

اثر ویژگی‌های مرتبط با شوری خاک بر کیفیت رنگ‌رزه‌های ریشه گیاه روناس (*Rubia tinctorum*)

سیدعلی محمد میرمحمدی میبدی^{۱*}، حسین راضی اردکانی^۲، محمدحسین حکیمی میبدی^۳ و مریم حقیقی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳)

چکیده

ریشه‌های گیاه روناس دارای رنگدانه‌هایی است که می‌تواند برای تولید یکی از بادوام‌ترین رنگ‌های قرمز گیاهی استفاده شود و در رنگ‌رزی به‌ویژه در صنعت فرش استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر شوری بر افزایش یا کاهش میزان رنگدانه‌ای گیاه روناس، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. بر اساس مدل رنگی طراحی شده نزدیک به بینایی انسان و نتایج این مطالعه مشخص شد که میزان روشنایی (L*) با افزایش شوری خاک کاهش یافت، اما زردی و آبی بودن رنگ پشم (B*) و میزان قرمزی و سبزی رنگ پشم (A*) با افزایش شوری خاک تا سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. همبستگی مثبت بین مؤلفه A* و پارامتر Ca+Mg و همبستگی منفی بین مؤلفه L* با پارامتر Ca+Mg در سطح آماری پنج درصد مشاهده شد. بین مؤلفه B* و اسیدیته آب نیز همبستگی مثبت دیده شد. سه مدل رگرسیون غیر خطی بین صفات خاک و صفات مرتبط با رنگ برآزش داده شد که نمایانگر تنوع خاص پارامترهای مرتبط با رنگ نمونه‌های پشم رنگ شده تحت شرایط شوری مختلف است. این مدل‌ها رابطه مناسب و قابل قبولی را بین شرایط رشد روناس و صفات مرتبط با رنگ L*، A* و B* توصیف کردند. با توجه به مقاومت بسیار زیاد روناس به شوری، افزایش شوری در آب و خاک محیط کشت روناس باعث تقویت و بهبود کیفیت رنگی روناس شده است و کاربرد آن در مناطق شور مرکزی ایران اقتصادی است.

واژه‌های کلیدی: شوری، روناس، رنگدانه، ضرایب همبستگی، تجزیه ضرایب مسیر

۱. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۲ و ۳. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد

۴. دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: maibody@cc.iut.ac.ir

مقدمه

تقریباً در هیچ نقطه‌ای از ایران به غیر از استان یزد، روناس به‌عنوان گیاه زراعی کشت نمی‌شود (۴۴). سطح زیر کشت این گیاه در استان یزد ۴۷۷ هکتار است که شهرستان اردکان با سطح زیر کشت ۳۶۵ هکتار بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص داده است (۳۹). کشاورزان منطقه یزد و اردکان سال‌هاست که از روناس به‌عنوان یک گیاه متحمل به شوری یاد کرده و آن را به‌طور توأم در باغات پسته می‌کارند (۳۰). به‌طور کلی روناس در مراحل رشد رویشی درجه تحمل پایینی به شوری دارد به‌طوری که عملکرد اندام هوایی و ریشه تحت تأثیر سطوح شوری‌های پایین قرار می‌گیرد (۲). برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی این گیاه و امکان استحصال رنگ از بخش حاوی رنگیزه ریشه، موجب شده است مصارف متنوع اقتصادی، درمانی (۱۷ و ۳۳)، صنعتی (۴۸) و علوفه‌ای (۳۳ و ۳۵) برای این گیاه تعریف شود. مقادیر زیادی از روناس که سالیانه در مناطق خشک و نیمه خشک تولید می‌شود دارای پتانسیل استفاده به‌عنوان علوفه نشخوارکنندگان است (۴۴). ترکیب شیمیایی علوفه روناس از لحاظ تغذیه‌ای نسبت به یونجه برتری دارد، به‌طوری که در دوره‌ای از سال که سایر علوفه‌ها کمتر در دسترس هستند این علوفه برای کشاورزان خرده مالک با اهمیت است (۳۴).

از ریشه روناس یکی از بادوام‌ترین رنگ‌های قرمز گیاهی موسوم به آلizarin به‌دست می‌آید (۱). به‌دلیل اهمیتی که رشد ریشه در تولید بیوماس و فرآورده‌های مرتبط با ریشه به‌عهده دارد، رنگرزه‌های تولیدی موجود در پودر روناس که از ریشه روناس استخراج می‌شود و در رنگرزی استفاده می‌شود، در ارتباط با ارزش‌های مقداری مرتبط با رنگ مورد مطالعه قرار گرفته است (۷ و ۸). ماده رنگزای روناس بیشتر در بخش زنده و مغز ریشه آن در بین پوسته خارجی ریشه و مغز چوبی آن قرار گرفته است (۷ و ۲۳). برای تهیه پودر خالص روناس قبل از آسیاب کردن کامل ریشه، پوست خارجی آن را جدا می‌کنند (۳ و ۲۴). مواد رنگزای (پیگمان‌ها) تهیه شده از روناس در دسته مواد رنگزای هیدروکسی آنتراکوئینون‌ها (Anthraquinones) طبقه‌بندی می‌شوند که از گروه بزرگ

شوری از تنش‌های محیطی مهم محدودکننده تولیدات گیاهی بوده و سطح زیادی از زمین‌های کشاورزی ایران را فرا گرفته است. بیشتر خاک‌های دارای مشکل شوری در کشور در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند (۳۱). افزایش املاح خاک می‌تواند بخش‌های مختلف گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. ریشه گیاه اولین اندامی است که در معرض شوری خاک قرار می‌گیرد و واکنش مناسب منطقه انتهایی آن نقش مهمی در جلوگیری از انتقال نمک به اندام هوایی و رشدونمو گیاه دارد (۲۲ و ۳۱). روناس گیاهی علفی و پایا (دو تا سه ساله) از خانواده Rubiaceae، جنس *Rubia* و گونه *Rubiaea* است (۳۰) که از خاور نزدیک و قفقاز منشأ گرفته و به‌صورت وحشی در منطقه مدیترانه از اسپانیا تا آسیای صغیر و شمال آفریقا و برخی از نواحی آسیا می‌روید (۱۲ و ۱۹). کشور ایران از نظر این گیاه و خصوصیات آن از تنوع خوبی برخوردار است (۲۱). گستره رویش این گیاه در ایران به نواحی شمال غربی ایران (۴۸)، اراک، اطراف دماوند، تبریز، خوی، دیلمان، ارومیه و در مناطق خشک و کویری استان یزد محدود شده است. این گیاه در برخی مناطق از جمله استان یزد با آب شور آبیاری می‌شود (۱۰ و ۲۹). روناس قادر است در خاک‌های شور (بیش از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) و یا آب آبیاری شور (۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر) رشد کند (۱۰). با این حال شوری بیش از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش قابل توجهی در میزان وزن خشک اندام هوایی این گیاه می‌شود (۲۶). در مطالعه دیگری کاشت روناس در شوری خاک تا ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر و شوری آب آبیاری تا بیش از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز گزارش شده است (۲۹). آستانه تحمل گیاه به شوری خاک و شوری آب آبیاری برای اندام هوایی ۱۶ و ۱۷ و برای ریشه ۱۵/۳ و ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر است (۲۹). رشد گیاه روناس در خاک‌های شور به‌دلیل توانایی بالای این گیاه در جذب زیاد سدیم از خاک به‌وسیله ریشه و انتقال آن به اندام‌های هوایی موجب کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) خاک می‌شود (۲ و ۲۶).

