت تحت تأثیر تراکم بوته می‌باشد و با افزایش تراکم، بدلیل تشدید رقابت درون گونه‌ای برای کسب نور، آب و مواد غذایی، حالت خود تنگی اتفاق افتاده و گیاه از طریق کم کردن تعداد شاخه‌های جانبی با کمبود منابع مقابله می‌کند (۴۹). الگندی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که افزایش تراکم باعث کاهش تعداد شاخه جانبی ریحان شد (۱۹). نتایج بررسی بریماوندی و همکاران (۲۰۱۱) روی همیشه بهار نیز مؤید کاهش تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر افزایش تراکم بود. این محققان بیان نمودند که در فاصله کم بین بوته‌ها، سایه‌اندازی و رقابت زیاد گیاهان با یکدیگر به منظور جذب نور تشدید شده که موجب کاهش تعداد شاخه جانبی در گیاه شده است (۱۲).

**عملکرد برگ، ساقه و غلاف:** اثر سطوح کود دامی و تراکم بوته بر عملکرد برگ، ساقه و غلاف و سمه معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود (جدول ۳). با افزایش مصرف کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار، مقادیر عملکرد برگ، ساقه و غلاف به ترتیب ۲۲، ۱۷ و ۴۱ درصد افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر صفات مذکور در شرایط مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب با ۲۵۰/۶۹، ۴۱۵/۲۰ و

۴۸۳/۸۴ گرم بر متر مربع به دست آمد. البته افزایش مصرف کود دامی بیش از این میزان تا سطح ۴۰ تن کود دامی در هکتار موجب کاهش مقادیر صفات مذکور به ترتیب برابر با ۶، ۱۳ و ۲۸ درصد شد (شکل ۳- الف). به نظر می‌رسد که کودهای آلی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک (۴۰)، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تأثیر بر فراهمی و جذب بیشتر عناصر غذایی (۳۵)، سبب افزایش میزان فتوسنتز شدند (۵) که این مسئله در نهایت به افزایش عملکرد برگ، ساقه و غلاف انجامیده است. تینگلوم و همکاران (۲۰۱۲) میانگین عملکرد برگ ارقام کالاسین<sup>۱</sup>، موکداهان<sup>۲</sup>، ساکون ناخن<sup>۳</sup> و ناکن پانوم<sup>۴</sup> *Marsdenia Tinctoria* R. Br. و *Memecyln edule* Roxb. را ۴۵۸۰ کیلوگرم برگ در ایگر گزارش نمودند (۵۴). کوملکشوگلو و همکاران (۲۰۱۵) مجموع عملکرد برگ *Polygonum tinctorium* Ait. طی دو چین را ۳/۱ تن در هکتار گزارش نمودند (۱۸). سرحدی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر سطوح تنش خشکی بعد از تخلیه صفر، ۵۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و مقادیر نیتروژن (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر خصوصیات ریخت‌شناسی و سمه گزارش کردند که بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه جانبی در بوته و تعداد غلاف در بوته مربوط به عدم اعمال تنش خشکی و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با ۷۰/۹۸ سانتی‌متر، ۸/۷۳ شاخه جانبی در بوته و ۳۸۱/۱ غلاف در بوته به دست آمد (۴۶).



شکل ۳- اثر مقادیر کود دامی (الف) و تراکم بوته (ب) بر عملکرد برگ، ساقه و غلاف و سمه.

Figure 3. Effects of cow manure levels (A) and plant density (B) on leaf, stem and pod yield of true indigo.

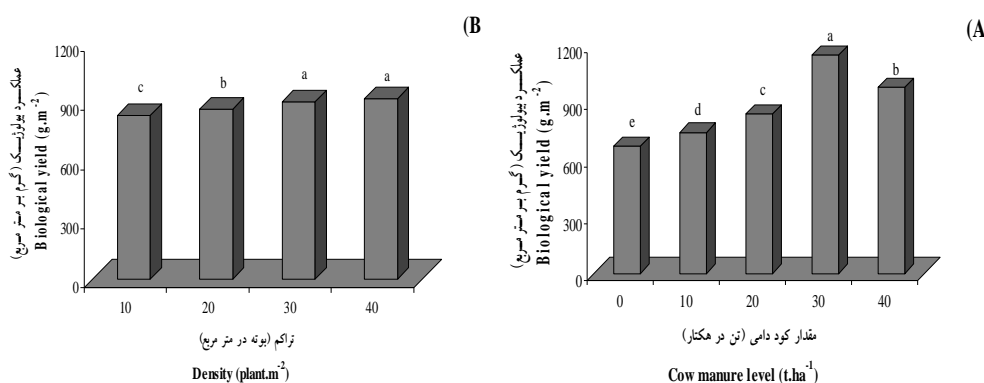
- 1- Kalasin
- 2- Mukdahan
- 3- Sakon Nakhon
- 4- Nakon Phanom

