



مقاله علمی - پژوهشی

اثر کاربرد کمپوست و ترکیب کمپوست و بیوپچار بر جرم مخصوص ظاهری خاک بستر کاشت و میزان ظهور و رشد اولیه گیاهچه اکوتیپ‌های زعفران

جلال قنبری^۱ و غلامرضا خواجهی نژاد^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۳ بهمن ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۹ تیر ۱۳۹۵

قنبری، ج.، و خواجهی نژاد، غ. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کمپوست و ترکیب کمپوست و بیوپچار بر جرم مخصوص ظاهری خاک بستر کاشت و میزان ظهور و رشد اولیه گیاهچه اکوتیپ‌های زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۶(۱): ۳۳-۱۷.

چکیده

ظهور جوانه زعفران به فشردگی و ساختمان خاک حساس است. جرم مخصوص ظاهری خاک به عنوان مهم‌ترین شاخص کیفیت فیزیکی خاک معرفی می‌شود. بر این اساس این آزمایش با هدف بررسی اثر کاربرد کمپوست و کمپوست-بیوپچار در بستر کاشت بر میزان ظهور و رشد اولیه گیاهچه اکوتیپ‌های زعفران و ارتباط آن با جرم مخصوص ظاهری خاک انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل بسترهای کاشت (بدون افزودن ماده آلی (شاهد)، اختلاط ۲۰ تن کمپوست در هکتار و اختلاط ۱۰ تن کمپوست + ۸ تن بیوپچار (مواد سلولزی درختان جنگلی) در هکتار) و اکوتیپ‌های مختلف زعفران (بجستان، استهبان، فردوس، گناباد، نطنز، قائن، سرایان، تربت حیدریه و زرنده) بودند. داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بین بسترهای کشت مورد تجزیه مرکب قرار گرفت. نتایج نشان داد کاربرد کمپوست و کمپوست-بیوپچار، پارامترهای ظهور جوانه اصلی و جوانه‌های فرعی و همچنین پارامترهای رشد برگ را نسبت به شاهد بهبود داد. در بین اکوتیپ‌ها زرنده، تربت حیدریه و استهبان نسبت به سایر اکوتیپ‌ها پاسخ متفاوتی از نظر درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی به نوع بستر کاشت نشان دادند. تنوع قابل توجهی در بین اکوتیپ‌ها از نظر تمام پارامترهای مورد مطالعه مشاهده شد که بیانگر سازگاری اکوتیپ‌ها به شرایط اقلیمی منشأ بینه بود. به‌طور کلی اکوتیپ‌های بجستان، فردوس و قائن از نظر سطح و وزن خشک برگ برتری نشان دادند. کمپوست و کمپوست-بیوپچار به‌طور معنی‌داری (۱۲ درصد) موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به شاهد شدند. تجزیه رگرسیون خطی نشان داد بین جرم مخصوص ظاهری و پارامترهای مورد بررسی ارتباط منفی وجود داشت و کاهش معنی‌داری در تمام پارامترهای مورد بررسی با افزایش جرم مخصوص ظاهری مشاهده شد.

کلمات کلیدی: بستر کاشت، زعفران، سرعت ظهور، ظهور گیاهچه، فشردگی خاک، کودهای آلی.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، انجمن پژوهشگران جوان، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲- دانشیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

*- نویسنده مسئول: (Khajoei@uk.ac)

مقدمه

زعفران به عنوان گران‌ترین ادویه در جهان شناخته می‌شود که از نظر ترکیبات فعال موجود در کلاله آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Melnyk et al., 2010). زعفران به دلیل دارا بودن خواص بیولوژیکی و زراعی منحصر به فرد (گل‌دهی پاییزه، غلبه بر شرایط نامطلوب فصلی، نیاز تغذیه‌ای اندک و سازگاری با خاک‌های فقیر و شرایط کم‌آبی) مناسب‌ترین گیاه جایگزین برای کشاورزی کم‌نهاده بوده و از توانایی تولید مناسب در سیستم‌های کشاورزی پایدار برخوردار است (Gresta et al., 2008). قدرت جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر استقرار گیاهچه و تولید محصول است. ظهور، رشد و فعالیت فتوسنتزی مناسب منجر به افزایش تعداد و وزن بنه‌های دختری در سال اول و عملکرد گل در سال‌های بعد در مزارع زعفران خواهد شد (Renau-Morata et al., 2012; Behdani & Fallahi, 2015). ساختمان خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ظهور گیاهچه در گیاهان مختلف و به خصوص زعفران می‌باشد. زعفران در مرحله ظهور جوانه گل و گیاهچه نسبت به فشردگی خاک حساس می‌باشد و در چنین شرایطی ظهور گل و به دنبال آن گیاهچه دچار اختلال می‌شود (Behdani & Fallahi, 2015).

فشردگی (تراکم) خاک سبب تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاهان شده که ممکن است منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه شود (Da Silva & Kay, 1996; Czyz, 2004; Sadras et al., 2005; Bushman et al., 2015). همچنین فشردگی خاک بر تأمین آب، تهویه خاک اثر منفی داشته و سبب مقاومت خاک در برابر ریشه‌های گیاه می‌شود (Soane & Van Ouwerkerk, 1995). برخی ویژگی‌های خاک مانند محتوای آب خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک به‌عنوان شاخص‌های با ارزش کیفیت فیزیکی برای طیف وسیعی

از خاک‌ها، گیاهان و سیستم‌های مدیریتی شناخته می‌شوند (Wilson et al., 2013). افزایش در جرم مخصوص ظاهری خاک در گندم (Latif et al., 2008; Wilson et al., 2013)، جو بهاره (Czyz, 2004)، ذرت (Dam et al., 2005) سبب کاهش در جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و در بسیاری موارد رشد گیاه و عملکرد نهایی شده است.

کودهای آلی با بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین بهبود ساختمان خاک بهترین گزینه برای تولید زعفران به شمار می‌روند (Gresta et al., 2008). کمپوست و بیوچار^۱ از مهم‌ترین کودهای آلی مؤثر بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک به‌شمار می‌روند. این مواد از جرم مخصوص ظاهری پایین و ساختار متخلخل برخوردار بوده و بنابراین در اثر اختلاط این مواد با خاک جرم مخصوص خاک به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Mukherjee et al., 2014; Guo et al., 2016). علاوه بر این باتوجه به اثرات مثبت متعدد بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، کمپوست به ثبات و افزایش تولید و کیفیت محصول کمک می‌کند. به این دلایل است که کمپوست به‌طور وسیع در سیستم‌های کشاورزی جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Amlinger et al., 2007; Fischer & Glaser, 2012). بیوچار از دیگر مواد آلی مورد استفاده برای اصلاح خاک است که حاصل فرایند حرارتی مواد آلی در عدم حضور اکسیژن می‌باشد (Lehmann & Joseph, 2009). این ماده به‌عنوان ابزاری جهت بهبود باروری خاک، کارکردهای اکوسیستم و ترسیب کربن جهت کاهش تغییرات اقلیمی شناخته می‌شود (Sohi et al., 2010). کاربرد این مواد به تنهایی یا به‌صورت مخلوط با هم سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش تولید در محصولات مختلف شده‌است (Sohi et al., 2010; Mukherjee et al., 2014; Tammeorg et al., 2014;

(Agegnehu et al., 2015; Guo et al., 2016).

مخصوص ظاهری خاک انجام شد.

