نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 133-120

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 120-133

# ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در شهرستان تربت‌حیدریه

فریبا زرقانی[1]، علیرضا کریمی[2*]، رضا خراسانی[2] و امیر لکزیان[3]

تاریخ دریافت: 1394/04/28
تاریخ پذیرش: 1394/10/19

زرقانی، ف.، کریمی، ع.، خراسانی، ر.، و لکزیان، ا. 1395. ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در شهرستان تربت‌حیدریه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(1):

## چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.)، یکی از گیاهان مهم اقتصادی ایران و جهان است. استان‌های خراسان رضوی و جنوبی مهم‌ترین مناطق کشت زعفران در ایران هستند. با وجود اهمیت این گیاه، تاکنون پژوهش‌های اندکی درباره تأثیر ویژگی‌های خاک بر رشد این گیاه انجام شده است. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه‌های زعفران بود. برای این منظور، 30 نمونه بنه زعفران از مزارع سه تا پنج ساله شهرستان تربت‌حیدریه با مدیریت زراعی تقریباً مشابه و یکسان، در شهریور ماه 1391 جمع‌آوری گردید. همچنین، از خاک محدوده رشد بنه‌ها (عمق صفر تا 30 سانتی‌متر) نمونه‌برداری شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل نیتروژن کل، فسفر فراهم، پتاسیم قابل استفاده، کلسیم، منیزیم، سدیم pH و هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، آهن، مس و روی قابل عصاره‌گیری با DTPA، کربن آلی خاک، کربنات کلسیم معادل و درصد ذرات شن و سیلت و رس خاک تعیین گردید. قطر و وزن تر و خشک بنه زعفران و مقدار کل آهن، مس و روی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که همبستگی بین ویژگی‌های خاک با قطر و وزن خشک بنه ضعیف بود که نشان‌دهنده وجود روابط غیرخطی بین ویژگی‌های رشدی بنه و ویژگی‌های خاک بود. به همین دلیل، از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، روابط بین پارامترهای خاک و بنه زعفران تعیین گردید. نتایج شبکه عصبی پیشنهادی حاکی از 94 درصد رابطه قطر بنه زعفران و 92 درصد رابطه وزن خشک بنه زعفران را با ویژگی‌های خاک بود. نتایج آنالیز حساسیت دو مدل شبکه عصبی نشان داد که هدایت الکتریکی، روی، نیتروژن، pH، فسفر، پتاسیم و درصد سنگریزه خاک مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر وزن خشک بنه و ویژگی‌های درصد شن، عنصر مس، درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، SAR، روی و فسفر خاک، به ترتیب، مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر قطر بنه زعفران بودند.

**واژه‌های کلیدی**: آنالیز حساسیت، شبکه عصبی، مدل‌سازی، وزن بنه

## مقدمه

زعفران با نام عمومی Saffron و نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی علفی و چندساله از تیره زنبقیان[4] است. ارتفاع آن 10 تا 30 سانتی‌متر، دارای بنه سخت و مدور و توپر و تقریباً کروی شکل با قطر سه تا پنج سانتی‌متر و پوشیده از غشاهای نازک و قهوه‌ای رنگ است که در زیر خاک قرار می‌گیرد. تکثیر آن از طریق بنه[5] یا پیاز می‌باشد (Zargari, 1996). این گیاه نیمه‌گرمسیری دارای جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی ایران می‌باشد (Azizi Zehan et al., 2006). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی به دلیل دارا بودن شرایط آب و هوایی ویژه قطب عمده تولید این گیاه در کشور محسوب می‌شوند (Mollafilabi & Shoorideh, 2009)؛ به طوری‌که سطح زیر کشت زعفران در ایران در سال 1392 بالغ بر 84738 هکتار بود که بیش از 81477 هکتار آن مربوط به دو استان خراسان رضوی و جنوبی به ترتیب با مساحت 65222 و 16255 هکتار بود (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2013).

بنه نقش محوری در چرخه زندگی زعفران ایفا می‌کند، چون

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: karimi-a@um.ac.ir)

4- Iridaceae
5- Corm

منبع ذخیره مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه بعد از مرحله خواب و در مراحل اولیه رشد است (Alvarez-orti et al., 2004). مطالعات نشان داده است که رابطه نزدیکی بین اندازه بنه و گلدهی در زعفران وجود دارد (Molina et al., 2005). انتخاب و تهیه بنه زعفران برای زراعت این محصول، مهم است و کمیت و کیفیت محصول زعفران بستگی زیادی به کیفیت و ماهیت بنه آن دارد. با افزایش وزن بنه‌های کشت شده، بر تعداد گل‌ها افزوده می‌شود و استفاده از بنه‌هایی با وزن بیش از هشت گرم و قطر بیش از 2/5 سانتی‌متر برای حداکثر تولید توصیه می‌گردد (Kafi et al., 2002).

رشد و نمو زعفران، تحت تأثیر عوامل محیطی مانند جوان بودن بنه‌ها، قطر مناسب بنه‌ها، شرایط مناسب محیط کشت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و حاصلخیزی آن می‌باشد و این عوامل، نقش اساسی در میزان عملکرد زعفران دارند (Aytekin et al., 2008). پژوهش‌های انجام شده درباره تأثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد زعفران نتایج متناقض را در پی داشته است. فرناندز (Fernandez, 2004) بیان کرده است که خاک رسی، یک خاک خوب برای رشد زعفران است، در حالی‌که ساماپاتو (Sampathu, 1984) گزارش کرده است که زعفران به یک خاک لوم- شنی که شخم مناسبی خورده و یا یک خاک رسی دارای زهکشی خوب نیاز دارد. خاک مزرعه زعفران بهتر است دارای ساختمان متوسط با نفوذپذیری خوب باشد. این گیاه در خاک‌های سیلیسی، رسی، آهن‌دار و گچی رشد مطلوبی دارد (Kafi et al., 2002). زعفران، زمین‌های حاصلخیز، غیرشور، با بافت متوسط (لومی، سیلتی، رسی- شنی) و آهکی که pH آن‌ها 8-7 باشد را بر زمین‌های شور، فقیر، مرطوب و زه‌دار، سبک (شنی و شنی- رسی) و اسیدی ترجیح می‌دهد. بنابر عقیده کشاورزان زعفران‌کار قائن، باید خاک زمین زعفران، دارای یک قشر نسبتاً قطوری از خاک رس رسوبی و بدون سنگ و سنگریزه باشد (Behnia, 1991). زعفران به خوبی در خاک‌های شور می‌تواند رشد کند، در حالی‌که کمبود کربنات کلسیم، یک عامل محدودکننده، می‌باشد (Mollafilabi, 2004). خصوصیات فیزیکی خاک به ویژه بافت خاک بر تمامی ویژگی‌های رشدی گیاه زعفران تأثیرگذار است (Rezvani Moghaddam et al., 2014)؛ بافت خاک با تأثیر بر میزان گسترش ریشه و جذب آب و مواد غذایی، وضعیت رشدی و تغذیه‌ای گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نقش به سزایی در رشد و نمو بنه‌ها دارد (Dole & Wilkins, 1999). برخی محققان عقیده بر رشد مناسب‌تر زعفران در خاک‌های سبک و غنی از مواد آلی دارند (Gresta et al., 2009).

