

Research Paper

مقاله پژوهشی

Investigating the Effect of Urban
Wastewater Sludge on Color Quality and
Growth Performance of Safflower Plant
(*Carthamus tinctorius*)

بررسی اثر لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بر کیفیت
رنگ و عملکرد رشد گیاه گلرنگ
(*Carthamus tinctorius*)

Anahita Rashtian^{1*}, Sayed Mohammad Mosavi
Hasanabad², Afagh Abandeh Saravi³ and Sayed
Abolfazl Varasta⁴

آناهیتا رشتیان^{۱*}، سید محمد موسوی حسن آباد^۲، آفاق تابنده
ساروی^۳ و سید ابوالفضل وارسته^۴

1- Assistant Professor of Rangeland and Watershed
Department, Faculty of Natural Resources, Yazd
University, Yazd, Iran.

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد،
ایران.

2- M.Sc. of Rangeland, Yazd University, Yazd, Iran.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، گیاهان دارویی و صنعتی،
دانشگاه یزد، یزد، ایران.

3- Assistant Professor of Rangeland Environment
Department, Faculty of Natural Resources, Yazd
University, Yazd, Iran.

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد،
ایران.

4- Ph.D. Student in Textile Engineering, University
of Science and Research, Tehran, Iran.

۴- دانشجوی دکتری مهندسی نساجی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، تهران،
ایران.

* Corresponding Author, Email:
arashtian@yazd.ac.ir

* نویسنده مسئول، ایمیل: arashtian@yazd.ac.ir

Received: 13/03/2024

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

Revised: 22/06/2024

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲

Accepted: 14/07/2024

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴

© IWWA

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

An investigation was carried out for optimal use of urban sewage sludge as organic material in the agricultural sector of dry areas and its effect on the growth and coloring of the safflower plant. The experiment was carried out in the form of randomized complete block design in three replications and three levels including: no sludge, 10 and 20 t/h of sewage sludge in the form of land cultivation in a greenhouse in Taft city, Yazd province. 11 functional indices of the plant were measured and cotton wool was dyed with the petal extract of this plant and Hunter parameters were used in the CIE Lab system to check light stability and washing stability. The results showed that the use of sewage sludge treatment caused a significant increase in 6 indicators, so the treatment of 20 t/h, 44% grain yield, 60% number of capitul, 45% diameter of the capitul, 150% number capitul per plant, 65% height of plant increased by compared to the control. Also, 10 t/h increased the color absorption peak and the color of plant treated with 10 t/h had significantly higher washing stability, and the treatment 20 t/h had a higher optical stability than the treatment control.

استفاده بهینه از لجن فاضلاب شهری به‌عنوان یک ماده آلی در بخش کشاورزی مناطق خشک و اثر آن بر رشد و رنگ‌دهی گیاه گلرنگ در این تحقیق بررسی شد. آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و سه سطح شامل: بدون لجن، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب به‌صورت کشت زمینی در گلخانه در شهرستان تفت استان یزد اجرا شد. ۱۱ شاخص عملکردی گیاه اندازه‌گیری و نخ پشمی با عصاره گلبرگ این گیاه، رنگ شده و برای بررسی ثبات نوری و ثبات شستشویی از پارامترهای هانتر در سیستم CIE Lab استفاده شد. نتایج نشان‌داد استفاده از تیمار لجن فاضلاب موجب افزایش معنی‌داری در ۶ شاخص عملکردی شد، بطوری‌که در تیمار ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، ۴۴٪ بر میزان عملکرد دانه، ۶۰٪ درصد بر تعداد طبق، ۴۵٪ قطر طبق، ۱۵۰٪ بر تعداد طبق در بوته و ۶۵٪ ارتفاع گیاه نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین لجن فاضلاب به‌میزان ۱۰ تن در هکتار، باعث افزایش پیک جذب رنگ شد و رنگ گیاه تیمار شده با ۱۰ تن لجن به‌طور معنی‌داری ثبات شستشویی و تیمار ۲۰ تن لجن ثبات نوری بالاتر نسبت به تیمار بدون لجن دارد.

Keywords: Optical stability, Washing Stability, Natural dye, Morphology, Sewage Sludge, *Carthamus tinctorius*

کلمات کلیدی: ثبات نوری، ثبات شستشویی، رنگ‌زای طبیعی، مورفولوژی، *Carthamus tinctorius*

همچنین بهترین عملکرد ماده خشک و تعداد گل آذین گل همیشه بهار (*Calendula officinalis L.*) در تیمار خاک با نیترات پتاسیم و بهترین شاخص A* در گل‌های زرد و B* در گل‌های نارنجی در تیمارهای خاک با اسیدهیومیک بوده است (نوراللهی و همکاران، ۱۳۹۸). اثر میزان عنصر سنگین کادمیوم بر روی رنگدانه گیاه پونه (*Mentha aquatica*)، زولنگ (*Eryngium caucasicum*) و اناریچه (*Froriepia subpinnata*) نشان داد که رنگ‌دانه‌هایی فنلی و فلاونوئیدی در اثر تنش کادمیوم افزایش می‌یابد (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). اما گیاه ملیک‌کوهی (*Melica nutans L.*) در خاک‌هایی با حاصل‌خیزی کم رنگدانه کاروتن بالاتری دارد (Zielewicz et al., 2020). گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) یکی از گیاهان رنگزا است که متعلق به تیره Asteraceae (کاسنی) است (شکل ۱). گلبرگ گلرنگ دارای مواد رنگی کارتامین و کارتامیدین است که از آن‌ها برای رنگ‌آمیزی پارچه، ابریشم و گل‌های مصنوعی در طبخ‌ی و شیرینی‌پزی استفاده می‌شود. رنگ اصلی یا کارتامین، رنگ قرمز براقی است که از گیاهان گل قرمز پس از خارج کردن رنگ زرد به‌وسیله آب استخراج می‌شود (مالک، ۱۳۸۹).