تاکنون اثر مواد آلی بر میزان ظهور گیاهچه در شرایط مزرعه به ویژه در مورد گیاه زعفران مورد ارزیابی قرار نگرفته است. تنها در موارد محدودی (به عنوان نمونه: Lazcano et al., 2010) آزمایشات گلدانی جهت بررسی پاسخ جوانه زنی و ظهور گیاهچه به کودهای آلی مورد بررسی قرار گرفته است. این محققان اثر ورمی کمپوست را به صورت جامد و عصاره بر پارامترهای جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه نوعی کاج (*Maritime pine, Pinus pinaster Ait.*) در گلدان مورد بررسی قرار داده و اثر تیمارهای مذکور را بر بهبود جوانه زنی و رشد اولیه این گیاه گزارش کردند. دلیل تأثیر بر جوانه زنی را در بهبود ویژگی‌های فیزیکی بستر جوانه زنی (از جمله نگهداری رطوبت و تهویه بستر) پس از افزودن ورمی کمپوست جامد گزارش کردند. در ادامه به دلیل اثر مشابه تیمار با عصاره ورمی کمپوست (بدون ورمی کمپوست جامد) بر جوانه زنی نهایی نتیجه گرفتند که عوامل دیگری علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی مسئول بهبود جوانه زنی بوده است (Lazcano et al., 2010). همچنین مطالعات دیگری تحریک جوانه زنی بذر گندم در شرایط کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوجار *Oil mallee*، شلتوک برنج و کاه گندم تولید شده در دماهای ۷۰۰-۵۵۰ درجه سلسیوس (Solaiman et al., 2012) و همچنین ۱۰ تن در هکتار بیوجار لجن + تراشه و ضایعات چوب، تهیه شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس (Van Zwieten et al., 2010) را نشان می‌دهد در حالی که در سایر گیاهان همین میزان کاربرد، بدون تأثیر یا با تأثیر ممانعت‌کنندگی گزارش شده است و نتیجه‌گیری شده که تأثیر بیوجار در بین گونه‌های گیاهی مختلف متفاوت است (Solaiman et al., 2012)، بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی اثر این مواد آلی بر ظهور جوانه و رشد اولیه گیاه زعفران و ارزیابی قدرت و سرعت ظهور و رشد اولیه گیاهچه اکوتیپ‌های زعفران در پاسخ به اختلاط کمپوست و کمپوست + بیوجار با بستر کاشت و بررسی ارتباط آن با جرم

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش، تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان (طول جغرافیایی: ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی؛ عرض جغرافیایی: ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی؛ میانگین بارندگی سالانه: ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع: ۱۷۵۴ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل اختلاط مواد آلی با بستر کاشت (بدون کاربرد ماده آلی به عنوان شاهد، ۲۰ تن در هکتار کمپوست کود گاوی (انتخاب شده براساس نیاز زعفران، تجزیه خاک، محتوای عنصری کمپوست و منابع مورد بررسی) و ۱۰ تن کمپوست + ۸ تن بیوجار (براساس مقادیر مطلوب گزارش شده در منابع و براساس ۵۵/۰ درصد وزنی (Mukherjee et al., 2014) در هکتار) و اکوتیپ‌های مختلف زعفران شامل اکوتیپ‌های بجستان، استهبان، فردوس، گناباد، نطنز، قائن، سرایان، تربت حیدیه و زرنند بودند. طرح آزمایشی برای هر تیمار کودی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود و در نهایت جهت مقایسه بین عوامل آزمایش، داده‌های حاصل در بین بسترهای مختلف کشت مورد تجزیه مرکب قرار گرفتند.

بیوجار به کار رفته در این آزمایش از مواد اولیه سلولزی جمع‌آوری شده از چوب جنگل‌های شمال ایران بود که طبق فرایندهای زیر تهیه شد (Ghafourian, 2016):

الف- تبدیل مواد سلولزی به کربن در شرایط بی‌هوازی: قرار دادن به مدت ۲ ساعت در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس جهت تبخیر آب موجود؛ افزایش درجه حرارت تا ۲۸۰ درجه سلسیوس جهت خارج کردن مواد فرار به مدت ۴ ساعت؛ مرحله کربونیزاسیون و تشکیل شبکه متخلخل به مدت ۶ تا ۸ ساعت؛ و در نهایت خنک کردن کربن. ب- تولید مواد نانو: مواد کربنی در

کن برقی به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط شد. مشخصات بیوچار تولید شده و کمپوست مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

یک کوره دوار در درجه حرارت ۹۰۰-۱۰۵۰ درجه سلسیوس با استفاده از بخار با فشار ۴ بار تولید شد. ج- در نهایت ۹۰ درصد بیوچار با ۱۰ درصد (وزنی/وزنی) کربن نانو حفره در یک مخلوط

جدول ۱- ویژگی‌های کمپوست و بیوچار مورد استفاده
Table 1- Characterization of applied compost and biochar

نوع کود آلی Organic amendment type	شاخص واکنش pH		قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	کربن آلی Organic carbon (%)	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (%)
	کلرید کلسیم CaCl ₂	آب H ₂ O					
کمپوست Compost	8.2 (1:5)	8.83 (1:5)	5.38 (1:5)	8.8	15.1	0.8	0.19
بیوچار Biochar	7.75 (1:10)	8.75 (1:10)	0.001 (1:10)	19.1	32.9	0.3	0.05

۵۰ بوته در مترمربع (Koocheki & Seyyedi, 2015;)
۸۰ بوته در کرت) در مهرماه
سال ۱۳۹۴ کاشت شده و در روز انتهایی کاشت (۲۶ مهرماه)
آبیاری انجام شد. آبیاری دوم برای ظهور بهتر جوانه‌ها دو هفته
پس از آبیاری اول (Khorramdel et al., 2015)، آبیاری سوم
پس از گل‌دهی (۲۰ آذر ۱۳۹۴) و سپس بسته به میزان بارندگی
در ۴ نوبت دیگر انجام شد. وجین علف‌های هرز به صورت دستی
در طول فصل رشد انجام شد.

نمونه برداری و اندازه‌گیری‌ها

جهت بررسی روند ظهور جوانه‌ها پس از مرحله گل‌دهی،
جوانه‌های ظهور یافته شمارش شدند. بدین منظور در فواصل
زمانی ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۹، ۴۶، ۶۰ و ۹۵ روز پس از کاشت تعداد
جوانه‌های اصلی و فرعی ظهور یافته ثبت شد. درصد (EP)،
سرعت (ER) و میانگین زمان ظهور (MET) جوانه‌های اصلی و
فرعی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Maguire, 1962;
Orchard, 1977):

$$EP = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

عملیات زراعی

قبل از انجام عملیات زراعی به منظور تعیین ویژگی‌های
مختلف فیزیکی و شیمیایی نمونه برداری با الگوی تصادفی
(Estefan et al., 2013) از عمق ۲۰-۰ سانتی متری خاک نقاط
مختلف زمین (۱۰ نقطه) انجام شد و ۱۰ زیر نمونه (هر کدام به
وزن حدود ۲۰۰ گرم) به دو نمونه تبدیل و آنالیز شده و میانگین
دو نمونه ارائه شد (جدول ۲). جهت آماده‌سازی زمین در نیمه
تابستان ۹۴ زمین مورد نظر شخم و دیسک خورده و تسطیح شد.
تیمارهای آزمایش شامل کمپوست و بیوچار در سطح زمین
پخش شده و با بستر کاشت مخلوط و مرزبندی انجام شد. هر
کرت آزمایشی به ابعاد ۰/۸×۲ متر، به مساحت ۱/۶ مترمربع و
شامل چهار ردیف کاشت به طول دو متر، فاصله بین ردیف ۰/۲
متر، فاصله هر کرت فرعی از کرت فرعی مجاور ۵۰ سانتی متر و
فاصله بین هر تیمار بسترهای کاشت و بلوک‌های مجاور سه متر
اعمال شد. ردیف‌های کاشت به عمق ۱۰ سانتی متر (de Juan
et al., 2009) برای کاشت بنه‌ها آماده شد. بنه‌های هر اکوتیپ
زعفران از بنه‌های عاری از هر بیماری و سالم با جرم بین ۱۰-۴
گرم انتخاب و به فاصله ۱۰ سانتی متر روی هر ردیف با تراکم

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 2- Soil physical and chemical characterization of the studied site

بافت Texture	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm ⁻³)	شاخص واکنش pH		قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
		کلرید کلسیم CaCl ₂	آب H ₂ O	
لوم شنی Sandy-loam	1.45	7.27 (1:5)	7.34 (1:5)	1.18
کربن آلی Organic carbon (%)	آهک CaCO ₃ (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (Cmol(+) kg ⁻¹)	نیترژن N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg ⁻¹)
0.4	22.5	20	0.053	6.2