بیشترین مقادیر عملکرد برگ، ساقه و غلاف و سمه مربوط به تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به ترتیب با ۲۲۴/۳۷، ۳۶۳/۱۹ و ۳۳۹/۴۵ گرم بر مترمربع بود. میزان افزایش مقادیر صفات مذکور تحت تأثیر افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع به ترتیب برابر با ۵، ۶ و ۲۴ درصد محاسبه گردید. ولیکن افزایش تراکم از ۳۰ بوته در مترمربع به سطح ۴۰ بوته در مترمربع، کاهش به ترتیب ۲، ۲ و ۸ درصدی مقادیر صفات مذکور را به دنبال داشت (شکل ۳-ب). به نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالای گیاهی (۴۰ بوته در مترمربع)، کاهش دسترسی بوته‌ها به عوامل محیطی از قبیل نور، آب و عناصر معدنی (۴۳) از جمله عوامل بسیار تأثیرگذار در کاهش عملکرد برگ، غلاف و ساقه و سمه بوده است. عملکرد برگ از جمله شاخص‌های مهم میزان توسعه و وضعیت رشدی در گیاه و سمه است که افزایش یا کاهش تعداد برگ به‌طور مستقیم بر فتوسنتز و همچنین خصوصیات کیفی این گیاه شامل محتوی ایندیگو مؤثر می‌باشد (۵۴). تینگلوم (۲۰۰۶) اظهار داشت که عملکرد برگ و سمه به‌طور معنی‌داری متأثر از تراکم بوته می‌باشد. وی بهترین تراکم و سمه را برای تولید بیشترین عملکرد برگ (۱۰۹۴۹/۳۱ کیلوگرم بر ایکر) برابر با ۲۵×۶۰ سانتی‌متر گزارش نمود (۵۳). سالس و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که وسمه توانایی بالایی در رشد مجدد پس از برداشت داشته که این قابلیت در شرایط آب و هوایی گرم موجب افزایش عملکرد این گیاه می‌گردد. این محققان همچنین نتیجه گرفتند که عملکرد برگ این گیاه به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر تراکم بوته می‌باشد؛ به طوری‌که با افزایش تراکم از ۵ به ۲۰ بوته در مترمربع عملکرد برگ افزایش یافت (۴۵). دلیل تفاوت رشد و عملکرد وسمه در شرایط آب و هوایی مشهد با سایر مطالعات انجام شده روی این گیاه، به‌طور عمده‌ای مربوط به عوامل محیطی به ویژه درجه حرارت و رطوبت می‌باشد. طبق مطالعه آنجلینی و همکاران (۲۰۰۷) روی ژنوتیپ‌های وسمه مشخص گردید که عمده‌ترین عامل محیطی مؤثر بر عملکرد وسمه علاوه بر ویژگی‌های ژنتیکی، شرایط محیطی منطقه می‌باشد (۲).

**عملکرد زیست‌توده:** سطوح کود دامی و تراکم بوته به‌طور معنی‌داری عملکرد زیست‌توده وسمه را تحت تأثیر قرار داد ( $p \leq 0/01$ ) (جدول ۳). بیشترین و کم‌ترین عملکرد زیست‌توده به ترتیب برای مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار (۱۱۴۹/۷۳ گرم بر مترمربع) و شاهد (۶۷۱/۰۶ گرم بر مترمربع) مشاهده شد. با افزایش مصرف کود دامی از ۳۰ به ۴۰ تن کود دامی در هکتار، عملکرد زیست‌توده ۱۷ درصد کاهش یافت (شکل ۴-الف). به نظر می‌رسد که کود دامی با توجه به دارا بودن مقادیر مناسب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد (۵۱) باعث بهبود رشد اندام‌های رویشی و زایشی گیاه شده که در

نتیجه استفاده از این کود افزایش عملکرد زیست‌توده را در پی داشت. علاوه بر این، از آنجا که نیتروژن نقش اساسی را در ساختمان کلروفیل دارا بوده و مهم‌ترین عنصر مؤثر در ساخت پروتئین‌ها است، لذا افزایش مصرف کود دامی با افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش عملکرد برگ و ساقه شد (شکل ۳-الف) که افزایش عملکرد برگ و ساقه موجب بهبود عملکرد زیست‌توده گردید. کوملکشویگلو و همکاران (۲۰۱۵) دامنه عملکرد زیست‌توده *Polygonum tinctorium* Ait. را ۷/۷-۷/۵ تن در هکتار گزارش نمودند (۱۸).

از آنجا که گیاهان دارویی گونه‌هایی حاشیه‌ای و نسبتاً کم‌توقع هستند و نیاز آن‌ها نسبت به عناصر غذایی خاک به‌طور نسبی پایین می‌باشد (۵۸)، دلیل روند نزولی رشد را با افزایش بیش از حد کود دامی به خاک می‌توان به کودپذیری پایین این گیاه و سوزانیده شدن اندام‌های رویشی آن نسبت داد که در نتیجه کوددهی زیاد به دلیل بروز عکس‌العمل منفی گیاه، کاهش عملکرد کمی و سمه را موجب شده است. سالس و همکاران (۲۰۰۶) نیز اظهار داشتند که رشد این گیاه در سطوح بالای مصرف نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) واکنش منفی نسبت به سطوح پایین مصرف این عنصر نشان داد (۴۵).