شکل ۱- گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)

نظر به این‌که تاکنون مطالعات کمی بر روی اثر تغذیه و خاک بر روی خصوصیات رنگ‌دهی و رنگ‌ریزی گلرنگ صورت گرفته است و با توجه به این‌که تغذیه گیاه و عناصر خاک بر روی عناصر موجود در گیاه و همچنین میزان رنگ‌دانه‌های موجود در گیاه موثر است (نوراللهی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Zielewicz et al., 2020). لذا این تحقیق به این مهم پرداخته و اثر استفاده از لجن فاضلاب به‌عنوان کود در بهبود عملکرد و تولید گیاه گلرنگ و همچنین تاثیر لجن بر رنگ‌دهی بر پشم و تعیین بهترین و مناسبترین میزان استفاده از لجن فاضلاب در کشت گیاه گلرنگ، بررسی شده‌است.

لجن فاضلاب شهری زمانی به‌عنوان یک منبع آلودگی تلقی می‌شد، اما هم‌اکنون به‌عنوان منبعی سرشار از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه در نظر گرفته می‌شود (Breda et al., 2020). این موضوع از دو نظر حائز اهمیت است: اول از نظر کنترل آلودگی‌های آن، عدم رهاسازی آن در رودخانه‌ها و حفظ محیط‌زیست و دوم موادغذایی موجود در لجن که برای گیاهان بسیار سودمند است. حضور عناصرغذایی کم مصرف و نیز عناصر سمی مانند سرب، کادمیوم، جیوه و نیکل استفاده بی‌رویه از لجن در زمین‌های کشاورزی را محدود می‌کند (Gu and Bai., 2018). مطالعات نشان داد که لجن فاضلاب، تمایل زیادی به جذب سطحی فلزات سنگین دارد. همچنین با کمپلکس‌شدن عناصر سنگین توسط گروه‌های عامل موادآلی، رسوب آن‌ها با ترکیبات فسفره موجود در لجن فاضلاب می‌تواند یکی از عوامل مهم در کاهش قابلیت دسترسی به عناصر سنگین توسط گیاه باشد (Medyńska-Juraszek et al., 2020).

فلز سنگین و سمی روی بر گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) می‌تواند منجر به واردآمدن صدمات شدیدی به ساختار مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه شود (نام‌جویان و همکاران، ۱۳۹۶). کشت گیاه با کوددهی لجن فاضلاب نشان داد که عناصر غذایی غیر ضروری چون سرب، روی و کادمیوم در گیاه افزایش یافته‌است. اما لجن فاضلاب توانسته شاخص‌های رشدی گیاه را چون ارتفاع و وزن تر و خشک گیاه را افزایش دهد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷؛ شاملو و همکاران، ۱۴۰۰؛ نیک‌قدمی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین کشت گلرنگ با کمپوست زباله شهری عملکرد دانه را افزایش داد (عظیم‌زاده، ۱۳۹۵؛ مهرآفرید و عظیم‌زاده، ۱۳۹۴). اضافه کردن فاضلاب بر روی صفات کیفی گیاه زعفران از قبیل پیروکسین که یک عامل اصلی ایجاد رنگ در زعفران است تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد (چوپان و همکاران، ۱۴۰۰).

اثر لجن فاضلاب بر گیاه کینوا و ذرت علوفه‌ای نشان داد که اضافه نمودن لجن فاضلاب توانسته است افزایش معنی‌داری در میزان شاخص‌های رشدی گیاه از جمله وزن خشک گیاه و رنگدانه‌های فتوسنتزی داشته باشد (افضلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین که تاثیر شوری خاک بر رنگدانه‌های گیاه رنگزا روناس (*Rubia tinctorum*) نشان داد که میزان روشنایی L با افزایش شوری کاهش یافته و میزان زردی و آبی‌بودن با افزایش شوری زیاد می‌شود (میرمحمدی میبیدی و همکاران، ۱۳۹۸).

۲- مواد و روش‌ها

فاضلاب شهری بود. کشت گلرنگ در زمینی به مساحت تقریبی ۱۰۰ مترمربع، هر کرت شامل ۳ ردیف با فاصله ۸۰ سانتی‌متر به طول ۴/۵ متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت بذر، نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه تهیه و بعد از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های مهم خاک مانند بافت، PH و EC تعیین شد (جدول ۱). خصوصیات لجن فاضلاب نیز استخراج شد و از نظر میزان فلزات سنگین و عناصر غذایی ارزیابی شد (جدول‌های ۲ و ۳).

این آزمایش در گلخانه شخصی در روستای چم در فاصله ۵ کیلومتری از شهر تفت در سال زراعی ۱۴۰۰ به صورت کاشت پاییزه انجام پذیرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و سه تیمار لجن فاضلاب آب‌گیری شده اولیه شامل: شاهد (بدون لجن فاضلاب)، تیمار ۲۰ تن در هکتار و تیمار ۱۰ تن در هکتار (افضلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹) لجن

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

قاکتورهای مورد بررسی	pH	Sp اشباع	TNV آهک	Oc کربن	N	P فسفر	K پتاسیم	Ca کلسیم	EC هدایت الکتریکی
مقدار	اسیدیته	خاک %	خاک %	آلی %	نیترژن %	ppm	ppm	meq/l	ms/cm
	۷/۵۶	۲۷/۶۷	۲۸/۷	۱/۷	۰/۳۱	۲۸۸	۵۲۰	۲۹/۸	۵/۱۸

جدول ۲- فلزات سنگین لجن فاضلاب شهری یزد

پارامتر	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	Se	Mo	pH
محدوده استاندارد در خاک (Veghar et al., 2002)	کادمیوم	کروم	مس	جیوه	نیکل	سرب	روی	آرسنیک	سلیوم	مولیبدن	اسیدیته
مقدار	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	Mg/kg	اسیدیته
	۱-۳/۴۱	۱۰	۸۴	---	۲	۱۳	۱۰۱	۱۰۱	۱/۷	۰/۱-۲/۴	---
	۱/۲۸	۱۶	۱۴۷	ND	۳۲	۹	۳۷۵	۸۷	۱۲	۱/۵	۶/۲۰