کلوخه استفاده شد (Estefan et al., 2013). بدین منظور از هر بستر کاشت در هر تکرار دو نمونه خاک در مرحله ظهور جوانه‌ها (۲۵ آبان ماه ۱۳۹۴) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد خشک شدند. از هر نمونه یک کلوخه با دقت برداشته و با نخ بسیار نازکی بسته‌شده و جرم آن تعیین شد (جرم کلوخه خشک (Wc)). برای تعیین حجم کلوخه از روش غوطه‌وری در آب استفاده شد. به این ترتیب که کلوخه با نخ را در پارافین مایع و گرم شده فرو برده به طوری که پارافین سطح تمام کلوخه را پوشاند (پوشش سفید رنگ روی تمام سطح)، سپس کلوخه بیرون آورده و تعیین جرم شد (جرم کلوخه+پارافین (Wc+p)). جرم پارافین (Wp) از کسر دو پارامتر بالا به دست آمد. به منظور تعیین حجم کلوخه، کلوخه+پارافین را در آب فرو برده و تغییر حجم آب یادداشت شد (حجم کلوخه+پارافین (Vc+p)). با توجه به جرم مخصوص پارافین (۰/۰۸ g cm⁻³) و با استفاده از جرم پارافین، حجم پارافین محاسبه شد و با کسر آن از Vc+p، حجم کلوخه (Vc) به دست آمد. در نهایت از رابطه زیر جرم مخصوص ظاهری (BD) خاک محاسبه شد:

$$BD (g cm^{-3}) = \frac{Wc}{Vc} \quad (4)$$

آنالیز آماری

داده‌های حاصل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در

که در آن n: تعداد گیاهچه ظهور یافته؛ N: تعداد بنه کاشته شده می‌باشد.

$$ER = \sum_{i=1}^n \frac{Se}{D} \quad (2)$$

که در آن Se: ظهور روزانه گیاهچه؛ D: تعداد روز تا اندازه-گیری می‌باشد.

$$MET = \frac{\sum DN}{\sum N} \quad (3)$$

که در آن N: تعداد گیاهچه ظهور یافته در روز D ام؛ D: تعداد روز می‌باشد.

در نیمه دی ماه (۷۹ روز پس از کاشت) جهت تعیین میزان رشد از هر کرت نمونه‌برداری انجام شده و طول، سطح برگ و جرم خشک برگ اندازه‌گیری شد. سطح برگ (LA) با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل WinArea_UT_11 اندازه‌گیری شد. نظر به اینکه گل‌دهی در زعفران همان‌طور که در برخی منابع ذکر شده‌است، در سال اول آزمایش بیشتر تحت تأثیر خصوصیات بنه می‌باشد، بنابراین با توجه به اینکه نتایج عملکرد در سال اول آزمایش از اعتبار کافی برخوردار نیست، ارائه نتایج عملکرد و خصوصیات کیفی در سال اول مناسب به نظر نمی‌رسید و این مطالعه بیشتر با تأکید بر اثر مواد آلی مورد استفاده بر وضعیت فیزیکی خاک و ارتباط آن با ویژگی‌های ظهور و رشد گیاهچه انجام شد.

برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک از روش

نظر ویژگی‌های درصد، سرعت و میانگین زمان ظهور جوانه اصلی متفاوت بود (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود کاربرد کودهای آلی در بستر کاشت در مقایسه با عدم کاربرد (شاهد) اثر معنی‌داری بر میزان و سرعت ظهور جوانه در اکوتیپ‌های بجستان، فردوس، گناباد، نطنز، قائن و سرایان نداشت در حالی که در اکوتیپ زرنند در تیمارهای کمپوست و کمپوست+بیوپچار، افزایش معنی‌داری در درصد (به ترتیب ۳۷ و ۸۹ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (به ترتیب ۳۸ و ۸۶ درصد) و همچنین کاهش معنی‌داری در میانگین زمان جوانه‌زنی (به ترتیب ۳۵ و ۹۳ درصد برای کمپوست و کمپوست+بیوپچار) مشاهده شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). در اکوتیپ استهبان تنها تیمار کمپوست+بیوپچار منجر به افزایش معنی‌دار درصد و سرعت ظهور در مقایسه با شاهد شد (شکل‌های ۱ و ۲). اکوتیپ‌های بجستان، فردوس و گناباد در تمامی تیمارهای بستر کاشت واکنش مناسبی از نظر درصد و سرعت ظهور نشان دادند (شکل‌های ۱ و ۲) در حالی که کمترین میانگین زمان ظهور نیز در همین اکوتیپ‌ها مشاهده شد (شکل ۳). در مقابل اکوتیپ‌های نطنز و زرنند از کمترین میزان و سرعت ظهور و بنابراین بیشترین میانگین زمانی ظهور جوانه برخوردار بودند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳).

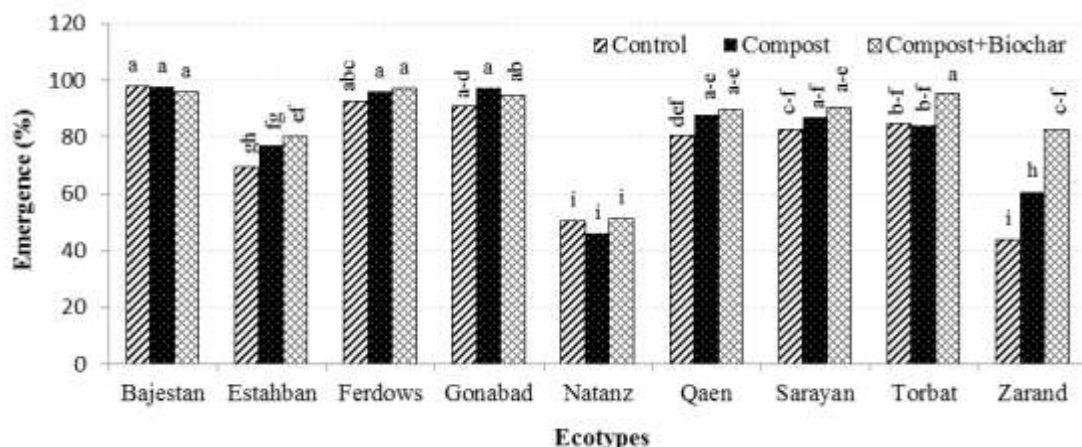
بسترهای مختلف کاشت مورد تجزیه مرکب قرار گرفت. تجزیه واریانس توسط نرم افزار SAS ver.9.0 انجام شد (SAS Institute, 2004). میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. جهت بررسی روابط بین پارامترهای مورد بررسی، ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم افزار SPSS ver. 17.0 محاسبه شد. همچنین بررسی ارتباط بین جرم مخصوص ظاهری خاک و ویژگی‌های ظهور جوانه و رشد گیاه با روش رگرسیون خطی توسط نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصله نشان داد اثر تیمار بستر کاشت و اکوتیپ بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). واکنش اکوتیپ‌ها در بسترهای مختلف کاشت تنها از نظر درصد ظهور، سرعت ظهور و میانگین زمان ظهور جوانه متفاوت بود. در مورد سایر صفات مورد مطالعه اثر متقابل معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

بررسی ویژگی‌های ظهور جوانه اصلی

واکنش اکوتیپ‌های مختلف زعفران در بسترهای کاشت از



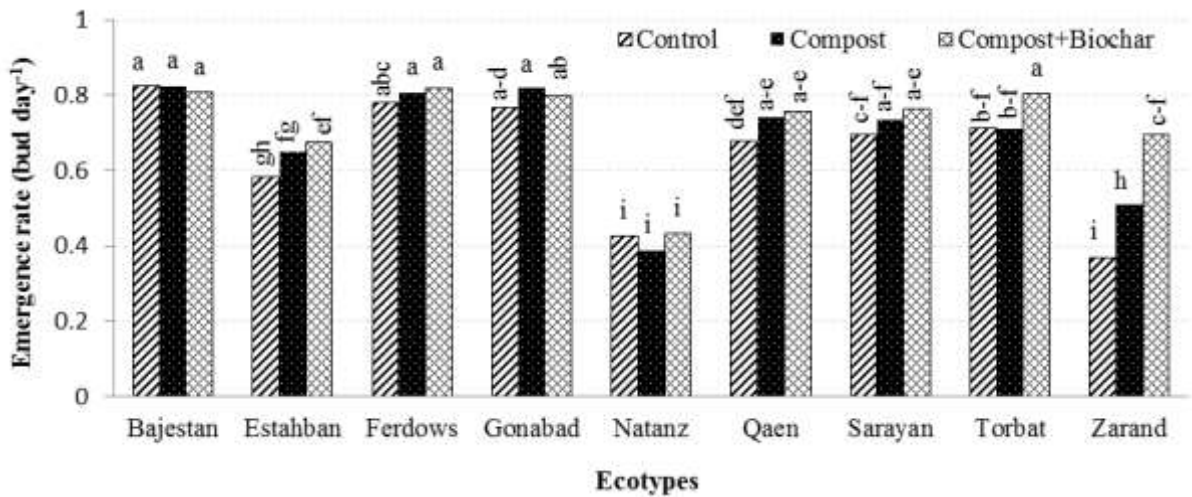
شکل ۱- اثر متقابل بستر کاشت×اکوتیپ بر درصد ظهور جوانه زعفران
Figure 1- Interaction effects of planting bed×ecotype on emergence percent of saffron bud.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (ماندگین مربعیات) ویژگی های ظهور و رشد گیاهچه در اکوتیپ های مختلف زعفران در پاسخ به تیمار بستر کاشت با کودهای آلی
 Table 3- Results of analysis of variance (mean squares) for seedling emergence and growth parameters of saffron ecotypes in response to treatment of planting bed with organic amendments