پشم کاربرد دارد، استفاده شد. با توجه به استفاده‌های مختلف گیاه روناس و با توجه به گسترش این گیاه در مناطق دارای خاک‌های شور و امکان تأثیرپذیری رنگدانه‌های موجود در بافت ریشه این گیاه از تنش شوری، این پژوهش با هدف شناسایی بیشتر این گونه و توسعه کشت آن در مناطق تحت تنش شوری خاک برای تهیه رنگ‌های طبیعی و بررسی تغییرات کیفی حاصل در پیگمان‌های رنگی ریشه روناس کشت شده در شرایط مختلف شوری بر اساس وضعیت الیاف رنگ شده و کاهش واردات رنگ‌های شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های گیاه و خاک برای انجام این مطالعه از چهار منطقه جغرافیایی مختلف در استان یزد (بافق، یزد، احمدآباد و اردکان) به ترتیب در زمان برداشت روناس از مناطق ذکر شده و از عمق ۱۰ تا ۵۰ سانتی متری از هر منطقه سه تکرار برداشت و به آزمایشگاه خاک شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد برای انجام آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها منتقل شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، در هوای آزاد به تدریج خشک و سپس کوبیده شده و به کمک الک دو میلی متری سنگریزه‌های درشت آن جدا شد. از نمونه خاک‌ها به‌طور جداگانه عصاره اشباع تهیه و بلافاصله پارامترهای خاک شامل هدایت الکتریکی ویژه (ECe) با دستگاه هدایت سنج (هدایت‌سنج Elmetron، مدل CC-۵۰۵) در دمای آزمایشگاه اندازه‌گیری و نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تصحیح شد، اسیدیته با pH متر (Metroham، ۸۲۷)، غلظت سدیم در عصاره اشباع خاک به‌وسیله دستگاه نشر اتمی شعله (فلیم‌فتمتر مدل PFPV ساخت کمپانی JENWAY انگلستان) و غلظت‌های کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون به‌وسیله EDTA تعیین و نسبت جذب سدیم با استفاده از رابطه $SAR = Na / (Ca + Mg)^{1/2}$ محاسبه شد (۳۶). مجموع غلظت کاتیون‌های کلسیم و منیزیم بر اساس غلظت کاتیون‌های اندازه‌گیری شده محاسبه شد.

پس از برداشت روناس از مناطق ذکر شده، ریشه گیاهان جدا شده و پس از شستشو، خشک و به‌میزان ۱۰۰ گرم پودر ریشه

کینون‌های طبیعی به‌شمار می‌روند. مشتقات آنتراکینونی بخش پوسته خارجی در مقایسه با بخش چوبی بسیار زیادتر است (۳). رنگ استخراج شده از ریشه روناس ثابت بوده (۱۲) که در رنگ‌رزی الیاف پشم، پنبه و ابریشم به‌خصوص رنگ‌کردن الیاف قالی که یکی از مهم‌ترین صنایع دستی و صادراتی کشور است استفاده می‌شود. سابقه استفاده از این رنگ به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد به‌عنوان یکی از باثبات‌ترین رنگ‌های طبیعی برمی‌گردد و امروزه همچنان در صنعت فرش کاربرد دارد (۱۵ و ۲۰). مروری بر نحوه تولید و مصرف روناس و جایگاه و موارد کاربردی آن در صنایع و محدودیت‌های تولید و استخراج ماده رنگزا به‌خوبی بحث شده است (۵ و ۲۴). تهیه رنگزاهای طبیعی از گیاهان در مقایسه با تولید شیمیایی آنها دشوارتر است. رنگ‌های شیمیایی معمولاً دوام و ثبات کمتری در مقایسه با رنگ‌های گیاهی در برابر نور و شستشو از خود نشان می‌دهند. رنگزاهای طبیعی از نظر بهداشتی (ایجاد حساسیت کمتر روی پوست) و مسائل زیست‌محیطی ارزش بیشتری دارند و کمتر موجب آلودگی محیط زیست می‌شوند (۱۱ و ۳۲).

مطالعه اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک اسفناج نشان داد که تنش شوری غلظت رنگدانه‌های گیاهی را کاهش می‌دهد (۱۴). تجزیه ضرایب همبستگی (r) بین ویژگی‌های مختلف پارامترهای اندازه‌گیری شده خاک با صفات مرتبط با رنگ پشم به‌تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آنها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌کند (۹). انجام تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام امکان حذف پارامترهای غیرمؤثر خاک بر صفات مرتبط با رنگ پشم و تعیین صفاتی که قادرند تغییرات رنگ پشم را توجیه کند، فراهم می‌کند. در شرایطی که همبستگی‌ها نتوانند به‌خوبی ارتباط‌ها را روشن کنند، تجزیه مسیر می‌تواند به‌عنوان یک روش آماری از طریق شناخت روابط میان صفات و تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها به‌گزینش غیرمستقیم صفات دارای وراثت‌پذیری کم یا صفاتی که به‌آسانی قابل اندازه‌گیری نیستند کمک کند (۲۸)، در این مطالعه از این روش برای تعیین ارتباط بین ارزش‌های مقداری رنگ (*A، *B و *L) رنگدانه‌های ریشه روناس که در رنگ‌آمیزی

انجام تجزیه مسیر و برآورد اجزای مؤثر شامل عناصر، پارامترهای شیمیایی E_c و pH بر صفات مرتبط با رنگ حاصل از رنگرزه‌های ریشه روناس استفاده شد (۴۵).

نتایج و بحث

هدایت الکتریکی یکی از ویژگی‌های اساسی خاک است که می‌تواند به‌عنوان معیاری در تعیین میزان آب قابل استفاده گیاه، مقدار نفوذ آب در خاک و تعیین وضعیت گیاهان از نظر مواجهه با تنش آب استفاده و مورد توجه قرار گیرد. در شکل (۱) ارتباط توصیفی سطوح شوری (هدایت الکتریکی ویژه) با برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک‌های مورد استفاده برای رشد گیاه روناس مشتمل بر اسیدیته و مجموع غلظت یون ها و غلظت هریک از یون‌های موجود در عصاره اشباع خاک نشان داده شده است.