برای بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر رشد گیاهان، می‌توان به دو روش عمل کرد. روش اول که بیشتر مرسوم است، بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک و به ویژه تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط کنترل شده در کرت‌های آزمایشی یا گلدانی است. روش دیگر، بررسی رشد گیاهان در شرایط طبیعی و تعیین عوامل مؤثر بر رشد، در دامنه وسیعی از تغییرات ویژگی‌های خاک است که از تکنیک‌های گوناگونی مانند رگرسیون چند متغیره[1]، شبکه‌های عصبی[2] مصنوعی و رج‌بندی[3] استفاده می‌شود.

رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) با بررسی اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ویژگی های مورفولوژیکی و عملکرد زعفران گزارش نمودند که اثر بافت های مختلف خاک بر کلیه خصوصیات عملکرد بنه و گل زعفران معنی دار بود؛ به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد زعفران برای بافت های لوم شنی و رسی به دست آمد. این محققان مهمترین عوامل شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک کلاله را بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل معرفی نمودند. همچنین ضرایب همبستگی مدل‌های رگرسیونی خصوصیات خاک با وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران به ترتیب برابر با 0/84، 0/87، 0/90 و 0/89 محاسبه گردید. در تحقیق انجام شده توسط عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2013) اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و سن مزرعه بر ویژگی‌های زراعی زعفران مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تغییرات عملکرد گل و کلاله به طور معنی‌داری با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، EC و pH خاک مرتبط بود. همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک با تعداد بنه، وزن خشک بنه، عملکرد گل و کلاله زعفران در واحد سطح مشاهده شد. با توجه به اهمیت خاک در رشد زعفران، تعیین آن دسته از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر رشد گیاه می‌تواند به مدیریت و افزایش عملکرد کمک کند. شهرستان تربت‌حیدریه یکی از مناطق مهم زعفران‌کاری در ایران است، ولی از ویژگی‌های خاک‌های مناطق زعفران‌کاری و تأثیر آن بر

1- Multiple regression
2- Neural networks
3- Ordination

رشد بنه‌های زعفران اطلاعات کافی در دست نیست. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه‌های زعفران و تعیین مهم‌ترین این ویژگی‌ها بود.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران، تعداد 30 نمونه بنه زعفران از مزارع سه تا پنج ساله و خاک اطراف آن‌ها (عمق صفر تا 30 سانتی‌متر)، در اواخر شهریور ماه 1391، جمع‌آوری گردید. سعی شد که نمونه‌برداری به نحوی انجام شود که دامنه وسیعی از ویژگی‌های خاک را شامل شود و همچنین مزرعه‌های انتخابی از نظر مدیریتی تقریباً یکسان و مشابه باشند. مزارع نمونه‌برداری شده به نحوی انتخاب شدند که از نظر برخی عوامل مدیریتی شامل آبیاری غرقابی اول جهت فراهم نمودن امکان خروج گل‌ها و با مدار 10 تا 15 روز یک بار انجام، مقدار کود دامی مصرفی به میزان 30 تا 35 تن در هر هکتار و کود شیمیایی شامل 25 کیلوگرم در هکتار کود اوره و 25 کیلوگرم در هکتار کود فسفاته بود. نحوه کاشت، ردیفی و 5-4 بنه در هر چاله کشت شده بود. عملیات وجین و سله‌شکنی به صورت دستی و قبل از گلدهی و نوع مبارزه با علف‌هرز نیز در مزارع انتخابی دستی بود.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، وزن و قطر بنه‌های زعفران اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که پوشش بنه‌ها به منظور یکسان بودن وضعیت برای تمام بنه‌ها، قبل از اندازه‌گیری وزن و قطر بنه حذف گردید. پس از قطعه قطعه کردن بنه‌ها و خشک کردن در آون با دمای 80 درجه سانتی‌گراد و به مدت 24 ساعت، برای انجام آزمایش‌های لازم، در پاکت‌های کاغذی نگهداری شدند. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در معرض هوا و کوبیده شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند و درصد سنگریزه آن‌ها تعیین گردید. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل نیتروژن کل به روش کجلدال (Hess, 1971)، فسفر فراهم خاک به روش اولسن (Olsen et al., 1954)، پتاسیم قابل استفاده از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و سدیم در عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه شعله‌سنج[1]، کلسیم و منیزیم با استفاده از روش تیتراسیون با EDTA در عصاره اشباع خاک، (Page et al., 1982; Richard, 1954)، عناصر آهن، مس و روی به روش DTPA با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Lindsay & Norvel, 1978)، درصد کربن آلی خاک به روش تیتراسیون (Walkley & Black, 1934)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون، pH با استفاده از دستگاه pH متر الکترود شیشه‌ای در گل اشباع خاک، هدایت الکتریکی با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی در عصاره اشباع (Knudsen et al., 1982)، درصد ذرات شن و سیلت و رس خاک با استفاده از روش پیپت تعیین گردید (USDA-NRCS, 1996).

برای بیان روابط غیرخطی و پیچیده بین ویژگی‌های خاک و قطر و وزن خشک بنه زعفران، شبکه پرسپترون چند لایه در محیط نرم‌افزار Matlab نسخه 2014 اجرا شد.

## نتایج و بحث

### توصیف آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده

در جدول‌های 1 و 2، توصیف آماری پارامترهای خاک و بنه زعفران آورده شده است. pH در دامنه 7/12 تا 7/75 متغیر است و در بین متغیرهای اندازه‌گیری شده خاک، دارای کم‌ترین ضریب تغییرات (دو درصد) بود. ایوبی و همکاران (Ayoubi et al., 2009) و شعبانی و همکاران (Shabani et al., 2011) نیز در مورد pH کم‌ترین ضریب تغییرات را در بین ویژگی‌های خاک به دست آوردند. ضریب تغییرات کربن آلی در این پژوهش از همه بیش‌تر و برابر 82 درصد بود. مقدار کربن آلی خاک از 0/04 تا 1/91 درصد متغیر بود. میانگین کربن آلی خاک 0/59 درصد به دست آمد که برای مناطق خشک طبیعی است و مقادیر بالای کربن آلی در خاک احتمالاً به دلیل افزودن کودآلی به خاک مزارع مورد مطالعه بوده است. بر اساس سیستم پیشنهادی ویلدینگ (Wilding, 1985) ضریب تغییرات پارامترهای خاک بیش از 35، 15 تا 35 و کمتر از 15 به ترتیب در سه کلاس زیاد، متوسط و کم، طبقه‌بندی می‌شوند. در میان ویژگی‌های خاک مورد بررسی در این مطالعه، ضریب تغییرات نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده، منیزیم، روی، درصد کربن آلی و درصد سنگریزه در کلاس زیاد و ضریب تغییرات کلسیم، سدیم، آهن، مس، کربنات کلسیم معادل، هدایت الکتریکی، SAR، درصد شن، سیلت و رس خاک در کلاس متوسط قرار گرفتند (جدول 1). تغییرات ویژگی‌های خاک، در هر منطقه به دلیل تغییرات عوامل خاک‌سازی و فرآیندهای ژئومورفیک[2] است.