شکل ۴- اثر مقادیر کود دامی (الف) و تراکم بوته (ب) بر عملکرد زیست‌توده و سمه.

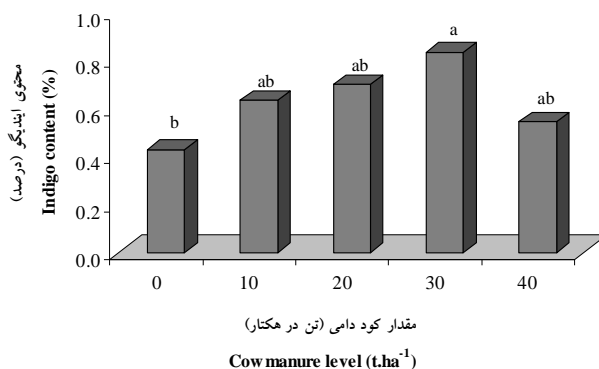
Figure 4. Effects of cow manure levels (A) and plant density (B) on biological yield of true indigo.

با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع عملکرد زیست‌توده و سمه ۱۰ درصد افزایش یافت؛ به طوری‌که بیشترین مقدار این صفت برای تراکم ۳۰ بوته در مترمربع (۹۱۵/۷۳) گرم بر مترمربع حاصل گردید. افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۴۰ بوته در مترمربع موجب کاهش ۱ درصدی



عملکرد زیست‌توده گردید (شکل ۴-ب). به احتمال زیاد در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع، فضا، شرایط محیطی و منابع غذایی از قبیل نور، آب و عناصر غذایی برای رشد بوته‌ها مطلوب بوده، بنابراین می‌توان اظهار داشت که افزایش عملکرد اندام‌های هوایی موجب افزایش عملکرد زیست‌توده شده است. سالس و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که عملکرد زیست‌توده و سمه به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر تراکم بوته می‌باشد؛ به طوری که با افزایش تراکم از ۵ به ۲۰ بوته در مترمربع عملکرد زیست‌توده افزایش یافت (۴۵). کوچکی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثر تراکم بوته (۶۰، ۷۰ و ۸۰ بوته در مترمربع) بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگو گزارش کردند که در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد حاصل شد (۲۷). مهرانزاده و چناری (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش تراکم گیاهی منجر به افزایش عملکرد گل خشک و عملکرد اندام‌های هوایی گاوزبان ایرانی شد (۳۳). نتایج پژوهشی دیگر مشخص نمود که در گیاه دارویی مرزه بیشترین عملکرد گل مربوط به تراکم ۴۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین میزان صفت مذکور تحت سطح تراکم ۱۵ بوته در مترمربع حاصل شده است. در پژوهشی دیگر، روی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی مرزه گزارش شد که بیشترین عملکرد گل در تراکم ۴۵ بوته در مترمربع مشاهده شد و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع کم‌ترین عملکرد ماده خشک گیاه دارویی مرزه (*Satureja montana*) را به خود اختصاص داد (۲۱). از طرف دیگر، در تراکم‌های بیش از حد مطلوب، عوامل محیطی و تابش خورشیدی به‌اندازه کافی در اختیار گیاه قرار نگرفتند و در تراکم‌های کم‌تر از حد مطلوب از امکانات محیطی موجود به‌نحو کارآمد استفاده نشده است (۱۳)، بنابراین در هر دو حالت مذکور عملکرد زیست‌توده کم‌تر از تراکم مطلوب (۳۰ بوته در مترمربع) به‌دست آمد.

**محتوی و عملکرد ایندیگو:** محتوی ایندیگو برگ و سمه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کود دامی قرار گرفت ( $p \leq 0/01$ ) (جدول ۳). با افزایش مصرف کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار میزان ایندیگو برگ ۶۳ درصد افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین میزان ایندیگو برای سطح کودی ۳۰ تن در هکتار (۰/۸۳ درصد) به‌دست آمد. افزایش مصرف کود دامی از ۳۰ به ۴۰ تن در هکتار به‌دلیل کاهش عملکرد برگ (شکل ۳-الف) موجب کاهش ۵۴ درصدی محتوی ایندیگو گردید (شکل ۵).