نتایج به‌دست آمده در این بررسی نشان داد که همبستگی معنی‌دار و بالا بین قابلیت هدایت الکتریکی خاک و غلظت سدیم، مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم و نسبت جذب سدیم (SAR) عصاره اشباع خاک در سطح آماری پنج درصد وجود داشت (جدول ۱). مطالعات زیادی در مورد چگونگی رابطه هدایت الکتریکی محلول خاک با سایر پارامترها و مشخصه‌های شیمیایی خاک انجام شده است (۲۷). ویسکانتی و همکاران (۴۷) رابطه خطی بین هدایت الکتریکی و غلظت کل املاح خاک را گزارش کردند. همین‌طور باستیدا و همکاران (۴) همبستگی بالای بین هدایت الکتریکی و ترکیب یونی را نشان دادند.

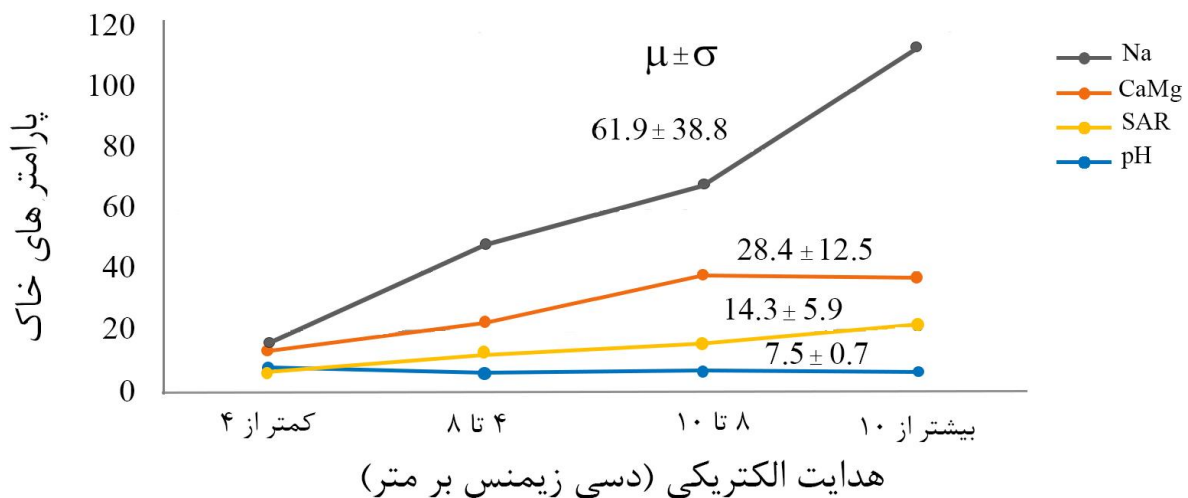
در جدول (۱) ضرایب همبستگی (r) بین پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده خاک نشان داده شده است. بین برخی صفات ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. با مقایسه ضرایب همبستگی بین ترکیب یونی و هدایت الکتریکی مشاهده شد که بیشترین ضریب همبستگی بین قابلیت هدایت الکتریکی خاک و غلظت یون سدیم به‌دست آمد (جدول ۱) ($r = 0.99$).

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که برخی از ویژگی‌های خاک را می‌توان به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی

تهیه شد و در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اندازه‌گیری‌ها انجام شد. از روش رنگرزی همزمان الیاف پشم طبیعی با پودر جوشانده شده ریشه روناس استفاده شد. برای این منظور نمونه‌های پودر شده به‌مدت یک ساعت در آب جوشانده و از صافی عبور داده شد. در مرحله بعد ۱۰ گرم پشم به‌مدت یک ساعت در محلول فوق جوشانده و سپس شستشو و خشک شد.

سه مدل رنگی شامل مدل (Red, Green, Blue) RGB، مدل (Cyan, Magenta, Yellow Black) CMYK و مدل $L^*a^*b^*$ برای تعیین رنگ مواد استفاده می‌شود. در سال ۱۹۷۶ مدل $L^*a^*b^*$ به‌وسیله کمیسیون بین‌المللی روشنایی Commission Internationale d'Eclairage (CIE) به‌عنوان یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ شناخته شد (۶). مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی (مقدار L که دامنه‌ای از صفر تا ۱۰۰ را دارد) و دو جزء رنگی (دامنه‌ای از ۱۲۰- تا ۱۲۰+) شامل جزء a (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) است (۶ و ۸). L^* بیانگر میزان روشنایی رنگ پشم است به‌طوری‌که هرچه میزان آن بیشتر باشد پشم روشن‌تر به‌نظر می‌رسد و مبین جذب رنگ کمتر در پشم است، A^* بیانگر میزان قرمزی و سبزی رنگ پشم است (هرچه مثبت‌تر باشد رنگ قرمزتر است و برعکس هرچه منفی‌تر سبزتر است) و B^* بیانگر میزان زردی و آبی بودن رنگ است. در این آزمایش رنگ قرمز چندان مؤثر نیست (۷) و ویژگی‌های خاک به‌عنوان متغیر مستقل و پارامترهای گیاهی مرتبط با رنگ پودر ریشه روناس به‌عنوان متغیر وابسته در روش رگرسیون گام‌به‌گام، لحاظ شدند و از آنها برای به‌دست‌آوردن رابطه رگرسیونی استفاده شد.

برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS و روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD استفاده شد (۴۲). در این مطالعه به‌منظور تعیین روابط بین متغیرهای وابسته (صفات مرتبط با رنگ) و مستقل (صفات خاک) از روش حداقل مربعات جزئی PLS با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT استفاده شد (۴۵). همچنین از نرم‌افزار PLS-۳ برای



شکل ۱. ارتباط توصیفی ویژگی های مرتبط با شوری خاک (سطوح شوری بر اساس هدایت الکتریکی ویژه) با برخی ویژگی های مرتبط با شوری خاک

جدول ۱. مقادیر ضرایب همبستگی بین ویژگی های مرتبط با شوری خاک (شامل pH، EC و دیگر غلظت های یونی عصاره اشباع خاک)

SAR	Na	Ca+Mg	Ec _e	pH	پارامتر
				۱	pH
			۱	-۰/۲۵	Ece
		۱	۰/۶۳*	-۰/۱۸	Ca + Mg
	۱	۰/۶۵*	۰/۹۹*	-۰/۲۷	Na
۱	۰/۹۵*	۰/۷۲*	۰/۹۳*	-۰/۱۷	SAR

ns عدم معنی داری * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

(شکل ۲). با افزایش هدایت الکتریکی یک روند کاهشی از نظر میزان روشنایی رنگ L* مشاهده شد، با این حال، به جز بین خاک های با سطح شوری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر با سایر خاک ها، سه گروه دیگر از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند (شکل ۲). متوسط مقدار ارزش مقداری L* در تیمارهای مختلف $35/1 \pm 4/2$ بود. بیشترین مقدار در شوری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر (۴۱/۳) و کمترین آن در شوری بیشتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر (۲۸/۸) مشاهده شد.