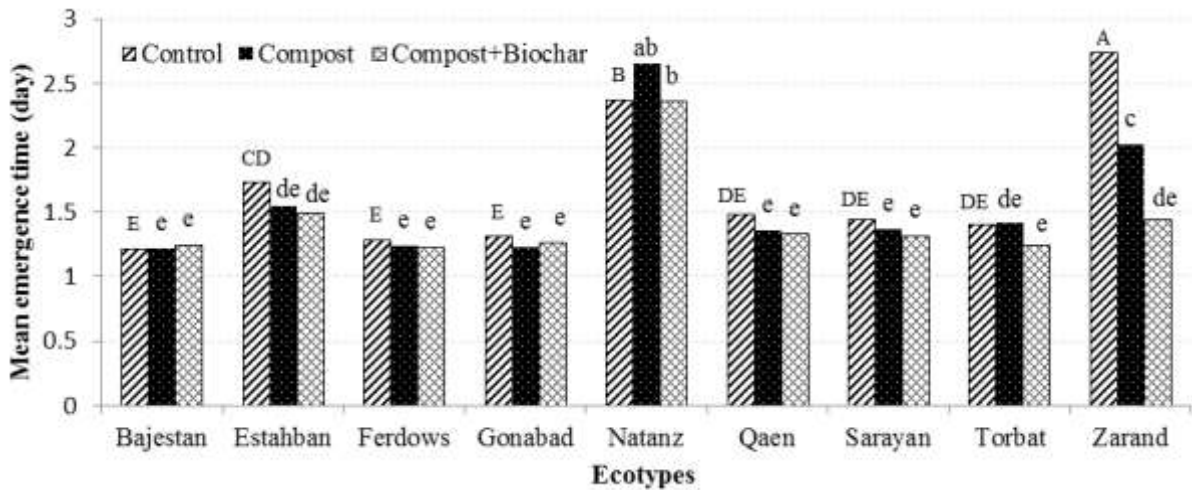
منابع تغییر Sources of variation	ظهور جوانه اصلی (Main bud emergence)				ظهور جوانه های فرعی (Lateral buds)				ویژگی های برگ (Leaf parameters)		
	df	درصد Percent	سرعت Rate (bud.day ⁻¹)	زمان Time (day)	تعداد Number	سرعت Rate (bud.day ⁻¹)	زمان Time (day)	طول Length (cm)	سطح Area (cm ² .corm ⁻¹)	وزن خشک Dry weight (g.corm ⁻¹)	
بستر کاشت Planting bed (PB)	2	596.4**	0.042**	0.359**	0.792**	0.72**	0.725**	39.0**	44.31**	0.009**	
تکرار (بستر کاشت) R (PB)	6	24.0	0.002	0.014	0.027	0.024	0.042	1.64	3.51	0.0006	
اکوتیپ Ecotype (E)	8	2400**	0.170**	1.65**	3.34**	2.3**	1.39**	15.5**	30.82**	0.014**	
بستر کاشت×اکوتیپ PB×E	16	118.5**	0.008**	0.137**	0.074 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.088 ^{ns}	1.90 ^{ns}	4.39 ^{ns}	0.003 ^{ns}	
خطا Error	48	30.7	0.002	0.033	0.133	0.067	0.072	1.49	4.09	0.002	
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	6.80	17.89	11.75	18.95	19.63	28.94	8.07	17.79	21.47	

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیر معنی دار.

**، * and ns show significant at 1 %, 5% and non-significant, respectively.



شکل ۲- اثر متقابل بستر کاشت×اکوتیپ بر سرعت ظهور جوانه زعفران
 Figure 2- Interaction effects of planting bed×ecotype on emergence rate of saffron bud.



شکل ۳- اثر متقابل بستر کاشت×اکوتیپ بر میانگین زمان ظهور جوانه زعفران
 Figure 3- Interaction effects of planting bed×ecotype on mean emergence time of saffron bud.

ویژگی‌های ظهور، با توجه به واکنش مناسب اکثر اکوتیپ‌ها به مواد آلی کاربردی، در مجموع تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مواد آلی به کار رفته در بستر کاشت نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۳، داده‌های مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داده نشده است). با توجه به جدول ۳ به نظر می‌رسد درصد قابل توجهی از تغییر، حاصل تفاوت ظهور بین اکوتیپ‌ها باشد (جدول ۳ و شکل‌های ۱، ۲ و ۳). اکوتیپ‌های مورد مطالعه از نقاط مختلف کشور با اقلیم‌های متفاوت جمع‌آوری شدند و بسته به نوع اقلیم تنوع قابل توجهی از نظر ظهور می‌تواند در آن‌ها وجود

ظهور جوانه فرایندی داخلی است که به‌طور عمده توسط ژنوتیپ تحت تأثیر قرار می‌گیرد هرچند فرایندهای خارجی نظیر رطوبت و حضور ترکیبات شیمیایی نیز می‌توانند سبب تحریک یا بازداری آن شود (Kucera et al., 2005). همان‌طور که مشاهده شد با وجود افزایش نسبی در درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش نسبی در زمان ظهور گیاهچه با کاربرد کودهای آلی، واکنش درصد ظهور گیاهچه اکثر اکوتیپ‌ها (به جز اکوتیپ‌های زرد و استهبان) به کاربرد کمپوست و بیوجار در بستر کاشت باوجود افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. اما از نظر تمام

داشته باشد (Behdani & Fallahi, 2015). بر این اساس یکی از دلایل مهم تفاوت در میزان و سرعت جوانه‌زنی را می‌توان در سازگاری یا عدم سازگاری این اکوتیپ‌ها به تاریخ کاشت بنه‌ها در این تحقیق نسبت داد. تفاوت ژنوتیپی در جوانه‌زنی و ظهور در مطالعه‌ای دیگر گزارش شده‌است (Lazcano et al., 2010). البته نقش بستر کاشت را نمی‌توان نادیده گرفت (جدول ۳). به-عنوان نمونه کاربرد کمپوست و مخلوط کمپوست+بیوجار به-ترتیب سبب افزایش ۶ و ۱۲ درصدی در درصد و سرعت ظهور و کاهش میانگین زمان ظهور از ۱/۶۶ روز در تیمار عدم کاربرد به ۱/۵۶ و ۱/۴۳ روز در تیمار کاربرد کمپوست و کمپوست+بیوجار شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). اثرات این مواد بر ظهور گیاهچه را می‌توان به دلیل نقش آن‌ها در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک بستر ظهور جوانه از جمله تهویه در نتیجه‌ی کاهش جرم مخصوص ظاهری (Zhang et al., 2010; Case et al., 2012; Mukherjee et al., 2014; Tammeorg et al., 2016; Guo et al., 2014)، قابلیت نگهداری رطوبت (Tammeorg et al., 2014; Agegnehu et al., 2015;) (Guo et al., 2016) و همچنین در اثرات تغذیه‌ای مواد آلی (Lazcano et al., 2010) دانست. در یک آزمایش گلدانی اثر ورمی‌کمپوست بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه *Pinus pinaster* Ait. مورد بررسی قرار گرفت و اثر این ماده آلی بر بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گزارش شده‌است (Lazcano et al., 2010). در این بررسی اثر مثبت مواد شبه کمپوست به دلیل وجود مواد هیومیکی در ترکیبات آن‌ها و همچنین ویژگی‌های فیزیکی این مواد عنوان شده‌است. همچنین تغییر در وضعیت تغذیه‌ای خاک ممکن است بر جوانه-زنی و رشد گیاهچه مؤثر باشد (Van Zwieten et al., 2010). با این حال اثر بیوجار بر جوانه‌زنی و رشد اولیه در بین گونه‌های گیاهی متفاوت است. به‌عنوان نمونه کاربرد بیوجار (۱۰ تن در هکتار) موجب تحریک جوانه‌زنی گندم شده‌است (Van

