Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Evaluation of Extract Percentage and Vegetative Growth of Marigold (*Calendula officinalis*) in Nitrogen, Phosphorus and Potassium Treatments

Nastaran Fazli[1], Ali Kasraian[*2]

1. M.Sc. Graduate of Horticulture, Dept. of Horticulture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: nastaran_fazli@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: alkasra@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.02.2022
Revised: 06.11.2023
Accepted: 06.12.2023

Keywords:
Extract decreasing,
Nitrogen,
Phosphorus,
Plant growth,
Potassium

ABSTRACT

Background and Objectives: Today, the cultivation of medicinal plants is more attractive among farmers. Marigold is an annual herbaceous plant that belongs to the chicory family and is known as a medicinal plant along with its ornamental nature. The use of marigold extract in the treatment of some diseases has made its crop management important to increase the growth and percentage of the extract. Thus, the optimal supply of nitrogen, phosphorus, and potassium should be considered as a part of crop management in this research.

Materials and Methods: Since the ratio of nutrients absorbed by the plant is important in predicting the amount of nutrients supplied from the soil, two sample groups from two different climates (Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces) were prepared and the concentration and ratio of nitrogen, phosphorus, and potassium were measured. Due to the high concentration of potassium after nitrogen and subsequent phosphorus, the treatments used were based on the evaluation of the potential supply of these elements from the soil in a completely randomized experimental design with three replications including nitrogen (18.4, 20.7 and 23 mg/kg) phosphorous (23 and 34.5 mg (P_2O_5) /kg) and potassium sulfate (0 and 12.5 mg (K_2O) /kg) from Urea, superphosphate and potassium sulfate respectively were applied in greenhouse conditions. After completing the plant growth (opening of 90% of flower buds), some morphological characteristics, the concentration of nitrogen, phosphorus, and potassium as well as the percentage of plant extract were measured.

Results: The samples from Fars, Kohgiluyeh, and Boyer-Ahmad provinces showed that after nitrogen, potassium has the highest concentration. Soil test results showed that except for potassium, the soil suffers from nitrogen and phosphorus deficiency. The highest growth characteristics of the plant were obtained in the application of 20.7 and 23 mg/kg of nitrogen and phosphorus, respectively, and the application of potassium had no significant effect on these characteristics. The highest percentage of the extract was in the same treatment, but on the other hand, the use of the same treatment with potassium increased the number of flowers.

Conclusion: In this study, it was observed that the highest percentage of the extract was obtained in the treatment of 20.7 and 23 mg/kg of nitrogen

and phosphorus respectively. The addition of potassium could not significantly change this characteristic and, according to the results of the soil test which showed the amount of potassium in the optimal range, was unexpected. On the other hand, compared to the application of 23 mg (P_2O_5) /kg, consumption of 34.5 mg (P_2O_5) /kg caused a sharp decrease in the plant extract. Despite the lack of phosphorus in the soil, it indicates sensitivity to consume this element. It is possible that the increase in phosphorus has caused a decrease in the uptake of micronutrients, especially iron and zinc, and as a result, a decrease in the percentage of the extract in the plant, which requires further study.

Cite this article: Fazli, Nastaran, Kasraian, Ali. 2023. Evaluation of Extract Percentage and Vegetative Growth of Marigold (*Calendula officinalis*) in Nitrogen, Phosphorus and Potassium Treatments. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 13 (2), 115-129.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20388.2068
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲٦۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

ارزیابی درصد عصاره و رشد رویشی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) تحت‌تأثیر تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم

نسترن فضلی[۱]، علی کسرائیان[*۲]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. رایانامه: nastaran_fazli@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم خاک، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. رایانامه: alkasra@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٤/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۳/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۳/۲۲

واژه‌های کلیدی:
پتاسیم،
رشد گیاه،
فسفر،
کاهش عصاره،
نیتروژن

چکیده

سابقه و هدف: امروزه کشت گیاهان دارویی از جذابیت بیش‌تری برخوردار است. گیاه علفی و یک‌ساله همیشه‌بهار از خانواده کاسنی به‌عنوان یک گیاه دارویی در کنار زینتی بودن آن شناخته می‌شود. خاصیت داروئی عصاره این گیاه در درمان برخی از بیماری‌ها سبب شده که مدیریت به‌زراعی آن در راستای افزایش رشد و عملکرد و درصد عصاره به شکل تامین بهینه سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد توجه در این پژوهش قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: از آن‌جا که نسبت عناصر غذایی جذب شده توسط گیاه در پیش‌بینی مقدار تامین عناصر غذایی از خاک اهمیت دارد دو گروه نمونه تصادفی از دو اقلیم متفاوت از استان فارس و کهگیلویه و بویراحمد تهیه و غلظت و نسبت نیتروژن و فسفر و پتاسیم در آن‌ها اندازه‌گیری شد. با توجه به غلظت بالای پتاسیم پس از نیتروژن و به‌دنبال آن فسفر در همیشه‌بهار تیمارهای به‌کار برده شده بر اساس آزمون خاک در یک طرح آزمایشی به شکل کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل نیتروژن (۱۸/٤، ۲۰/۷ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلو گرم خاک) فسفر (۲۳ و ۳٤/۵ میلی‌گرم در کیلو گرم خاک) و پتاسیم (صفر و ۱۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک) از سه منبع به‌ترتیب اوره، سوپرفسفات غلیظ و سولفات پتاسیم در شرایط گلخانه‌ای (در بهار ۱۳۹٤) پیاده‌سازی شد. پس از کامل شدن دوره رشد و نمو گیاه (باز شدن ۹۰ درصد غنچه‌ها) ویژگی‌های مورفولوژی، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم و هم‌چنین درصد عصاره در گیاه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نمونه‌های جمع‌آوری‌شده نشان داد که پس نیتروژن، پتاسیم بیش‌ترین غلظت را داشت. هم‌چنین، نتایج آزمون خاک بیانگر مقدار کافی پتاسیم بود درحالی‌که غلظت نیتروژن و فسفر