نتایج نشان داد که ارزش مقداری میزان قرمزی و سبزی رنگ A* با متوسط $26/8 \pm 1/7$ با افزایش هدایت الکتریکی از سطح ۴ به سطح ۸ دسی زیمنس بر متر به میزان ۱۱/۱ درصد افزایش یافت و در سطح ۸ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ۱۱/۲

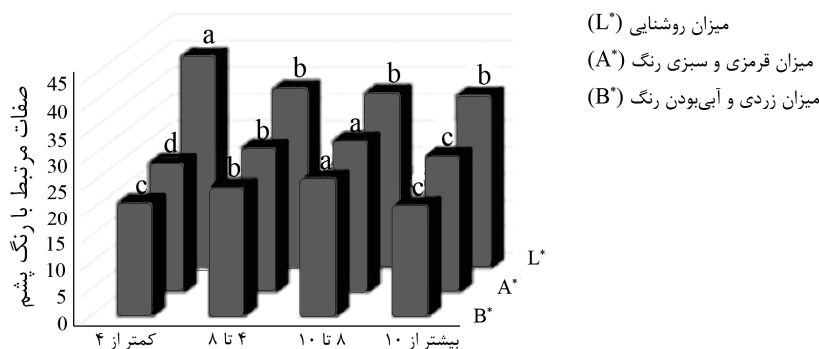
وضعیت رنگرزی های تولید شده در ریشه گیاه روناس تحت شرایط شوری خاک و همچنین به عنوان معیاری برای سنجش امکان توسعه کاشت این گیاه در زمین های شور استفاده کرد. مقادیر ضرایب همبستگی صفات مرتبط با رنگ پشم (جدول ۱) نشان داد که بین تیمارها از نظر کلیه صفات مرتبط با رنگ پشم و ویژگی های اندازه گیری شده خاک تفاوت معنی داری وجود داشت. این نتایج و نتایج جدول ۲ نشان دهنده وجود تنوع بالا بین صفات مورد ارزیابی بود که امکان انجام مقایسات و تجزیه های بعدی را میسر می کند.

نتایج نشان داد که شوری خاک اثرات متفاوتی روی صفات مرتبط با رنگ پشم داشت (شکل ۲). افزایش هدایت الکتریکی از کمتر از چهار به سطح هشت دسی زیمنس بر متر موجب کاهش ۱۵ درصدی ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ L* شد

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری خاک (E_c) بر صفات مورد مطالعه روناس

درجات آزادی	میانگین مربعات						منابع تغییر	
	pH	Ca+Mg	Na	SAR	B*	A*		L*
۳	۰/۳۱ ^{ns}	۴۴۶/۹*	۴۸۵۵/۹**	۱۲۱/۴**	۱۷/۰۳**	۹/۶۱**	۳۴/۸*	تیمار (هدایت الکتریکی)
۸	۰/۴۹	۴۵/۸	۲۴۴/۰۴	۲/۱	۰/۲۵	۰/۴۴	۱۱/۸	خطا

ns عدم معنی داری * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)

شکل ۲. اثر سطوح مختلف شوری خاک بر ارزش مقداری صفات مرتبط با رنگ پشم (L^* , A^* و B^*) رنگ شده با پودر ریشه روناس.

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

دادند. این ارزش مقداری تا سطح شوری ۱۰-۸ دسی زیمنس بر متر روند افزایشی و در سطح شوری بیشتر از ۱۰ در مقایسه با سطح شوری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر به میزان ۱۹ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲)، گرچه این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود.

ضرایب همبستگی ساده محاسبه شده برای صفات مرتبط با رنگ پشم با استفاده از ضرایب همبستگی پیرسون در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی داری بین صفات مرتبط با رنگ و برخی پارامترهای شوری خاک بستر کشت روناس وجود دارد. از ۱۸ ضرایب همبستگی محاسبه شده، تعداد چهار ضریب همبستگی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شدند. ارزش مقداری L^* با پارامترهای Ca+Mg و مقدار pH خاک به ترتیب دارای همبستگی منفی و مثبت بود.

این نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر صفت Ca+Mg, Na و E_c به ترتیب درجه تأثیرگذاری ارزش مقداری میزان روشنایی

درصد نسبت به تیمار کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر افزایش داشت که این افزایش از نظر آماری معنی دار ($P \leq 0.05$) بود (شکل ۲). مقایسه میانگین اثر هدایت الکتریکی بر ارزش مقداری میزان قرمزی و سبزی رنگ A^* نشان داد که تیمارهای مختلف براساس آزمون Lsd در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند (شکل ۲). ارزش مقداری A^* در خاک های با هدایت الکتریکی ۸ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر بیشترین (۲۹/۸) و در تیمار شوری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر کمترین بود (۲۴/۲). ارزش مقداری میزان زردی و آبی بودن رنگ B^* با متوسط $23/5 \pm 2/2$ دارای بیشترین مقدار در سطح شوری ۸ تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر (۲۶/۳) و کمترین مقدار (۲۰/۳) در سطح شوری بیشتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. ارزش مقداری B^* در سطوح شوری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر و شوری بیشتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر مقادیر کمتری در مقایسه با دو تیمار دیگر به خود اختصاص

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین برخی از پارامترهای شیمیایی خاک بستر کشت روناس با صفات مرتبط با رنگ پشم و این صفات با یکدیگر (تعداد نمونه n=15)

پارامتر	pH	EC _e	Mg+Ca	Na	SAR	B*	A*	L*
B*	-۰/۱۲	-۰/۰۸	۰/۲۴	-۰/۱۱	-۰/۰۵	۱		
A*	-۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۵۶*	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۸۳*	۱	
L*	۰/۵۹*	-۰/۳۸	-۰/۷۲*	-۰/۴۳	-۰/۵۵	-۰/۲۷	-۰/۵۶	۱