1- Flame photometer

2- Geomorphic processes

**جدول 1- توصیف آماری پارامترهای خاک**

**Table 1- Statistical description of soil parameters**

| ویژگی خاک<br>Soil characteristics | حداقل<br>Min | حداکثر<br>Max | میانگین<br>Average | ضریب تغییرات (درصد)<br>CV (%) |
|---|---|---|---|---|
| نیتروژن کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Total N ($mg.kg^{-1}$) | 105 | 3797.5 | 1076.25 | 63 |
| فسفر فراهم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Available P ($mg.kg^{-1}$) | 0.7 | 23.45 | 12.00 | 62 |
| پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Available K ($mg.kg^{-1}$) | 159.9 | 1299.9 | 274.7 | 78 |
| کلسیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Soluble Ca ($mg.kg^{-1}$) | 104 | 720 | 373.4 | 34 |
| منیزیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Soluble Mg ($mg.kg^{-1}$) | 72 | 465.6 | 214.4 | 39 |
| سدیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Soluble Na ($mg.kg^{-1}$) | 915.3 | 4939 | 3221.8 | 33 |
| آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>DTPA Fe ($mg.kg^{-1}$) | 2.4 | 7.4 | 4.1 | 24 |
| مس قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>DTPA Cu ($mg.kg^{-1}$) | 1.2 | 2.2 | 1.6 | 15 |
| روی قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>DTPA Zn ($mg.kg^{-1}$) | 0.2 | 1.1 | 0.4 | 42 |
| کربن آلی خاک (درصد)<br>Soil organic carbon (%) | 0.04 | 1.9 | 0.6 | 82 |
| کربنات کلسیم معادل (درصد)<br>Calcium carbonate equivalent (%) | 4 | 16.9 | 12.6 | 22 |
| هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)<br>ECe ($dS.m^{-1}$) | 0.9 | 2.6 | 1.7 | 28 |
| اسیدیته<br>pH | 7.1 | 7.75 | 7.5 | 2 |
| نسبت جذب سدیم<br>SAR | 1.7 | 7.9 | 5.2 | 31 |
| شن (درصد)<br>Sand (%) | 15.4 | 47.6 | 36.1 | 24 |
| سیلت (درصد)<br>Silt (%) | 29.9 | 64.9 | 43.6 | 25 |
| رس (درصد)<br>Clay (%) | 11.7 | 27.7 | 20.5 | 19 |
| سنگریزه (درصد)<br>Gravel (%) | 1.9 | 23.5 | 12.8 | 39 |

**جدول 2- توصیف آماری پارامترهای بنه زعفران**

**Table 2- Statistical description of saffron corm parameters**

| ویژگی خاک<br>Soil characteristics | حداقل<br>Min | حداکثر<br>Max | میانگین<br>Average | ضریب تغییرات (درصد)<br>CV (%) |
|---|---|---|---|---|
| قطر (میلی‌متر)<br>Diameter (mm) | 22.8 | 51.7 | 34.1 | 20 |
| وزن خشک (گرم)<br>Dry weight (g) | 1.5 | 6.9 | 3.7 | 45 |
| آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Fe ($mg.kg^{-1}$) | 5.4 | 19.9 | 11.4 | 39 |
| مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Cu ($mg.kg^{-1}$) | 14.5 | 436 | 224.4 | 47 |
| روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>Zn ($mg.kg^{-1}$) | 208 | 283 | 243.6 | 7 |
| نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>N ($mg.kg^{-1}$) | 113.5 | 267 | 176.7 | 17.5 |
| فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>P ($mg.kg^{-1}$) | 2916.7 | 19600 | 12922.8 | 35 |
| پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)<br>K ($mg.kg^{-1}$) | 2445.8 | 4270.6 | 3528 | 12 |

در میان پارامترهای مورد بررسی در بنه زعفران، مس دارای کم‌ترین ضریب تغییرات (هفت درصد) و آهن دارای بیش‌ترین ضریب تغییرات (47 درصد) بودند (جدول 2). ضریب تغییرات آهن و وزن تر و وزن خشک بنه در کلاس زیاد، ضریب تغییرات نیتروژن، روی و قطر بنه در کلاس متوسط و ضریب تغییرات فسفر، پتاسیم و مس در کلاس کم دسته‌بندی شدند. بنه‌های زعفران را می‌توان به چهار گروه 4–2 گرم (بنه ریز)، 6–4 (بنه متوسط)، 8–6 (بنه درشت) و هشت گرم به بالا (خیلی درشت) تقسیم‌بندی نمود (Kafi et al., 2002). با توجه به وزن تر بنه، بنه‌های نمونه‌برداری شده زعفران در گروه‌های متوسط تا خیلی درشت طبقه‌بندی شدند. حداقل و حداکثر و میانگین وزن تر بنه، به ترتیب، 5/4، 19/89 و 11/40 به دست آمد (جدول 2).

**همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده**

آزمون همبستگی برای بررسی نوع و میزان رابطه متغیرها استفاده می‌شود و ضریب همبستگی شاخصی است که جهت و مقدار رابطه بین دو متغیر را توصیف می‌کند. بر اساس یک تقسیم‌بندی کلی، همبستگی صفر تا 0/25 در کلاس ضعیف، 0/25 تا 0/5 در کلاس نسبتاً ضعیف، 0/5 تا 0/75 در کلاس نسبتاً قوی و 0/75 تا یک در کلاس قوی طبقه‌بندی می‌شود (Bhattacharya et al., 1977).

در این پژوهش، ضریب همبستگی بین پارامترهای بنه زعفران و ویژگی‌های خاک در کلاس‌های ضعیف و نسبتاً ضعیف طبقه‌بندی شدند. دو عامل می‌توان برای همبستگی خطی ضعیف و غیرمعنی‌دار بین ویژگی‌های خاک و قطر و وزن خشک بنه زعفران برشمرد؛ همبستگی ضعیف می‌تواند نشان‌دهنده وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها با یکدیگر باشد یا این ویژگی‌های مورد بررسی محدودیتی برای رشد زعفران ایجاد نمی‌کنند. پیرس و همکاران (Pierce et al., 1994) و کراچنکو و بولاک (Kravchenko & Bullock, 2000) نیز در مطالعات خود همبستگی اندکی بین پارامترهای حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول گزارش کرده‌اند. بیش از حد کفایت 994 بودن ویژگی‌های مورد مطالعه یا تغییرات کم آن‌ها می‌تواند توجیه کننده همبستگی کم ویژگی‌های رشدی با ویژگی‌های خاک باشد. پیرس و همکاران (Pierce et al.,1994) در مطالعه‌ای که بر روی تغییرپذیری عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و عناصر غذایی در سه نوع خاک را در میشیگان بررسی و گزارش کردند که عملکرد ذرت، در خاک‌های مختلف بسیار متغیر بود ولی همبستگی کمی بین عملکرد و حاصلخیزی خاک دیده شد که دلیل آن را تأثیر عواملی غیر از ویژگی‌های خاک مانند ویژگی‌های توپوگرافیکی بر عملکرد بیان کردند. همبستگی ضعیف و غیرمعنی‌دار بین ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های رشدی گیاه، می‌تواند حاکی از وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها و مؤلفه‌های مربوط به عملکرد باشد که ضریب همبستگی خطی قادر به تبیین آن نیست (Shabani et al., 2011).