جدول ۳- عناصر غذایی لجن فاضلاب شهری یزد

قاکتورهای مورد بررسی	N	P	K	Ca	Mg	Bo بر	Na	So	Fe آهن	Mn منگنز
مقدار	ازت %	فسفر %	پتاسیم %	کلسیم %	منیزیم %	Mg/kg	سدیم %	سولفات %	Mg/kg	Mg/kg
	۵/۴۲	۴/۲۶	۴/۲	۵/۲۹	۶/۱	۲۷/۷۷	۲/۲	۶	۵۷۹۷/۴۴	۱۲۵/۸۱

تعیین کمی رنگ منسوجات در سیستم $L^*a^*b^*$ اندازه‌گیری می‌شود. (CIELAB) $L^*a^*b^*$ کامل‌ترین فضای رنگی معرفی شده توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی است. این فضا تمامی رنگ‌های قابل رؤیت توسط چشم انسان را توصیف می‌کند. مولفه L^* درخشندگی یا روشنایی است که داری محدوده صفر تا ۱۰۰ است و پارامتر a^* (از سبز تا قرمز) و b^* (از آبی تا زرد) دو مولفه رنگی با محدوده‌ای از -۱۲۰ تا ۱۲۰ هستند (بعقوبی و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی ثبات نوری و شستشویی و نیز طیف‌سنجی رنگی گیاهان گلرنگ در آزمایشگاه شیمی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد انجام گرفت که برای تعیین مقادیر رنگ مشخصات انعکاسی a^* و b^* از طیف نورسنج انعکاسی ColorEye7000A ساخت شرکت GretagMacbeth با منبع نوری D65 و زاویه دید ۱۰ درجه استفاده شد. دستگاه

بذر گلرنگ رقم صفه یا محلی اصفهان (*Carthamus tinctorius*) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. بذرها در عمق ۳ سانتی‌متری با فاصله ۱۵ سانتی‌متر در هر ردیف کاشته شد و با عمل تنک کردن تراکم ۲۰ بوته در مترمربع حاصل شد. فاکتورهای عملکردی روی ۱۵ بوته متوالی که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از کلیه ردیف‌ها به صورت تصادفی با رعایت حاشیه، اندازه‌گیری شد. این فاکتورها شامل عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، تعداد دانه در طبق، وزن هر طبق، تعداد گل در بوته، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در تک بوته، زمان شروع، پایان و طول دوره گل‌دهی، قطر هر طبق، قطر ساقه در گیاه گلرنگ در هر تکرار اندازه‌گیری بود و شاخص برداشت از نسبت وزن دانه به وزن خشک گیاه به دست آمد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۳).

اسپکتروفتومتر قرارگرفت (National Standard of Iran No. 10076, 2007). برای تعیین مقاومت الیاف در ثبات نوری ابتدا الیاف کاملاً خشک شده به میزان ۲۰ دور روی مقوای ضخیم کدر به قطر ۱ میلی‌متر و طول و عرض ۲ در ۶ سانتی‌متر، ۲۰ دور تابیده شده و به مدت ۲۰ روز در ساعات روشنایی کامل در معرض نور مستقیم خورشید به مدت ۸ ساعت قرارگرفت. سپس نمونه‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر ۷۰۰۰ A Macbeth Gretag قرارگرفت (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۱). به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، نرمال بودن آن‌ها بررسی و در صورت غیرنرمال بودن نرمال‌سازی شد داده‌ها با نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی عملکرد گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب

جدول تجزیه واریانس عملکرد گلرنگ (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر تیمار بر عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته، وزن هر طبق در بوته و تعداد گل در بوته ۱٪ و بر تعداد دانه در طبق ۵٪ معنی‌دار بود و تیمارهای مورد بررسی بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت. هم‌چنین نشان داد که سه تکرار آزمایش از نظر صفات عملکردی یکنواخت بود. بنابراین می‌توان گفت که مزرعه آزمایشی از یکنواختی کافی برخوردار بوده است.

اندازه‌گیری ثبات نوری زنو Heraeus LM Alpha Xenotest instruments، دستگاه ۲-OC2-QE و دستگاه اندازه‌گیری ثبات شستشویی مدل LHDEF ساخت شرکت Atlas به ترتیب برای اندازه‌گیری ثبات نوری و شستشویی به کار گرفته شد.

نخست واکس، مواد چربی و زائد از سطح پشم زدوده شد. بدین‌منظور نخ‌های پشمی مورد استفاده در این پژوهش نخست با صابون غیریونی شستشو داده شد. در این مرحله از نخ پشمی ایرانی با نمره متریک ۴/۵ و ۶۵ تاب در متر برای آزمایش‌های رنگریزی استفاده شدند (شاه‌پروری و همکاران، ۱۳۹۴). گلبرگ‌های گیاهان مورد مطالعه از گیاه جدا و خشک شدند. سپس مقدار ۵ گرم از گل خشک شده خالص گیاهان گلرنگ پس از خشک شدن کامل پس از توزین با استفاده از ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) مدل KERN آلمان و اضافه نمودن ۱۵۰ سی‌سی آب مقطر درون ارلن مایر به مدت ۱۰ دقیقه بروی هیتر آزمایشگاهی قرارگرفت که پس از رسیدن دما به ۴۰ درجه سانتی‌گراد مقدار ۵ گرم از نخ پشمی مورد آزمایش وارد حمام شد. سپس به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای ۹۰ الی ۹۵ درجه سانتی‌گراد در دمای جوش قرار داده شد (شاه‌پروری و همکاران، ۱۳۹۴). ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های حاصل از رنگریزی، با استاندارد شماره ۱۰۰۷۶ و ۴۰۸۴ سازمان ملی استاندارد ایران بررسی شدند. به منظور تعیین مقاومت الیاف در ثبات شستشویی پس از رنگ‌ریزی و سرد شدن الیاف رنگ شده با صابون مایع از شرکت Henkel آلمان به میزان ۵ گرم در هر نمونه شستشو شدند سپس با آب شهری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شسته و خشک شدند. نمونه‌ها برای آزمون ثبات شستشویی در دستگاه

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب در گلرنگ

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هر طبق در بوته	تعداد گل در بوته
بلوک	۲	۶۱۶۳۶۴/۳۳*	۱۰۸/۷۲ ^{ns}	۳۰/۹۰ ^{ns}	۲۱/۸۹ ^{ns}	۰/۱۵*
تیمار	۲	۱۲۳۰۵۰۴/۳۳**	۷۷۱/۱۷**	۷۹۷/۲۰*	۹۴/۰۹ ^{ns}	۰/۳۳**
خطا	۴	۶۰۴۸۲/۶۷	۱۹/۰۲	۱۱۵/۵۱	۲۵/۷۳	۰/۰۲

(** معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و (*) معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و (ns) عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح ۵٪)

تعداد روز تا شروع گل‌دهی و پایان گل‌دهی و طول دوره گل‌دهی و قطر ساقه در بوته گلرنگ تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب قرار نگرفت. به نظر می‌رسد که بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و هم‌چنین افزایش آب در دسترس گیاه ناشی از بهبود خواص فیزیکی خاک در اثر مصرف لجن فاضلاب باعث افزایش قدرت

ارتفاع بوته و قطر طبق در سطح ۱٪ و تعداد روز تا شروع گل‌دهی در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری داشتند و تیمار مورد بررسی بر تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد روز تا پایان گل‌دهی، طول دوره گل‌دهی و قطر ساقه، اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). وزن هزار دانه، شاخص برداشت و تعداد شاخه‌های جانبی،

آزمایشی در نظر گرفته شده است. آذری و خواجه‌پور (۱۳۸۴) ضمن بررسی اثر تراکم بر تعداد شاخه جانبی گیاه گلرنگ به این نتیجه رسیدند که همراه با بالا رفتن تراکم، به دلیل عوامل مناسب و دردسترس بودن عناصر مورد نیاز گیاه، رقابت برای عوامل محیطی رشد تشدید یافته و از شمار شاخه‌های جانبی به شکل معنی‌داری کم شده است.

رشد گیاه، شده‌است. اما افزایش تعداد طبق می‌تواند موجب افزایش رقابت درون گیاهی شده و در نهایت وزن هر طبق کاهش یافته و عملکرد، تغییر قابل توجهی نکند. چاکروالحسین (۱۳۸۵) اعلام کرد اگرچه تیمار کودی سبب افزایش وزن هزار دانه شد، اما این افزایش معنی‌دار نبود. براساس مشاهدات میدانی در مزرعه به نظر می‌رسد تعداد شاخه‌های جانبی به این دلیل افزایش نداشته که از ابتدا کاشت تراکم بالایی برای کاشت مزرعه

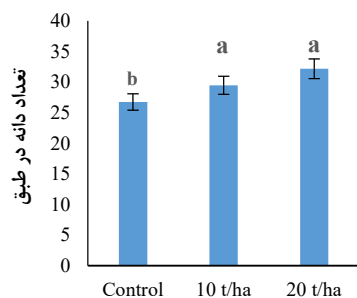
جدول ۵- جدول تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب در گلرنگ

میانگین مربعات							درجه آزادی	منبع تغییرات
قطر ساقه	قطر طبق	طول دوره گل‌دهی	روز تا پایان گل‌دهی	روز تا شروع گل‌دهی	شاخه جانبی در بوته	ارتفاع بوته		
ns ۰/۳۰	۱۰/۰۱**	۱۲/۳۳ ns	۲۷۵/۱۱ ns	۳۵۴/۷۸*	۰/۹۲ ns	۱۰۱/۸۲ ns	۲	بلوک
ns ۰/۷۱	۱/۰۴**	۸/۳۳ ns	۲۸۵/۴۴ ns	۳۰۲/۱۱*	۱۲/۴۷ ns	۱۰۰۹/۲۲**	۲	تیمار
۰/۳۹	۰/۰۲	۱۵/۱۷	۸۳/۴۴	۴۶/۱۱	۴/۰۴	۱۹/۱۴	۴	خطا

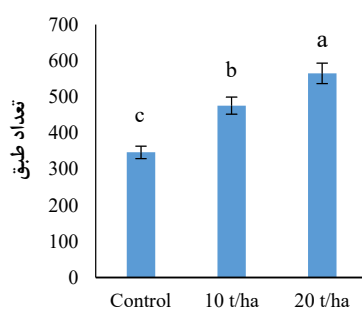
(**) معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و (*) معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و (ns) عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح ۵٪

خاک جرم مخصوص ظاهری را کاهش می‌دهد و باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و پایداری خاک دانه‌ها می‌شود (احمدی و بحرانی، ۱۳۸۸). هم‌چنین عظیم‌زاده (۱۳۹۵) و امیدوی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نتیجه مشابهی گزارش نمودند که کودهای آلی به دلیل افزایش میزان نیتروژن می‌توانند موجب افزایش رشد رویشی و افزایش فتوسنتز و نهایتاً موجب افزایش عملکرد شوند. هم‌چنین در بررسی استفاده از لجن فاضلاب بر گیاه کینوا مشخص شد لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه است که دلیل اصلی آن وجود مقادیر به نسبت زیاد مواد آلی و عناصر غذایی ضروری در لجن فاضلاب بیان شده است (افضلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹).

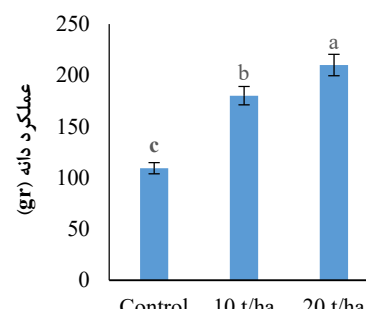
مقایسه میانگین عملکرد دانه گلرنگ تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب، نشان داد که اعمال ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در این گیاه شده است (شکل ۲-الف). هم‌چنین مصرف ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق گلرنگ شده است (شکل‌های ۲-ب و ۲-ج) به طوری که در تیمار ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، ۴۴٪ بر میزان عملکرد دانه و ۶۰ درصد میانگین تعداد طبق و ۴۵ درصد میانگین قطر طبق افزایش یافته است. بهبود صفات رویشی گیاه می‌تواند به علت اضافه شدن مواد آلی موجود در لجن فاضلاب بوده که سبب بهبود خواص فیزیکی خاک می‌شود. افزایش کربن آلی



(ج)



(ب)