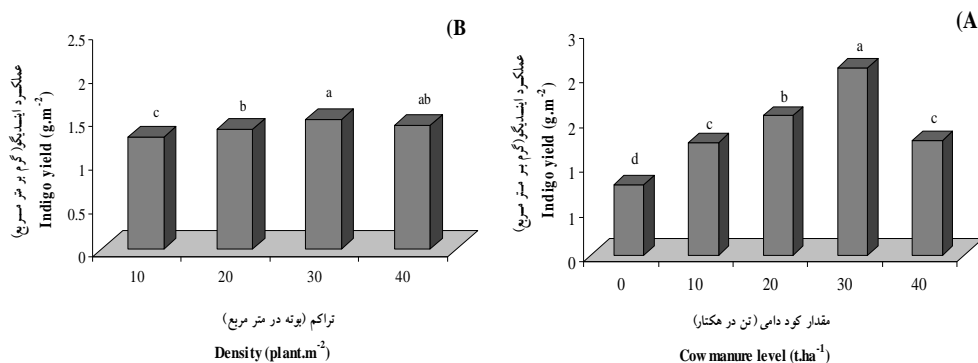


شکل ۵- اثر مقادیر کود دامی بر محتوی ایندیگو وسمه.

Figure 5. Effects of cow manure levels on indigo content of true indigo.

سالس و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که افزایش مصرف نیتروژن با بهبود حاصلخیزی خاک افزایش درصد ایندیگو را موجب گردید، ولی اثر تراکم بوته بر محتوی ایندیگو معنی‌دار نبود (۰/۴۵). از آنجا که تراکم‌های مختلف محتوی ایندیگو را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار نداد، به‌نظر می‌رسد که نور جذب شده در تاج‌پوشش وسمه بیوستتر ایندیگو را به‌عنوان یک متابولیت ثانویه تحت تأثیر قرار نمی‌دهد که این موضوع در تأیید یافته‌های سالس و همکاران (۲۰۰۶) است (۰/۴۵). پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که نور در شرایط آب و هوایی این منطقه عامل محدودکننده رشد این گیاه محسوب نمی‌شود. کانایات و همکاران (۲۰۰۲) محتوی ایندیگو حاصل از حالت‌های مختلف (تازه، نیمه‌خشک، خشک و تازه) دو گونه گیاهی *Baphicacanthus cusia* Brem. تازه، نیمه‌خشک، *Baphicacanthus cusia* Brem. خشک و *Indigofera tinctoria* Linn. تازه به‌ترتیب ۴۷۲/۲۷، ۳۱/۳۷، ۷/۸۹ و ۳۲۷/۳۳ میلی‌گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده گیاهی گزارش نمودند. کوملکشویگلو و همکاران (۲۰۱۵) دامنه محتوی ایندیکان و ایندیگو *Polygonum tinctorium* Ait. را به‌ترتیب ۰/۵-۱/۴۵ و ۰/۲۲-۰/۶۴ درصد گزارش نمودند (۰/۱۵). از آنجا که مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد وسمه و محتوی ایندیگو دمای بالا، شدت نور و بارندگی ناکافی می‌باشد (۰/۴۵ و ۰/۵۲)، لذا به‌نظر می‌رسد که علت عمده تفاوت مربوط به مقادیر ایندیگو در این آزمایش (تحت شرایط آب و هوای مشهد) با سایر مطالعات انجام شده مربوط به شرایط اقلیمی به ویژه درجه حرارت می‌باشد. طبق مطالعه آنجلینی و همکاران (۲۰۰۷) روی ژنوتیپ‌های وسمه مشخص گردید که عمده‌ترین عامل محیطی مؤثر بر ایندیگو ویژگی‌های ژنتیکی و شرایط محیطی منطقه می‌باشد (۰/۲).

اثر سطوح کود دامی و تراکم بوته بر عملکرد ایندیگو برگ و سمه معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود (جدول ۳). افزایش مصرف کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار افزایش ۹۷ درصدی عملکرد ایندیگو برگ را به دنبال داشت. در این پژوهش بیشترین عملکرد ایندیگو برگ گیاه و سمه در مقایسه با سایر سطوح کود دامی تحت کاربرد ۳۰ تن در هکتار (۲/۰۱ گرم بر مترمربع) حاصل گردید. افزایش مصرف کود دامی از ۳۰ به ۴۰ تن کود دامی در هکتار کاهش ۶۳ درصدی عملکرد ایندیگو را موجب گردید (شکل ۶- الف).



شکل ۶- اثر مقادیر کود دامی (الف) و تراکم بوته (ب) بر عملکرد ایندیگو و سمه.

Figure 6. Effects of cow manure levels (A) and plant density (B) on indigo yield of true indigo.