**مدل‌سازی ارتباط قطر و وزن خشک بنه زعفران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی**

برای مدل‌سازی ارتباط بین قطر و وزن خشک بنه زعفران و ویژگی‌های خاک با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره باید فرض های 1- نرمال بودن متغیر وابسته، 2- خطی بودن روابط بین متغیرها، 3- همسانی واریانس‌ها و 4- عدم همبستگی خطاها، مورد بررسی قرار گرفته و تأیید شود (Bhattacharya & Johnson, 1977). در این تحقیق، برای بررسی نرمال بودن از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) استفاده گردید و مشخص شد متغیرهای قطر و وزن خشک بنه زعفران از نظر آماری دارای توزیع نرمال می‌باشند (جدول 3).

به منظور بررسی فرض دوم انجام رگرسیون، یعنی خطی بودن روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته، می‌توان از تجزیه واریانس (ANOVA)[1] رگرسیون استفاده کرد. چنان‌چه سطح معنی‌داری کمتر از پنج درصد باشد، فرض خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته تأیید می‌شود. با توجه به جدول تجزیه واریانس مدل‌های رگرسیونی، روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته ممکن است غیرخطی باشد (جدول‌های 4 و 5).

دراموند و همکاران (Drummond et al., 1955) عنوان نمودند که ماتریس‌های همبستگی، رابطه خطی عملکرد و هر یک از عوامل مؤثر بر آن را بیان می‌کنند. از این‌رو، به سبب وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین عملکرد و عوامل زیاد تأثیرگذار بر آن، همبستگی می‌تواند منجر به اطلاعات نادرست و حتی گمراه کننده درباره این روابط شود. سادوت و همکاران (Sudduth et al., 1996) از شیوه‌های خطی در

1- Analysis of variance

یک مجموعه داده شامل چندین سال اطلاعات پستی و بلندی، خاک و عملکرد استفاده کردند و دریافتند که روش‌های خطی معمولاً در تقریب تغییرات مکانی عملکرد، حتی در مقیاس مزرعه که به نظر می‌رسد همگن باشد، دچار شکست می‌شوند. در مواردی که روابط بین داده‌ها غیرخطی، مبهم و ناشناخته است و تصویر روشنی از آن‌ها در دست نیست، روش شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های متعارف مانند رگرسیون خطی چند متغیره، ابزاری توانمند برای حل مسئله است (Afsharharb, 2002). با توجه به همبستگی خطی پایین و غیرمعنی‌دار بین متغیرهای خاک و بنه زعفران، برای بیان روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها با یکدیگر، از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه استفاده گردید.

به منظور یکسان‌سازی داده‌ها پیش از آموزش شبکه عصبی، داده‌های ورودی به آن استاندارد شدند. سپس 60 درصد داده‌ها به منظور آموزش مدل، 20 درصد برای انجام فرآیند اعتبارسنجی و 20 درصد به عنوان داده‌های آزمون مدل انتخاب گردیدند. معماری شبکه عصبی مصنوعی حاصل در هر دو مدل، در جدول 6 نشان داده شده است.

**جدول 3- ضرایب Z آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) برای ویژگی‌های قطر و وزن خشک بنه زعفران**

**Table 3- Z coefficients of Kolmogorov-Smirnov test (K-S) for diameter and dry weight of saffron corms**

| | وزن خشک بنه<br>Corm dry weight | قطر بنه<br>Corm diameter |
|---|---|---|
| ضریب Z<br>Z coefficient | 0.628 | 0.846 |
| P-value | 0.826 | 0.472 |

**جدول 4- مدل رگرسیون قطر بنه زعفران با پارامترهای خاک**

**Table 4- Regression model of the saffron corm diameter with soil parameters**

| مدل<br>Model | جمع مربعات<br>Sum of squares | درجه آزادی<br>df | میانگین مربعات<br>Mean of squares | F |
|---|---|---|---|---|
| رگرسیون<br>Regression | 754.8 | 17 | 44.4 | $0.89^{ns}$ |
| باقیمانده<br>Residual | 598.1 | 12 | 49.8 | |
| کل<br>Total | 1352.9 | 29 | | |

ns: غیر معنی‌دار

ns: non-significant

**جدول 5- مدل رگرسیون وزن خشک بنه زعفران با پارامترهای خاک**

**Table 5- Regression model of the saffron corm weight with soil parameters.**

| مدل<br>Model | جمع مربعات<br>Sum of squares | درجه آزادی<br>df | میانگین مربعات<br>Mean of squares | F |
|---|---|---|---|---|
| رگرسیون<br>Regression | 49.9 | 17 | 2.9 | $1.12^{ns}$ |
| باقیمانده<br>Residual | 31.5 | 12 | 2.6 | |
| کل<br>Total | 81.5 | 29 | | |

ns: غیر معنی‌دار

ns: non-significant

**جدول 6- خصوصیات بهترین ساختارهای شبکه عصبی مصنوعی برای مؤلفه‌های قطر و وزن خشک بنه زعفران**

**Table 6- The characteristics of the best structures of artificial neural network for diameter and weight of saffron corm**

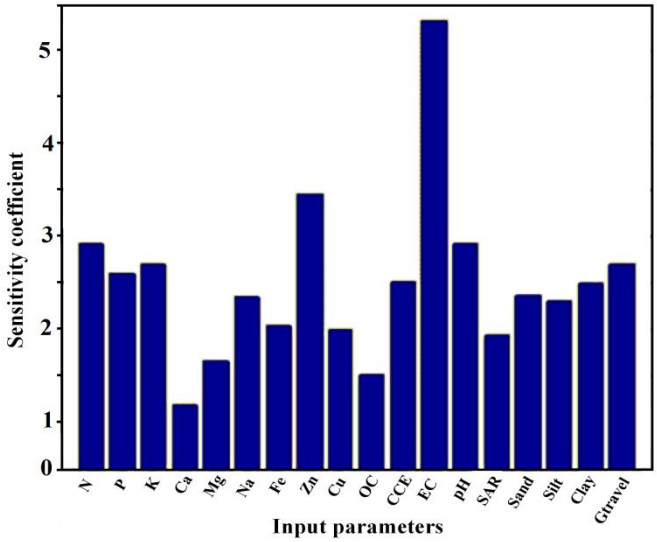
| | تعداد نرون لایه پنهان Number of neurons in hidden layer | ساختار شبکه Structure of network | تابع انتقال Transfer function | تکرار Repetition | تعداد لایه پنهان Number of hidden layers |
|---|---|---|---|---|---|
| وزن خشک بنه Corm dry weight | 21 | 18-21-1 | Logsig | 1000 | 1 |
| قطر بنه Corm diameter | 21 | 18-21-1 | Logsig | 1000 | 1 |

مقادیر خطا و میانگین مربعات خطا مدل وزن خشک بنه زعفران، به ترتیب 0/008 و 0/047 به دست آمد. در این مدل، شبکه عصبی 92 درصد تغییرات وزن خشک بنه زعفران را توجیه کرد. آنالیز حساسیت مؤلفه‌های وزن خشک و قطر بنه زعفران نسبت به متغیرهای ورودی با استفاده از روش Statsoft برای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی انجام و مقادیر ضریب حساسیت متغیرها محاسبه گردید. بر اساس این روش اگر مقدار ضریب حساسیت یک متغیر بیشتر از یک باشد، آن متغیر سهم به سزایی در توضیح تغییرپذیری قطر و وزن خشک بنه زعفران دارد. نتایج تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی به در شکل 1 نشان داده شده است.