بررسی ویژگی‌های ظهور جوانه‌های فرعی

تعداد، سرعت و زمان ظهور جوانه فرعی در هر بنه در بین بسترهای کاشت و اکوتیپ‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۴). تیمار بستر کاشت با کمپوست و کمپوست+بیوجار به‌ترتیب سبب افزایش ۱۹/۵ و ۱۲/۶ درصدی در تعداد و ۲۴/۸ درصدی در سرعت ظهور جوانه فرعی در بنه شده و میانگین زمان ظهور هر جوانه فرعی را به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۳ روز کاهش داد (جدول ۴). اکوتیپ تربت حیدریه بیشترین تعداد (۲/۶۶ جوانه فرعی در بنه) و سرعت ظهور جوانه فرعی (۱/۹۸ جوانه در روز) و بنابراین کمترین میانگین زمان ظهور را دارا بود که از نظر این پارامترها با اکوتیپ فردوس اختلاف معنی‌داری نشان نداد در مقابل اکوتیپ‌های گناباد، قاین و زرنند کمترین تعداد و سرعت ظهور و بیشترین میانگین زمان ظهور جوانه فرعی را دارا بودند (جدول ۴). اثر متقابل اکوتیپ در بستر کاشت بر صفات ظهور جوانه فرعی معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد اکوتیپ‌ها واکنش ظهور مشابهی نسبت به بسترهای مختلف کاشت نشان دادند (جدول ۳).

زعفران گیاهی است که به واسطه تکثیر رویشی آن توسط بنه در سال اول آزمایش ظهور، رشد و عملکرد مناسبی نشان نمی‌دهد؛ اما می‌توان با تحریک رشد توسط تغذیه و عوامل مدیریتی مناسب، رشد رویشی و در نتیجه عملکرد بنه‌های خواهری را افزایش داده که این مسئله برای بهبود عملکرد در سال‌های آتی در مزارع زعفران بسیار حیاتی خواهد بود (Gresta

۱-Mung bean (*Vigna radiata* L.)

۲-Subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.)

(جدول ۴). نتایج بررسی ارتباط بین درصد و سرعت ظهور جوانه‌های اصلی و جوانه‌های فرعی نیز بیانگر ارتباط مثبت و معنی‌دار ($r=0/489$; $P<0/01$) بین سرعت ظهور جوانه اصلی و سرعت ظهور جوانه فرعی بود. همچنین بین افزایش سرعت ظهور جوانه فرعی و تعداد جوانه فرعی در بینه همبستگی معنی‌داری مشاهده شد ($r=0/843$; $P<0/01$) (جدول ۵). این نتایج نشان دهنده‌ی ارتباط مستقیم و مثبت بین ویژگی‌های ظهور جوانه در بینه‌های زعفران می‌باشد.

(et al., 2008; Renau-Morata et al., 2012). ظهور جوانه‌های فرعی تا حد زیادی وابسته به قدرت استقرار، رشد و فتوسنتز جوانه اصلی است، بنابراین گیاهانی که از قدرت ظهور و رشد بیشتری برخوردارند عملکرد بینه و جوانه فرعی بیشتری تولید می‌کنند. همان‌طور که مشاهده شد تیمار با کمپوست و کمپوست بیوچار به دلیل اثرات مثبتی که بر میزان و سرعت ظهور جوانه‌های اصلی داشتند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) در نتیجه بر ظهور و رشد جوانه‌های فرعی نیز نقش مثبت خود را نشان دادند

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های مختلف ظهور و رشد گیاهچه زعفران در بین تیمارهای بستر کاشت و اکوتیپ‌های مختلف
Table 4- Means comparison of different emergence and growth parameters of saffron seedlings among planting bed treatments and different ecotypes

تیمارها Treatments	ظهور جوانه‌های فرعی (Lateral buds emergence)			پارامترهای برگ (Leaf parameters)		
	تعداد No. (corm)	سرعت Rate (bud.d ⁻¹)	زمان Time (d)	طول Length (cm)	سطح Area (cm ² .corm ⁻¹)	وزن خشک Dry weight (g.corm ⁻¹)
بستر کاشت Planting bed						
شاهد Control	1.74 ^c	1.13 ^b	1.12 ^a	13.7 ^b	9.93 ^b	0.205 ^b
کمپوست Compost	2.08 ^a	1.41 ^a	0.85 ^b	15.7 ^a	11.80 ^a	0.231 ^a
کمپوست+بیوچار Com+Biochar	1.96 ^b	1.41 ^a	0.82 ^b	15.9 ^a	12.39 ^a	0.238 ^a
اکوتیپ Ecotypes						
بجستان Bajestan	1.79 ^d	1.46 ^b	0.71 ^b	16.7 ^a	14.6 ^a	0.286 ^a
استهبان Estahban	2.52 ^{ab}	1.59 ^b	0.65 ^b	12.3 ^d	8.0 ^d	0.150 ^d
فردوس Ferdows	2.43 ^{abc}	1.95 ^a	0.52 ^b	15.7 ^{ab}	12.7 ^{ab}	0.252 ^{ab}
گناباد Gonabad	1.05 ^e	0.84 ^c	1.23 ^a	15.7 ^{ab}	10.5 ^{bc}	0.211 ^{bc}
نطنز Natanz	2.12 ^{cd}	0.89 ^c	1.26 ^a	14.2 ^c	10.3 ^c	0.195 ^{cd}
قائن Qaen	1.12 ^e	0.81 ^c	1.31 ^a	16.4 ^a	12.6 ^{ab}	0.261 ^{ab}
سرایان Sarayan	2.23 ^{bc}	1.62 ^b	0.63 ^b	15.5 ^{abc}	11.7 ^{bc}	0.236 ^{bc}
تربت Torbat	2.66 ^a	1.98 ^a	0.52 ^b	14.8 ^{bc}	11.3 ^{bc}	0.219 ^{bc}
زرند Zarand	1.41 ^e	0.73 ^c	1.51 ^a	14.8 ^{bc}	10.7 ^{bc}	0.212 ^{bc}

مقادیر با یک حرف مشابه از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند ($P<0/05$).

Values followed by the same letter are not significantly different at $p<0.05$ based on Duncan multiple range test (DMRT).

فرعی به این دلیل است که پارامترهای برگ زمانی مورد بررسی قرار گرفت که جوانه‌های جانبی یا ظاهر نشده بودند یا در صورت ظهور از برگ‌های بسیار ظریف و کوچک برخوردار بودند که این برگ‌ها آنچنان نقشی در ویژگی‌های برگ‌گی مورد بررسی در بنه نداشتند (جدول ۵).

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود بین طول و سطح برگ ($r=0/832$; $P<0/01$) و همچنین بین طول و سطح برگ با وزن خشک برگ (به ترتیب $r=0/834$; $P<0/01$ و $r=0/955$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. در نتیجه می‌توان گفت که افزایش در طول برگ که نتیجه سرعت ظهور گیاهچه بوده منجر به افزایش در سطح برگ و نهایتاً در وزن خشک برگ می‌شود. اثر مثبت کاربرد ۱۰ تن بیوپچار در هکتار بر وزن خشک گیاهچه، طول و وزن خشک ریشه در گندم، ماش و نوعی شبدر گزارش شده است (Solaiman et al., 2012). این ویژگی در بیوپچار به دلیل افزایش در حاصل‌خیزی خاک و قابلیت نگهداری عناصر می‌باشد (Fischer & Glaser, 2012). گزارش شده که کاربرد بیوپچار، کمپوست و مخلوط آن‌ها سبب افزایش قابلیت دسترسی و استفاده از عناصر و در نتیجه افزایش عملکرد در بادام‌زمینی شده است (Agegnehu et al., 2015). تامئورگ و همکاران (Tammeorg et al., 2014) اثر بیوپچار را موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب گزارش کردند. شاخص سطح برگ و عملکرد گندم در این بررسی تحت تأثیر بیوپچار قرار نگرفت که دلیل آن را در محتوای عنصری پایین بیوپچار گزارش کردند. در این بررسی اثر معنی‌دار بیوپچار بر سطح برگ زعفران به دلیل افزایش در ویژگی‌های ظهور گیاهچه بوده که منجر به افزایش رشد اولیه و سطح برگ شده است. از طرف دیگر بیوپچار در این بررسی با کمپوست به صورت مخلوط به کار برده شد که کمپوست از محتوای عنصری مناسبی برخوردار است.