به طور کلی، افزایش مصرف کود دامی با بهبود حاصلخیزی خاک از طریق افزایش عملکرد برگ (شکل ۳- الف) موجب افزایش عملکرد ایندیگو گردید. نتایج مطالعه سالس و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن با بهبود حاصلخیزی خاک موجب بهبود عملکرد ایندیگو شد. البته به دلیل واکنش منفی رشد این گیاه در سطوح بالای مصرف نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، مقادیر بالای کودی کاهش عملکرد ایندیگو را نسبت به سطوح پایین مصرف این عنصر به دنبال داشت (۴۵). تحقیقات نشان داده است که کاربرد کودهای آلی در مقایسه با حاصلخیزکننده‌های شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به عنوان منبعی غنی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شمار آیند (۸) و به مرور این عناصر را در اختیار گیاه قرار دهند (۲۹)، ضمن این‌که این کودها به‌طور مؤثری منجر به بهبود ساختمان فیزیکی و ذخیره رطوبت خاک می‌شوند (۳۲). بر این

اساس، از آنجا که کیفیت و کمیت گیاهان دارویی- صنعتی در شرایط مصرف نهاده‌های شیمیایی کاهش می‌یابد و مصرف کودهای مذکور همچنین اثر نامطلوبی بر سلامت انسان دارد و موجب بروز انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد (۷)، لذا توصیه می‌شود در راستای تولید پایدار گونه‌های دارویی مصرف مقادیر مناسب انواع نهاده‌های آلی به ویژه کود دامی را مدنظر قرار داد.

با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، عملکرد ایندیگو برگ و سبزه ۱۶ درصد افزایش یافت. بیشترین عملکرد ایندیگو برگ در بین سطوح تراکم بوته به ۳۰ بوته در مترمربع (۱/۴۹ گرم بر مترمربع) اختصاص داشت. افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۴۰ بوته در مترمربع با افزایش رقابت و سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر برای جذب نور کاهش چهار درصدی عملکرد ایندیگو را به دنبال داشت (شکل ۶-ب). با افزایش تراکم از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، به احتمال زیاد تعادل مناسبی بین رشد رویشی و زایشی و سمه ایجاد شده و گیاه تعداد برگ بیشتری تولید کرده که در نهایت، منجر به افزایش عملکرد برگ (شکل ۳-ب) و عملکرد ایندیگو شده است. نتایج مطالعه سالس و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که تراکم بوته به‌طور معنی‌داری عملکرد ایندیگو را تحت تأثیر قرار داد (۴۵).

ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی و سمه در جدول ۵ نشان داده شده است.

همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، ضرایب همبستگی بین کلیه اجزای عملکرد و عملکرد و سمه شامل برگ، ساقه و زیست‌توده مثبت و معنی‌دار ( $p \leq 0/05$ ) بود. بالاترین ضریب همبستگی در بین این صفات مربوط به عملکرد ساقه با تعداد غلاف در بوته ( $r^2 = 0/974^{**}$ ) بود. ضرایب همبستگی بین عملکرد و عملکرد کمی و ایندیگو مشخص نمود که بیشترین ضریب همبستگی برای عملکرد برگ با عملکرد ایندیگو ( $r^2 = 0/974^{**}$ ) محاسبه شد (جدول ۵). بنابراین، وجود رابطه مثبت بین عملکرد با عملکرد ایندیگو نشان می‌دهد که به‌کارگیری هر گونه عملیات زراعی که بتواند عملکرد برگ را افزایش دهد، در نهایت، افزایش عملکرد ایندیگو را به دنبال خواهد داشت. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که بهترین راهکار جهت افزایش عملکرد ایندیگو به‌کارگیری مدیریت مناسب زراعی به‌منظور افزایش عملکرد برگ می‌باشد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی و سمه.

Table 5. -----

	عملکرد برگ Leaf yield	عملکرد ساقه Stem yield	عملکرد غلاف Pod yield	عملکرد زیست‌توده Biological yield	تعداد شاخه جانبی در بوته Branches number per plant	تعداد غلاف در بوته Pods number per plant	تعداد بذر در بوته Seeds number per plant	عملکرد ایندیگو Indigo yield
عملکرد برگ Leaf yield	1	0.952**	0.898**	0.943**	0.896**	0.932**	0.854**	0.828**
عملکرد ساقه Stem yield		1	0.931**	0.969**	0.935**	0.974**	0.923**	0.800**
عملکرد غلاف Pod yield			1	0.991**	0.914**	0.911**	0.873**	0.692**
عملکرد زیست‌توده Biological yield				1	0.935**	0.947**	0.899**	0.755**
تعداد شاخه جانبی در بوته Branches number per plant					1	0.887**	0.815**	0.784**
تعداد غلاف در بوته Pods number per plant						1	0.940**	0.787**
تعداد بذر در بوته Seeds number per plant							1	0.714**
عملکرد ایندیگو Indigo yield								1

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

\*\* represent significant at 1% probability level.

### نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که خصوصیات رشد، اجزای عملکرد و عملکرد برگ، ساقه، غلاف و ایندیگو و سمه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود دامی و تراکم بوته قرار گرفت. به طوری که افزایش مصرف کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار افزایش صفات مذکور را به دنبال داشت. البته افزایش بیش از حد مصرف کود دامی با برهم زدن تعادل بین رشد رویشی و زایشی موجب کاهش رشد و عملکرد کمی و کیفی شد. بر این اساس، توصیه می‌شود در راستای تولید پایدار گونه‌های دارویی و فراموش‌شده همچون سمه مصرف انواع نهاده‌های آلی به ویژه کود دامی را مدنظر قرار داد.