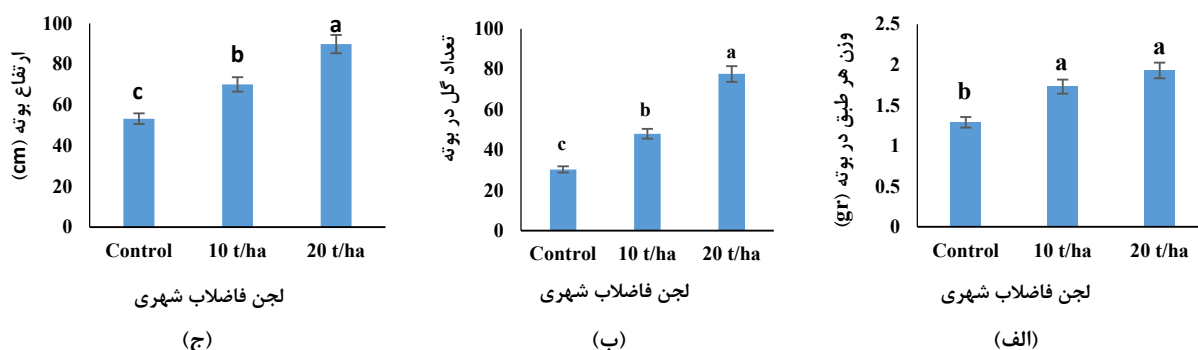


(الف)

شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه: الف) تعداد دانه در هر طبق؛ ب) تعداد طبق؛ ج) عملکرد دانه تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند)

غذایی و عملکرد افزایش یابد (Bia et al., 2022). مطالعه روی گلرنگ نشان می‌دهد که مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عنصری که در لجن فاضلاب وجود دارد برای عملکرد مطلوب دانه، روغن و پروتئین دانه مناسب است. هم‌چنین واکنش گلرنگ به نیتروژن نسبت به سایر کودها بیشتر بوده و این ماده غذایی نه فقط بر کل بازدهی بذر بلکه بر ترکیبات آن نیز اثر می‌گذارد (Nasr et al., 2003). هم‌چنین از طریق افزایش تعداد انشعابات و در نتیجه تعداد طبق در بوته موجب افزایش عملکرد دانه و ارتفاع بوته می‌شود (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۸؛ احمدی و بحرانی، ۱۳۸۸).

مصرف لجن فاضلاب در هر دو تیمار ۱۰ تن و ۲۰ تن در هکتار موجب تاثیر معنی‌داری در میانگین وزن هر طبق در بوته گلرنگ شده‌است (شکل ۳-الف). هم‌چنین افزایش لجن فاضلاب باعث افزایش تعداد گل و ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری شده‌است (شکل ۳-ب و ۳-ج)، به‌طوری‌که موجب بالا رفتن تعداد طبق در بوته تا ۱۵۰ درصد و ارتفاع گیاه تا ۶۵ درصد نسبت به میانگین شاهد شده‌است. با توجه به این‌که لجن مورد استفاده دارای عناصر غذایی فراوانی است و درصد نیتروژن کل آن بالای ۵٪ است، می‌تواند موجب تغذیه بهتر گیاهان و افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه شده و درنهایت با افزایش فتوسنتز، تولید مواد



شکل ۳- مقایسه میانگین: (الف) وزن هر طبق؛ (ب) تعداد گل در بوته و (ج) ارتفاع بوته در گلرنگ تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند)

طبق در گلرنگ نشده‌است. اما مصرف ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب موجب افزایش معنی‌دار این صفت در گیاه شده‌است (شکل ۴-ب).

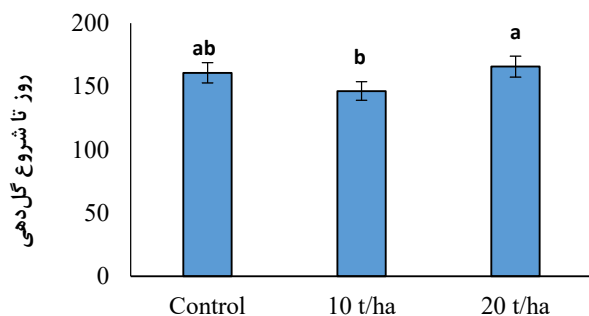
۳-۲- بررسی طیف جذبی محلول حاوی رنگ‌دانه استخراج شده از گیاه گلرنگ

در شکل ۵ مشاهده می‌شود که رنگدانه استخراجی از گیاه گلرنگ دارای یک سری پیک‌های جذبی در دامنه ۳۵۰-۴۵۰ نانومتر است که می‌تواند به‌دلیل وجود کلروفیل، کاروتنوئید، فلاونوئید و آنتوسیانین باشد. در نمودار طیف جذبی مشاهده می‌شود که تیمار ۱۰ تن در هکتار در مرحله پرورش گیاه تاثیر معنی‌دار بر افزایش شدت پیک‌های جذبی در این ناحیه داشته‌است. اما تیمار ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب موجب کاهش واضح در شدت پیک جذبی در ناحیه رنگی شده‌است. مصرف لجن حاوی مواد تغذیه‌کننده، آهن، روی یا نیتروژن بوده و با جذب این عناصر توسط گیاه شدت پیک جذبی برای محلول‌های رنگی گیاه گلرنگ در هنگام استفاده از ۱۰ تن لجن فاضلاب در هر هکتار

