



## Evaluation of the Saffron (*Crocus sativus* L.) Long-term Trend and Yield Stability in Razavi Khorasan Provinces

Hossein Sahabi<sup>1,2\*</sup>, Fatemeh Moallem Banhangi<sup>3</sup> and Ali Baghei<sup>4</sup>

### Article type:

Research Article

### Article history:

Submitted: 15 April 2023

Revised: 25 June 2023

Accepted: 30 July 2023

Available Online: 19 August 2023

### How to cite this article:

Sahabi, H., Moallem Banhangi, F., and Baghei, A. (2023). Evaluation of the Saffron (*Crocus sativus* L.) Long-term Trend and Yield Stability in Razavi Khorasan Provinces. *Saffron Agronomy & Technology*, 11(2), 119-135.

DOI: 10.22048/jsat.2023.393255.1485

### Abstract

Monitoring of yield indicators, such as evaluating the trend and yield stability, can open the way for future policies and decisions in order to maintain and improve the yield of important agricultural products in Iran's agricultural systems. The aim of this study was to investigate and establish the stability of saffron yield in selected cities of Khorasan-Razavi province during the years 1400-1401 was conducted at Torbat Heydarieh University. To achieve this objective, data regarding saffron cultivation area and yield from various cities in Khorasan-Razavi Province were gathered from available statistics published by the Ministry of Agriculture Jihad, Iran, over 34 years (1365-1399). Following data validation, five cities – namely Torbat Heydarieh, Neishabur, Kashmir, Gonabad, and Taibad – were chosen based on the availability of comprehensive statistics. Additional information was then collated through questionnaires and forms by liaising with the agricultural jihad and research centers in each city. Utilizing regression analysis, this research delved into the long-term trends of yield and cultivated area, exploring relative and absolute yield residuals and investigating coefficients of yield changes. The study unveiled that the cultivated saffron area expanded across all surveyed cities until 2007-2008. However, in the latter years of the study, specifically in cities with high average saffron yield, such as Gonabad and Torbat Heydarieh, a marked decline in cultivated area was observed. Over the past 34 years, a notable decline in saffron yield has been observed in Torbat Heydarieh, Gonabad, and Kashmar. Notably, Gonabad, which had the highest average yield over this period, experienced the most substantial decrease in yield, amounting to 0.09 kg per hectare per year. Unfortunately, the degree of yield stability in the saffron cultivation ecosystems of the studied cities was not favorable. In particular, the relative residual yield across different cities ranged from 0.01% to 159.1%, indicating significant instability in saffron cultivation ecosystems within Khorasan Razavi province. The coefficient of variation of yield trends exhibited a decline in all surveyed cities except. The average rate of change in these cities was computed to be very low at -0.005% per year, implying that the enhancement of yield stability in these regions was occurring at a notably sluggish pace.

**Keywords:** Coefficient of variation, Relative residual, Stability, Yield.

1- Assistant Professor Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh, Iran.

2- Saffron Institute, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran

3 - PhD Graduated of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4- PhD Graduated of Weed Control, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Corresponding author: [h.sahabi@torbath.ac.ir](mailto:h.sahabi@torbath.ac.ir)





## مقاله پژوهشی

# ارزیابی روند بلندمدت عملکرد و ثبات عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در برخی شهرستان‌های استان خراسان

## رضوی

حسین صحابی<sup>۱\*</sup>، فاطمه معلم بنهنگی<sup>۳</sup> و علی باقری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۲۶ فروردین ۱۴۰۲

تاریخ بازنگری: ۴ تیر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۸ مرداد ۱۴۰۲

صحابی، ح.، معلم بنهنگی، ف.، باقری، ع. (۱۴۰۲). ارزیابی روند بلندمدت عملکرد و ثبات عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در برخی شهرستان‌های استان خراسان رضوی. زراعت و فناوری زعفران، ۱۱(۲)، ۱۱۹-۱۳۵.

## چکیده

پایش شاخص‌های عملکرد همچون ارزیابی روند و ثبات عملکرد، می‌تواند راه‌گشای سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های آینده به منظور حفظ و ارتقای عملکرد محصولات کشاورزی مهم در سیستم‌های زراعی ایران باشد. این پژوهش با هدف بررسی و تعیین میزان ثبات عملکرد زعفران در برخی شهرستان‌های استان خراسان رضوی در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در دانشگاه تربت حیدریه اجرا شد. برای این منظور تمامی آمار قابل دسترس مربوط به سطح زیر کشت و عملکرد زعفران از شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی برای دوره ۳۴ ساله (۱۳۹۹-۱۳۶۵) از آمارنامه‌های منتشر شده و موجود وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده و مورد استفاده قرار گرفت. پس از بررسی داده‌ها، شش شهرستان مشهد، تربت حیدریه، نیشابور، کاشمر، گناباد و تایباد که آمار کامل تری برای آن‌ها موجود بود انتخاب شد و اطلاعات تکمیلی مورد نیاز با مراجعه حضوری به مراکز جهاد کشاورزی و مراکز تحقیقات کشاورزی هر شهرستان و بر اساس پرسشنامه و فرم‌های مربوطه، تهیه و جمع‌آوری شد. با تحلیل رگرسیون روند بلندمدت عملکرد و سطح زیر کشت، باقی‌مانده نسبی و باقی‌مانده مطلق عملکرد، ضریب تغییرات عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها حاصل از پژوهش نشان دادند که سطح زیر کشت زعفران تا حدود سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در تمام شهرستان‌های مورد بررسی افزایش یافت اما در سال‌های پایانی مطالعه شهرستان‌های گناباد و تربت حیدریه که بالاترین میانگین عملکرد زعفران را داشتند با کاهش شدید سطح زیر کشت مواجه شدند. بررسی نتایج نشان داد در شهرستان تربت حیدریه این کاهش سطح زیر کشت تحت تأثیر تقسیم‌بندی‌های جدید این شهرستان و تفکیک بخش‌های رشتخوار و زاوه از این شهرستان نیز بوده است. در طی ۳۴ سال گذشته در شهرستان‌های تربت حیدریه، گناباد و کاشمر عملکرد زعفران کاهش چشمگیری داشت. شهرستان گناباد که بیشترین میانگین عملکرد را در طی ۳۴ سال گذشته داشت، بیشترین شیب کاهش عملکرد (سالانه ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار) را نیز نشان داد. میزان ثبات عملکرد بوم نظام‌های کشت زعفران در شهرستان‌های مورد بررسی از وضعیت مطلوبی برخوردار نبود. در مجموع شهرستان‌های مختلف بررسی شده میزان باقی‌مانده نسبی عملکرد بین ۰/۰۱ تا ۱۵۹/۱ درصد متغیر بود که نشان دهنده بی‌ثباتی بالادر بوم نظام‌های کشت زعفران در استان خراسان رضوی بود. در تمام شهرستان‌های مورد بررسی به جز گناباد، روند تغییر ضریب تغییرات عملکرد با کاهش روبه‌رو شد. میانگین سرعت تغییرات در این شهرستان‌ها بسیار کم (۰/۰۵- درصد در سال) محاسبه شد به طوری که به نظر می‌رسد در این شهرستان‌ها میزان افزایش ثبات عملکرد با سرعت بسیار ناچیز در حال انجام بود.

**کلمات کلیدی:** پایداری، باقی‌مانده نسبی، ضریب تغییرات، عملکرد.

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه

۲- پژوهشگر پژوهشکده زعفران تربت حیدریه، تربت حیدریه

۳- دانش‌آموخته دکتری رشته آگروکولوژی، گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانش‌آموخته دکتری رشته علوم علف‌های هرز، گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

\*- نویسنده مسئول: [h.sahabi@torbath.ac.ir](mailto:h.sahabi@torbath.ac.ir)