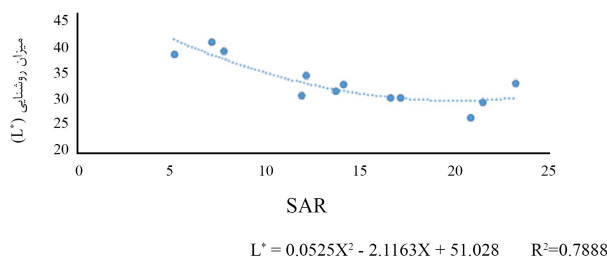
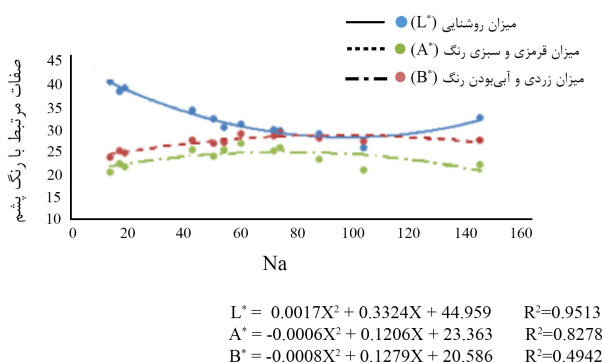
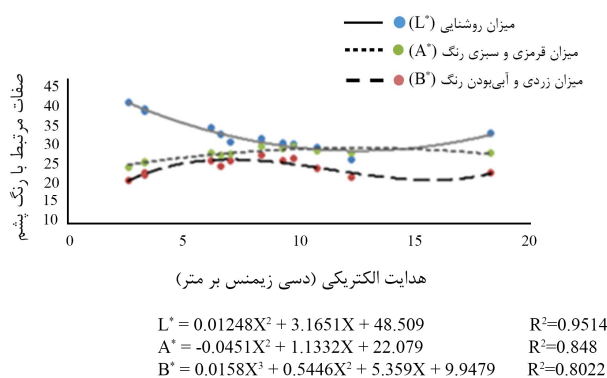
به‌دست آمد که در جدول (۴) نشان داده شده است. رابطه (۱) و ۲ و (۳) ارتباط میان پارامترهای شیمیایی خاک بستر روناس با ارزش‌های مقداری صفات مرتبط با رنگ پشم را نشان می‌دهد.

تجزیه علیت صفات نشان داد که بیشترین اثر مستقیم مثبت بر ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ متعلق به pH و بیشترین اثر منفی متعلق به Ca + Mg بود. جدول (۴) سهم عمده ۶۵ درصدی صفت EC_e را در توجیه تنوع میزان روشنایی رنگ L* را در مدل مشخص ساخت. با توجه به اثر مستقیم و بالای ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ می‌توان این دو صفت را به‌عنوان معیاری برای انتخاب نوع بستر کاشت یا امکان حصول رنگ مناسب از پودر ریشه روناس مطرح کرد.

با توجه به اینکه همبستگی بین ارزش‌های مقداری A* و B* مثبت است می‌توان نتیجه گرفت که عوامل غیرمستقیم باعث همبستگی مثبت بین این دو ارزش مقداری مرتبط با رنگ شده‌اند و باید مجموع عوامل تأثیرگذار را به‌طور همزمان مد نظر قرار داد و شرایطی ایجاد کرد که اثرات مستقیم حداکثر شوند. بنابراین انتخاب این صفات می‌تواند موجب افزایش میزان روشنایی شود. برای این منظور به کمک نرم‌افزار SAS و با استفاده از روش مطلوب‌سازی تکراری Iterative Optimization با کمک رویه PROC NLIN برآزش مدل بر داده‌های صفات مرتبط با رنگ و پارامترهای شیمیایی خاک انجام شد (۴۲) و مدلی ساده برای درک بهتر مفهوم پارامترهای صفات مرتبط با رنگ برای هر یک از سه ارزش مقداری A* و B* و L* تعیین و ارائه شد که در شکل ۳ نشان داده شده است (۴۵). در روش مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها،

رنگ کاهش می‌یابد. در نقطه مقابل افزایش pH خاک موجب افزایش میزان روشنایی رنگ پشم می‌شود. این یافته دلالت بر این موضوع دارد که در برنامه‌های توسعه کشت این گیاه می‌توان با بررسی سطح شوری خاک، تخمین مناسب و قابل قبولی از ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ حاصل از استفاده پودر ریشه روناس تحت شرایط شوری داشت. همبستگی منفی و معنی‌دار ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ با دو پارامتر Mg+Ca و pH خاک نشان‌دهنده اهمیت شوری در تغییر پیگمان‌های رنگی است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تغییرات دو پارامتر B* و A* رنگ (۰/۸۲) وجود داشت که منطقی و توجیه‌پذیر به‌نظر می‌رسد و نشان دهنده این واقعیت است که هرچه میزان A* بیشتر شود، میزان B* نیز افزایش می‌یابد. با این حال بین پارامتر B* و پارامترهای مختلف شوری خاک همبستگی وجود نداشت، به عبارتی تغییر میزان شوری و pH خاک تأثیر معنی‌داری بر این ارزش مقداری نداشت.

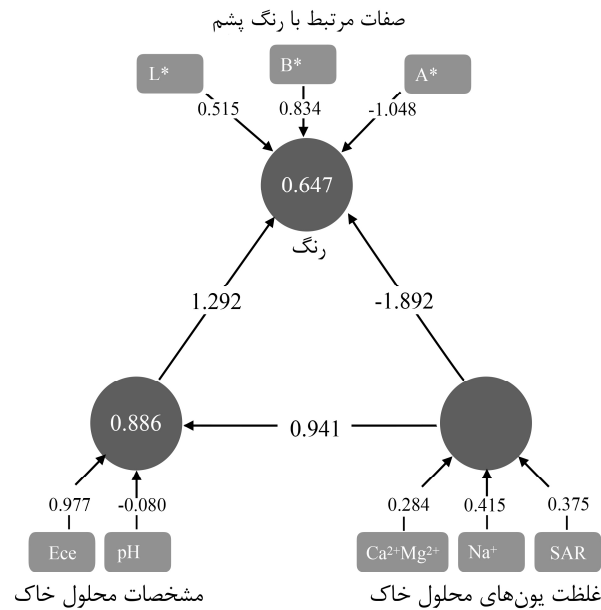
به‌منظور برآورد هرچه دقیق‌تر ضرایب معادله و کمتر کردن تعداد صفات وارد شده در محاسبه صفات مرتبط با رنگ پشم از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد و با استفاده از این روش (با ۰/۱۵ احتمال ورود صفات به مدل و ۰/۲ احتمال خروج صفات از مدل)، صفات کم‌تأثیر و یا بی‌تأثیر از مدل حذف شدند. برای این منظور مقادیر صفات مرتبط با رنگ پشم را به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل انتخاب شدند. در نهایت برای ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ L* سه صفت، برای ارزش مقداری A*، دو صفت و برای ارزش مقداری B*، چهار صفت به‌عنوان صفات تأثیرگذار به مدل وارد شدند که ۹۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کنند و در نتیجه معادلات رگرسیونی از آن



شکل ۳. برازش مدل رگرسیون غیرخطی بین صفات خاک و صفات مرتبط با رنگ در گیاه روناس. خطوط نمایانگر برازش روابط ۱، ۲ و ۳ کل داده‌های مورد مطالعه است.