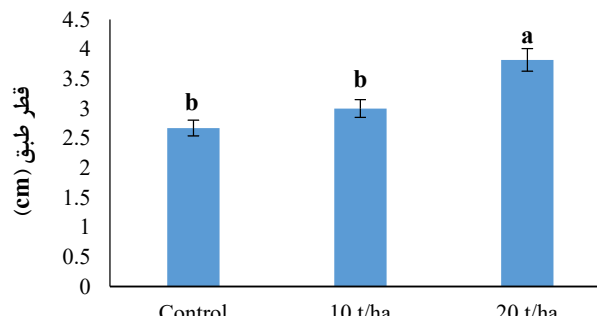
مقایسه میانگین تعداد روز تا شروع گل‌دهی در بوته گلرنگ نشان داد که هیچ‌یک از تیمارهای لجن موجب افزایش این صفت نسبت به تیمار شاهد نشدند (شکل ۴-الف). نتایج تعداد روز تا شروع و پایان و طول دوره گل‌دهی با گزارش امیدوی و همکاران (۱۳۹۳) که بیان نمودند شروع و خاتمه گل‌دهی گیاه گلرنگ از نظر آماری به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر میزان کود ریزمغذی و زمان کاربرد آن قرار دارد که با نتایج این تحقیق هماهنگ نیست. طول گل‌دهی تحت تاثیر بسیاری از عوامل محیطی و فیزیولوژیکی مختلف است. یکی از عناصر بسیار حیاتی برای افزایش گل‌انگیزی و بالا رفتن توانایی گیاه برای گل‌دهی عنصر پتاسیم است (Azizah et al., 2022). با توجه به آنالیز صورت‌گرفته بر روی لجن فاضلاب شهری عنصر پتاسیم نسبت به سایر عناصر پایین بود. هم‌چنین با در نظر گرفتن آنالیز خاک مزرعه می‌توان یکی از دلایل عدم معنی‌داری طول دوره گل‌دهی را به کمبود عنصر پتاسیم در تیمار اضافه‌شده ارتباط داد. البته سایر عوامل محیطی از قبیل تراکم و هم‌چنین رطوبت نیز باید در این خصوص مورد توجه قرار گیرد. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که اعمال تیمار ۱۰ تن در هکتار لجن فاضلاب موجب افزایش معنی‌دار قطر

که با افزودن لجن فاضلاب میزان این رنگدانه‌ها افزایش یافته است (افضلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹).

افزایش یافته، اما در ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب موجب انتخابی عمل نمودن در جذب عناصر شده و پیک جذبی کاهش یافته است. البته مطالعه بر روی رنگدانه‌های کلروفیلی گیاه کینوا نشان داد

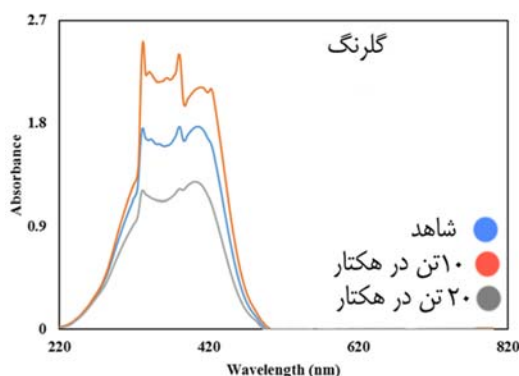


(ب)



(الف)

شکل ۴- مقایسه میانگین: الف) قطر طبق؛ و ب) روز تا شروع گل‌دهی در گلرنگ تحت تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند)



شکل ۵- نمودار طیف جذبی محلول حاوی رنگدانه استخراج شده از گلرنگ با تیمارهای مختلف مصرف لجن فاضلاب

فاضلاب شاخص‌های مورد ارزیابی از قبیل تنش‌های نوری و شستشویی به شکل محسوسی بهتر شده‌اند (جدول ۶) که شاید بتوان دلیل اصلی آن وارد شدن عناصر و یون‌های فلزی از لجن به گیاه و تاثیر در ویژگی این مواد رنگزا در تشکیل کمپلکس با یون‌های فلزی موجود دانست (نیک‌قدمی حسینی‌ئی و همکاران، ۱۳۹۹؛ شاملو و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به این‌که حضور یون‌های فلزی در ثبات رنگ‌رزی با مواد رنگ‌زای طبیعی مهم است، به منظور بهبود ویژگی‌های ثباتی مانند ثبات شستشویی و سایشی از دندانه با یون‌های فلزی، استفاده می‌شود. به این دلیل که دندانه‌ها یا یون‌های فلزی، موجب تشکیل کمپلکس بین مولکول رنگزا و زنجیره پروتئین پشم شده و در نتیجه موجب اتصال بیشتر رنگزا به الیاف پشم و بهبود ویژگی‌های ثباتی رنگزا می‌شود (Tehrani and Navayee, 2024). هم‌چنین اتصال این

تاثیر سطوح مختلف لجن بر صفات رنگ‌زایی گیاه گلرنگ نشان‌داد شاخص‌های رنگی a , L , b و ΔE و نیز شاخص‌های w و y مربوط به نمونه نخ پشمی خام (رنگ‌رزی نشده)، نخ پشمی رنگ شده با محلول رنگی استخراج شده از گیاهان گلرنگ با کوددهی ۱۰ و ۲۰ تن لجن فاضلاب در هر هکتار قابلیت رقابت و سازگاری بالایی با تیمار شاهد دارد. محاسبه شاخص ΔE به منظور محاسبه اختلاف رنگ نمونه‌های رنگ شده (جدول ۶) نشان داد تیمار ۲۰ تن لجن فاضلاب در هکتار موجب کمترین تغییرات رنگ در اثر شستشو شده است و ثبات شستشویی بالاتری را از تیمار شاهد دارد. هم‌چنین شاخص ثبات نوری براساس فرمول ΔE ، نشان داد تیمار ۱۰ تن لجن فاضلابی توانسته کمترین میزان تغییر در اثر تنش نور داشته باشد. در گیاهان گلرنگ رشد یافته در خاک با ۲۰ و ۱۰ تن لجن

یون‌های فلزی با مواد رنگ‌زای ذکر شده موجب تغییر رنگ در آن‌ها می‌شود و با توجه به پیوند بین یون فلزی با لیاف،

جدول ۶- شاخصه های رنگی نخ پشمی رنگ‌زایی شده با رنگدانه استخراجی از گلرنگ کشت شده با لجن‌دهی متفاوت.