بر اساس این روش، ضرایب حساسیت نسبی بر اساس این روش برای همه پارامترهای مورد مطالعه بیش‌تر از یک به دست آمد. بنابراین، می‌توان عنوان کرد که هر کدام از این پارامترها تأثیر معنی‌داری بر دقت پیش‌بینی مدل‌های به دست آمده به وسیله شبکه عصبی داشتند و نمی‌توان هیچ کدام از پارامترها را در انجام فرآیند مدل‌سازی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی از مجموعه متغیرهای ورودی حذف نمود. مقادیر پارامترهای هدایت الکتریکی، روی، نیتروژن، pH، فسفر، پتاسیم و درصد سنگریزه خاک به ترتیب مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر وزن خشک بنه زعفران بودند. هدایت الکتریکی خاک منطقه مورد مطالعه در محدوده 0/96 تا 2/60 متغیر می‌باشد. اسمدما و همکاران (Smedma et al., 2004) و ورهاون (Verhoeven, 1973) اعتقاد دارند اگر مقدار EC بین 2-0 دسی‌زیمنس بر متر باشد اثر شوری بر رشد گیاهان زراعی ناچیز است. در این دامنه از EC، بیش‌تر گیاهان زراعی دارای پتانسیل عملکرد بیش از 90 درصد می‌باشند (Maas, 1984; Ayers & Westcot, 1985). در تحقیق انجام شده در دو منطقه اسحق‌آباد و سلطان‌آباد شهرستان نیشابور، توسط عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2013) رابطه خطی منفی بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و وزن خشک و تعداد بنه در واحد سطح ($R^2$=0/53) مشاهده شد. با افزایش املاح محلول در خاک و افزایش شوری خاک، تعداد و وزن خشک بنه روند کاهشی نشان داد. کاهش عملکرد گل و کلاله زعفران نیز با افزایش شوری خاک گزارش شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه، رابطه همبستگی منفی و معنی‌داری (به ترتیب، $R^2$=0/53 و $R^2$=0/50) بین عملکرد گل و کلاله و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک را نشان داد. شاید دلیل این امر آن است که در شرایط شوری، بخشی از انرژی گیاه صرف مقابله با شرایط نامساعد محیطی می‌شود و به دنبال آن پتانسیل تولید گیاه کاهش می‌یابد (Azizi et al., 2013).

روی یکی از عناصر کم‌مصرف است که به مقدار کم، مورد نیاز گیاهان زراعی است و اهمیت آن در تولید محصولات زراعی در سال‌های اخیر افزایش یافته است. روی در متابولیسم گیاه، توسعه ریشه و در تشکیل نشاسته دخالت دارد. روی در گلدهی و میوه‌دهی تأثیر دارد و در شرایط کمبود روی، سرعت انجام این دو فرآیند کاهش می‌یابد (Fageria, 2009).

تاکنون مطالعه‌ای درباره اثر مقدار روی بر رشد زعفران انجام نشده است ولی با توجه به موارد گفته شده و نتیجه آنالیز حساسیت می‌توان گفت که روی در رشد بنه زعفران نیز تأثیر قابل توجهی دارد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم مهم‌ترین عناصر غذایی ضروری و پرمصرف مورد نیاز گیاهان هستند که علاوه بر وظایف فیزیولوژیکی بسیار مهمی که در گیاهان به عهده دارند، در بهبود کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای به خود اختصاص داده‌اند. شاهنده (Shahandeh, 1989) پس از ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک در رابطه با عملکرد زعفران گزارش کرد که متغیرهای شیمیایی دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد، به ترتیب، میزان ماده آلی خاک، فسفر قابل استفاده، ازت معدنی و پتاسیم تبادلی بودند.




**شکل 1- ضرایب حساسیت وزن خشک بنه زعفران**

**Fig. 1- Sensitivity coefficients of the dry weight of saffron corm**

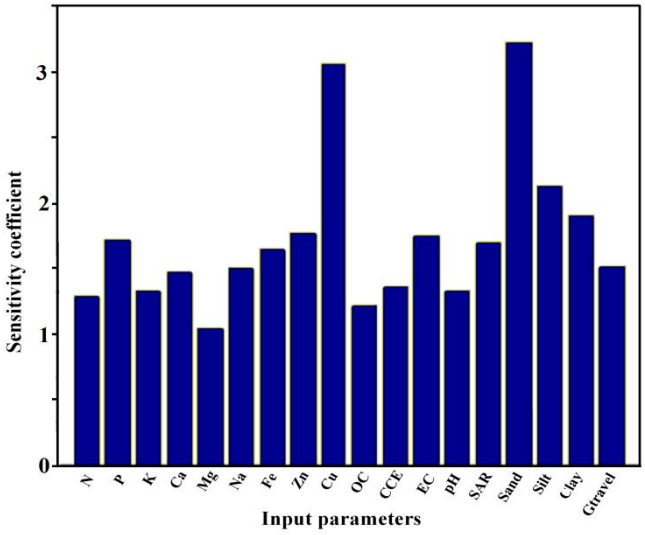
قاسمی (Ghasemi, 2001) نیز بیان کرد فسفر در تکمیل ذخایر بنه‌های زعفران دخالت دارد. pH خاک در منطقه مورد مطالعه در محدوده 7/12 تا 7/75 متغیر می‌باشد. دار (Dhar, 2000) معتقد است که خاک‌های به شدت اسیدی و قلیایی برای زعفران نامناسب هستند و pH خاک در محدوده 6/8 تا 7/8، مناسب در نظر گرفته شده است. عملکرد گل و کلاله زعفران، تحت تاثیر اسیدیته خاک می‌باشد. رابطه همبستگی مثبتی بین اسیدیته خاک و عملکرد گل و کلاله زعفران مشاهده شد. با افزایش اسیدیته خاک از 7/5 تا 7/8، عملکرد گل و کلاله روند افزایشی نشان داد (Azizi et al., 2013).