## مقدمه

در طی دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ انقلاب سبز با هدف کاهش گرسنگی و تقویت تولید مواد غذایی، منجر به افزایش چشمگیر تولید غذا و علوفه در سراسر جهان شد. به طوریکه در مقیاس جهانی سطح گرسنگی از ۳۹ درصد در سال ۱۹۶۵ به ۱۷ درصد در سال ۲۰۱۰ کاهش یافت (Harwood., 2019). در سال های اخیر کاهش سطح گرسنگی و افزایش تولید غذا برای جمعیت در حال افزایش، به مهمترین دغدغه ی کشورها تبدیل شده است. با وجودی که افزایش عملکرد محصولات کشاورزی مهمترین برنامه ی مدیریتی در اکثر کشورها جهت حل بحران گرسنگی می باشد، اما این افزایش در صورتی تضمین کننده امنیت غذایی خواهد بود که در طولانی مدت پایدار باشد ( Skaf et al., 2019). پایداری در کشاورزی را می توان به روش های مختلف اندازه گیری کرد. یکی از روش های مهم بررسی میزان پایداری بوم نظام های کشاورزی، اندازه گیری میزان ثبات یک بوم نظام است (Knapp & van der Heijden., 2018). در واقع ثبات یکی از مؤلفه های پایداری بوم نظام های زراعی است (Jungers et al., 2021). ثبات عملکرد به عنوان شاخص جهت بررسی میزان نوسانات عملکرد در مواجهه با تغییرات کوتاه مدت محیطی است که معیاری از نوسانات سال به سال عملکرد در شرایط آب و هوایی متغیر می باشد. در کشاورزی، ثبات عملکرد را می توان از ترکیب مفاهیم مختلفی از جمله تغییر-ناپذیری، مقاومت و انعطاف پذیری تعریف کرد (Reckling et al., 2021). به عبارت دیگر، مفهوم ثبات به عنوان معیاری برای اندازه گیری تغییرناپذیری زمانی یا مکانی عملکرد گیاه مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین، ثبات را می توان به عنوان ثابت بودن خروجی های کشاورزی، به ویژه عملکرد، در دوره های زمانی طولانی یا در محیط های مختلف نیز در نظر گرفت (Urruty et al., 2016). در دهه های اخیر، تغییرات آب و

هوایی و اقلیمی با تأثیر منفی بر ثبات عملکرد موجب گردیده است که ثبات بوم نظام های کشاورزی از اهمیت بیشتری برخوردار گردد (Müller et al., 2018; Liu et al., 2021; St-Martin et al., 2021). از طرف دیگر، ثبات عملکرد از آنجا که باعث پیش بینی پذیری و کاهش ریسک اقتصادی می شود، در بین کشاورزان از اهمیت بالایی برخوردار می باشد (Jungers et al., 2021).

از جمله گیاهان دارویی مهم و بومی در منطقه خراسان زعفران است. زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L.، متعلق به خانواده زنبقیان است. این گیاه از نقطه نظر گیاهشناسی گیاهی یک ساله است، ولی در مزارع به صورت چند ساله کشت میشود. (Moallem Banhangi et al., 2021).

آمارهای جهانی نشان می دهد که حدود ۹۴ درصد از کل تولید زعفران جهان به ایران اختصاص دارد (Koocheki, 2018). بر طبق آمارنامه جهاد کشاورزی (Ministry of Agriculture-Jihad, 2021) سطح زیرکشت و میزان تولید زعفران در سال ۱۴۰۰ به ترتیب ۱۰۱/۴۰۴ هکتار و ۲۷۷/۱۸ تن و میانگین عملکرد زعفران ۲/۷۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شد. علی رغم افزایش سطح زیر کشت زعفران در خراسان، میانگین عملکرد این محصول از روند نزولی تبعیت می کند؛ به نحوی که میانگین میزان تولید از ۵/۷۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۵۲ به ۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۶ رسیده است (Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020). با عنایت به مطالب فوق و با توجه به اهمیت زعفران، پایش شاخص های عملکرد آن ها همچون ارزیابی روند و ثبات عملکرد، می تواند راه گشای سیاست گذاری ها و تصمیم گیری های آینده به منظور حفظ و ارتقای عملکرد این محصول در سیستم های زراعی ایران باشد. لذا با توجه به عدم وجود مطالعات مشابه در خصوص بررسی میزان ثبات و پایداری بوم نظام های کشت زعفران در ایران،

توجه داشت که طی دوران مطالعه، وجود تقسیم بندی‌های جدید سطح زیرکشت در برخی شهرستان‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. از طرفی با توجه به اینکه کاهش سطح زیر کشت زعفران بر میزان تولید زعفران هر شهرستان تأثیر مستقیم دارد، در این مطالعه ثبات براساس میزان عملکرد زعفران مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که عملکرد زعفران در واحد سطح بیان میشود، تفکیک شهرستان‌ها و کاهش سطح زیر کشت زعفران تأثیر مستقیمی بر عملکرد نخواهد داشت.

ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس باقی‌مانده رگرسیون جهت محاسبه دقیق باقی‌مانده رگرسیون لازم است که ابتدا مدل رگرسیونی مناسبی برای توصیف روند تغییرات عملکرد زعفران هر شهرستان به دست آید. پایین بودن ضریب تبیین ( $R^2$ ) معادله روند موجب افزایش باقی‌مانده رگرسیون شده و نتایج را غیرقابل اتکا خواهد کرد بر این اساس در این مطالعه مدل‌های رگرسیون خطی (معادله ۱) و خطی دو قطعه‌ای (معادله ۲) و سه قطعه‌ای (معادله ۳) برای توصیف روند عملکرد زعفران در هر شهرستان تحت بررسی مورد مقایسه قرار خواهد گرفت (Verón et al., 2004; Calderini & Slafer, 1999) و بهترین مدل بر اساس بزرگترین ضریب تبیین و نرمال بودن توزیع باقی‌مانده آن‌ها (Calderini & Slafer, 1999) انتخاب شد.

$$Y = a + bx \quad (1) \text{ مدل خطی}$$

$$Y = a + bx \quad \text{if } x \leq c \quad (2) \text{ مدل خطی دو قطعه-}$$

$$Y = a + bc + d(x-c) \quad \text{if } x < c \quad \text{ای}$$

$$Y = a + bx \quad \text{if } x \leq c \quad (3) \text{ مدل خطی سه}$$

$$Y = a + bc + d(x-c) \quad \text{if } e \leq x < c$$

$$Y = a + bc + d(e-c) \quad \text{قطع‌های}$$

$$+f(x-c) \quad \text{if } x < e$$

که در آن‌ها  $Y$  عملکرد،  $x$  سال (از ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵)،  $a$  عرض

از مبدا،  $b$  سرعت افزایش عملکرد طی اولین مرحله خطی،  $c$

هدف از انجام این پژوهش بررسی و تعیین میزان ثبات عملکرد زعفران به روش‌های مختلف در برخی شهرستان‌های استان خراسان رضوی بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های موجود در آمارنامه‌های منتشر شده از سوی مراجع رسمی کشور و مراجعه حضوری به مراکز جهاد کشاورزی و مراکز تحقیقات کشاورزی هر شهرستان است.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی شاخص‌های مختلف ثبات عملکرد زعفران، پژوهشی در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در دانشگاه تربیت حیدریه اجرا شد. در این پژوهش تمامی آمار قابل دسترس مربوط به سطح زیر کشت بارور و عملکرد زعفران از شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی برای دوره ۳۴ ساله (۱۳۹۹-۱۳۶۵) از آمارنامه‌های منتشر شده و موجود وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده (Ministry of Agriculture, 2019) و مورد استفاده قرار گرفت. پس از بررسی داده‌ها، شش شهر مشهد، تربت حیدریه، نیشابور، کاشمر، گناباد و تایباد که آمار کامل‌تری برای آن‌ها موجود بود انتخاب شد و اطلاعات تکمیلی مورد نیاز با مراجعه حضوری به مراکز جهاد کشاورزی و مراکز تحقیقات کشاورزی هر شهرستان تهیه و جمع آوری شد. در طی سال‌های مطالعه، شهرستان‌های استان خراسان رضوی با تقسیم‌بندی جدید مواجه شدند. به طوریکه بخش کلات از شهرستان مشهد بخش‌های رشتخوار و زاوه از شهرستان تربت‌حیدریه و بخش‌های بردسکن و خلیل‌آباد از شهرستان کاشمر جدا شد. بررسی اطلاعات دریافتی نشان داد که در سال‌های ابتدایی انجام این تقسیم‌بندی‌های جدید، آمار زراعی عملکرد و سطح زیرکشت محصولات زراعی مختلف همچنان بر اساس تقسیم‌بندی قبلی ارائه شده است و به طور دقیق مشخص نیست که آمار زراعی ارائه شده در آمارنامه‌ها از چه سالی براساس تقسیم‌بندی جدید ارائه شده است. به همین دلیل در این مطالعه باید به این نکته

شیب مثبت این معادله (b) به معنای افزایش بی‌ثباتی، شیب منفی به معنای افزایش ثبات و شیب صفر ثبات نسبی ضریب تغییرات عملکرد را در طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد (Mostafavi et al., 2020).