کمپوست و بیوپچار به دلیل نقش مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی (Mukherjee et al., 2014; Guo et al., 2016) و نقش تغذیه‌ای و باروری خاک (Amlinger et al., 2007; Sohi et al., 2010; Agegnehu et al., 2015) می‌توانند منجر به افزایش جوانه‌زنی، ظهور و رشد محصول شوند (Van Zwieten et al., 2010). اثر مثبت کمپوست بر عملکرد بنه و تولید زعفران توسط کوچکی و سیدی (Koocheki & Seyyedi, 2015) گزارش شده است.

بررسی ویژگی‌های رشد اولیه برگ

کاربرد کمپوست و کمپوست+بیوپچار در بستر کاشت منجر به افزایش معنی‌دار در طول، سطح و وزن خشک برگ شد. تیمارهای آلیدر مقایسه با عدم کاربرد (شاهد) به ترتیب سبب افزایش ۱۴/۶ و ۱۶ درصد در طول، ۱۹ و ۲۰ درصد در سطح و ۱۳ و ۱۶ درصد در وزن خشک برگ شدند (جدول ۴). در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی بجستان، قائن و فردوس در هر سه پارامتر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند در مقابل استهبان و نطنز کمترین میانگین را در صفات مذکور دارا بودند سایر اکوتیپ‌ها حد متوسطی را دارا بوده و در اکثر موارد تفاوت معنی‌داری با این دو گروه نشان ندادند (جدول ۴).

نتایج نشان داد که تیمار بستر کاشت با کودهای آلی با وجود اختلاف با عدم کاربرد (تیمار شاهد)، بین کاربرد نوع و میزان مواد آلی از نظر رشد اولیه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار با این مواد با افزایش میزان ظهور جوانه‌های اصلی و فرعی نسبت به شاهد سبب افزایش در طول، سطح و جرم خشک برگ شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳ و جدول ۴). با توجه به ارتباط مثبت و معنی‌دار بین درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی با طول، سطح و جرم خشک برگ (جدول ۵) پس می‌توان اینطور نتیجه‌گیری کرد که رشد در این گیاه برآیندی از ویژگی‌های ظهور جوانه اصلی است. عدم ارتباط بین پارامترهای رشد برگ و جوانه‌های

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های مختلف ظهور جوانه و رشد برگ

Table 5- Pearson correlation coefficient among different parameters of bud emergence and leaf growth

	درصد ظهور جوانه اصلی EP	سرعت ظهور جوانه اصلی ER	سرعت ظهور جوانه‌های فرعی LB-ER	میانگین زمان ظهور جوانه اصلی MET	میانگین زمان ظهور جوانه فرعی LB-MET	تعداد جوانه فرعی LB no.	طول برگ LL	سطح برگ LA
درصد ظهور جوانه اصلی Emergence percent (EP)	1							
سرعت ظهور جوانه اصلی Emergence rate (ER)	1.00**	1						
سرعت ظهور جوانه‌های فرعی Lateral bud ER (LB-ER)	-0.98**	-0.98**	1					
میانگین زمان ظهور جوانه اصلی Mean emergence time (MET)	-0.039	-0.039	0.009	1				
میانگین زمان ظهور جوانه فرعی Lateral bud MET (LBMET)	0.49**	0.49**	-0.5**	0.84**	1			
تعداد جوانه فرعی Lateral bud no. (LB no.)	-0.56**	-0.56**	0.59**	-0.76**	-0.93**	1		
طول برگ Leaf length (LL)	0.47*	0.47*	-0.39*	-0.296	0.018	-0.012	1	
سطح برگ Leaf area (LA)	0.55**	0.55**	-0.46*	-0.055	0.254	-0.298	0.83**	1
وزن خشک برگ Leaf dry weight (LDW)	0.53**	0.53**	-0.46*	-0.156	0.159	-0.206	0.83**	0.96*

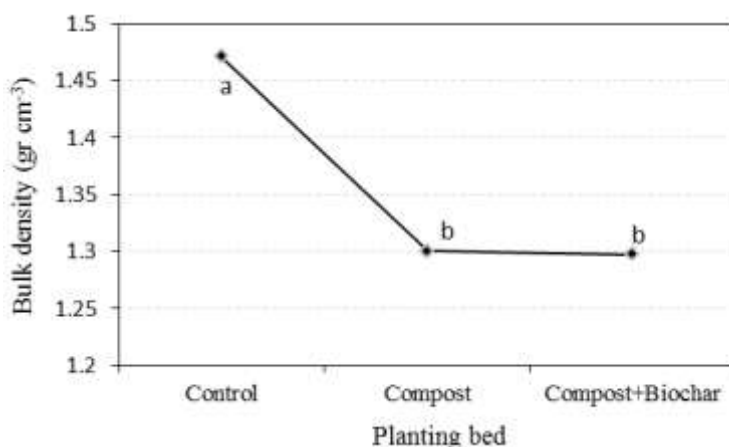
جرم مخصوص ظاهری

جهت بررسی روند واکنش ویژگی‌های ظهور و رشد گیاهچه به وضعیت فیزیکی خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک به‌عنوان پارامتر کلیدی مؤثر بر بسیاری فرایندهای خاک (Wilson et al., 2013)، در تیمارهای مختلف بستر کاشت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جرم مخصوص ظاهری در سطح

احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای بستر کاشت قرار گرفت (P=۰/۰۰۴). تیمارهای کمپوست و کمپوست+بیوپچار منجر به کاهش معنی‌دار (۱۲ درصد) جرم مخصوص ظاهری نسبت به عدم کاربرد (شاهد) شدند در حالی که بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴). بیوپچار و کمپوست به‌دلیل ساختار متخلخل و سطح ویژه زیاد

دارای جرم مخصوص کم بوده و اختلاط آن‌ها با خاک منجر به کاهش جرم مخصوص خاک می‌شود (Sohi et al., 2010). در سایر تحقیقات انجام شده توسط محققان مختلف کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر کاربرد مقادیر مختلف بین ۴-۱۸ تن در هکتار کمپوست کود گاوی (Guo et al., 2016)، ۲۵ تن در هکتار کمپوست کاه گندم و چمن و برگ گیاه (Celik et al., 2010)، ۷/۵ تن بیوچار در هکتار چوب بلوط (Mukherjee et al., 2014)، ۱۰ و ۳۰ تن بیوچار در هکتار حاصل از تراشه چوب صنوبر (Tammeorg et al., 2014)، ۲۲ تن در هکتار بیوچار چوب درختان جنگلی (Case et al., 2012) و مخلوط ۲۵ تن کمپوست (مواد گیاهی + باگاس + کود مرغی) به صورت مخلوط با ۲/۵ تن بیوچار چوب درخت بید در هکتار (Agegnehu et al., 2015) گزارش شده است.

دارای جرم مخصوص کم بوده و اختلاط آن‌ها با خاک منجر به کاهش جرم مخصوص خاک می‌شود (Sohi et al., 2010). در سایر تحقیقات انجام شده توسط محققان مختلف کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر کاربرد مقادیر مختلف بین ۴-۱۸ تن در هکتار کمپوست کود گاوی (Guo et al., 2016)، ۲۵ تن در هکتار کمپوست کاه گندم و چمن و برگ گیاه (Celik et al., 2010)، ۷/۵ تن بیوچار در هکتار چوب بلوط (Mukherjee et al., 2010)، ۱۰ و ۳۰ تن بیوچار در هکتار حاصل از تراشه چوب صنوبر (Tammeorg et al., 2014)، ۲۲ تن در هکتار بیوچار چوب درختان جنگلی (Case et al., 2012) و مخلوط ۲۵ تن کمپوست (مواد گیاهی + باگاس + کود مرغی) به صورت مخلوط با ۲/۵ تن بیوچار چوب درخت بید در هکتار (Agegnehu et al., 2015) گزارش شده است.



شکل ۴- تغییر جرم مخصوص ظاهری خاک تحت تیمار با کمپوست و کمپوست+بیوچار
Figure 4- Change in soil bulk density affected by compost and compost + biochar treatments.