با توجه به وجود ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین اجزای عملکرد با عملکرد برگ و ایندیگو و سمه، پیشنهاد می‌شود که از راهکارهای مدیریت زراعی برای افزایش عملکرد برگ به منظور افزایش عملکرد ایندیگو استفاده گردد.

با افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، رشد، اجزای عملکرد و عملکرد برگ، ساقه، غلاف و ایندیگو و سمه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۴۰ بوته در مترمربع با تشدید سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر برای جذب نور کاهش صفات مذکور را موجب گردید. با توجه به تأثیر بسزای عوامل محیطی مؤثر بر رشد و محتوی ایندیگو و سمه به احتمال زیاد دلیل تفاوت مقادیر ایندیگو تحت تأثیر شرایط اقلیمی به ویژه درجه حرارت می‌باشد. بر این اساس، با توجه به این مطلب که تحقیقات بیشتری برای تعیین شرایط مطلوب رشد گیاه و سمه در شرایط مختلف اقلیمی مورد نیاز است و با در نظر گرفتن عدم کشت و کار این گیاه و کمبود پیشینه تاریخی آن، توصیه می‌شود که افزایش توسعه کشت و کار و سمه و وارد کردن آن به‌عنوان گیاهی جدید در بوم‌نظام‌های زراعی در راستای بهبود ایندیگو به‌عنوان جایگزینی برای رنگ‌های شیمیایی و مصنوعی مدنظر قرار گیرد.

### سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۲۹۷۱۴ مصوب ۱۳۹۲/۱۲/۲۶ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

### منابع

1. Adebisi, M.A., Ajala, M.O., Ojo, D.K. and Salau, A.W. 2005. Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. *J. Trop. Agric.* 43: 13-18.
2. Angelini, L., Tozzi, G.S., Nassi, N. and Nasso, D. 2007. Differences in leaf yield and indigo precursors production in woad (*Isatis tinctoria* L.) and Chinese woad (*Isatis indigotica* Fort.) genotypes. *Field Crop Res.* 101: 285-295.
3. Annie Felicia, F. and Muthulingam, M. 2012. Phytochemical and HPTLC studies of methanolic extract of *Indigofera tinctoria* (Fabaceae). *Int. J. Pharm. Life Sci.* 3(5): 1670-1674.
4. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. 2005. Influence of vermicompost on field strawberries. *Biores. Technol.* 93: 145-153.

5. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Sulber, S. and Metzger, J.D. 2001. Pig manure vermin compost as component of a horticultural bedding plant medium: effect on physiochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78:11-20.
6. Ayeen, A., and Shabani, M. 2005. Indigo agronomy (Neel) *Indigofera tinctoria* L. under hot and dry regions. *Zeytoon.* 186: 62-64. (In Persian)
7. Ayyobi, H., Olfati, J.A. and Peyvast, G.A. 2014. The effects of cow manure vermicompost and municipal solid waste compost on peppermint (*Mentha piperita* L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran. *The Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 3: 147–15.
8. Azeez, J.O., Van Averbeke, W. and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. *Biores. Technol.* 101: 2499–2505.
9. Balfour-Paul, J. 1998. Indigo. British Museum Press, London, Pp: 1–264.
10. Bangar, V.A. and Saralaya, M.G. 2011. Anti-hyperglycaemic activity of ethanol extract and chloroform extract of *Indigofera tinctoria* leaves in streptozotocin induced diabetic mice (Family- Papilionaceae). *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.* 2(1): 445-455.
11. Bechtold, T., Turcanu, A., Geissler, S. and Ganglberger, E. 2002. Process balance and product quality in the production of natural indigo from *Polygonum tinctorium* Ait. applying low-technology methods. *Biores. Technol.* 81: 171–177.
12. Berimavandi, A.R., Hashemabadi, D., Ghaziani, M.V.F. and Kaviani, B. 2011. Effects of plant density and sowing date on growth, flowering and quantity of essential oil of *Calendula officinalis*. *J. Med. Plant Res.* 5: 5110-5115.
13. Caliskan, M.E., Kusman, N. and Caliskan, S. 2009. Effects of plant density on the yield and yield components of true potato seed (TPS) hybrids in early and main crop potato production systems. *Field Crop Res.* 114: 223-232.
14. Campeol, E., Angelini, L.G., Tozzi, S. and Bertolacci, M. 2006. Seasonal variation of indigo precursors in *Isatis tinctoria* L. and *Polygonum tinctorium* Ait. as affected by water deficit. *Environ. Exp. Bot.* 58: 223–233.
15. Chanayath, N., Lhieochaiphant, S. and Phutrakul, S. 2002. Pigment extraction techniques from the leaves of *Indigofera tinctoria* Linn. and *Baphicacanthus cusia* Brem. and chemical structure analysis of their major components. *CMUJ.* 1(2): 149-160.
16. Chauhan, B.S. and Abugho, S.B. 2013. Effects of water regime, nitrogen fertilization, and rice plant density on growth and reproduction of lowland weed *Echinochloa crus-galli*. *Crop Prot.* 54: 142-147.
17. Chaves, F.C.M., Ming, L.C., Ehlert, P.A.D., Fernandes, D.M., Marques, M.O.M. and Meireles, M.A.A. 2002. Influence of organic fertilization on leaf and essential oil production of *Ocimum gratissimum* L. *Acta Hort.* 576: 273-275.