#### رابطه ثبات عملکرد و سطح زیر کشت

به منظور برآورد رابطه ثبات عملکرد با سطح زیر کشت، روند سطح زیر کشت زعفران در سال‌های مختلف و همچنین قدر مطلق باقی‌مانده عملکرد هر سال به‌عنوان تابعی از سطح زیر کشت هر محصول بررسی شد. بر این اساس شیب مثبت خط رگرسیونی بین سطح زیر کشت و باقی‌مانده عملکرد نشان‌دهنده کاهش ثبات، شیب منفی افزایش ثبات و شیب صفر ثبات نسبی عملکرد را نشان می‌دهد (Calderini & Slafer, 1999). برای برآزش معادلات رگرسیونی و تعیین مقادیر باقی‌مانده‌ها از نرم افزار SigmaStat v.1.0 و رسم شکل‌ها از MS Excel 2019 استفاده شد.

#### نتایج و بحث

##### تغییرات عملکرد و سطح زیر کشت زعفران

شکل ۱ روند تغییرات عملکرد و سطح زیر کشت زعفران در شهرستان‌های مورد بررسی طی ۳۴ سال گذشته را نشان می‌دهد (شکل ۱). بیشترین میانگین عملکرد زعفران در سال‌های مورد مطالعه مربوط به شهرستان‌های گناباد و تربت حیدریه به ترتیب با میانگین عملکرد ۴ و ۳/۷ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میانگین عملکرد زعفران نیز در نیشابور با عملکرد ۳ کیلوگرم کلاله خشک در هکتار مشاهده شد (شکل ۱).

بر اساس نتایج به دست آمده روند تغییرات عملکرد در نیشابور و تایباد در طی سال‌های مورد مطالعه افزایشی بود به طوری‌که این دو شهرستان سالانه ۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد را شاهد بودند. این درحالی است که روند

سالی که در آن اولین نقطه عطف بروز می‌کند،  $d$  سرعت افزایش عملکرد در طی دومین مرحله خطی،  $e$  سالی که در آن دومین نقطه عطف معادله روند قرار دارد و  $f$  سرعت افزایش عملکرد در طی سومین مرحله خطی می‌باشد (Calderini & Slafer, 1999; Mostafavi et al., 2020). پس از انتخاب مدل، اختلاف بین عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده بوسیله مدل رگرسیون به‌عنوان باقی‌مانده عملکرد که شاخصی از ثبات عملکرد می‌باشد، برای هر شهرستان محاسبه شد. افزایش میزان باقی‌مانده عملکرد از مقادیر پیش‌بینی شده توسط رگرسیون، نشان دهنده‌ی کاهش ثبات و کاهش این مقدار نشان دهنده‌ی افزایش ثبات عملکرد خواهد بود (Calderini & Slafer, 1999). از آن‌جا که در ارزیابی ثبات، تنها قدر مطلق تغییرات عملکرد اهمیت دارد، قدر مطلق تمامی باقی‌مانده‌های عملکرد محاسبه شده و پس از آن با تقسیم باقی‌مانده عملکرد بر عملکرد واقعی، باقی‌مانده نسبی عملکرد بوسیله مدل رگرسیونی محاسبه شد تا مشخص شود که باقی‌مانده عملکرد در هر سال چه درصدی از عملکرد آن سال است (Calderini & Slafer, 1999). نهایتاً با رسم نمودار مقادیر نسبی باقی‌مانده عملکرد در سال‌های تحت بررسی، روند ثبات عملکرد برای هر شهرستان به‌دست آمد.

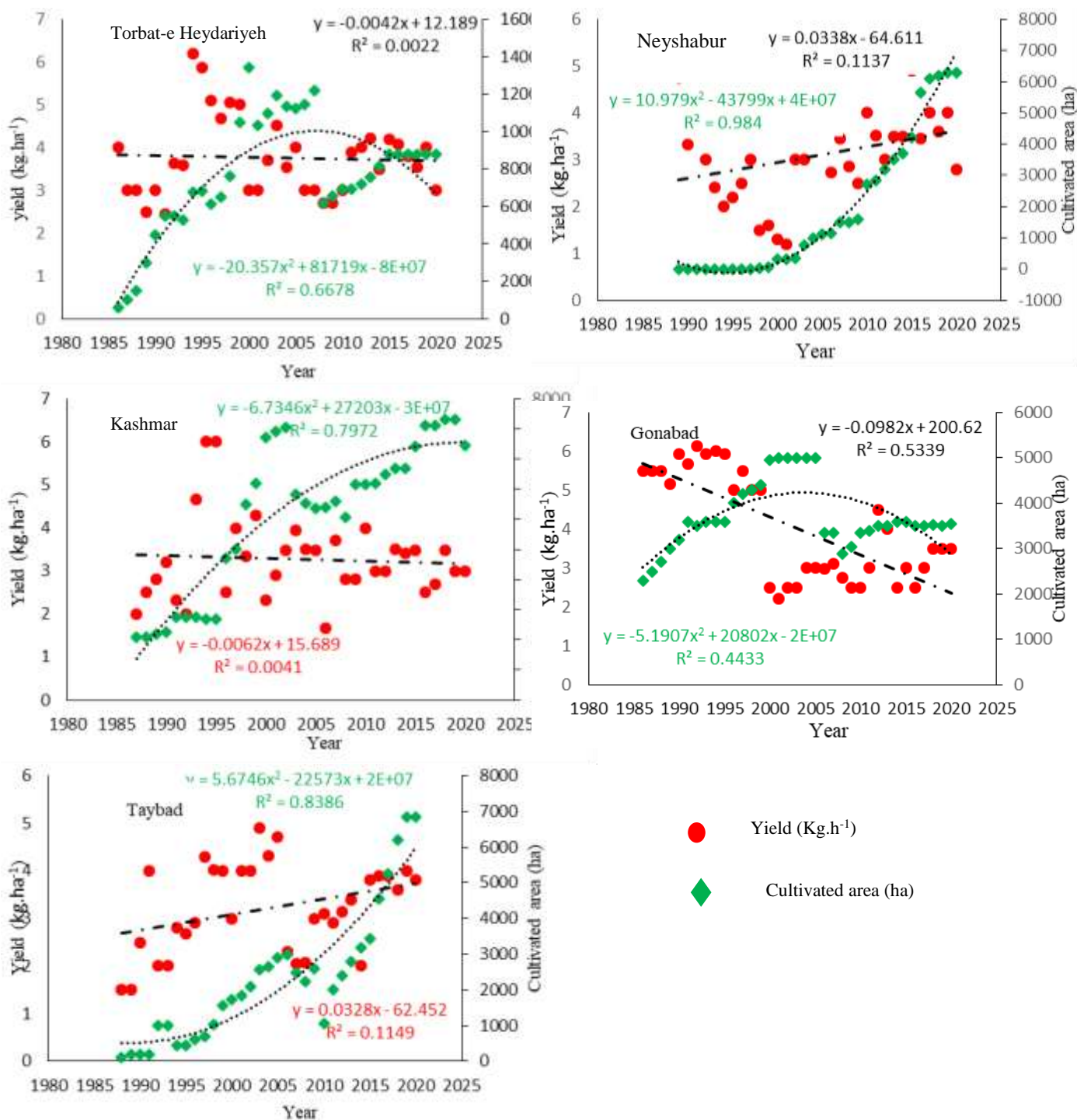
##### ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس ضریب تغییرات عملکرد

ضریب تغییرات به‌عنوان معیاری ساده و پرکاربرد، انحراف معیار عملکرد نسبت به میانگین را در محیط‌ها، دوره‌های زمانی و یا سال‌هایی مختلف اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین ضریب تغییرات بیشتر عملکرد، به معنای نوسانات بیشتر و در نتیجه بی‌ثباتی بیشتر عملکرد است. در این مطالعه ضریب تغییرات عملکرد برای دوره‌های ۴ ساله با تقسیم انحراف معیار بر میانگین آن ۴ سال به‌دست آمد و معادله رگرسیون خطی آن نیز به منظور تعیین جهت روند ضریب تغییرات عملکرد محاسبه شد.