نمونه	L*	a*	b*	Y	W	ΔE نسبت به نمونه خام	ΔE نسبت به نمونه رنگ شده
نخ پشمی خام	۹۴/۴	۳/۲۳	۲۱/۵	۴۴/۵	- ۱۱/۱۶	-	-
رنگ شده	۹۰/۲۲	۸/۲	۳۲/۹	۶۵/۲	- ۷۴	b _{۱۳/۱}	---
تنش شستشو	۹۰/۷	۷/۱۵	۳۴/۷	۶۶/۳	- ۸۰	a _{۲/۱}	a _{۲/۱۱}
تنش نوری	۸۴/۷	۲۰/۱	۲۰/۵	۶۰/۹	- ۳۱	a _{۲۰}	b _{۱۸}
رنگ شده	۹۰/۳۹	۸/۳۶	۳۳/۷	۶۶/۳	- ۷۷	a _{۱۳/۸}	---
تنش شستشو	۹۰/۳	۷/۹	۳۴	۶۶/۳	- ۷۸	bc _{۰/۵}	b _{۱۱/۷}
تنش نوری	۸۵/۳	۱۹/۳	۲۰/۵	۶۰	- ۲۹	bc _{۱۸}	c _{۱۷/۴}
رنگ شده	۹۰/۷۹	۷/۷۵	۳۳/۲	۶۵	- ۷۳	b _{۱۳}	---
تنش شستشو	۹۰/۵	۸/۳	۳۲/۵	۶۴	- ۷۱	b _۱	c _{۰/۵}
تنش نوری	۸۲	۲۱/۸	۱۹/۲	۶۲	- ۳۲	b _{۱۸/۷}	a _{۲۰/۹}

۴- جمع بندی

کنجد در منطقه بوشهر"، علوم آب و خاک، ۱۳(۴۸)، ۱۲۳-۱۳۱.

احمدیان، ا.، هاشمی گرم‌دره، س.ا.، و وراوی پور، م.، (۱۳۹۹)، "تأثیر کاربرد لجن فاضلاب بر خصوصیات شیمیایی خاک در شرایط کشت گل‌خانه‌ای گل آفتابگردان زینتی"، علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۵(۳)، ۳۴-۴۰.

<https://doi.org/10.22112/jwwsc.2018.130237.1088>

آذری، ا.، و خواجه پور، م. ر.، (۱۳۸۴)، "اثر آرایش کاشت بر نمو، رشد، اجزای عملکرد و عملکردهای دانه و گلرنگ در کشت تابستانه گلرنگ، توده محلی کوسه اصفهان"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹(۳)، ۱۳۱-۱۴۲.

افضلی‌نژاد، ف.، قاسمی، س.، سیفتی، ا.، و شهبازی منشادی، ش.، (۱۳۹۹)، "تأثیر لجن فاضلاب بر رشد و برخی عناصر غذایی سه ژنوتیپ کینوا در یک خاک آهکی و شور"، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۴(۴)، ۱۲۷-۱۳۹، <https://doi.org/10.47176/jwss.24.4.42021>.

امیدی، ح.، میرزاده، ط.، و رودپیما، م.، (۱۳۹۳)، "تأثیر مقادیر و زمان کاربرد کود ریزمغذی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ"، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۲(۲)، ۳۰۵-۳۱۵، <https://doi.org/10.22067/GSC.V12I2.21218>.

چاکراک‌حسینی، م. ر.، (۱۳۸۵)، "اثرات نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ در شرایط دیم نیمه‌گرمسیری"، مجله علوم خاک و آب، ۱(۲)، ۱۷-۲۵.

چوپان، ی.، هزار جریبی، ا.، قربانی، خ.، حسام، م و خاشعی

پاسخ عملکردی گیاه در شش فاکتور از جمله تعداد دانه و وزن هر طبق در بوته، تعداد طبق، عملکرد دانه، تعداد گل در بوته و ارتفاع بوته مورد بررسی با مصرف لجن فاضلاب افزایشی بود که بهترین عملکرد در تیمار ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب گزارش شد. از مهم‌ترین دلایل بالا رفتن مقادیر عملکردی گیاه می‌توان به حضور موثر عنصر نیتروژن و فسفر و نیز حفظ رطوبت خاک توسط مواد آلی لجن اشاره نمود. همچنین استفاده از لجن فاضلاب بر کیفیت رنگ حاصل از گیاه تغییر معنی‌داری داشت، به طوری که بیشترین پیک طیف جذبی در عصاره گیاهان تیمار شده ۱۰ تن لجن فاضلاب بود. رنگ‌ریزی با عصاره گیاهان تیمار شده با لجن نیز به علت حضور یون‌های فلزی در گیاه و پیوند قوی‌تر با مولکول‌های رنگی موجب افزایش ثابت نوری و شستشویی معنی‌داری شد. بنابراین کشت گیاه گلرنگ با ۲۰ تن لجن فاضلاب به منظور رنگ‌ریزی پیشنهاد می‌شود. ولی لازم است تحقیقات بیشتری در رابطه با استفاده از آن در استفاده دارویی و غذایی از گلرنگ به منظور تجمع عناصر سنگین در گیاه و محصول صورت گیرد.

۵- مراجع

احمدی، م.، و بحرانی م ج.، (۱۳۸۸)، "تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن دانه ارقام

به‌وسیله ریشه گلرنگ"، فصلنامه علوم محیطی، ۱۵(۳)، ۱۰۹-۱۲۲.

نورالهی، پ.، ابدالی مشهدی، ع.ر.، کوچک‌زاده، ا. و قرینه، م.ح.، (۱۳۹۸)، "اثر اسید سولفوریک، اسید هیومیک و محلول پاشی برگی نیترات پتاسیم بر کیفیت رنگ گلبرگ، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، کاروتنوئید و عملکرد گل در همیشه بهار (*Calendula officinalis* L)"، تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۹(۳)، ۹۵-۱۱۱،

<https://doi.org/10.47176/jcpp.9.3.21641>

نیک‌قدمی حسینی‌ئی، م.، فتوت، ا.، و خراسانی، ر.، (۱۳۹۹)، "اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر غلظت روی، مس، کادمیم و سرب در گیاه تربچه و ریحان و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک"، نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۰(۳)، ۱۱۵-۱۳۴،

<https://doi.org/10.22069/ejsms.2021.17554.19>

25

مالک، ف.، (۱۳۸۹)، *دانه‌های روغنی و روغن‌های نباتی*، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ۱، ۵۸۶ ص.