چندان زیاد نبود. بیش‌ترین ویژگی‌های رشدی گیاه در کاربرد ۲۰/۷ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به‌ترتیب از نیتروژن و فسفر و عدم کاربرد پتاسیم حاصل شد و کاربرد پتاسیم تفاوت معنی‌داری با این تیمار در ویژگی‌های رشدی ایجاد نکرد. اما در همین تیمار افزایش پتاسیم سبب افزایش تعداد گل شد. بیش‌ترین درصد عصاره استخراج شده نیز در همین تیمار بود که مصرف و یا عدم مصرف پتاسیم بر آن اثری نداشت.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه مشاهده شد که بیش‌ترین درصد عصاره استخراج شده در تیمار ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن و ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به‌دست آمد. اما اضافه کردن پتاسیم نتوانست این ویژگی را تغییر معنی‌داری دهد و با نتایج آزمون خاک که مقدار پتاسیم را در حد بهینه نشان داده بود دور از انتظار نبود از سوی دیگر، افزایش ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک سبب کاهش شدید عصاره گیاه در مقایسه با مصرف ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک شد و به‌رغم کمبود این عنصر در خاک خود بیانگر دقت و حساسیت در مصرف فسفر دارد. این احتمال وجود دارد که افزایش فسفر باعث کاهش جذب عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن و روی و در نتیجه کاهش درصد عصاره استخراجی از گیاه شده باشد که این خود نیازمند پژوهش بیش‌تر است.

استناد: فضلی، نسترن، کسرائیان، علی (۱۴۰۲). ارزیابی درصد عصاره و رشد رویشی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) تحت‌تأثیر تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۳ (۲)، ۱۲۹-۱۱۵.
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20388.2068

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

کشت گیاهان دارویی، به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی قوی خود، که در بسیاری از موارد از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و مصنوعی معمول نیز بیش‌تر است، مورد توجه قرار گرفته‌اند. در حال حاضر علاقه فزاینده‌ای در صنعت و در پژوهش‌های علمی به گیاهان دارویی و معطر وجود دارد (۱). همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) از خانواده کاسنی، گیاهی یک‌ساله و علفی است که منشأ آن را غرب آسیا و مدیترانه می‌دانند و تا مدت‌ها به عنوان گیاه زینتی کشت می‌شد تا این‌که خواص دارویی آن شناخته شد و به منزله گیاهی دارویی مورد استفاده قرار گرفت. این گیاه به‌طور وسیعی به‌منظور استفاده از عصاره آن در طب سنتی و گیاه درمانی پرورش می‌یابد. عصاره این گیاه دارای اثرات دارویی مانند التیام زخم، ضد التهاب، ضد باکتری، تحریک ایمنی، ضد تومور، ضد ایدز است (۲)، با این‌حال و با توجه به اهمیت گیاهان داروئی در صنعت و گرایش کشاورزان به تولید زراعی آن‌ها توسعه تحقیقات به‌زراعی این گیاهان به‌خصوص در کاربرد متعادل کودهای شیمیائی لازم به‌نظر می‌رسد (۳).

به‌طورکلی این عقیده وجود دارد که کودهای شیمیایی مهم‌ترین تأثیر در افزایش رشد و عملکرد در گیاهان را دارند. در محصولات مختلف که تحت شرایط بسیار متفاوتی در سراسر جهان کشت می‌شوند استفاده از کودهای شیمیایی باعث افزایش عملکرد شده و آزمایش‌های مزرعه‌ای نیز بیانگر آن است. در بسیاری از خاک‌ها کاربرد کودهای شیمیایی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد بوده و شدت پاسخ گیاهان به کودهای شیمیائی به‌شرایط خاک، نوع و رقم گیاه و هم‌چنین روش تامین عناصر غذایی توسط کودها شیمیایی بستگی دارد (٤). تامین بهینه عناصر غذایی نقش اساسی در رشد و نمو همه گیاهان زراعی داشته و در این میان، در گیاهان دارویی که اسانس تولید می‌کنند تغذیه می‌تواند به‌طور مؤثری عملکرد و کیفیت عصاره و اسانس تولیدی در آن‌ها را افزایش دهد (۵).

نیتروژن، یکی از عناصر معدنی ضروری گیاه است که در ساخت بسیاری از ترکیبات آلی از جمله اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و اسیدهای نوکلئیک نقش داشته که ترکیبات اخیر در بیوسنتز ترکیبات متعددی که در عصاره و اسانس گیاهان دارویی وجود دارد نقش کلیدی دارد. با توجه به حضور نیتروژن در ساختار کلروفیل می‌توان انتظار داشت که بین نیتروژن برگ و محتوای کلروفیل رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشته باشد. گیاهان عمدتاً نیتروژن خود را به‌صورت نیترات و آمونیوم به شکل غیرفعال و فعال از محلول خاک جذب می‌کنند. نیترات جذب شده در سلول‌های ریشه و قسمت‌های هوایی و هم‌چنین در کلروپلاست نهایتاً به آمونیوم تبدیل می‌شود. ترکیبات آلی نیتروژن از بیوسنتز آمونیوم به‌وجود می آیند و به این ترتیب اسید آمینه‌ها در گیاه تولید می‌شوند (۱). مطالعات متعدد نشان دارد که کاربرد نیتروژن به شکل کود سبب افزایش ویژگی‌های داروئی در این دسته از گیاهان شد. سیاه‌مرگوئی و خرمدل (۲۰۱٤) در مطالعه خود به اثر نیتروژن در افزایش برخی ویژگی‌های گیاه همیشه‌بهار به ویژه ارتفاع، وزن خشک ساقه و ریشه، وزن خشک گل و بذر، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و محتوی اسانس و عصاره اشاره کردند (٦). در مطالعه دیگری، موسوی و همکارن (۲۰۱٤) نشان دادند که تیمار نیتروژن می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه و اجزای آن و هم‌چنین عملکرد بیولوژیک در گیاه رازیانه شود (۷).