تغییرات عملکرد در شهرستان‌های تربت حیدریه، کاشمر و گناباد کاهشی بود. شهرستان گناباد که بیشترین میانگین عملکرد را در طی ۳۴ سال گذشته داشت، بیشترین شیب کاهش عملکرد را نیز نشان داد به طوری که بر اساس نتایج به دست آمده سالانه ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران در این شهرستان کاسته شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد که بالاتر بودن دمای هوا در تابستان در این شهرستان‌ها (تربت حیدریه و کاشمر) اثر منفی بیشتری بر گل‌انگیزی زعفران داشته است. علاوه بر شرایط اقلیمی در بسیاری از مناطق ایران تولید زعفران بر اساس دانش بومی صورت می‌گیرد (Fallahi et al., 2013). دانش بومی ریشه در تجربه قرن‌های گذشته دارد و تا وقتی جامعه پابرجاست به‌عنوان پایه فرهنگی و فنی، مورد استفاده قرار داده می‌شود (Hassanpour et al., 2017). با توجه به این نکته که سابقه‌ی کشت زعفران در شهرستان‌هایی مانند نیشابور و تایباد از تربت حیدریه و کاشمر کمتر بوده است، لذا به نظر می‌رسد در این شهرستان‌ها به مرور دانش فنی کشاورزان در طی سالیان افزایش یافته است، و به افزایش عملکرد در این شهرستان‌ها کمک کرده است. در این راستا ناصری و عباسیان (Naseri & Abbasian, 2020) نیز در پژوهشی بیان داشتند که میانگین عملکرد زعفران در استان در طی سال‌های اخیر کاهش چشمگیری داشته است به طوری که از ۶/۱ کیلوگرم در سال ۱۳۵۰ به ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار در ۱۳۹۷ کاهش یافته است. این پژوهشگران مهمترین دلایل کاهش عملکرد زعفران را گرایش کشاورزان به سیستم‌های کشت پرنهاده مانند کشت تراکم و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و تخریب منابع کشاورزی بیان داشتند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2017) نیز گزارش کردند که عملکرد زعفران طی ۳۰ سال گذشته (از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۵) از ۵/۱ به ۳/۲ کیلوگرم در هکتار رسیده است. آن‌ها از جمله عوامل موثر بر کاهش عملکرد زعفران را افزایش سطح زیر کشت، خشکسالی و عدم تأمین نیاز آبی و کاهش کیفیت منابع آب دانستند.

سطح زیرکشت زعفران از سال ۱۹۸۵ (سال ۱۳۶۳ هجری شمسی) تا حدود سال ۲۰۰۷ (سال ۱۳۸۵ هجری شمسی) در تمام شهرستان‌های مورد مطالعه افزایش یافت اما پس از سال ۲۰۰۸ در شهرستان‌های گناباد و تربت حیدریه که بالاترین میانگین عملکرد در طی سه دهه‌ی گذشته را از آن خود کرده بودند، سطح زیرکشت زعفران روند کاهشی را نشان داد. لازم به ذکر است که این دو شهرستان (گناباد و تربت حیدریه) در سال‌های ابتدایی مطالعه سطح زیر کشت بالاتری نسبت به سایر شهرستان‌های استان داشتند (شکل ۱). همان‌طور که در مواد و روش‌ها توضیح داده شد، در طی سال‌های مورد مطالعه تقسیم بندی جغرافیایی جدید در برخی شهرستان‌های استان از جمله تربت حیدریه انجام شد که بر کاهش سطح زیر کشت زعفران در این شهرستان تأثیر گذار بود. علاوه بر آن در چند دهه‌ی اخیر بروز پدیده‌ی تغییر اقلیم باعث افزایش تمایل به کشت گیاهانی با نیاز آبی پایین شده است (Arora, 2019). برخی از خصوصیات زعفران از جمله نیاز آبی کم، سازگاری بالا با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و سیستم‌های کم نهاده و امکان بهره برداری طولانی مدت با یک‌بار کشت باعث توجه کشاورزان به این محصول و افزایش سطح زیر کشت این محصول شده است (Mizab & Falsafian, 2017; Sahabi et al., 2018).

تغییرات عملکرد در شهرستان‌های تربت حیدریه، کاشمر و گناباد کاهشی بود. شهرستان گناباد که بیشترین میانگین عملکرد را در طی ۳۴ سال گذشته داشت، بیشترین شیب کاهش عملکرد را نیز نشان داد به طوری که بر اساس نتایج به دست آمده سالانه ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار از عملکرد زعفران در این شهرستان کاسته شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد که بالاتر بودن دمای هوا در تابستان در این شهرستان‌ها (تربت حیدریه و کاشمر) اثر منفی بیشتری بر گل‌انگیزی زعفران داشته است. علاوه بر شرایط اقلیمی در بسیاری از مناطق ایران تولید زعفران بر اساس دانش بومی صورت می‌گیرد (Fallahi et al., 2013). دانش بومی ریشه در تجربه قرن‌های گذشته دارد و تا وقتی جامعه پابرجاست به‌عنوان پایه فرهنگی و فنی، مورد استفاده قرار داده می‌شود (Hassanpour et al., 2017). با توجه به این نکته که سابقه‌ی کشت زعفران در شهرستان‌هایی مانند نیشابور و تایباد از تربت حیدریه و کاشمر کمتر بوده است، لذا به نظر می‌رسد در این شهرستان‌ها به مرور دانش فنی کشاورزان در طی سالیان افزایش یافته است، و به افزایش عملکرد در این شهرستان‌ها کمک کرده است. در این راستا ناصری و عباسیان (Naseri & Abbasian, 2020) نیز در پژوهشی بیان داشتند که میانگین عملکرد زعفران در استان در طی سال‌های اخیر کاهش چشمگیری داشته است به طوری که از ۶/۱ کیلوگرم در سال ۱۳۵۰ به ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار در ۱۳۹۷ کاهش یافته است. این پژوهشگران مهمترین دلایل کاهش عملکرد زعفران را گرایش کشاورزان به سیستم‌های کشت پرنهاده مانند کشت تراکم و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و تخریب منابع کشاورزی بیان داشتند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2017) نیز گزارش کردند که عملکرد زعفران طی ۳۰ سال گذشته (از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۵) از ۵/۱ به ۳/۲ کیلوگرم در هکتار رسیده است. آن‌ها از جمله عوامل موثر بر کاهش عملکرد زعفران را افزایش سطح زیر کشت، خشکسالی و عدم تأمین نیاز آبی و کاهش کیفیت منابع آب دانستند.



شکل ۱- روند تغییرات سطح زیرکشت و عملکرد زعفران در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۹  
 Figure 1- Trend of saffron cultivated area and yield variations from 1986-2020.

بالاتری داشتند منجر به کاهش تمایل کشاورزان به کاشت این محصول و در نتیجه کاهش سطح زیرکشت در برخی شهرستان

اما به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد زعفران در طی سال‌های اخیر در برخی شهرستان‌ها که عملکرد و سطح زیرکشت

شهرستان گناباد میزان باقی مانده نسبی عملکرد روندی افزایشی داشت به طوری که بر اساس نتایج به دست آمده میزان باقی مانده نسبی عملکرد یا به عبارت دیگر میزان بی ثباتی در این شهرستان سالانه ۰/۴۵ درصد افزایش یافت (شکل ۲).