18. Comlekcioglu, N., Efe, L. and Karaman S. 2015. Extraction of indigo from some *Isatis* species and dyeing standardization using low-technology methods. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 58(1): 96-102.
19. El-Gendy S.A., Hosni A.M., Ahmed S.S., Ömer, E.A. and Reham, M.S. 2001. Variation in herbage yield and oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) var. 'Grande Verde' grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. *J. Agric. Sci.* 9: 915-933.
20. Gilbert, K.G., Maule, H.G., Rudolph, B., Lewis, M., Vandenburg, H., Tozzi, S. and Cooke, D. 2004. Quantitative analysis of indigo and indigo precursors in leaves of *Isatis* spp. and *Polygonum tinctorium*. *Biotechnol. Prog.* 20: 1289-1292.
21. Hekmati, M., Hadian, J. and Tabaei Aghdaei, S.R. 2012. Evaluating the effect of planting density on yield and morphology of savory (*Satureja khuzistanica* Jamzad). *Ann. Biol. Res.* 3: 4017-4022.
22. Hendawy, S.F., Ezz El-Din, A.A., Aziz, E. and Omer, E.A. 2010. Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ozean J. Appl. Sci.* 3: 203-216.
23. Karla, A. 2003. Organic Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants. A Hope for Sustainability and Quality Enhancement. *Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs)*. FAO.
24. Kavimani, S., Jaykar, B., De Clercq, E., Pannecouque, C., Witvrouw, M. and De Clercq, E. 2000. Studies on anti-HIV activity of *Indigofera tinctoria*. *Hamdard Med.* 43(1): 5-7.
25. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G.A., Seyedi, S.M. and Azizi, H. 2015. Effects of animal manure levels and bulb weights on yield, yield components and essential oil contents of black zira (*Bunium persicum* Bioss.). *J. Plant Prod. Res.* In Press (In Persian with English Summary)
26. Kizil, S., Arslan, N. and Khawar, K.M. 2007. Effect of different sowing densities on some characteristics of *Isatis tinctoria* L. and *Isatis constricta* Davis. and on the recovery of indicant. *Acta Agron. Hung.* 55(2): 251-260.
27. Koocheki, A., Bakhshaei, S., Tabarraei, A. and Jafari, L. 2014. Effect of plant density and planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.). *J. Agroecol.* 6(2): 229-237. (In Persian with English Summary)
28. Kun Lestari, W.F. 1998. Dyeing process with natural indigo: The Tradition and Technology. *Revival Natural Indigo dye.* Sept. 20-29.
29. Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Sci. Hort.* 124: 299-305.
30. Lu, R.G. 1986. Determination of indirubin and indigo in natural indigo (Qingdai) with dual wavelength spectrometry. *Chem. Pharml Bull.* 21: 72-74.



31. Maier, W., Schumann, B. and Gröger, D. 1990. Biosynthesis of indoxyl derivatives in *Isatis tinctoria* and *Polygonum tinctorium*. *Phytochemistry*. 29: 817–819.
32. Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z. and Schmidt-Rohr, K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. *Geoderma*. 146: 353–362.
33. Mehranzadeh, M. and Chenari, M. 2012. Study of the effects of plant density and planting methods on yield and yield components of Iranian borage (*Echium amoenum*) in Khusetan of Iran. *Adv. Environ. Biol.* 6: 1682-1687.
34. Mir, B., Ghanbari, A., Ravan, S. and Asgharipour, M. 2011. Effects of plant density and sowing date on yield and yield components of *Hibiscus sabdarij* in Zabol region. *Adv. Environ. Biol.* 5: 1156-1161.
35. Motta, S.R. and Maggiore, T. 2013. Evaluation of nitrogen management in maize cultivation grows on soil amended with sewage sludge and urea. *Europ. J. Agron.* 45: 59-67.
36. Mozaffarian, V.A. 2006. Culture of Iranian Names. Publishing Contemporary Culture, Tehran, 740p. (In Persian)
37. Mukherjee, B.S.K. 2001. Textbook of Soil Science, 2/E. Tata McGraw-Hill Education, 1 Nov. 433p.
38. Muthulingam, M., Mohandoss, P., Indra, N. and Sethupathy, S. 2010. Antihepatotoxic efficacy of *Indigofera tinctoria* (Linn.) on paracetamol induced liver damage in rats. *Int. J. Pharm. Biomed. Res.* 1(1): 13-18.
39. Nadkarni, K.M. 1998. Indian Medicinal Plants and Drugs-with their Medicinal Properties and Uses. Asiatic Publishing House New Delhi. 450p.
40. Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y. and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. *Biores. Technol.* 99: 1672-1681.
41. Patra, D.D., Anwar, M. and Chand, S. 2000. Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese mint and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. *Agric. Ecosyst. Environ.* 80: 267-275.
42. Rahbarian, P. 2014. Effects of manure on growth medical plant in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). *Europ. J. Exp. Biol.* 4(2): 357-360.
43. Ren, X., Zhang, L., Du, M., Evers, J.B., Van der Werf, W., Tian, X. and Li, Z. 2013. Managing mepiquat chloride and plant density for optimal yield and quality of cotton. *Field Crop. Res.* 149: 1-10.
44. Sabet Teimouri, M., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2012. Comparison of essential oil percent of Gol-e-Arvaneh Bezghi (*Hymenocrater platistegius* Rech. F.) in six habitats of Khorasan province, Iran. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 12: 643-646.