دومین ماده مغذی مهم برای گیاه پتاسیم است که معمولاً در گیاه با غلظت بسیار بالا به‌ویژه در

بافت‌های مریستمی و آوند آبکشی وجود دارد. اختلالات در متابولیسم نیتروژن ناشی از کمبود پتاسیم خود را در تغییر نسبت بین شکل‌های مختلف نیتروژن و هم‌چنین در تجمع مواد آمینه مضر مانند آماگتین، ان- کربومیل پوترسین و پوترسین و تجمع یون آمونیوم در گیاه نشان می دهد (۸). این عنصر در فیزیولوژی گیاهان داروئی نیز اهمیت داشته و مقدار کافی آن می‌تواند سبب افزایش عملکرد ویژگی‌های داروئی گیاهانی مانند همیشه‌بهار شود. صدقی (۲۰۲۰) در بررسی نقش پتاسیم بر روی شاخص‌های رشدی گیاه همیشه‌بهار و عملکرد گلبرگ و دانه نشان داد که پتاسیم نقش مؤثری دارد. وی حتی در مقایسه با فسفر بیان داشت که پتاسیم در این خصوص اهمیت بیش‌تری دارد (۹).

فسفر نیز به‌عنوان یکی دیگر از عناصر ضروری، نقش عمده در فرآیندهای متابولیکی مختلف ایفا می‌کند. این عنصر در اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، کوآنزیم‌هایی که تولید اسیدهای آمینه‌ها را فعال می‌کند وجود دارد (۱). نقش این عنصر در ویژگی‌های گیاهان داروئی نیز مشاهده شده است. محبوب خمامی و همکاران (۲۰۱۹) به اثر فسفر در افزایش شاخص‌های رشدی و عملکردی در گیاه همیشه‌بهار اشاره کردند. آن‌ها نشان دادند که کاربرد کودهای بیولوژیکی و کود شیمیائی فسفر توانست ارتفاع نهایی بوته، قطر گل، تعداد گل، تعداد برگ در بوته، وزن تر اندام هوایی را افزایش دهد (۱۰). خاتمی و همکاران (۲۰۱۹) با اشاره به کاربرد تلفیقی کود زیستی و کود شیمیائی فسفر آن نشان دادند که ویژگی‌های رشدی، عملکردی و اسانس گیاه بابونه تحت‌تأثیر قرار گرفت و افزایش یافت (۱۱). با توجه به اهمیت روش‌های به‌زارعی، به‌ویژه تامین کافی و متعادل عناصر غذایی، در تولید محصولات کشاورزی، و امروزه با عنایت به اهمیت گیاهان داروئی، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر برخی شاخص‌های رشدی و درصد عصاره در همیشه‌بهار بود.

مواد و روش‌ها

در تامین عناصر غذایی گیاه علاوه‌بر مقدار، نسبت عناصر نیز اهمیت داشته به‌طوری که عدم رعایت آن نیز می‌تواند سبب کاهش بهره‌وری و عملکرد شود. در همین راستا دو نمونه ده‌تایی از استان‌های فارس و کهکیلویه و بویراحمد که خود زیرمجموعه نمونه‌های جمع‌آوری شده از نقاط مختلف این دو استان بود از گیاه همیشه‌بهار آماده شد و پس از تجزیه بافت، غلظت سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نسبت آن‌ها اندازه‌گیری شد (۱۲) تا به این وسیله اهمیت نسبی فیزیولوژیکی این سه عنصر در گیاه مشخص شود. برای تعیین پتاسیل خاک در تامین عناصر غذایی گیاه آزمون خاک صورت گرفت و در آن برخی ویژگی‌ها خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

با توجه به نتایج آزمون خاک و آزمون بافت همیشه‌بهار در تعیین مقدار و نسبت جذب سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مقادیر متفاوتی از سه منبع کودی اوره، سوپر فسفات غلیظ و سولفات پتاسیم در آزمایشی به شکل کاملاً تصادفی در راستای اهداف پژوهش پیاده‌سازی شد. تیمارهای این آزمایش شامل ترکیب سه سطح نیتروژن (۱۸/٤، ۲۰/۷ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، دو سطح فسفر (۲۳ و ۳٤/۵ میلی‌گرم P_2O_5 در کیلوگرم خاک) و دو سطح پتاسیم (صفر و ۱۲/۵ میلی‌گرم K_2O در کیلوگرم خاک) در سه تکرار و تعداد کل دوازده تیمار بود که مقدار هر تیمار در دو کیلوگرم خاک زراعی قبل از کشت گیاه به‌کار برده شد. انتخاب نهال از بذرهای همیشه‌بهاری که در اسفندماه در سینی کشت کاشته شده بودند و در مرحله چهاربرگی قرار داشتند صورت گرفت و هر

نهال در یک گلدان کاشته و در شرایط ثابت ظرفیت زراعی در دمای ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط گلخانه نگهداری شد. مقدار کاهش رطوبت خاک به‌صورت وزنی جبران گردید. پس از ۵۰ روز که دوره رشد این گیاه کامل شد (باز شدن بیش از ۹۰ درصد غنچه‌ها) برخی ویژگی‌ها مانند وزن تر و خشک گیاه، وزن تر و خشک گل و ارتفاع گیاه و تعداد گل و قطر گل از ویژگی‌های موفولوژیکی و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم پس از هضم گیاه اندازه‌گیری شد (۱۲). عصاره گل گیاه همیشه‌بهار، به‌عنوان شاخصی از ویژگی دارویی آن، با روش اتانول ۷۰٪ (به‌عنوان حلال) و پس از ۷۲ ساعت جداسازی شد. در نهایت، از بسته نرم‌افزاری SAS 9.2 به منظور تجزیه آماری (آنالیز واریانس و هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چندجانبه دانکن در سطح ۹۵ درصد) استفاده شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil.