مقادیر خطا و میانگین مربعات خطا در مدل قطر بنه زعفران، به ترتیب 0/01 و 028/ بود. در این تحقیق، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه 94 درصد تغییرات قطر بنه زعفران را توجیه کرد. تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که ویژگی‌های درصد شن، سیلت، رس، مس، هدایت الکتریکی، SAR، روی و فسفر خاک بیشترین تأثیر را بر قطر بنه زعفران داشتند (شکل 2). خصوصیات فیزیکی خاک از طریق ایجاد اثر متقابل گیاه با خاک، جذب آب و مواد غذایی، نفوذ ریشه‌ها، دمای خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی نقش قابل ملاحظه‌ای را در تولید محصول ایفا می‌نمایند. در بین خصوصیات فیزیکی خاک، بافت خاک بر ویژگی‌های رشدی گیاه، توسعه اندام‌های زیرزمینی به خصوص در گیاهان بنه‌ای و میزان نفوذ و نگهداری آب تأثیر به سزایی دارد (Gresta et al., 2008; Wuebker et al., 2001). نوع بافت خاک باعث تغییر در برابر فشردگی و مقاومت فیزیکی خاک می‌گردد (Khorramdel et al., 2014; Awadhwal & Thierstein, 1985). در خاک با بافت سبک‌تر، به دلیل این‌که اندام‌های زیرزمینی انرژی کم‌تری را جهت خروج برگ‌ها و گل‌ها از خاک مصرف می‌کنند (Khorramdel et al., 2014)؛ لذا بنه‌ها دارای انرژی ذخیره بیش‌تری هستند و قادر به تولید تعداد گل بیش‌تری نیز شده‌اند. نتایج گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) نیز حاکی از آن است که خاک‌های لومی و شنی باعث حصول حداکثر مقادیر عملکرد زعفران می‌گردد. به طور کلی، ذرات شن به علت اندازه درشت‌تر، باعث ایجاد خلل و فرج بزرگ‌تر و افزایش میزان نفوذپذیری خاک می‌گردد (Mahmoudabadi & Mazaheri, 2013). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که گیاه زعفران به مواد غذایی فراوان احتیاج ندارد. خاک‌های کلسیم‌دار، برای رشد زعفران مناسب است و همچنین خاک‌های بسیار حاصلخیز به علت افزایش رشد سبزینه‌ای برای کشت زعفران مناسب نیست (Vatanpur Azghadi et al., 2003). آخوندی و حسینی (Akhondi & Hosseini, 2006) ارتباط ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را با عملکرد زعفران بررسی و گزارش کردند که عوامل مؤثر بر عملکرد زعفران شامل کلسیم، منیزیم، بر، آهن، درصد کربن آلی، درصد ازت کل و درصد شن و سیلت خاک و همچنین سن گیاه زعفران بوند، ضمن این‌که درصد نیتروژن و درصد کربن آلی و

شن و سیلت اثر قابل توجهی بر عملکرد زعفران داشت. اکرم و همکاران (Ikram et al., 2013) گزارش کردند که بافت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده خصوصیات رشدی و عملکرد گل در گیاهان غده‌ای محسوب می‌شود. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) دریافتند که وزن خشک کلاله در بافت لوم- شنی به مراتب بیشتر از بافت رسی بود. برخی نتایج دیگر نیز نشان داد که بهبود وضعیت ساختمان خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از طریق کاهش شستشوی پتاسیم، کلسیم و منیزیم بر عملکرد زعفران اثر مثبت داشت (Behdani et al., 2005).

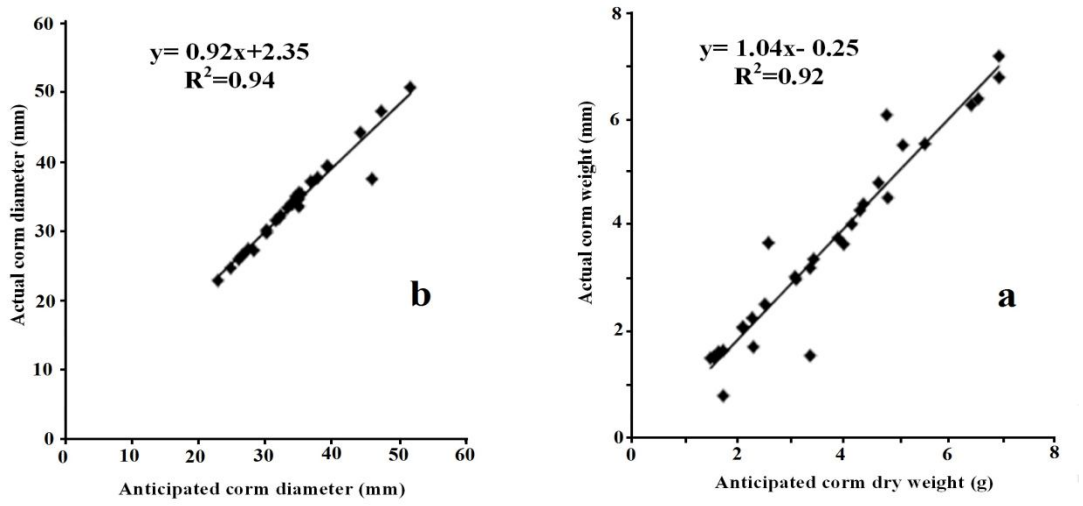
اکبرپور و همکاران (Akbarpour et al., 2013) با هدف توسعه و ارزیابی کارآیی مدل شبکه عصبی مصنوعی را در محاسبه عملکرد زعفران بر اساس پارامترهای اقلیمی بررسی و گزارش کردند که شبکه عصبی پیشنهادی با ضریب همبستگی 0/95 و میانگین مربعات خطا 0/2 از دقت مناسبی در تخمین عملکرد گیاه زعفران برخوردار بود. تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی نشان داد که عملکرد محصول زعفران، بیش‌ترین حساسیت را به عامل بارندگی، سپس دما و در نهایت رطوبت دارد. کائول و همکاران (Kaul et al., 2005) در بررسی پیش‌بینی عملکرد محصولات ذرت و سویا در منطقه مریلند آمریکا به این نتیجه رسیدند که شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی دقیق‌تری از عملکرد، نسبت به مدل‌های رگرسیونی ارائه می‌دهند.

مقادیر مشاهده شده در برابر مقادیر پیش‌بینی شده قطر و وزن خشک بنه زعفران توسط شبکه عصبی مصنوعی در شکل‌های 3- الف و ب نشان داده شده است. هر چه ضریب تبیین از مقدار بالاتری برخوردار باشد، نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل است (Shabani et al., 2011). همان‌گونه که در شکل 4 مشاهده می‌شود، 92 درصد تغییرپذیری وزن خشک بنه و 94 درصد تغییرپذیری قطر بنه ناشی از ویژگی‌های خاک مورد بررسی بود. به ترتیب هشت و شش درصد تغییرات تبیین نشده وزن خشک و قطر بنه زعفران، می‌تواند ناشی از سایر عوامل از جمله پارامترهای اقلیمی، سن مزرعه، تراکم بنه و غیره باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، شبکه عصبی پیشنهادی نسبت به مدل رگرسیون خطی چند متغیره، مدلی مناسب‌تر برای پیش‌بینی وزن خشک و قطر بنه زعفران بود. به طور کلی، به نظر می‌رسد که کاربرد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌تواند زمینه ارتقای عملکرد محصول زعفران را در شرایط خاک منطقه مورد مطالعه فراهم نماید.