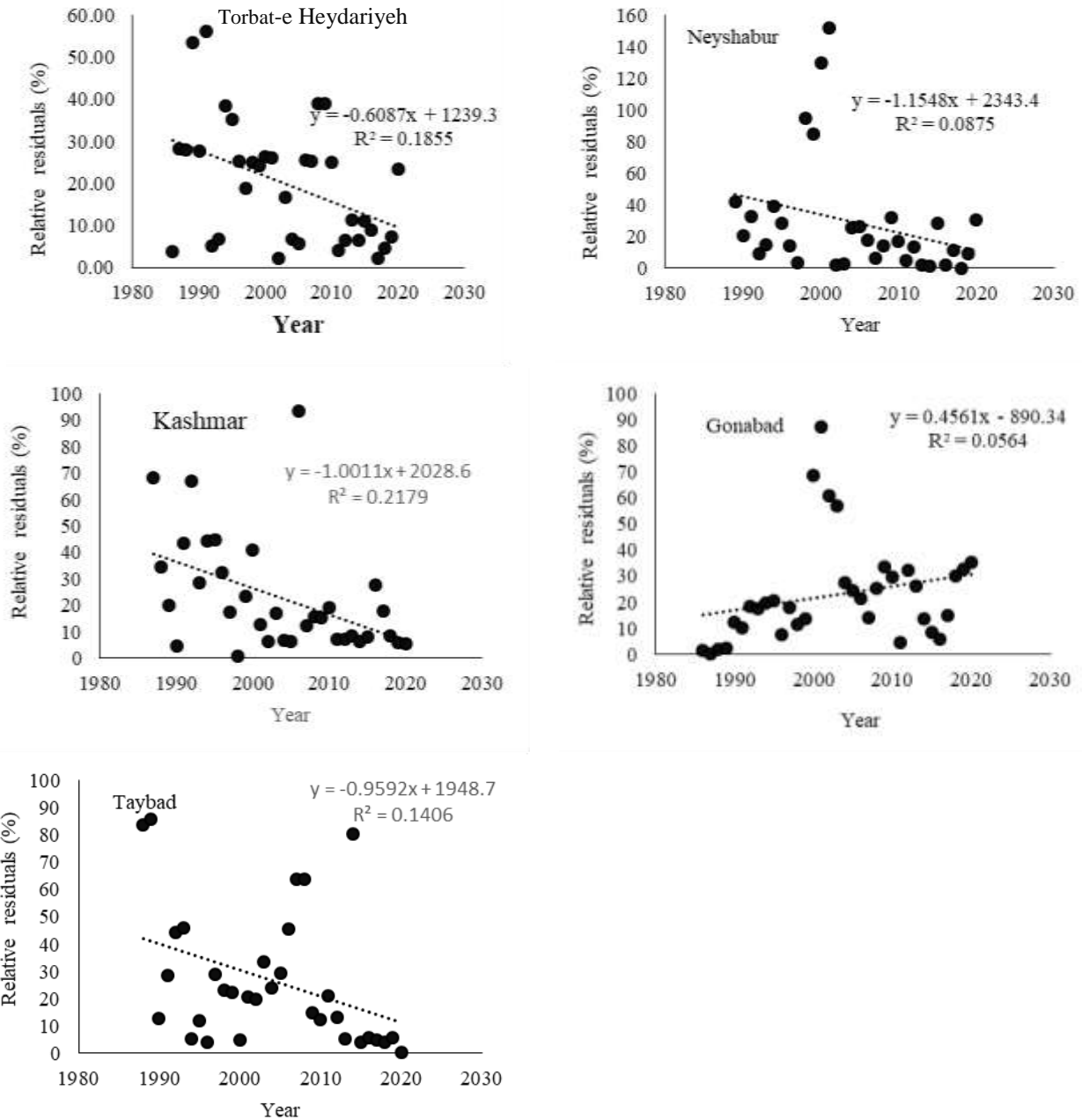
مطالعات نشان می‌دهد که بروز تغییر اقلیم و گسترش فشرده‌سازی از طریق روش‌های مدیریتی مهم‌ترین عامل تأثیر گذار بر وجود بی‌ثبات عملکرد در محصولات کشاورزی در چند دهه‌ی اخیر بوده است (Li et al., 2020). کوزه‌گران (Kouzegaran, 2018) بیان داشتند که تغییرات دمای ماهانه مهم‌ترین عامل محیطی در تنظیم گلدهی زعفران است. به نظر می‌رسد که بروز پدیده تغییر اقلیم به واسطه‌ی نوسانات دراز مدت دما و بارندگی (Hosseini et al., 2008) بر عملکرد زعفران تأثیر گذاشته و باعث بروز نوسانات عملکردی و در نتیجه بی‌ثباتی عملکرد در طی چند دهه‌ی اخیر شده است. روند تغییرات مقادیر باقی مانده مطلق عملکرد نیز نتایجی مشابهی را نشان داد. بر اساس این نتایج در ۳۴ سال گذشته، روند تغییرات باقی مانده مطلق در شهرستان‌های تربت حیدریه، نیشابور، کاشمر و تایباد کاهش و در نیشابور افزایش یافت (شکل ۳). شهرستان کاشمر با سالانه ۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار کاهش باقی مانده مطلق عملکرد بیشترین سرعت افزایش ثبات را نشان داد (شکل ۳).

ها شده است. شهرستان تربت حیدریه با وجود کاهش سطح زیرکشت در سال‌های پایانی مطالعه، اما بالاترین سطح زیرکشت (۸۸۰۰ هکتار) در بین شهرستان‌های مورد مطالعه را داشت (شکل ۱).

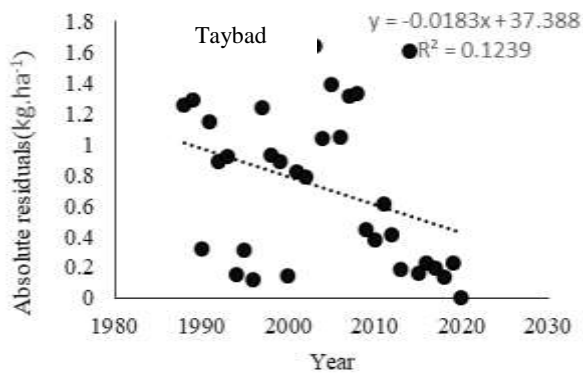
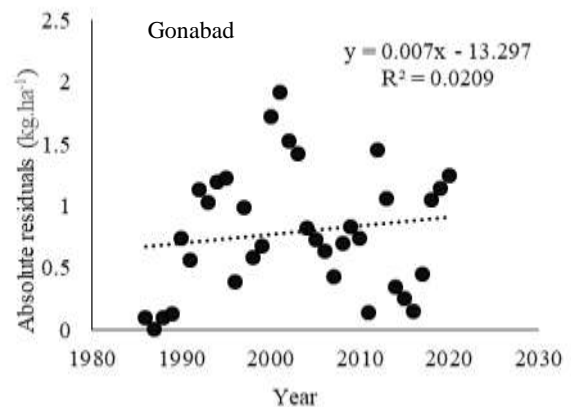
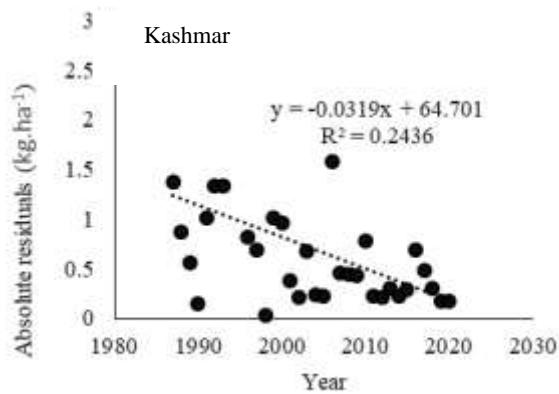
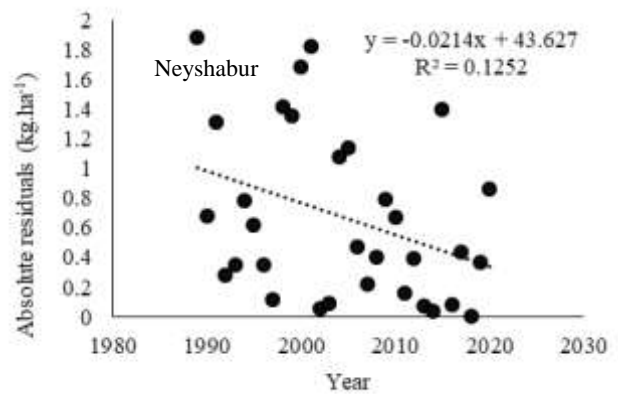
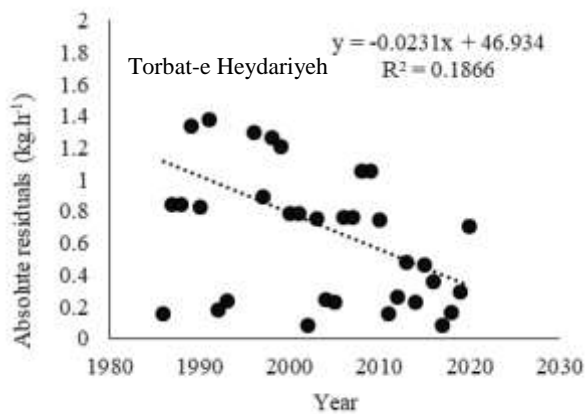
**ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس باقی‌مانده رگرسیون**  
نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در ۳۴ سال گذشته به دلیل نوسانات عملکرد، پراکندگی نسبتاً زیادی در میزان باقی مانده نسبی عملکرد زعفران در شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی مشاهده شد. در مجموع شهرستان‌های مختلف بررسی شده میزان باقی مانده نسبی عملکرد بین ۰/۰۱ تا ۱۵۹/۱ درصد متغیر بود که نشان دهنده‌ی بی‌ثباتی بالا در بوم-نظام‌های کشت زعفران در استان خراسان رضوی است (شکل ۲).