ویژگی Property	pH	شوری EC	فسفر P	پتاسیم K	کربن C	نیتروژن N	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	آهک CCE	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn
		dSm^{-1}	$mg\ kg^{-1}$				%				$mg\ kg^{-1}$			
	8.2	0.51	2.7	342	0.35	0.04	42.6	46	11.4	64.8	12.4	2.2	0.92	10

نتایج و بحث

میانگین نسبت سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از دو استان فارس و کهلکیلویه و بویراحمد به‌ترتیب ۹۵: ۱۲: ۱۰۰ و ۷۳: ۱۸: ۱۰۰ بود که هر دو به اهمیت پتاسیم در فیزیولوژی و تغذیه گیاه بعد از نیتروژن اشاره داشت. مقدار و نسبت مناسب از عناصر تغذیه نقش مؤثری در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان به‌ویژه گیاهان دارویی دارد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌عنوان سه عنصر پرمصرف شناخته می‌شوند که تامین آن‌ها در رشد و توسعه گیاه و افزایش عملکرد و اجزا عملکرد نقش مؤثری دارد. گیاهان دارویی نیز از این بحث جدا نیستند. در گیاهان دارویی، مانند گل همیشه‌بهار، ویژگی‌های وابسته دارویی مانند درصد عصاره و به شکل ویژه‌تر، مقدار مواد مؤثره مورد ارزیابی پاسخ گیاه به عناصر غذایی قرار می‌گیرد که این نیز جدا از عملکرد رویشی و زایشی گیاه نیست (۱۳، ۱٤ و ۱۵).

همان‌طور که از جدول ۲ پیدا است تأثیر تیمارهای به‌کار برده شده بر ویژگی‌های مختلف ریخت‌شناسی گیاه همیشه‌بهار از جمله ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه و وزن تر و خشک گل معنی‌دار (۹۹/۹٪) بود.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که به رغم بیش‌ترین وزن تر گیاه در تیمار ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر و ۲۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک در هر دو تیمار سولفات پتاسیم، هم‌چنین در هر دو تیمار پتاسیم و در سطح ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، بیش‌ترین مقدار طول گیاه، وزن تر و خشک گیاه و وزن تر و خشک گل اندازه‌گیری شد این درحالی‌است که در سطح معادل ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و عدم مصرف سولفات پتاسیم در وزن تر گیاه، وزن تر و خشک گل و هم‌چنین در تیمار اخیر همراه با مصرف پتاسیم میانگین ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گل تفاوت معنی‌داری با تیمارهای بیان شده نداشتند.

مقایسه مصرف ۲۳ و ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک نشان داد که با افزایش مقدار مصرف فسفر در عدم مصرف سولفات پتاسیم میانگین ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، وزن تر و خشک گل به‌ترتیب ۳۳، ۱۵/۹، ۲۲/۷۹ و ۲۳/۳ درصد کاهش یافت و در تیمار اخیر و با مصرف کود سولفات پتاسیم نیز همین روند کاهشی مشاهده شد (به‌ترتیب ۳۰/٤، ۱۷/۳، ۲۰ و ۳۸/۱ درصد کاهش). بنابراین به‌نظر می رسد افزایش فسفر به ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک سبب کاهش شاخص‌های رشدی در گیاه همیشه‌بهار شود. احمد و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه اثر مقادیر مختلف از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم پیشنهاد کردند که نسبت بالاتر نیتروژن در مقایسه با فسفر و پتاسیم در افزایش کیفیت گل همیشه‌بهار و بذر آن اهمیت بیش‌تری دارد (۱٦). زارع‌زاده و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه عروسک پشت‌پرده با تاکید بر اثر کود نیتروژنی بر شاخص‌های رشدی گیاه به اهمیت این عنصر در افزایش زیست‌توده بخش هوایی در مقایسه با ریشه اشاره کردند (۱۷). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که بیش‌ترین قطر گل در هر گلدان در تیمار بدون مصرف سولفات پتاسیم و در تیمارهای ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد که از نظر آماری با کاربرد ۱۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک و در تیمار ۲۳ میلی‌گرم فسفر و دو تیمار معادل ۱۸/٤ و ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). هم‌چنین، بیش‌ترین متوسط تعداد گل در هر گلدان تنها در تیمار معادل ۱۲/۵، ۲۳ و ۲۰/۷ میلی‌گرم به‌ترتیب پتاسیم، فسفر و نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌دست آمد (جدول ۳). این نتایج نشان داد که قطر گل تحت‌تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت اما پتاسیم نتوانست از نظر میانگین تفاوت معنی‌داری با عدم مصرف آن در تیمار ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک در این ویژگی ایجاد کند. اما متوسط تعداد گل در هر گلدان تحت‌تأثیر تیمار پتاسیم قرار گرفت و به‌نظر می‌رسد کاربرد پتاسیم توانست میانگین تعداد گل را افزایش دهد. اگرچه متوسط قطر گل در تیمار ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن و ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک در استفاده و عدم استفاده پتاسیم یکسان بود اما در تیمار معادل آن اما کاربرد ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک قطر متوسط گل ٤۸/٤۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). اثر افزایش فسفر در کاهش تعداد گل نیز قابل‌توجه بود به‌طوری حداکثر متوسط تعداد گل (۱٦/۲۰) در تیمار ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به ۸/۵۰ در تیمار ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک رسید و به این ترتیب ٤۸/۵۳ درصد کاهش داشت این در حالی است که در همین تیمار (حداکثر تعداد گل) و تیمار مشابه آن ولی در عدم مصرف پتاسیم این چنین شدت کاهشی مشاهده نشد (۱۲/۳ درصد) (جدول ۳). صدقی (۲۰۲۰) اثر کود فسفر و پتاسیم را بر ویژگی‌های گل همیشه‌بهار مطالعه کرد و بیان داشت که فسفر و پتاسیم هر دو سبب افزایش ویژگی‌های رشدی در همیشه‌بهار شد اما اثر پتاسیم بر این ویژگی‌ها بیش‌تر بود (۹). وی بیش‌ترین عملکرد دانه و گل خشک را در تیمار ۸۰ کیلوگرم فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم اندازه‌گیری کرد. کرول (۲۰۱۱) در مطالعه اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنی (تا ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار) بیان داشت که این تیمارها سبب افزایش تعداد گل در هر بوته گل همیشه‌بهار شد اما بین قطر گل‌ها تفاوت معنی داری وجود نداشت (۱۸). وی هم‌چنین بیان کرد که بین تعداد گل در کاربرد ۸۰ و ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی نیز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. وی هم‌چنین بیان کرد در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین مقدار تولید گیاهی در مقایسه با شاهد به‌دست آمد.