مهرآفرید، س.، و عظیم‌زاده، س.م.، (۱۳۹۴)، "اثر کمپوست زباله شهری در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ"، نشریه بوم‌شناسی گیاهان زراعی، ۱۱(۲)، ۵۱-۶۰،

<https://doi.org/10.22034/AEJ.2015.515971>

میرمحمدی میبیدی، ع.م.، راضی اردکانی، ح.، حکیمی میبیدی، م.ح.، و حقیقی، م.، (۱۳۹۸)، "اثر ویژگی‌های مرتبط با شوری خاک بر کیفیت رنگ‌ریزه‌های ریشه گیاه روناس"، نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۹(۳)، ۲۱۷-۲۰۵،

<https://doi.org/10.47176/jcpp.9.3.3120>

یعقوبی سوره، ا.، علی‌زاده خالدآباد، م.، و رضازاد باری، م.، (۱۳۹۲)، "کاربرد پردازش تصویر برای تعیین شاخص‌های رنگی $L^*a^*b^*$ در سنجش رنگ غذاها"، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۳(۲۳)، ۴۱۱-۴۲۲.

Azizah, N., Nihayati, E., Khotimah, H., Rohmah, S., Widaryanto, E., Sugito, Y., and Kurniawan, S., (2022), "Impact of potassium fertilization on yield, nutrient use and response efficiency, and antioxidant content of red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade)", *Chilian Journal of Agricultural Research*, 82(3), 380-389, <https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000300380>.

Bai, J., Sun, X., Xu, Ch., Ma, X., Huang, Y., Fan, Zhi., and Cao X., (2022), "Effects of sewage sludge application on plant growth and soil characteristics at a *Pinus sylvestris* var. *mongolica* Plantation in Horqin sandy land", *Forests*, 13(7), 984, <https://doi.org/10.3390/f13070984>.

Breda, C.C., Soares, M.B., Tavanti, R.F.R., Viana, D.G., da Freddi, O., Piedade, A.R., Mahl, D., Traballi, R.C.,

سیوکی، ع.، (۱۴۰۰)، "تأثیر پساب فاضلاب شهری و روش‌های نوین آبیاری بر خواص زعفران"، علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۱(۶)، ۵۲-۶۰،

<https://doi.org/10.22112/JWWSE.2020.230301.1208>

حسن‌پور، ر.، زعفریان، ف.، رضوانی، م.، و جلیلی، ب.، (۱۳۹۸)، "بررسی اثر کادمیم بر تغییرات رنگدانه‌ای، فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی سه گونه دارویی *Mentha aquatica* L. و *Froriepia subpinnata* و *Eryngium caucasicum* Trautv Ledeb"، *اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۷(۲)، ۹۱-۱۰۳، رضوانی مقدم، پ.، بخشائی، س.، امین‌غفوری، ا.، و خرم‌دل، س.، (۱۳۸۸)، "اثر کودهای بیولوژیکی و ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis*)"، همایش علمی توسعه صنعت گیاهان دارویی ایران، تهران، ایران.

سازمان ملی استاندارد ایران، (۱۳۸۱)، *روش تعیین ثبات رنگ کلای نساجی در برابر نور روز*، استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۵، سازمان ملی استاندارد ایران.

سازمان ملی استاندارد ایران، (۱۳۸۶)، *استاندارد نساجی ثبات رنگ در برابر شستشو با صابون یا صابون و سود*، استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۰۷۶، سازمان ملی استاندارد ایران.

شاه‌پروری، م.ر.، صفاپور، س.، و قرنجیگ، ک.، (۱۳۹۴)، "رنگ‌رزی نخ پشمی با ماده رنگ‌زای استخراج شده از گیاه جاشیر"، همایش ملی فرش دستباف، دانشگاه بیرجند، ۱۸۶. شاملو، ز.، بهبهانی نیا، آ.، و سبحان، س.، (۱۴۰۰)، "بررسی تجمع غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیم در نعنا (*Mentha piperital*) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) تحت تیمار لجن دفعی فاضلاب"، نشریه پایدار، توسعه و محیط‌زیست، ۲(۵)، ۱۳-۲۳.

عظیم‌زاده، م.، (۱۳۹۵)، "بررسی تأثیر کودهای آلی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ"، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۸(۶)، ۱۳۰۴-۱۳۱۱،

<https://doi.org/10.22067/GSC.V15I3.49077>

قاسمی، ز.، کریمیان، ع.ا.، عظیم‌زاده، ح.ر.، و سودایی‌زاده، ح.، (۱۳۹۷)، "تأثیر آبیاری با فاضلاب بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی رزماری (مطالعه موردی: فاضلاب شهر یزد)"، علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۳(۳)، ۲۹-۳۸،

<https://doi.org/10.22112/jwwse.2018.130237.1088>

نام‌جویان، ش.، کرمانیان، ح.، ابوالحسنی سورکی، ع.، مدرس طباطبایی، ص.، و الیاسی، ن.، (۱۳۹۶)، "تأثیر سدیم‌نیتروپروپوساید بر افزایش پتانسیل گیاه‌پالایی عنصر روی

- and Guerrini, I.A., (2020), "Successive sewage sludge fertilization: Recycling for sustainable agriculture", *Waste Management*, 109, 38-50, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.045>.
- Gu, C.H., and Bai, Y.C., (2018), "Heavy metal leaching and plant uptake in mudflat soils amended with sewage sludge", *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 31031-31039, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3089-5>.
- Medyńska-Juraszek, A., Rivier, P.-A., Rasse, D., and Joner, E.J., (2020), "Biochar affects heavy Metal uptake in plants through interactions in the Rhizosphere", *Applied Sciences*, 10(15), 5105-5114, <https://doi.org/10.3390/app10155105>.
- Nasr, H.G., and Katkhoda T.L., (2003), "Effect of N fertilization and papulation rate spacing on safflower", *Japanese Journal of Crop Science*, 54, 346-352.
- Tehrani, M., and Navayee, T., (2024), "Suitability of dyes from cinnamon bark on wool fibers using metal and bio-mordants", *Environmental Science and Pollution Research*, 31(21), 1-10, <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33381-z>.
- Zielewicz, W., Wróbel, B., and Niedbała, G., (2020), "Quantification of chlorophyll and carotene pigments content in Mountain Melick (*Melica nutans* L.) in relation to edaphic variables", *Forests*, 11(11), 1197-1208, <https://doi.org/10.3390/f11111197>.



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.