جهت بررسی واکنش ویژگی‌های مختلف ظهور و رشد گیاه نسبت به کاربرد مواد آلی مختلف در بستر کاشت زعفران، از روش رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش جرم مخصوص ظاهری ویژگی‌های ظهور جوانه‌های اصلی و فرعی و رشد گیاه به طور منفی تحت تأثیر قرار گرفتند (شکل ۵). با افزایش جرم مخصوص ظاهری درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی و همچنین تعداد و سرعت ظهور جوانه‌های فرعی کاهش یافت. همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود اثر جرم مخصوص ظاهری بر کاهش تعداد و سرعت ظهور در جوانه‌های فرعی بیشتر بوده و ارتباط منفی قوی‌تری را نشان می‌دهد. میانگین زمان جوانه‌زنی، ارتباط مستقیم با جرم مخصوص ظاهری نشان داد و با افزایش در جرم مخصوص ظاهری خاک

افزایش یافت. افزایش در جرم مخصوص ظاهری با ویژگی‌های طول، سطح و جرم خشک برگ نیز ارتباط منفی نشان داد و این ارتباط منفی از ارتباط بین جرم مخصوص و ویژگی‌های ظهور جوانه قوی‌تر بود که این مسئله نشان دهنده‌ی این است که اثر جرم مخصوص بر ظهور جوانه سبب اثرات قابل توجه در رشد گیاه می‌شود (شکل ۵).

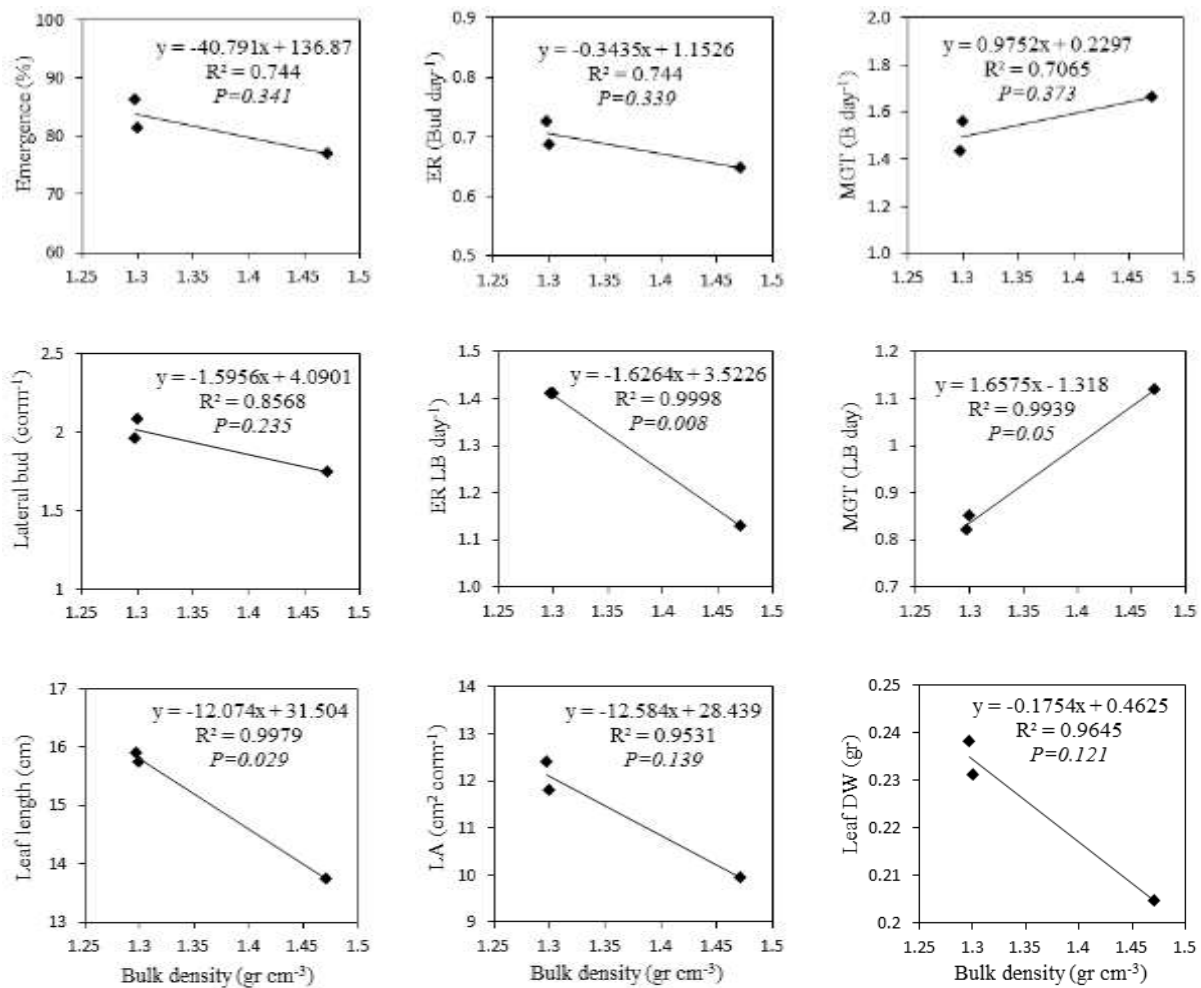
جرم مخصوص ظاهری به طور غیر مستقیم با ظهور گیاهچه در ارتباط است. هرگونه تغییر در جرم مخصوص ظاهری سایر عوامل نظیر میزان انتشار اکسیژن و استحکام پوسته خاک نیز تغییر می‌کند. کاهش در جرم مخصوص ظاهری خاک منجر به افزایش هوادهی خاک می‌شود (Soane & Van, 2013; Ouwekerk, 1995; Wilson et al., 2013). همچنین

افزایش یافت. افزایش در جرم مخصوص ظاهری با ویژگی‌های طول، سطح و جرم خشک برگ نیز ارتباط منفی نشان داد و این ارتباط منفی از ارتباط بین جرم مخصوص و ویژگی‌های ظهور جوانه قوی‌تر بود که این مسئله نشان دهنده‌ی این است که اثر جرم مخصوص بر ظهور جوانه سبب اثرات قابل توجه در رشد گیاه می‌شود (شکل ۵).

جرم مخصوص ظاهری به طور غیر مستقیم با ظهور گیاهچه در ارتباط است. هرگونه تغییر در جرم مخصوص ظاهری سایر عوامل نظیر میزان انتشار اکسیژن و استحکام پوسته خاک نیز تغییر می‌کند. کاهش در جرم مخصوص ظاهری خاک منجر به افزایش هوادهی خاک می‌شود (Soane & Van, 2013; Ouwekerk, 1995; Wilson et al., 2013). همچنین

خاک و رشد گیاه، منفی گزارش شده است. نتایج مشابه در ذرت نیز گزارش شده است. در این بررسی افزودن مواد و بقایای گیاهی با اثر بر جرم مخصوص ظاهری لایه سطحی خاک، سبب بهبود جوانه زنی ذرت شده است اما بر رشد اثر معنی داری نداشته است (Dam et al., 2005). در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابه گزارش شده است (Nash & Selles, 1995; Latif et al., 2008).

گزارش شده برای یک خاک لوم شنی افزایش در رشد ریشه و عملکرد گیاه در وزن با افزایش جرم مخصوص از ۱/۲ تا ۱/۴ افزایش یافته و پس از آن با افزایش در جرم مخصوص کاهش می یابد (Czyz, 2004). ویلسون و همکاران (Wilson et al., 2013) دریافتند که با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک بیشتر از ۱/۴ مگاگرم در مترمکعب، رشد ریشه و اندام هوایی گندم به دلیل عدم تهویه کاهش یافته و ارتباط بین فشردگی



شکل ۵- ارتباط بین جرم مخصوص ظاهری خاک و ویژگی های مختلف ظهور جوانه اصلی و جوانه های فرعی همچنین طول، سطح و وزن خشک گیاه زعفران

Figure 5- Relationships between soil bulk density and different parameters of main and lateral buds emergence as well as leaf length, area and dry weight of saffron.

نتیجه گیری

رشد در زعفران به طور قوی به هم وابسته بوده و تغییرات در ظهور به تغییر قابل توجه در رشد منجر خواهد شد. همچنین با توجه به وجود ارتباط منفی بین ظهور و رشد گیاهچه زعفران با جرم مخصوص ظاهری خاک، افزودن کمپوست و بیوجار می تواند علاوه بر اثرات تغذیه ای، سبب کاهش قابل توجه در جرم مخصوص ظاهری خاک شده و از این طریق نیز می تواند در ایجاد بستر مناسب برای ظهور گیاه و در نتیجه بر رشد مؤثر واقع شود.