جدول ۲- میانگین مربعات اثر تیمارهای کودی بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و شیمیائی و بیوشیمیایی گیاه همیشه‌بهار.

Table 2. ANOVA results of the effect of fertilizer treatments on some morphological, chemical and biochemical characteristics of marigold.

منابع تغییر	درجه آزادی DF	ارتفاع گیاه Plant Height	وزن گیاه Plant Weight		وزن گل Flower Weight		گل Flower		درصد عناصر Percent of Elements			عصاره Extract
			تر Wet	خشک Dry	تر Wet	خشک Dry	تعداد Number	قطر Diameter	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	
تیمار* Treatment	11	128.13	63.83	3.92	0.18	0.01	24.59	1.4	0.27	0.01	0.26	0.11
خطا Error	24	1.49	1.62	0.03	0.01	L**	0.30	0.01	L	L	L	0.01
ضریب تغییرات (درصد) CV%		4.73	3.61	3.38	5.90	6.69	5	3.53	2.10	2.13	1.98	2.64

* تمام میانگین مربعات در سطح ۹۹/۹ درصد معنی‌دار بودند

** کوچک‌تر از یک صدم

* All the mean of sum squares are significant at the level of 99.9%
** Less than 0.01

تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه از یک‌سو و از سوی دیگر، بر عصاره استخراج شده از گیاه، به‌عنوان یک شاخص دارویی، نشان داد که این تیمارها نیز در سطح ۱ درصد بر تمام ویژگی‌ها مؤثر بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین درصد نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین غلظت اندازه‌گیری شده در تیمار عدم کاربرد سولفات پتاسیم، ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم حاصل شد که با تیمارهای ۱۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم و ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و در هر دو تیمار ۲۰/۷ و ۲۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفت. حداکثر مقدار غلظت نیتروژن همان‌طور که انتظار می‌رفت در حداکثر مقدار مصرف نیتروژن بود اما این غلظت در حداقل مصرف فسفر (۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک) به‌دست آمد و با افزایش آن غلظت نیتروژن نیز کاهش یافت (جدول ٤).

احمد و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که افزایش سطح نیتروژن سبب افزایش در زیست‌توده گیاهی، بذر در گیاه و هم‌چنین غلظت این عنصر در برگ گل همیشه‌بهار شد (١٦). همان‌طورکه از شکل ۱ مشاهده می‌شود بیش‌ترین میانگین درصد عصاره گل همیشه‌بهار در تیمار ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، ۲/٤۸ درصد، به‌دست آمد که از نظر آماری با تیمار ۲۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، ۲/٤۷ درصد، در یک گروه قرار داشت و کم‌ترین میانگین درصد عصاره در ۱۸/٤ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، ۲/۲۸ درصد، حاصل شد. آرگانوزا و همکاران (۱۹۹۸) با کاربرد حداکثر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی، دانه، روغن و وزن هزاردانه از کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین درصد روغن در این گیاه از کاربرد ٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (۱۹). در مطالعه پیرزاد و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر کود نیتروژنی و زئولیت بر برخی شاخص‌های

عملکردی گل همیشه‌بهار مانند برداشت گل، دانه، اسانس و روغن بیان داشتند که بیش‌ترین عملکرد گل و عملکرد بیولوژیکی کل در ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (۲۰). هم‌چنین، بالاترین عملکرد اسانس و شاخص برداشت عصاره نیز با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. کرول (۲۰۱۱) بیان کرد بین کاربرد نیتروژن (تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار در این آزمایش) و اسانس در گیاه همیشه‌بهار رابطه مستقیمی وجود دارد اما با این‌حال با افزایش این عنصر از مقدار ترکیبات فلانوئیدها کاسته شد (۱۸).

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزوده شده بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه همیشه‌بهار.

Table 3. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium treatments on some morphological characteristics of marigold.