در بین شهرستان‌های مورد مطالعه کمترین و بیشترین ثبات عملکرد به ترتیب در شهرستان‌های نیشابور و تربت حیدریه مشاهده شد، به طوری که میزان نوسان باقی مانده نسبی عملکرد زعفران در شهرستان نیشابور از ۰/۰۷ تا ۱۵۹/۱ درصد و در شهرستان تربت حیدریه از ۲/۱۷ تا ۵۳/۴۱ درصد محاسبه شد (شکل ۲). روند تغییرات باقی مانده نسبی عملکرد زعفران نشان دهنده روند تغییرات میزان ثبات عملکرد در بوم نظام‌های کشاورزی است. این روند در اکثر شهرستان‌های مورد مطالعه کاهش بود که نشان دهنده‌ی افزایش ثبات در بوم نظام‌های کشت زعفران در این شهرستان‌ها است. در بین این شهرستان‌ها، شهرستان نیشابور با کاهش ۱/۱ درصد در سال بیشترین شیب کاهش میزان باقی مانده نسبی عملکرد را نشان داد. به عبارت دیگر میزان ثبات در شهرستان نیشابور سالانه ۱/۱ درصد بهبود میابد که البته با توجه به نوسانات بالای عملکرد در این شهرستان (۰/۰۷ تا ۱۵۹/۱ درصد) این میزان افزایش ثبات بسیار ناچیز است. برخلاف سایر شهرستان‌های مورد بررسی در





شکل ۲- روند تغییرات مقادیر باقیمانده نسبی عملکرد زعفران در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۹  
 Figure 2- Trend of changes in relative residual values of saffron yield from 1986-2020.



شکل ۳- روند تغییرات مقادیر باقیمانده مطلق عملکرد زعفران در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۹  
Figure 3- Trend of changes in absolute residual values of saffron yield from 1986-2020.

۱/۳۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به میانگین ۳/۵ کیلوگرمی زعفران در سال‌های اخیر (شکل ۱) این میزان نوسان عملکرد نشان دهنده‌ی بی‌ثباتی در بوم‌نظام‌های کشت این گیاه است. در این راستا حسینی و همکاران

بر اساس نتایج به دست آمده از مقادیر باقی مانده مطلق عملکرد بیشترین نوسانات عملکرد مشاهده شده در شهرستان گناباد با ۰/۰۰۳ و ۱/۹۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین نوسانات عملکرد مشاهده شده در شهرستان تربت حیدریه با ۰/۰۸ و

عملکرد است. اما در سایر شهرستان‌های مورد مطالعه شیب خط رگرسیون ضریب تغییرات روندی کاهش‌ی داشت که در واقع نشان دهنده‌ی افزایش ثبات عملکرد در این شهرستان‌ها است؛ اما با توجه به اینکه میانگین سرعت کاهش ضریب تغییرات در شهرستان‌های تربت حیدریه، نیشابور، کاشمر و تایباد بسیار کم (۰/۰۰۵- درصد در سال) محاسبه شد می‌توان اظهار داشت که در این شهرستان‌ها میزان ثبات محاسبه شده با سرعت بسیار ناچیز در حال افزایش است.

#### رابطه ثبات عملکرد و سطح زیر کشت زعفران

در تمام شهرستان‌های مورد مطالعه به جز گناباد، افزایش سطح زیر کشت منجر به ایجاد روند کاهش‌ی در مقدار باقیمانده مطلق عملکرد شده است (شکل ۵) که نشان دهنده‌ی افزایش ثبات عملکرد است، اما توجه به شیب خط رگرسیون باقی مانده عملکرد نشان می‌دهد که این کاهش یا به عبارتی افزایش ثبات با شیب بسیار ناچیزی در حال انجام است.

سطح زیر کشت زعفران در طی چند دهه تا سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ (۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ هجری شمسی) در اکثر شهرستان‌های مورد مطالعه در حال افزایش بود (شکل ۱). این محصول در مناطق خشک و نیمه خشک کشور و همسو با جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع کشاورزان روستایی و بومی و به صورتی نسبتاً اکولوژیک تکامل یافته و مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Koocheki et al., 2012; Koocheki, 2003; Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020). شاخص‌هایی همچون نیاز به آب کم، کارایی اقتصادی بالا، امکان بهره‌برداری طولانی با یک بار کاشت و نیز برخورداری از صفات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی، سبب تکامل و توسعه کاشت زعفران در نظام‌های کم‌نهاد در مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه کشور ایران شده است (Moayed Shahraki et al., 2010; Aghaei & Rezagholizadeh, 2011; Koocheki et al., 2012;

Hosseini et al., 2008) با بررسی اثر نوسانات دراز مدت دما و بارندگی بر عملکرد زعفران گزارش دادند که در میان شهرستان‌های اصلی تولید کننده زعفران استان خراسان، تغییرات متغیرهای آب و هوایی منجر به بروز ۳۱ تا ۶۶ درصد نوسان در عملکرد زعفران شده است. این پژوهشگران دمای حداقل و حداکثر ماهانه را مهم‌ترین عامل تأثیر گذار بر عملکرد زعفران گزارش نمودند. از طرف دیگر با توجه به کاهش میانگین عملکرد زعفران در کل استان در طی چند دهه‌ی اخیر (Koocheki et al., 2017) به نظر میرسد که اختلاف بین عملکرد پیش بینی شده و مشاهده شده کمتر شده است و همین عامل منجر به کاهش جزئی در روند تغییرات باقی مانده مطلق و نسبی عملکرد شده است. علاوه بر تغییر اقلیم، تک کشتی سیستم‌های زراعی به واسطه‌ی کاهش تنوع باعث کاهش ثبات عملکرد می‌شود (Hao et al., 2007). زعفران گیاهی یکساله است که در مزارع بصورت گیاهی چند ساله کشت می‌شود (Moallem Banhangi et al., 2021). گاهی یک قطعه زمین بیش از هشت سال زیر کشت زعفران قرار می‌گیرد و به نظر می‌رسد یکی دیگر از دلایل پایین بودن ثبات عملکرد در بوم-نظام‌های کشت زعفران، تناوب‌های طولانی مدت و عدم استفاده از تنوع در تناوب‌های زراعی زعفران است.

#### ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس ضریب تغییرات

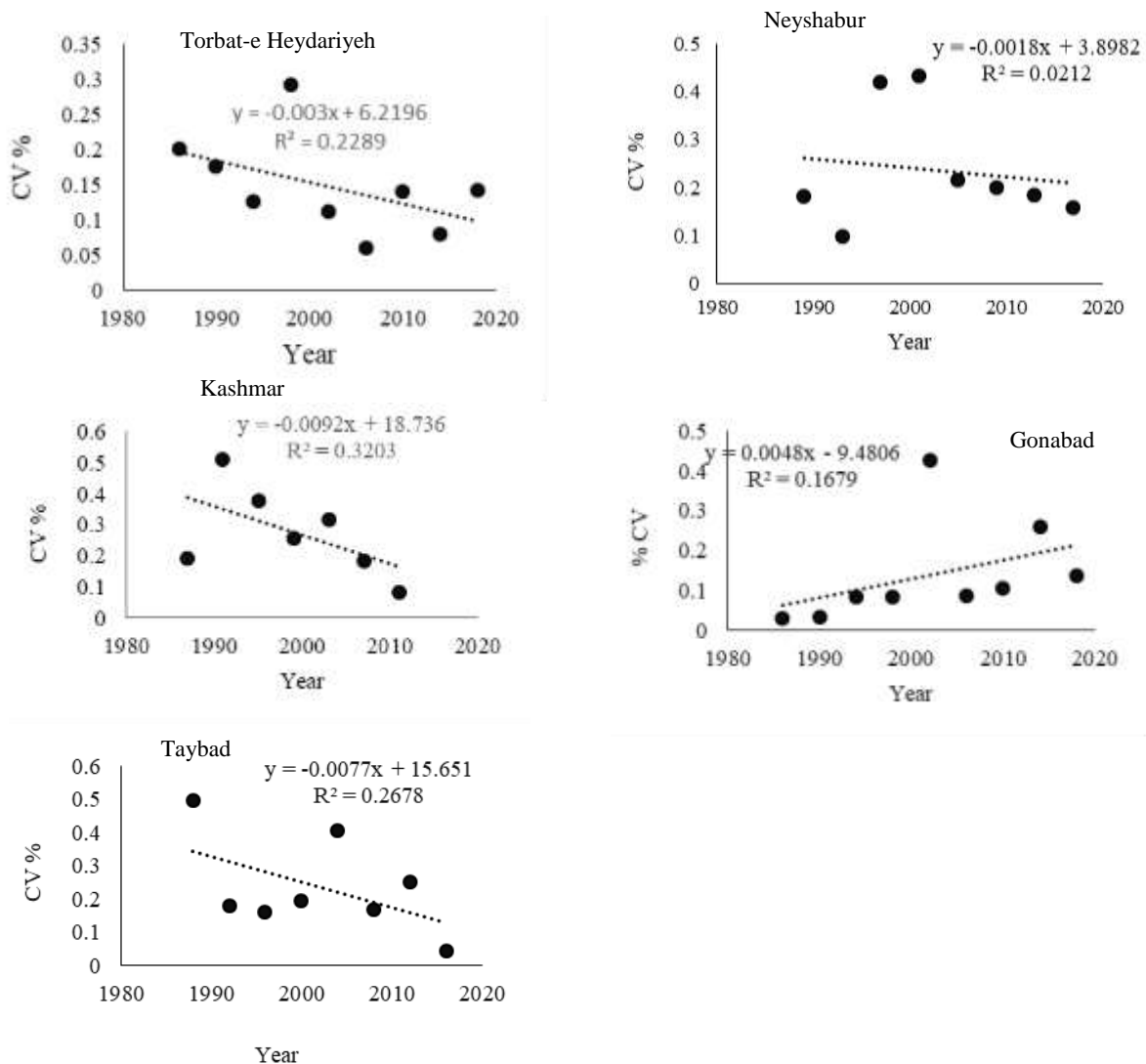
بر اساس نتایج به دست آمده دامنه تغییر ضریب تغییرات در شهرستان‌های مختلف ۰/۰۳ تا ۰/۵۱ درصد متفاوت بود (شکل ۴).