شیمیایی خاک و روند تغییرات شاخص صفات مرتبط با رنگ را در حد قابل قبول توصیف کردند. مقدار پایین RMSE (کمتر) و R^2 بالاتر در این مدل بیانگر توصیف مناسب تر مدل از تغییرات شاخص صفات مرتبط با رنگ در این مدل است. معمولاً برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل از ابزار مهم رگرسیون استفاده می‌شود. با این حال در برخی موارد که بین متغیرهای مستقل هم خطی وجود دارد و این عیب می‌تواند اعتبار تحلیل رگرسیونی (رگرسیون حداقل مربعات) را زیر سؤال ببرد، پژوهشگران از روش‌های خاصی مانند روش رگرسیون کمترین مربعات جزئی

مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی ادامه می‌یابد که بهترین برآورد از پارامترها بر اساس SE (خطای معیار) کمتر پارامترها و RMSD جذر میانگین مربعات انحرافات کمتر تجزیه واریانس به‌دست آید و بدین ترتیب بهترین مدل برآورد مشخص می‌شود. رابطه تعیین شده برای معادله رگرسیون، مقادیر جذر میانگین مربعات انحرافات، ضریب تبیین، ضریب همبستگی و ضرایب رگرسیون خطی (a و b) بین صفات مرتبط با رنگ و صفات خاک استفاده در جدول (۴) نشان داده شده است. هر سه رابطه به‌خوبی ارتباط صفات مرتبط با رنگ را با برخی از پارامترهای



پارامترهای مرتبط با شوری خاک

شکل ۴. نحوه تاثیرپذیری ارزش‌های مقداری رنگ پشم از ویژگی‌های شوری خاک

جدول ۴. رابطه رگرسیونی چندگانه پیشنهادی برای صفات مرتبط با رنگ پشم

شماره	r^2	RMSE (واحد)	قاصه اطمینان ضرایب (در سطح پنج درصد)	رابطه
۱	۰/۸۹	۲/۳	$ECe^{\gamma} = ۰/۱۷ - ۰/۱۳$ $Na = -۰/۲۸ \quad ۰/۴۴$ $SAR = ۱/۱۵ \quad -۰/۵۷$ $ECe = ۴/۶ \quad -۳/۵$	$L^* = ۴۲/۳ + ۰/۱۳ ECe^{\gamma} - ۰/۴۶ Na + ۰/۵۷ SAR$
۲	۰/۸۷	۰/۹۸	$ECe^{\gamma} = -۰/۰۵ \quad ۰/۰۷$ $Na = -۰/۱۳ \quad ۰/۲۴$ $ECe = ۸/۱۶ \quad -۷/۱۵$ $ECe^{\gamma} = -۱/۱۱ \quad ۰/۱۴$	$A^* = ۱۸/۷ + ۳/۵ ECe - ۰/۰۶ ECe^{\gamma} - ۰/۲۴ Na$
۳	۰/۹۶	۰/۸۳	$CaMg = -۰/۰۷ \quad ۰/۱۲۵$ $Na = -۰/۳۲ \quad ۰/۴۴$ $SAR = -۰/۱۰۴ \quad ۰/۳۳$	$B^* = ۱۱/۹ + ۷/۱۵ ECe - ۰/۱۴ ECe^{\gamma} - ۰/۱۲ CaMg - ۰/۴۳ Na - ۰/۳۳ SAR$

رگرسیونی استفاده کند. شکل (۴) آنالیز گروهی داده‌ها را در این آزمون نشان می‌دهد. با استفاده از PLS یا روش حداقل مربعات جزئی ارتباط میان صفات مرتبط با رنگ در گیاه روناس و برخی از پارامترهای شیمیایی خاک، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Partial Least Squares (PLS) برای ارائه معادله پیش‌بینی استفاده می‌کنند (۴۵). این روش قادر است مؤلفه‌های جدید متعددی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، ایجاد نماید و پس از آن از این مؤلفه‌ها برای ساختن معادله

رنگ (A*) پشم ۶۲/۵ درصد افزایش یافت. میزان زردی و آبی بودن رنگ پشم (B*) نیز با افزایش شوری خاک افزایش نشان داد. نمونه‌های عمل شده با سود سوزآور، سدیم هیدروسولفیت و کلسیم هیپوسولفیت میزان تخریب بیشتری نشان داد به نحوی که نخ‌ها روشن‌تر شده و بر روشنایی نمونه‌ها افزوده شد. مواد احیا کننده مانند هیپوسولفیت سدیم، پیوندهای دی‌سولفیدی را در پشم از بین می‌برد که این خاصیت در محیط قلیایی افزایش می‌یابد. واکنش نمونه‌ها با این ماده بعد از واکنش با سود میزان بیشتری روشنایی نمونه‌ها را افزایش داد و همچنین از استحکام، ازدیاد طول و ضخامت نمونه‌ها کاست و میزان قرمزی نخ‌ها کاهش یافت. واکنش کلر با پشم منجر به افزایش درخشندگی، جذب رنگ و تخریب فلس‌های پشم می‌شود، تأثیر کلر بر پشم به عواملی مانند غلظت، pH و دما بستگی دارد و واکنش پشم با کلر باعث کاهش استحکام الیاف می‌شود. در نتیجه با افزایش غلظت کلر و زمان واکنش صدمه به لیف بیشتر شده و استحکام آن کاهش می‌یابد و با کاهش غلظت کلر در واکنش می‌توان از میزان تخریب پشم کاست (۳۲).

همچنین نتایج نشان‌دهنده همبستگی مثبت و بالای پارامترهای مرتبط با شوری خاک و ارزش‌های مقدری قرمزی و سبزی (A*) و زردی و آبی بودن (B*) رنگ پشم بود. عملکرد محصولات زراعی و باغی در اثر تنش‌های محیطی کاهش می‌یابد، با این حال مقدار مواد مؤثره گیاهان دارویی در بیشتر موارد بر خلاف عملکرد ECE افزایش می‌یابد. همین مورد برای تعدادی از رنگدانه‌ها در گیاه صادق (۳۷) و لسی در اکثر موارد میزان آنها کاهش پیدا می‌کند (۱۴). برای مثال می‌توان به کاهش معنی‌دار محتوی کاروتنوئیدهای برگ‌گی گیاهان *Grevillea ilicifolia* و برنج (۴۱) در شرایط شوری اشاره کرد که نشان می‌دهد این ترکیبات به تنش شوری حساس هستند (۳۷). تجزیه ضرایب مسیر روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم صفات و غیرمستقیم آنها از طریق صفات دیگر است و می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آنها فراهم کند (۲۸). با توجه به نتایج پژوهشگران از جمله اورگارت و همکاران (۴۶)،

برای داده‌های به دست آمده در این آزمایش صورت گرفت. ارزیابی دقیق داده‌ها و بررسی تجزیه به مؤلفه‌ها (شکل ۳) نشان داد که پنج مؤلفه که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک دارند، در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند و در مجموع ۸۹/۰۱ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. نتایج انجام تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که از دو گروه متغیر پنهان غلظت یون‌های محلول خاک و مشخصات محلول خاک شامل ECE و pH، اثر مستقیم گروه غلظت یون‌های محلول خاک بر فاکتورهای رنگ پشم منفی بود (-۱/۸۹) ولی تأثیر غیر مستقیم این عوامل از طریق غلظت یون‌های محلول خاک مثبت بود (۰/۹۴۱). همچنین مشخصات محلول خاک دارای اثر مستقیم مثبت بر ویژگی‌های رنگ پشم بودند (۱/۲۹۲). از طرف دیگر، تأثیر ECE بر فاکتورهای رنگ مثبت و معنی‌دار بود (۰/۹۷۷) در حالی که تأثیر pH معنی‌دار نبود (شکل ۳).