تعداد گل Number of Flowers	قطر گل Flower Diameter (cm)	وزن گل Flower Weight ($g\ pot^{-1}$)		وزن گیاه Plant Weight ($g\ pot^{-1}$)		ارتفاع Height (cm)	مصرف کود* Applied Fertilizer (mg/kg)		
متوسط در گلدان Means Per Pot	متوسط در گلدان Means Per Pot	خشک Dry	تر Wet	خشک Dry	تر Wet	میانگین در گلدان Means per pot	N	P_2O_5	K_2O
12.50 c	2.98 c	0.16 bc	1.15 bc	4.76 d	34.0 d	27.66 c**	18.4		
14.30 b	3.75 a	0.21 a	1.41 a	5.97 b	37.3 abc	32.33 b	20.7	23	
13.40 bc	3.40 b	0.21 a	1.36 a	6.60 a	38.83 ab	33.66 a	23		0
7.11 h	1.71 e	0.1 f	0.76 e	3.38 f	26.0 e	16.66 f	18.4		
9.20 fg	2.36 d	0.11 f	0.39 d	4.24 e	35.33 cd	20.33 e	20.7	34.5	
9.70 ef	2.88 c	0.14 cd	1.05 cd	5.55 c	39.66 a	22.33 de	23		
11.50 d	3.0 a	0.16 b	1.18 b	4.76 d	34.0 d	28.0 c	18.4		
16.20 a	3.8 a	0.22 a	1.45 a	5.92 b	37.0 bc	31.66 a	20.7	23	
12.7 c	3.41 b	0.21 a	1.35 a	6.71 a	39.50 a	34.50 a	23		12.5
7.20 h	1.81 e	0.09 f	0.75 e	3.24 f	27.0 e	17.0 f	18.4		
8.50 g	2.43 d	0.11 ef	0.95 d	4.59 d	35.33 cd	20.66 e	20.7	34.5	
10.40 e	2.85 c	0.13 ed	1.08 bc	5.55 c	39.66 a	24.0 d	23		

* معادل صفر و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات غلیظ و ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار

** میانگین‌هایی با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

* Equal to 0 and 50 kg potassium sulfate, 100 and 150 kg triple superphosphate and 80, 90 and 100 kg urea in one hectare

** The means with same letters in each column are not statistically significant at the level of 5%

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر غلظت این عناصر و درصد عصاره گیاه همیشه‌بهار.

Table 4. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium treatments on the mean concentration of these elements in marigold and the percentage of its extract.

عصاره Extract	پتاسیم K	درصد Percent	فسفر P	نیتروژن N	مصرف کود* Applied Fertilizer ($mgkg^{-1}$)		
					N	P_2O_5	K_2O
2.43 de	2.72 f		0.42 g	2.93 c**	18.4		0
2.66 ab	2.95 d		0.48 c	3.10 b	20.7	23	
2.51 cd	2.90 de		0.53 ab	3.21 a	23		
2.08 g	2.84 def		0.42 g	2.35 e	18.4		
2.26 f	2.86 def		0.44 ef	2.67 d	20.7	34.5	
2.40 de	2.80 ef		0.52 b	2.85 c	23		
2.48 d	3.20 c		0.45 e	2.95 c	18.4		12.5
2.71 a	3.60 a		0.48 cd	3.12 ab	20.7	23	
2.60 bc	3.45 b		0.54 a	3.20 ab	23		
2.15 g	3.36 b		0.43 fg	2.34 e	18.4		
2.31 ef	3.40 b		0.45 e	2.65 d	20.7	34.5	
2.40 de	3.25 c		0.47 d	2.87 c	23		

* معادل صفر و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات غلیظ و ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار

** میانگین‌هایی با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

* Equal to 0 and 50 kg potassium sulfate, 100 and 150 kg triple superphosphate and 80, 90 and 100 kg urea in one hectare

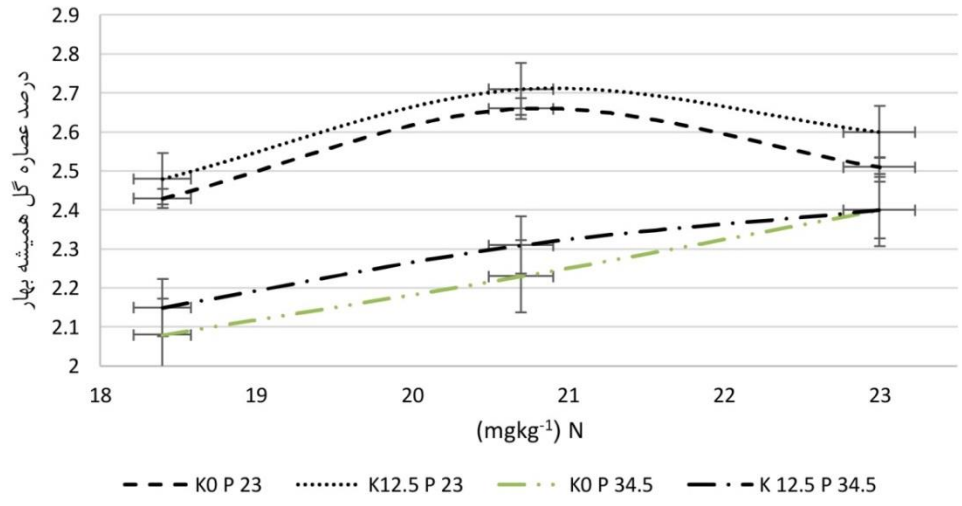
** The means with same letters in each column are not statistically significant at the level of 5%

مقایسه میانگین درصد فسفر نشان داد که بیش‌ترین غلظت اندازه‌گیری شده در تیمار ۱۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم، ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌دست آمد که از نظر آماری با همین تیمار و عدم مصرف سولفات پتاسیم در یک گروه آماری قرار گرفت. پیوندی و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه اثر نیتروژن و فسفر بر میزان شاخص‌های رشدی و اسانس درمنه شیرین نشان دادند که با افزایش فسفر از شاخص‌های رشدی گیاه کاسته شد و در این پژوهش افزایش فسفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از شاخص‌های رشدی از جمله طول گیاه، وزن تر و خشک گیاه و وزن تر و خشک گل کاست (۲۱). به‌رغم تیمار ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بیش‌ترین مقدار فسفر جذب شده در همان تیماری بود که بیش‌ترین جذب نیتروژن صورت گرفت (۲۳ میلی‌گرم نیتروژن و ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (در مصرف و عدم مصرف پتاسیم) و کاربرد ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به‌طور میانگین غلظت فسفر را نسبت به تیمار ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک کیلوگرم کاهش داد (جدول ٤). هم‌چنین تأثیر کاربرد فسفر نشان داد که بیش‌ترین عصاره حاصل شده از ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به‌دست آمد و با افزایش آن از مقدار عصاره کاسته شد (۸۸ درصد) (شکل ۱) فرجامی و نبوی کلات (۲۰۱٤) در مطالعه نقش اسید هیومیک و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی همیشه‌بهار بیان کردند که در بین تیمارهای به‌کار برده شده بیش‌ترین درصد عصاره در سطح ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و ٦۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به‌دست آمد (۲۲). در یک مطالعه دیگر و بررسی اثر فسفر و روی در تنش