همان طور که نتایج این مطالعه نشان داد، افزودن کمپوست و کمپوست + بیوجار با ایجاد تغییرات قابل ملاحظه بر ویژگی های ظهور، رشد گیاه را نسبت به عدم کاربرد (شاهد) بهبود داد. همچنین بین اکوتیپ های مورد مطالعه نیز تنوع قابل توجهی مشاهده شد که نشان دهنده ای این است که شرایط اقلیمی منشأ پیاز زعفران برای کاشت در منطقه ای دیگر باید مد نظر قرار گیرد. همبستگی مثبت و معنی دار بین ویژگی های ظهور جوانه اصلی و رشد اولیه گیاهچه نشان دهنده ای این است که ظهور و

منابع

- Agegehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N., Muirhead, B., Wright, G., and Bird, M.I. 2015. Biochar and biochar-compost as soil amendments: Effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 213: 72-85.
- Amlinger, F., Peyr, S., Geszti, J., Dreher, P., Karlheinz, W., and Nortcliff, S. 2007. Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature Study, Federal Ministry for Agriculture and Forestry. Environment and Water Management, Austria, Retrieved from: www.umwelt.net.at/filemanager/download/20558/.
- Behdani, M.A., and Fallahi, H.R. 2015. Saffron: Technical knowledge based on research approaches, University of Birjand Press. 411 p. (In Persian).
- Bushman, B.S., Johnson, D.A., Connors, K.J., and Jones, T.A. 2015. Germination and seedling emergence of three semiarid Western North American legumes. *Rangeland Ecology and Management* 68 (6): 501-506.
- Case, S.D.C., McNamara, N.P., Reay, D.S., and Whitaker, J. 2012. The effect of biochar addition on N₂O and CO₂ emissions from a sandy loam soil the role of soil aeration. *Soil Biology and Biochemistry* 51: 125-134.
- Celik, I., Gunal, H., Budak, M., and Akpınar, C. 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma* 160: 236-243.
- Czyz, E.A. 2004. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil and Tillage Research* 79: 153-166.
- Dam, R.F., Mehdi, B.B., Burgess, M.S.E., Madramootoo, C.A., Mehuys, G.R., and Callum, I.R. 2005. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. *Soil and Tillage Research* 84: 41-53.
- daSilva, A.P., and Kay, B.D. 1996. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant and Soil* 184: 323-329.
- deJuan, J.A., Corcoles, H.L., Muñoz, R.M., and Picornell, M.R. 2009. Yield and yield

- components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops and Products* 30: 212-219.
- Estefan, G., Sommer, R., and Ryan, J. 2013. *Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A manual for the West Asia and North Africa region*. 3rd ed. Copyright © ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) Box 114/5055, Beirut, Lebanon. 244 pp.
- Fischer, D., and Glaser, B. 2012. Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration. In S.E. Kumar (eds). *Management of Organic Waste*. In Tech., Shanghai, China. p. 167-198.
- Ghafourian, H. 2016. Nano-Biochar, Biochar, Charcoal and Coal Based Biochar, Design of Pyrolysis Reactors Production Methods and Application. Amazon Kindle, 1st Edition, 116 pp.
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 95-112.
- Guo, L., Wu, G., Li, Y., Li, C., Liu, W., Meng, J., Liu, H., Yu, X., and Jiang, G. 2016. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat-maize rotation system in Eastern China. *Soil and Tillage Research* 156: 140-147.
- Khorramdel, S., Eskandari Nasrabadi, S., and Mahmoodi, G. 2015. Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levels on saffron (*Crocus sativus* L.) growth and yield components. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 2: 9-14.
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2015. Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. *Industrial Crops and Products* 71: 128-137.
- Kucera, B., Cohn, M.A., and Leubner-Metzger, G. 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research* 15: 281-307.
- Latif, N., Khan, M.A., and Ali, T. 2008. Effects of soil compaction caused by tillage and seed covering techniques on soil physical properties and performance of wheat crop. *Soil and Environment* 27: 185-192.
- Lazcano, C., Sampedro, L., Zas, R., and Domínguez, J. 2010. Vermicompost enhances germination of the maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *New Forests* 39: 387-400.
- Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management: an introduction. In J. Lehmann and S. Joseph (eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London, p. 1-12.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Melnyk, J.P., Wang, S., and Marcone, M.F. 2010. Chemical and biological properties of the world's most expensive spice: Saffron. *Food Research International* 43: 1981-1989.
- Mukherjee, A., Lal, R., and Zimmerman, A.R. 2014. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil. *Science of the Total Environment* 487: 26-36.
- Nash, H.M., and Selles, F. 1995. Seedling emergence as influenced by aggregate size, bulk density, and penetration resistance of the seedbed. *Soil and Tillage Research* 34: 61-76.
- Orchard, T.J. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science and Technology* 5: 61-69.
- Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sanchez, M., and Molina, R.V. 2012. Effect of corm size: water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during

- the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops and Products* 39: 40-46.
- Sadras, V.C., O'Leary, G.J., and Roget, D.K. 2005. Crop responses to compacted soil: capture and efficiency in the use of water and radiation. *Field Crops Research* 91: 131-148.
- Soane, B.D., and Van Ouwerkerk, C. 1995. Implications of soil compaction in crop production for quality of the environment. *Soil and Tillage Research* 35: 5-22.
- Sohi, S., Krull, E., Lopez-Capel, E., and Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy* 105: 47-82.
- Solaiman, Z.M., Murphy, D.V., and Abbott, L.K. 2012. Biochars influence seed germination and early growth of seedlings. *Plant and Soil* 353: 273-287.
- Tammeorg, P., Simojoki, A., Makela, P., Stoddard, F.L., Alakukku, L., and Helenius, J. 2014. Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 191: 108-116.
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K.Y., Downie, A., Rust, J., Joseph, S., and Cowie, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil* 27: 235-246.
- Wilson, M.G., Sasal, M.C., and Caviglia, O.P. 2013. Critical bulk density for a Mollisol and a Vertisol using least limiting water range: Effect on early wheat growth. *Geoderma* 192: 354-361.
- Zhang, A.F., Cui, L.Q., Pan, G.X., Li, L.Q., Hussain, Q., Zhang, X.H., Zheng, J.F., and Rowley, D. 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 469-475.

The effect of compost and combination of compost and biochar application in soil bulk density of planting bed, seedling emergence rate and early growth of saffron ecotypes

Jalal Ghanbari¹ and Gholamreza Khajoei Nejad^{2}*

Submitted: 9 July 2016

Accepted: 22 January 2017

Ghanbari, J., Khajoei Nejad, Gh. 2018. The effect of compost and combination of compost and biochar application in soil bulk density of planting bed, seedling emergence rate and early growth of saffron ecotypes. *Saffron Agronomy & Technology* 6(1): 17-33.

Abstract

Emergence of saffron buds is sensitive to soil compaction and structure. Soil bulk density is introduced as the most important index of soil physical quality. Accordingly, this study was done to evaluate the effect of compost and compost-biochar in planting bed on the emergence and early seedling growth of saffron ecotypes and its relationship to soil bulk density. Experimental treatments consisted of planting beds (without any organic amendment (control), incorporation of 20 t.ha⁻¹ compost and 10 t.ha⁻¹ compost+ 8 t.ha⁻¹ biochar (cellulosic material of hardwood)) and different ecotypes of saffron (Bajestan, Estahban, Ferdows, Gonabad, Natanz, Qaen, Sarayan, Torbate-Heydarieh and Zarand). Data obtained from experiment were subjected to combined analysis of variance among planting beds based on randomized complete block design. The results showed that application of compost and compost+biochar, improved emergence of the main and lateral buds as well as leaf growth parameters compared to the control. Zarand, Torbate-Heydarieh and Estahban ecotypes responded differently to the planting bed types in terms of emergence percent and rate of main bud compared to other ecotypes. Considerable variation was observed among the ecotypes in terms of all studied parameters, which indicated the adaptability of ecotypes to climatic conditions of corm provenance. Generally, the Bajestan, Ferdows and Qaen ecotypes showed superiority in terms of leaf area and dry weight. Compost and compost-biochar significantly (12%) reduced the soil bulk density compared to the control. Linear regression analysis indicated that there was a negative relationship between soil bulk density and the studied parameters, and significant decrease in all parameters was observed with increasing of soil bulk density.

Keywords: Emergence rate, Organic amendments, Planting bed, Saffron seedling emergence, Soil compaction.

1- PhD Student of Agronomy, Young Researcher Society, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

2- Associate Professor of Agronomy, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

(*-Corresponding author Email: Khajoei@uk.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.57414.1178