نتایج بررسی‌ها در این مطالعه نشان داد که افزایش شوری موجب کاهش ارزش مقداری میزان روشنایی رنگ پشم (L*) می‌شود. کاهش میزان روشنایی رنگ پشم حاکی از این است که میزان جذب بیشتر شده و پشم رنگ شده تیره‌تر به نظر می‌رسد. همبستگی منفی و بالای L* با برخی پارامترهای مرتبط با شوری خاک مانند Mg+Ca و pH خاک می‌تواند دلیل روشنی بر این ادعا باشد. در این مطالعه از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد، اخیراً از روش‌های مختلف دیگری مانند کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) برای ارزیابی و برآورد ارزش‌های مقداری مرتبط با رنگ استفاده شده است (۱۳ و ۴۳). سپاسخواه و بیروتی (۴۰) گزارش کردند که اثر شوری خاک و آب آبیاری بر رشد ریشه و اندام هوایی رونس مشابه است و از آنجایی که در ریشه رونس پیگمان‌های آنتراکوئینون تولید می‌شود، تأثیر شوری بر ریشه موجب اثر بر رنگ تولید شده به وسیله رونس می‌شود. تغییر در ترکیبات اضافه شده به رنگ می‌تواند تغییراتی در رونس ساختار مولکولی مواد رنگزای رونس ایجاد کند و تغییرات رنگی به وجود آورد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش شوری خاک به بالاتر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر، ارزش مقداری میزان قرمزی و سبزی

خاک و غلظت عناصر موجود در آن با ارزش‌های مقاداری رنگ پشم مورد بررسی که از طریق تجزیه ضرایب مسیر مشخص شد و با توجه به مقاومت بالای گیاه روناس به شوری، افزایش سطح شوری در محیط کشت روناس در حد متوسط باعث تقویت و بهبود کیفیت رنگی روناس شده است و در شرایط شور می‌توان از این گیاه صنعتی و دارویی تولید اقتصادی قابل قبولی انتظار داشت.

و فیشر (۱۶) از رابطه خطی برای نشان‌دادن اثر میانگین دما در طول مراحل نمو دانه بر تعداد دانه، در این پژوهش از این روابط برای توضیح پارامترهای مؤثر بر ارزش مقاداری صفات مرتبط با رنگ پشم استفاده شد و سه رابطه معرفی شد.

نتیجه‌گیری

در کل با توجه به نتایج این پژوهش و همبستگی بین شوری

منابع مورد استفاده

1. Angelini, L.G., L. Pistelli, P. Belloni, A. Bertoli and S. Panconeri. 1997. *Rubia tinctorum* a source of natural dyes: Agronomic evaluation. Quantitative analysis of alizarin and industrial assays. *Industrial Crops and Products* 6: 303-311.
2. Banakar, M. and Gh. Ranjbar. 2013. Evaluation of Rhana response to salinity in vegetative growth stage in two methods of planting seed and seed. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)* 2: 317-325. (In Farsi).
3. Başlar, S. and H. H. Mert. 1999. Studies on the ecology of *Chrozophora tinctoria* L. and *Rubia tinctorum* L. in Western Anatolia. *Turkish Journal of Botany* 23(1): 33-44.
4. Bastidaa, J. A., N. Vela De Oro and R. Ortiz Silla. 2004. Electrolytic conductivity of semiarid soils (Southeastern Spain) in relation to ion composition. *Arid Land Research and Management* 18: 265-281.
5. Bechtold, T. and R. Mussak, (Eds). 2009. Handbook of Natural Colorants, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
6. CIE, 1986. Colorimetrie and Central Bureau of the Comission International de L'Eclairage, Vienna, Austria 19: 652-664.
7. Clementi, C., W. Nowik, A. Romani, F. Cibin and G. Favaro. 2007. A spectrometric and chromatographic approach to the study of ageing of madder (*Rubia tinctorum* L.) dye stuff on wool. *Analytica Chimica Acta* 596: 46-54.
8. Colorimetric study on polyamides dyeing with weld and pomegranate peel natural dyes. Available online at: <http://ctr.sagepub.com/content/32/2/124>. Accessed April 2014.
9. Cuoco, G., C. Mathe, P. Archier, F. Chemat and C. Vieillescazes. 2009. A multivariate study of the performance of an ultrasound-assisted madder dyes extraction and characterization by liquid chromatography-photodiode array detection. *Ultrasonics Sonochemistry* 16(1): 75-82.
10. Dashtakian, K. 2000. Effect of salinity level and type on growth and chemical composition of madder. MSc. Thesis. Shiraz University. Shiraz, Iran.
11. Dean, J. 1994. The Craft of Natural Dyeing. Search Press. Wellwood.
12. Derksen, G. C. H. and T. A. Beek. 2002. *Rubia tinctorum* L. pp. 629-683. In: Rahman, A. U. (Ed.). Studies in Natural Products Chemistry. Elsevier Science, Amesterdam.
13. Derksen, G. C., G. P. Lelyveld, T. A. Van Beek, A. Capelle and A. E. De Groot. Two validated HPLC methods for the quantification of alizarin and other anthraquinones in *Rubia tinctorum* cultivars. *Phytochemical Analysis* 15(6): 397-406.
14. Di Martino, C., D. Sebastiano, R. Pizzuto, F. Loreto and A. Fuggi. 2003. Free amino acid and glycine betaine in leaf os- moregulation of spinach responding to increasing salt stress. *New Phytologist* 158: 455-463.
15. Dodangeh, M. and K. Gharanjig. 2012. Optimization of dyeing conditions of wool fibers with Madder dyes and aluminum sulfate mordant based on Taguchi's experiments. *Journal of Textile Science and Technology* 3: 161-166. (In Farsi).
16. Fischer, R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 105: 447-461.
17. Grieve, M. 1998. A Modern Herbal; the Medicinal, Culinary, Cosmetic and Economic. Properties, Cultivation and Folklore of Herbs, Grasses, Fungi, Shrubs and Trees with All Their Modern Scientific Uses. Tiger Books International, London.
18. Gulhan E. A. and K. M. Taskin. 1999. *Agrobacterium rhizogenes* mediated hairy root formation in some *Rubia tinctorum* L. population grown in Turkey. *American Journal of Botany* 23(6): 373-377.
19. Heber, D. 2000. Medical Economics. Physician's Desk References for Herbal Medicines. Montvale, National Jewish (Medical & Research Center), United State.