خشکی بر اسانس گیاه بابونه قائدی جشنی و موسوی نیک (۲۰۱۵) بیان کردند که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم فسفر به شکل تریپل فسفات سبب افزایش مقدار اسانس در گیاه بابونه شد اما با افزایش ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار این کود مقدار اسانس هم کاهش یافت (مقدار فسفر اولیه خاک ۹/٤ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود) (۲۳). پیوندی و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه نیتروژن و فسفر بر میزان شاخص‌های رشدی و اسانس درمنه شیرین نشان دادند که بیش‌ترین اسانس استخراج شده در تیمار ۸۰ کیلوگرم فسفر (به شکل سوپر فسفات تریپل) به‌دست آمد و با افزایش فسفر از شاخص‌های رشدی گیاه و مقدار اسانس استخراج شده کاسته شد (۲۱).

مقایسه میانگین درصد پتاسیم نیز نشان داد که بیش‌ترین مقدار این عنصر تنها در تیمار ۱۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم، ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌دست آمد. از سوی دیگر، بیش‌ترین درصد عصاره استخراج شده از گل‌های همیشه‌بهار در تیمار ۱۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم، ۲۳ میلی‌گرم فسفر و ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک حاصل شد که با همین تیمار و عدم مصرف سولفات پتاسیم از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت (جدول ٤). با این‌حال، سطوح کاربردی سولفات پتاسیم در این پژوهش نتوانست تأثیر معنی‌داری بر درصد عصاره گل همیشه‌بهار داشته باشد (شکل ۱). خلید (۲۰۱۳) ضمن بیان اهمیت پتاسیم در فیزیولوژی گیاه در آزمایش خود نشان داد که ترکیبات روغنی اسانس‌های گل همیشه‌بهار تحت‌تأثیر تیمارهای پتاسیمی قرار گرفت (۲٤). آروین (۲۰۱۹) در مطالعه سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر پارامترهای، فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و اسانس در گیاه مرزه به اهمیت پتاسیم در افزایش درصد اسانس این گیاه اشاره کرد (۲۵).

اما اثر متقابل تیمارهای کودی بر درصد عصاره گل همیشه‌بهار نشان داد که درصد عصاره استخراج شده به شکل قابل‌ملاحظه‌ای تحت‌تأثیر مقدار کاربرد فسفر بود به شکلی که در تیمارهای حاوی ۳٤/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک درصد عصاره استخراج شده ۱۵/٦۷ درصد کم‌تر از تیمارهای ۲۳ میلی‌گرم این عنصر در کیلوگرم خاک بود (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر نیتروژن در تیمارهای مختلف فسفر و پتاسیم بر درصد عصاره گل همیشه‌بهار (خطوط به‌علاوه روی نقاط مقدار خطای استاندارد می‌باشد).

Figure 1. The effect of nitrogen in different treatments of phosphate and potassium on the percentage of marigold extract (Cross lines on points are the standard error value).

نتیجه‌گیری

مقدار و نسبت مناسب عناصر غذایی نقش مؤثری در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان دارویی دارد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌عنوان سه عناصر پرمصرف شناخته می‌شوند که تامین بهینه و مناسب آن‌ها در رشد و توسعه گیاه و افزایش عملکرد و اجزا عملکرد آن نقش مؤثری دارد. اندازه‌گیری نسبت عناصر غذایی از دو گروه نمونه تهیه شده از استان فارس و کهکیلویه بویراحمد بیانگر نقش مهم پتاسیم پس از نیتروژن بود. با توجه به پتانسیل خاک در تامین این عناصر (آزمون خاک) نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش نیتروژن در خاک باعث افزایش ویژگی‌های رشدی و دارویی (درصد عصاره) همیشه‌بهار شد اما مقدار پتاسیم خاک به‌جز در تعداد گل، در سایر ویژگی‌ها به‌خصوص درصد عصاره اثری نداشت. تامین ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک ویژگی‌های رشدی و دارویی همیشه‌بهار را افزایش داد اما افزایش بیش‌تر آن سبب کاهش قابل‌توجه این ویژگی‌ها شد که احتمالاً به‌دلیل اثر فسفر در کاهش جذب عناصر کم‌مصرفی چون آهن و روی با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک باشد. در نهایت مقدار توصیه نیتروژن، فسفر و پتاسیم با توجه به خصوصیت خاک در این پژوهش، ۲۰/۷ میلی‌گرم نیتروژن (معادل ۹۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و ۲۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (معادل ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات در هکتار) و عدم مصرف پتاسیم بود.