**شکل 2- ضرایب حساسیت قطر بنه زعفران**

**Fig. 2- Sensitivity coefficients of the diameter of saffron corm**




**شکل 3- رابطه خطی بین ویژگی‌های پیش‌بینی شده و مشاهده شده بنه زعفران الف) وزن خشک بنه و ب) قطر بنه**

**Fig. 3- Linear relationship between the observed and predicted characteristics of the saffron corm a) corm dry weight, and b) corm diameter**

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که وزن و قطر بنه‌های زعفران، همبستگی معنی‌داری با ویژگی‌های خاک نداشتند. این عدم همبستگی می‌تواند به دلیل تأثیر متقابل ویژگی‌های خاک بر رشد بنه‌های زعفران باشد که باعث رابطه بین قطر و وزن بنه با ویژگی‌های خاک غیرخطی شده بود. به همین دلیل، از شبکه‌های عصبی که قابلیت در نظر گرفتن روابط غیرخطی را دارد استفاده شد. نتایج آنالیز شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که هدایت الکتریکی، روی، نیتروژن، pH، فسفر، پتاسیم و درصد سنگریزه خاک مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر وزن خشک بنه زعفران و ویژگی‌های درصد شن، عنصر مس، درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، SAR، روی و فسفر خاک، به ترتیب، مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر قطر بنه زعفران بودند. مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل در نظر گرفتن روابط غیرخطی موجود میان عوامل محیطی و مؤلفه‌های عملکرد و به دنبال آن افزایش دقت در برآورد پیش‌بینی‌ها، می‌توانند جایگزین مناسبی برای مدل‌های مرسوم رگرسیونی در مدل‌سازی مؤلفه‌های عملکرد باشند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی برای بررسی جامع‌تر و دقیق‌تر تغییرات شاخص‌های عملکرد زعفران در منطقه، علاوه بر ویژگی‌های خاک، پارامترهایی از جمله پارامترهای اقلیمی، سن مزرعه زعفران، تراکم بنه و عوامل مدیریتی متفاوت و سایر پارامترهای خاک اندازه‌گیری نشده نیز در مدل‌سازی لحاظ شود. هم‌چنین لازم است که این مطالعات بیشتری در این زمینه در سایر مناطق دیگر زعفران‌کاری انجام شود تا شناخت کامل‌تری از عوامل مؤثر بر رشد زعفران شناخت کامل‌تری حاصل شود.

## منابع

AfsharHarb, A. 2002. Petroleum Geology, University of Payam Noor, Iran. (In Persian)

Alvarez-orti, M., Gomez-Gomez, L., Rubio, A., Escribano, J., Pardo, J., Jimenez, F., and Fernandez, J.A. 2004. Development and gene expression in saffron corms. Acta Horticulture 650: 141-148.

Awadhwal, N.K., and Thierstein, G.E. 1985. Soil crust and its impact on crop establishment: a review. Soil and Tillage Research 5: 289-302.

Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, FAO, Rome 174 pp.

Ayoubi, S., Khormali, F., and Sahrawat, K.L. 2009. Relationships of barley biomass and grain yields to soil properties within a field in the arid region: Use of factor analysis. Acta Agriculture Scandinavica Section B -Soil and Plant Science 59: 107-117.

Aytekin, A., and Acikgoz, A.A. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.)

plants. Molecules 13: 1135-1146.

Azizi, E., Jahani Kondori, M., and Divan, R. 2013. The effect of soil physiochemical characteristics and field age on agronomic traits of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 5: 134-142. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and RezvaniMoghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Journal of Iranian Field Crops Research 3: 1-14. (In Persian with English Summary)

Behnia, M.R. 1991. Saffron, Botang, Cultivationand Production.Tehran University Publication 260 pp. (In Persian)

Bhattacharya, G.K., and Johnson, R.A. 1977. Statistical Concepts and Methods. John wiley and sons, New York, Santabarbara, London, Sydney, Toronto. xv 656 pp.

Dhar, A.K. 2000. Saffron: biology, utilization, agriculture, production and quality. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 22: 355-360.

Dole, J.M., and Wilkins, H.F. 1999. Floriculture principles and species. Prentice Hall 537-545.

Drummond, S.T., Sudduth, K.A., and Birrell, S.J. 1995. Analysis and correlation methods for spatial data. ASAE, 95-1335. St. Joseph, Mich, ASAE.

Fageria, N.K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC press, Publisher Taylor and Francis Group, New York.

Fernandez, J.A. 2004. Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Research and Development in Plant Science 2: 127-159.

Ghasemi, A. T. 2001. Saffron: Red Gold of Iran. Nashr Ayandegan Publication. Iran 112 pp. (In Persian)

Gresta, F., Lombardo, G.M., and Avola, G. 2009. Saffron stigmas production as affected by soil texture. Proceeding of Third International Symposium on Saffron, 20-23 May, Krokus, Greece.

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.

Hesse, P.R. 1971. A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray. London.

Hosseini, M., and Akhondi, M. 2006. Relation of physico-chemical characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) soils to yield. 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology, 28 -30 October, Mashhad, Iran.

Ikram, S., Habib, U., and Khalid, N. 2012. Effect of different potting media combination growth and vase life of tuberose (*Polianthes tuberose* Linn.).Pakistan Journal of Agricultural Sciences 49: 121-125.

Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2013. Report on agronomic research for saffron. (On Published). (In Persian)

Kafi, M., RashedMohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban and Adab Press, 279 pp, Mashhad. (In Persian)

Kaul, M., Hill, R.L., and Walthall, C. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. Journal of Agricultural Systems 85: 1-18.

Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafori, A., and Esmaielpour, B. 2014. Evaluation of soil texture and polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. Journal of Saffron Research 1(2): 120-135. (In Persian with English Summary)

Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium p. 225-246. In: A.L. Page (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. America Society of Agronomy. Madison, WI.

Kravchenko, A.N., and Bullock, D.G. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. Agronomy Journal 92: 75-83.

Lindsay, W.L., and Norvel, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper.

Maas, E.V. 1984. Salt Tolerance of Plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. BR Christie. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Mahmoudabadi, M., and Mazaheri, M.R. 2012. Effect of some soil physical and chemical proprties on permeability in field conditions. Iranian of Irrigation and Water Engineering 2: 14-25.

Miao, Y., Mulla, D.J., and Robert, P.C. 2006. Identifying important factors influencing corn yield and grain quality variability using artificial neural networks. Precisoin Agriculture 7: 117-135.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture 103: 361-379.

Mollafilabi, A. 2004. Experimental finding of production and echo physiological aspects of saffron (*Crocussativus* L.). International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. Albacete, Spain.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan-Razavi, Iran, 27- 28 October. (In Persian)

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with

Sodium Bicarbonate; U.S. Department of Agriculture: Washington, D.C., USDA Circ. 939.

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis, part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of Aamerica, Madison, WI.

Pierce, F.S., Warncke, D.D., and Everett, M.W. 1994. Yield and nutrient variability in glacial soils of Michigan. p. 133-150. In P.C. Robert et al. (eds.). 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, Minneapolis, MN. 27-30. ASA, SSSA, and CSSA, Madison, WI.