20. Jahanshahi Afshar, V. 1996. Dyeing of Fibers with Natural Materials, Tehran University of Art. Tehran, Iran. (In Farsi).
21. Javid Tash, A. and L. Blind. 1379. Collection and identification of Fars province plants and dyeing of wool and silk fibers in scientific methods. *Journal of Research and Development* 6: 67-96.
22. Lauchli, A. and E. Epstein. 1984. Mechanisms of salt tolerance in plants. *California Agriculture* 38(10):18-20.
23. Maitani T., H. Kubota, K. Sato and T. Yamada. 1996. The composition of metals bound to class III. Metallothionein (phytochelatin and its desglycyl peptide) induced by various metals in root cultures of *Rubia tinctorum*. *Plant Physiology* 110: 1145-1150.
24. Manhita, A., T. Ferreira, A. Candeias and C. B. Dias. 2011. Extracting natural dyes from wool--an evaluation of extraction methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 400(5): 1501-14.
25. Martin, V., A. Kandelbauer, C. Hansmann, J. Pockl, U. Muller and M. Grabner. 2009. Application of natural dyes in the coloration of wood. Pp. 277-314. In: Bechtold, T., and R. Mussak (Ed.). Handbook of Natural Colorants. John Wiley & Sons, Ltd, United States.
26. Mazloom, N., R. Khorassani, A. Fotovat and V. E. Hasheminejad. 2013. Phytoremediation of saline-sodic soils by *Sesbania acuelata*, *Rubia tinctorum* and *Cynodon dactylon* compared to chemical methods. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Water and Soil Science* 17: 97-107. (In Farsi).
27. McNeal, B., J. Oster and J. Hatcher. 1970. Calculation of electrical conductivity from solution composition data as an aid to *in-situ* estimation of soil salinity. *Soil Science* 110: 405-414.
28. Mehmet, A. and Y. Tetal. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Pakistan Botanical Society* 38(2): 417-424.
29. Meybodi Baghestani, N. 1990. Characteristics of Rana plant and its cultivation methods in Yazd province. *Olive Magazine* 98: 38-39. (In Farsi).
30. Mirabzadeh Ardakani, M. 2009. Rhinos Gold of the Desert. Department of Plant Production of Ministry of Agriculture. Iran. (In Farsi).
31. Mirmohammady Maibody, S. and A. Gharehyazy. 2002. Physiological aspects and breeding for salinity stress in plants. Isfahan University of Technology Publishing Center. Isfahan, Iran. (In Farsi).
32. Montazer, M. and S. Ahankoob. 2005. Effect of ammonia on dye-ability and color changes of wool dyed with Iranian natural dyes. *Journal of the Iranian Carpet Association* 1: 8- 15. (In Farsi).
33. Mukherjee, P. K. and P. J. Houghton. 2009. Evaluation of Herbal Medicinal Products Perspectives on Quality, Safety and Efficacy. Pharmaceutical Press, USA.
34. Nakanishi, F., Y. Nagasawa, Y. Kabaya, H. Sekimoto and K. Shimomura. 2005. Characterization of lucidin formation in *Rubia tinctorum* L. *Plant Physiology and Biochemistry* 43: 921-928.
35. Niebuhr, A. D. 1970. Herbs of Greece. Herb Society of America. America.
36. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1992. Method of Soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties (Second Edition Ed.). Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America.
37. Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60(3): 324-349.
38. Sadri, M. H. and H. Sanaii. 1993. Evaluating of soil and water constraints on madder yield. Technical Report. *Iranian Research Organization for Science and Technology*. Yazd. 13. 56p. (In Farsi).
39. Salem, J. and A. Fattahi. 2010. Analysis of marketing issues of Ronos in Yazd province. In: Proceedings of the First National Conference on Rawna, Production, Processing and Export. Yazd, Iran. pp. 91-77. (In Farsi).
40. Sepaskhah, A. R. and Z. Beirouti. 2009. Effect of irrigation interval and water salinity on growth of madder (*Rubia tinctorum* L.). *International Journal of Plant Production* 3: 1-16.
41. Singh, A. K. and R. S. Dubey. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica* 3: 245-255.
42. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. Mashhad University Jihad Press. Mashhad, Iran.
43. Surowiec, I., B. Szostek and M. Trojanowicz. 2007. HPLC-MS of anthraquinolds, flavonoids, and their degradation products in analysis of natural dyes in archeological objects. *Journal of Separation Science* 30: 2070-2079.
44. Tabatabai, S. E., A. K. Kamali and S. M. Mirvakili. 1993. A comprehensive research plan for madders. Final Report. Iranian Research Organization for Science and Technology. Yazd Research Center. Yazd, Iran.
45. Tenenhaus, M., J. Pages, L. Ambroisine and C. Guinot. 2005. PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference* 16:315-325.
46. Ugarte, C., D. F. Calderini and G. A. Slafer. 2007. Grain Weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Research* 100: 240-248.
47. Visconti, R. F., J. M. De Paz Becares, R. D. Zapata Hernandez and J. Sanchez Diaz. 2004. Development of an equation to relate electrical conductivity to soil and water salinity in a Mediterranean agricultural environment. *Australian Journal of Soil Research* 42: 381-388.
48. Zargari, A. S. 1988. Medicinal Plants (Volume II). Tehran University Press. Tehran, Iran.

The Effect of Parameters Related to Soil Salinity on Madder (*Rubinia tinctorum*) Pigment Quality

S. A. M. Mirmohammady Maibody^{1*}, H. Razi Ardakani², H. Hakimi³ and M. Haghighi⁴

(Received: December 24-2018; Accepted: December 12-2019)

Abstract

The roots of the madder plant (*Rubinia tinctorum*) contain some pigments that can be used to produce the red dyes. In order to study the effect of salinity on alterations in the amount of plant pigment an experiment was conducted according to a completely randomized design with three replications. Based on the CIE XYZ color space model designed close to human color vision, the results showed that increasing soil salinity decreased the value of The lightness value parameter (L^*), but the A^* (redness and greenness) and B^* (yellowness and blueness) values were increased with increasing soil salinity up to the level of 8 dSm^{-1} . There was a significant positive correlation between A^* value and $\text{Ca} + \text{Mg}$ and a significant negative correlation between L^* value and $\text{Ca} + \text{Mg}$ at the 5% level. Fitting three nonlinear regression model to data, simulated and described the variation of colorimetric specification of woolen samples dyed under different madder dyes and salinity conditions. These models proved to be an appropriate and reasonable link between madder growth conditions and colorimetric specification of woolen samples dyed such as L^* , A^* and B^* values. Due to the high resistant characteristics of madder to salinity, increasing salinity in the madder root zone lead to acceptable quality and efficiency of pigment production and to expand the possibilities for economic production of *Rubinia tinctorum* in soil salinity in the central arid region of Iran.

Keywords: Madder, Salinity, *Rubia tinctorum*, Pigment, Correlation coefficients, Path analysis

1. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

2. Former MSc. Student and Assistant Professor, Respectively, Department of Arid Land and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desert Study, Yazd University, Yazd, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: maibody@cc.iut.ac.ir