منابع

1. Antonios, C., Christakis Panayiotou C., & and Nikos Tzortzakis, N. (2016). Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Industrial Crops and Products*. 83, 577-586. **doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.067.**
2. Hoseini Mazinani, M., & Hadipour, A. (2014). Increasing Quantitative and Qualitative Yield of *Calendula officinalis* L. by Using Bio-Fertilizer. *Journal of Medicinal Plants*. 13(50), 83-91. **dor: 20.1001.1.2717204.2014.13.50.9.7.** [In Persian]
3. Omidbeigi, R. (2009). Production and Processing of Medicinal plants. Astane Qods Razavi. 290p. [In Persian]
4. Aziz, T. S., Ullah, A., Sattar, M., Nasim, M., Farooq, K., & Mujtaba, M. (2010). Nutrient availability and maize (*Zea mays*) growth in soil amended with organic manures. *International journal of Agriculture and Biology*. 12, 621-624.
5. Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E., & Khalighi, A. (2010). Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. *journal of Medcinal Plants Research*. 4, 33-40. **doi:10.5897/ JMPR09.361.**
6. Khoramdel, S. (2014). Effects of different plant densities and nitrogen fertilizer levels on yield and qualitative characteristics of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research*. 20 (4), 83-100. **dor: 20.1001.1.23222050.1392.20.4.5.4.** [In Persian]
7. Moosavi, S., Moosavi, S., & Seghatoleslami, M. (2014). Effect of drought stress and nitrogen levels on growth, fruit and essential oil yield of fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.). Iranian *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 30 (3), 453-462. **doi.org/ 10.22092/ ijmapr. 2014. 7681.** [In Persian]
8. El Gendy, A. G., El Gohary, A. E., Omer, E. A., Hendawy, S. F., Hussein, M. S., Petrova, V., & Stancheva, I. (2015). Effect of nitrogen and potassium fertilizer

on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.). *Industrial Crops and Products.* 69, 167-174. **doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.023.**

9. Sedghi, M. (2020). Effect of Phosphorus and Potassium on the Growth and Yield of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Crop Science Research in Arid Regions*. 2 (1), 55-66. **doi: 10.22034/ csrar.2020.119142.** [In Persian]
10. Mahboub Khomami, A., Hashemabadi, D., Barari Tajany, A., & Fallah, A. (2017). A comparison of the effects of chemical and biological phosphorus fertilizer on phosphorus uptake and yield of Ornamental calendula (*Calendula officinalis*). *Applied Soil Research*. 5 (1), 79-91. [In Persian]
11. Khatami, M., & Galavi, M. (2019). Effect of drought stress, chemical and biological phosphorus fertilizers on morphological traits, flower and essential oil yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*. 49 (4), 175-184. **doi: 10.22059/ijfcs.2018.249116.654428.** [In Persian]
12. Pansu, M., & Gautheyrou, J. (2007). Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. Springer Science & Business Media, Germany. 996p.
13. Zarezadeh, A., Mirshamsi, M. R., Mirhosseini, A., & Arabzadeh, M. R. (2012). Effect of Nitrogen and Phosporous Fertilizers on Seed Yield and Essential Oil of Anise (*Pimpinella anisum*). *Seed and Plant Production Journal*. 28 (3), 363-371. **doi: 10.22092/ sppj.2017.110481.** [In Persian]
14. Borna, T., & Omid Beygi, R. (2009). Effect of Different Levels of NPK Fertilizers on the Productivity of Milk Thistle (*Silybum marianum*) in Peykan Shahr Area. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 40, 1. **dor: 20.1001.1.2008482.1388.40.1.13.0.** [In Persian]
15. Jafari, S., Nikkhah, M., Zarei, G., & Zarezadeh, A. (2015). Effect of phosphate and nitrogen fertilizer levels on the leaves and branches fresh and dry matter and essential oil Brazmbl (*Perovskia abrotanoides* L). *Journal of Plant Ecophysiology*. 7 (22), 178-189. **dor: 20.1001.1.20085958.1394.7.22.14. 8.** [In Persian]
16. Ahmad, I., Jabeen, N., Ziaf, K., Dole, J. M., Khan, M. A. S., & Bakhtavar, M. A. (2017). Macronutrient application affects morphological, physiological, and seed yield attributes of *Calendula officinalis* L. *Canadian Journal of Plant Science*. 97 (5), 906-916. **doi:10.1139/ CJPS-2016-0301.**
17. Zarezadeh, A., Kholdebarin, B., Moradshahi, A., Babakhanlou, P., & Rajaee, H. (2000). Changes in total alkaloid substances in Physalis alkekengi in response to nitrogenous fertilizer. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 5 (1), 61-112. [In Persian]
18. Król, B. (2011). The effect of different nitrogen fertilization rates on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L. 'Tokaj') raw material. *Acta Agrobotanica.* 64 (3), 29-34. **doi:10.5586/aa.2011.027.**
19. Arganosa, G. C., Sosulski, C. F. W., & Slikard, A. E. (1998). Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of oil in *Calendula officinalis*. *Indian Perfumer*. 33 (3), 182-195.
20. Pirzad, A., Yoosefi, M., Darvishzadeh, R., & Raei, Y. (2013). Effect of Different Rates of Zeolite and Nitrogen Fertilizer on Yield and Harvest Index of Flower, Grain, Essential oil and Seed Oil of *Calendula officinalis* L. *Sustainable Agriculture and Production science.* 23 (2), 61-75. [In Persian]
21. Peyvandi, M., Rafati, A., & Mirza, M. (2009). The effect of nitrogen and phosphorus on yield and essential oil of *Artemisia annua* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research.* 25 (1), 75-84. [In Persian]
22. Farjami, A., & Nabavi Kalat, S. (2014). Effect of Humic Acid and Phosphorus on the Quantity and Quality of Marigold (*Calendula officinalis* L.) *Yield. Journal of Crop Ecophysiology*. 7 (28), 443-452. [In Persian]

23. Ghaedi Jashni, M., & Mosavinik, S. (2015). Effect of drought stress and phosphorus and zinc fertilizers levels on the agro-morphological traits and essential oil content of German chamomile. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 8 (1), 65-72. **doi.org/ 10.22077/escs.2015.201.**
24. Khalid, A. K. (2013). Effect of potassium uptake on the composition of essential oil content in *Calendula officinalis* L. flowers. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 25 (3), 189-195. **doi.org/10.9755/ejfa.v25i3.10490.**
25. Arvin, P. (2019). Study of Different Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Physiological and Morphological Parameters and Essential Oils in Savory Plant (*Satureja hortensis* L.). *Journal of plant research (Iranian journal of biology)*. 32, 2. [In Persian]