45. Sales, E., Kanhonou, R., Baixauli, C., Giner, A., Cooke, D., Gilbert, K., Arrilaga, I., Segura, J. and Ros, R. 2006. Sowing date, transplanting, plant density and nitrogen fertilization affect indigo production from *Isatis* species in a Mediterranean region of Spain. *Ind. Crop Prod.* 23: 29-39.
46. Sarhadi, H., Afsharmanesh, G.R. and Mokhtari, Z. 2012. Effect of drought stress on some morphological traits and seed yield of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) under different levels of nitrogen. *Trends Life Sci.* 3(4): 74-78.
47. Savithramma, N.C.H. and Rao, S.K.N. 2007. Treatment in asthma of dry powder of *Indigofera tinctoria* Linn. *J. Ethnopharmacol.* 113: 54-61.
48. Scheffer, M.C., Ronzelli Junior, P. and Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. *Acta Hort.* 331: 109-114.
49. Shalaby, A.S. and Razin, A.M. 2009. Dense cultivation and fertilization for higher yield of thyme (*Thymus vulgaris*). *J. Agron. Crop Sci.* 168: 243-248.
50. Sharma, R.N. and Prasad, R. 1990. Effect of seed rates and row spacing in fennel cultivars. *Ind. J. Agron.* 35: 455-456.
51. Sharpley, A.N., McDowell, R. and Kleinman, P.J.A. 2004. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 2048-2057.
52. Stoker, K.G., Cooke, D.T. and Hill, D.J. 1998. An improved method for the large-scale processing of woad (*Isatis tinctoria*) for possible commercial production of woad indigo. *J. Agric. Eng. Res.* 71: 315-320.
53. Teanglum, A. 2006. A study of botany characteristics, an increase of leaves produce, an amount of color, and powdered indigo dye of the curved pod indigo plant (*Indigofera tinctoria* L.). Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat Unbiversity.
54. Teanglum, A., Teanglum, S. and Saithong, A. 2012. Selection of indigo plant varieties and other plants that yield indigo dye. *Procedia Eng.* 32: 184-190.
55. Tindal, D.L., Dufault, R.J., David Gangemi, J., Rushing, J. and Boyleston, L.J. 2002. Production and development of Nutraceuticals as alternative crops: implications for certification and branding: Part I. (Final Report Submitted to USDA-AMS, FSMIP), 25 November.
56. Tyagi, P.K., Rai, V.K., Pahria, A.K., Sambath Kumar, S., Singh, Y., Sharma, M. and Goyal, M. 2010. Preliminary phytochemical screening and evaluation of anti-inflammatory activity of ethanolic extract of leaves of *Indigofera tinctoria* Linn. *J. Curr. Pharm. Res.* 3(1): 47-50.
57. Weber, J., Kocowicz, A., Bekier, J., Jamroz, E., Tyszka, R., Debicka, M., Parylak, D. and Kordas, L. 2014. The effect of a sandy soil amendment with municipal solid waste (MSW) compost on nitrogen uptake efficiency by plants. *Europ. J. Agron.* 54: 54-60.
58. Yaniv, Z. and Bachrach, U. 2005. Handbook of Medicinal Plants. Food

- Products Press and the Haworth Medical Press, 500p.
59. Yanive, Z. and Palevitch, D. 1982. Effect of Drought on the Secondary Metabolites of Medicinal and Aromatic Plants. In: "Cultivation and Utilization of Medicinal Plants". (Eds.): Atal, C.K., and Kapur, B.M., CSIR Jammu-Tawi, India, 1-22p.
60. Zhang, S., Liao, X., Zhang, C. and Xu, H. 2012. Influences of plant density on the seed yield and oil content of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Ind. Crop Prod. 40: 27-32.