Rezvani Moghaddam, P., Aghhavani Shajari, M., Koocheki, A., Fallahi, H.M., and Taherpour Kalantari, R. 2015. Evaluation of the effects of soil texture on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2: 311-322. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Filabi, A. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 3(2): 188-203. (In Persian with English Summary)

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA. Agriculture. Hand Book. No. 60.

Sampathu, S.R., Shivashankar, S., and Lewis, Y.S. 1984. Saffron (*Crocus sativus* L.): cultivation, processing, chemistry and standardization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 20: 123-157.

Shabani, A. 2011. Topographic and soil attributes effects on rainfed wheat yield in Sisab region, Northeastern Iran. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Shahande, H., and Mousavi, M. 1988. Evaluation of physical and chemical properties of soils in relation to water and saffron in Gonabad. Research Projects, Scientific Research and Industrial Organizations of Khorasan, Iran. (In Persian)

Smedma, L.K., Vlotman, W.F., and Rycroft, D. 2004. Modern Land Drainage: Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems. Taylor and Francis 449 pp.

Sudduth, K.A., Drummond, S.T., Birrell, S.J., and Kitchen, N.R. 1996. Analysis of spatial factors influencing crop yield. In Proc. 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture, 129-140. Robert, P.C., Rust, R.H., and Larson, W.E., Eds. Madison, Wisc: ASACSSA-SSSA.

USDA-NRCS. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report, No. 42. Version 3.0. Nebraska.

Vatanpur-Azghadi, A., and Mojtahedi, N. 2003. A review on application of tissue culture and biotechnology in saffron. Proceeding of 3rd National Congress on Saffron. 11-12th December, Mashhad, Iran. (In Persion)

Verhoeven, B. 1973. Salty soils. In ILRI, Drainage Principles and Application (Vol. 1). Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-37.

Wuebker, E.F., Mullen, R.E., and Koehler, K. 2001. Flooding and temperature effects on soybean germination. Crop Science 41: 1857-1861.

Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In Nielsen, D.R., and Bouma, J. (eds.), Soil Spatial Variability. Wageningen, Netherlands.

Zargari, A. 1996. Medicinal Plants. Volume 4, Tehran University publications. Iran. 103 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 120-133

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 133-120

# To Evaluate the Effect of Soil Physical and Chemical Characteristics on the Growth Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.) Corms in Tornbat-e Heydariyeh Area

**F. Zarghani[1], A. Karimi[2]*, R. Khorasani[2] and A. Lakzian[3]**

Submitted: 19-07-2015
Accepted: 09-01-2016

Zarghani, F., Karimi, A., Khorasani, R., and Lakzian, A. 2016. Evaluation the effect of soil physical and chemical characteristics on the growth characteristics of Saffron (Crocus sativus L.) corms in Tornbat-e heydariyeh area. Journal of Agroecology 8(1):

## Introduction

Saffron is one of the most economically important plants across Iran and all over the world. The most important cultivated areas of saffron are in Khorasan-e Razavi and Southern Khorasan provinces (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2013). The corm is the reservoir of photosynthetic materials and plays an important role in the saffron life cycle. Corm size and physicochemical characteristics of soil determine the growth and yield of saffron (Aytekin et al., 2008). It has been advised to use corms with diameter more than 2.5 cm (Kafi et al., 2002). Despite the importance of this plant, few studies have been conducted on the effects of soil characteristics on the growth of the plant in natural field conditions. Therefore, the objective which we will try to achieve is: to evaluate the effect of soil physical and chemical characteristics of the growth of saffron corm and determine the most important effect characteristics.

## Materials and methods

In September 2012, 30 samples of 3 to 5 years old saffron corms were taken from the fields with similar management in Torbat Heydariyeh. The surrounding soil corms (depth of 0 to 30 cm) were sampled, too. Dry weight of corms was measured in the laboratory. Air dried soil samples were passed through a 2 mm sieve and used for physical-chemical analyses. Soil texture was determined by using pipet method. Total nitrogen, available phosphorous, available potassium, soil organic carbon and calcium carbonate equivalent were measured in bulk soil samples. Calcium, magnesium, sodium, EC and pH were measured in the saturated soil paste. Fe, Cu and Zn were extracted by DTPA and measured by atomic adsorption spectroscopy. Correlation, regression and neural network technique were used to analyze the data and to identify the most important soil characteristics on the corms characteristics.

## Results and discussion

Diameter and dry weight of corms with mean values of 34.04 mm and 3.72 g, ranged from 22.8 to 51.7 mm and 1.5 to 6.98 g, respectively. Wet weight of the corms with an average of 11.4 g varied between 5.4 to 19.86 g that categorized in medium to very coarse classes. Soil characteristics showed wide range variability; therefore, the studied soils indicated suitable range of characteristic variables in this study. Calcium carbonate equivalent of soils was less than 17% with mean values of 12.75%. Mean values of EC and pH were 2.6 dS $m^{-1}$ 7.75, respectively. The average of soil organic carbon was 0.59% which reached up to 1.91% due to the application of manure. Silt with mean value of 43.55% was the dominant fraction of the soils, while the highest content of clay and sand were 27.65 and 47.6%. The Average concentration of Fe, Cu and Zn were 4.3, 1.56 and 0.42 $mg.kg^{-1}$ respectively.

Weak correlation of soil characteristics with corms diameter and weight and the result of ANOVA regression models indicated that there is a non-linear relationship between growth characteristics of corm and soil characteristics. In such cases, regression analyses cannot explain the relationship between growth parameters and soil characteristics. Artificial Neural Network (ANN) has the ability to model the non-linear relationships. Therefore, the relationship between soil parameters and saffron corm were determined by ANN to find the relationship between soil characteristics and corm growth. Perceptron Multi-Layers Neural Network with arrangement of 1-21-18, explained the relationship of between corm diameter (R2=0.94, ME=0.01 and RMSE=0.028) and dry weight of saffron corm (R2=0.92, ME=0.008 and RMSE=0.047) with soil properties. The

1, 2 and 3- MSc Student, Associate Professor and Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: karimi-a@um.ac.ir)

proposed neural network explained 94% relationship of the saffron corm diameter and 92% relationship of the dry weight of saffron corm with soil characteristics. Sensitivity analysis indicated that electrical conductivity, Zn, N, pH, P, K and gravel percentage are the most effective characteristics on dry weight and sand, Cu, silt, clay, electrical conductivity, SAR, Zn and P, are the most important effective characteristics on the diameter of saffron corm.

## Conclusion

The results of this study revealed that there is no significant correlation between diameter and weight of saffron corm and soil characteristics. Therefore, the ANN technique was used to determine the effective soil characteristics of corm growth parameters. Electrical conductivity, Cu, Zn, N, pH, P, K, SAR, gravel, sand, silt and clay are the most effective characteristics on corm growth. More researches should be conducted to understand, comprehensive relationship between soil characteristics and corm growth.

**Keywords:** Corm weight, Modeling, Neural network, Sensitivity analysis

## References

Aytekin, A., and Acikgoz, A.A. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) plants. Molecules 13: 1135-1146.

Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2013. Report on agronomic research for saffron. (On Published). (In Persian)

Kafi, M., RashedMohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban and Adab Press, 279 pp, Mashhad. (In Persian)