شیب مثبت روند تغییر ضریب تغییرات به معنای افزایش بی‌ثباتی، شیب منفی به معنای افزایش ثبات و شیب صفر ثبات نسبی ضریب تغییرات عملکرد را در طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که شیب خط رگرسیون ضریب تغییرات در شهرستان گناباد افزایشی بوده که به معنای کاهش ثبات

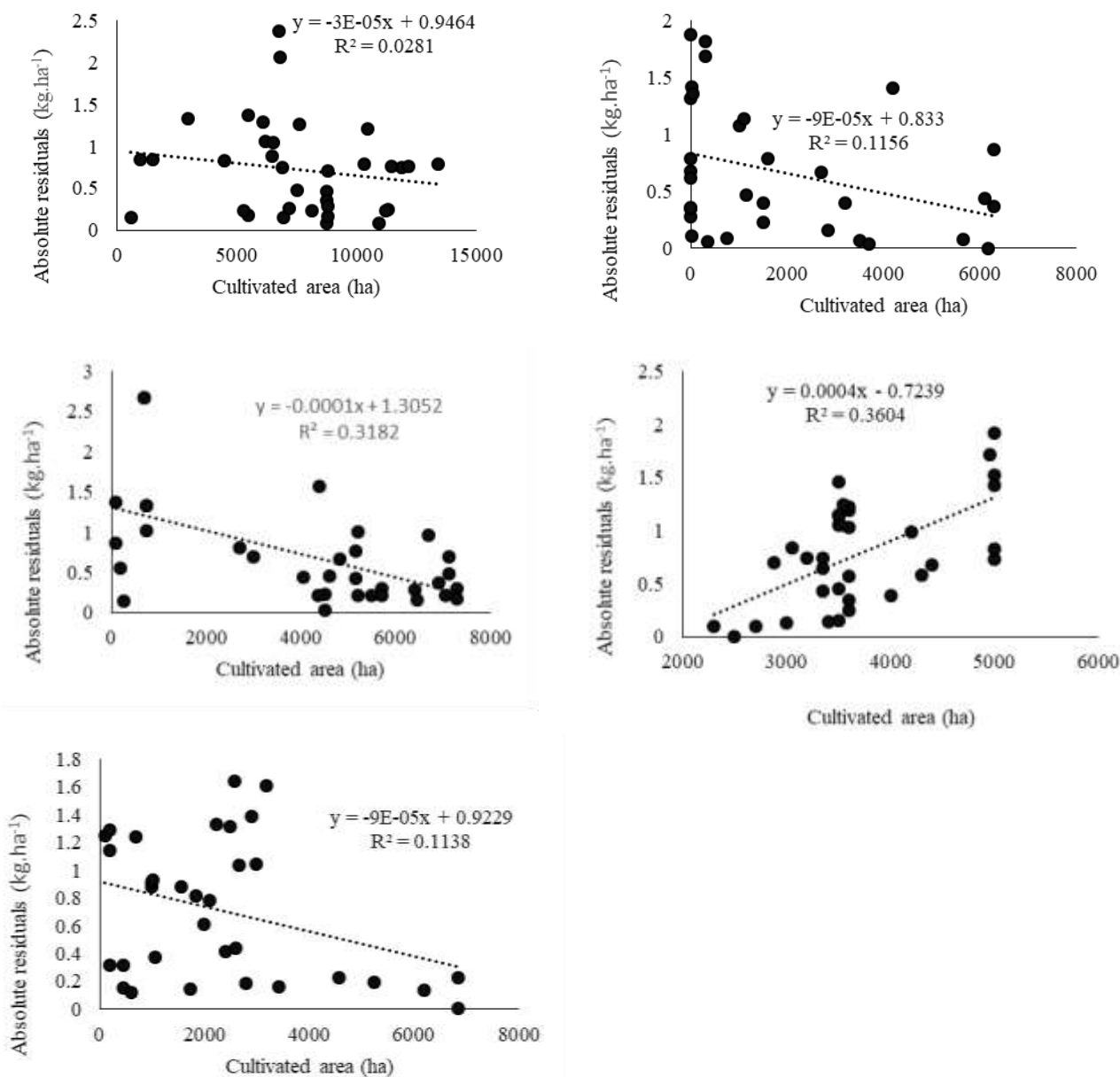
همچنین برآورده شده که خلاء عملکرد ۹۰-۷۰ درصدی در مزارع ایران وجود دارد (Koocheki, 2018).

میزان تولید (سطح زیر کشت × میانگین عملکرد) زعفران در ایران در فاصله سال های ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۶ از ۱۷ تن به ۳۴۳ (یعنی در حدود ۲۰ برابر) افزایش یافته است. با توجه به روند کاهشی عملکرد، این افزایش تولید به دلیل افزایش چشمگیر سطح زیر کشت بوده است (Koocheki, 2018).

Rezvani Moghaddam et al., 2013; Koocheki & (Khajeh-Hosseini, 2020). طی نیم قرن گذشته توسعه زراعت زعفران در ایران بیش از هر محصول دیگری انجام شده و سطح زیر کشت آن در فاصله سال های ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۶ تا ۳۴ برابر افزایش یافته است. لیکن عملکرد در واحد سطح از این توسعه تبعیت نکرده و با شیبی منفی در حال کاهش است؛ به نحوی که میانگین تولید از ۵/۷۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۵۲ به ۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۶ رسیده است.



شکل ۴- روند تغییر مقادیر ضریب تغییرات عملکرد زعفران در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۹  
 Figure 4- Trend of change in the coefficient of variation values of saffron yield from 1986-2020.



شکل ۵- روند تغییرات باقی مانده مطلق عملکرد به ازای افزایش سطح زیر کشت در منطقه تربت حیدریه در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۹

Figure 5- Trend of in saffron absolute residuals changes to the increased cultivated area in the Torbat-e Heydariyeh region from 1986-2020.

در (2019) طی مطالعه‌ای میانگین خلاء عملکرد کلاله خشک در شرایط کشت مرسوم و آرمانی زعفران را بیش از ۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نموده است. لذا بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش به نظر می‌رسد که کاهش شدید عملکرد زعفران در

با توجه به سطح زیر کشت زعفران در ایران کاهش ۷۶ گرم زعفران در هکتار در سال به معنی از دست رفتن سالانه نزدیک به ۸۲۱۴/۵۳ کیلوگرم از محصول زعفران ایران است (Koocheki, 2018). فیضی و مرادی ( Feizi & Moradi, )

۰/۰۱ تا ۱۵۹/۱ درصد متغیر بود که نشان دهنده بی ثباتی بالادر بوم‌نظام‌های کشت زعفران در استان خراسان رضوی بود. در تمام شهرستان‌های مورد بررسی به جز گناباد، روند تغییر ضریب تغییرات عملکرد با کاهش روبه رو شد. میانگین سرعت کاهش ضریب تغییرات در این شهرستان‌ها بسیار کم (۰/۰۰۵- درصد در سال) محاسبه شد به طوری که به نظر می‌رسد در این شهرستان‌ها میزان افزایش ثبات عملکرد با سرعت بسیار ناچیز در حال انجام بود. در مجموع شهرستان‌های مورد بررسی شهرستان تربت حیدریه با وجود کاهش شدید سطح زیرکشت در طی چند سال اخیر اما بازهم بالاترین سطح زیرکشت زعفران (۸۸۰۰ هکتار) را داشت. میزان ثبات عملکرد در این شهرستان به نسبت سایر شهرستان‌های مورد بررسی از وضعیت بهتری برخوردار بود.

### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره طرح ۱۱۷ از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه می‌باشد که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

چند دهه‌ی اخیر مقادیر سرعت بسیار کم بهبود ثبات عملکرد (۰/۰۰۵- درصد) را تحت الشعاع خود قرار داده است.

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که سطح زیرکشت زعفران تا حدود سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ (۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ هجری شمسی) در تمام شهرستان‌های مورد بررسی افزایش یافت اما در سال-های پایانی مطالعه شهرستان‌های گناباد و تربت حیدریه که بالاترین میانگین عملکرد زعفران را داشتند با کاهش شدید سطح زیرکشت مواجه شدند. در طی ۳۴ سال گذشته در شهرستان‌های تربت حیدریه، گناباد و کاشمر عملکرد زعفران کاهش چشمگیری داشت. شهرستان گناباد که بیشترین میانگین عملکرد را در طی ۳۴ سال گذشته داشت، بیشترین شیب کاهش عملکرد (سالانه ۰/۰۹ کیلوگرم در هکتار) را نیز نشان داد. این درحالی است که شهرستان‌های نیشابور و تایباد افزایش ۰/۰۳ کیلوگرمی در هکتار در هر سال را نشان دادند. میزان ثبات عملکرد بوم‌نظام‌های کشت زعفران در شهرستان‌های مورد بررسی از وضعیت مطلوبی برخوردار نبود. در مجموع شهرستان-های مختلف بررسی شده میزان باقی‌مانده نسبی عملکرد بین

### منابع

- Aghaei, M., & Rezagholizadeh, M. (2011). Iran's comparative advantage in production of saffron. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 25, 121-132. (In Persian with English Abstract).
- Arora, N.K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2 (2): 95-96.
- Calderini, D.F., & Slafer, G.A. (1999). Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? *Euphytica*, 107: 51-59.
- Fallahi, H., Davarzani, J., & Aghhvani Shajari, M. (2013). Local knowledge of saffron production in South Khorasan Sarayan City. 2nd National Conference on The Newest Scientific and Research Findings on Saffron. 5pp (In Persian with English Abstract).
- Feizi, H., & Moradi, R. (2019). Assessing involved managing factors in gap yield between traditional and ideal saffron cultivating systems in Razavi and South Khorasan Provinces. *Journal of Saffron Research*, 7(2), 283-298. (In Persian with English Abstract).

- Hao, M., Fan, J.U., Wang, Q., Dang, T., Guo, S.L., & Wang, J. (2007). Wheat grain yield and yield stability in a long-term fertilization experiment on the Loess plateau. *Pedosphere*, 17(2), 257-264.
- Harwood, J. (2019). Was the Green Revolution intended to maximise food production? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 17(4), 312-325.
- Hassanpour, M., Farhangfar, H., Khozayemeh nezhad, H., & Behdani, M.A. (2017). Assessment of the farmers' technical knowledge associated with saffron cultivation (Case of: South Khorasan Province). *Journal of Saffron Research*, 5(1), 18-32. (In Persian with English Abstract).
- Hosseini, M., Molafillabi, A., & Nassiri, M. (2008). The impact of long term fluctuations of heat and rain on *Crocus sativus* revenue. *Iranian Journal Agriculture Research*, 1(2), 32-88. (In Persian with English Abstract).
- Hosseini, M., Molafilabi, A.A., & Nasiri Mahalati, M. (2008). Spatial and temporal patterns in saffron (*Crocus sativus* L.) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 6(1), 79-90.
- Jungers, J.M., Yang, Y., Fernandez, C.W., Isbell, F., Lehman, C., Wyse, D., & Sheaffer, C. (2021). Diversifying bioenergy crops increases yield and yield stability by reducing weed abundance. *Science Advances*, 7(44), 8531.
- Koocheki, A. (2018). Agro-ecological aspects of saffron production with a holistic approach. In: Fifth National Conference on Saffron, November 14-15, Torbat Heydarieh, Iran. (In Persian with English Abstract).
- Koocheki, A., & Khajeh-Hosseini, M. (2020). Saffron Science, Technology and Health. 1st Edition Woodhead Publishing. 580 pp. (In Persian with English Abstract).
- Koocheki A., Karbasi A., & Seyyedi M. (2017). 'Some reasons for saffron yield loss over the last 30 years period (Review Article)'. *Saffron Agronomy and Technology*. 5(2), 107-122. (In Persian with English Abstract).
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., & Mohammad Abadi, A.A. (2012). An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42, 379-391. (In Persian with English Abstract).
- Kouzegaran, S. (2018). Modeling of the saffron yield based on meteorological extreme events (Case study: Birjand). *Journal of Saffron Research*, 5(2), 217-229.
- Knapp, S., & van der Heijden, M.G. (2018). A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications*, 9(1), 1-9.
- Li, K., Jiang, Q., Chen, J., Peng, J., Li, X., Koppala, S., & Chen, G. (2020). The controlled preparation and stability mechanism of partially stabilized zirconia by microwave intensification. *Ceramics International*, 46(6), 7523-7530.
- Liu, W., Ye, T., & Shi, P. (2021). Decreasing wheat yield stability on the North China Plain: Relative contributions from climate change in mean and variability. *International Journal of Climatology*, 41, 2820-2833.
- Ministry of Agriculture-Jahad. (2021). Agricultural Statistics, (Vol. 3). Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture-Jahad, Press. (In Persian).
- Mizab, K.A., & Falsafian, A. (2017). Factors affecting land allocation to saffron and its expansion in Marand County, Iran. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 7(1047), 267-273. (In Persian with English Abstract).
- Moallem Banhangi, F., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G.A., & Khorramdel, S. (2021). Do

- corm seeding rate and planting depth influence growth indicators of saffron (*Crocus sativus* L.)? *Industrial Crops and Products*, 174, 114145.
- Moayedi Shahraki, E., Jami Al-Ahmadi, M., & Behdani, M.A. (2010). Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. *Journal of Agroecology*, 2, 55–62. (In Persian with English Abstract).
- Mostafavi, M.J., Hooshmand, M., & Nassiri Mahallati, M. (2020). Evaluation of the long-term trend and yield stability of pulse crops in Iran. *Iranian Journal Pulses Research*, 11(2), 196-214. (In Persian with English Abstract).
- Müller, C., Elliott, J., Pugh, T.A., Ruane, A.C., Ciais, P., Balkovic, J., & Wang, X. (2018). Global patterns of crop yield stability under additional nutrient and water inputs. *Plos One*, 13(6), 0198748.
- Naseri, M., & Abbasian, A. (2022). Investigating the Relationship between cultivation area and saffron yield in Torbat-e Heydariyeh Kadkan town. *Saffron Agronomy & Technology*, 35 (4), 549-560. (In Persian with English Abstract).
- Reckling, M., Ahrends, H., Chen, T.W., Eugster, W., Hadasch, S., Knapp, S., Laidig, F., Linstadter, A., Macholdt, J., Piepho, H.P., Schiffers, K., & Döring, T.F. (2021). Methods of yield stability analysis in long-term field experiments. *A review. Agronomy for Sustainable Development*, 41(2), 1-28.
- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Shabahang, J., & Amin Ghafouri, A. (2013). Evaluation of planting method, corm weight, and density effects on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, 3(1), 52-68. (In Persian with English Abstract).
- Sahabi, H., Jahan, M., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2018). Effects of corm origin, corm weight, and nutrient foliar application on yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 6(3), 269-277. (In Persian with English Abstract).
- Skof, L., Buonocore, E., Dumontet, S., Capone, R., & Franzese, P.P. (2019). Food security and sustainable agriculture in Lebanon: An environmental accounting framework. *Journal of Cleaner Production*, 209, 1025-1032.
- St-Martin, A., Vico, G., Bergkvist, G., & Bommarco, R. (2017). Diverse cropping systems enhanced yield but did not improve yield stability in a 52-year long experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 247, 337-342.
- Urruty, N., Tailliez-Lefebvre, D., & Huyghe, C. (2016). Stability, robustness, vulnerability, and resilience of agricultural systems. *A review. Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 1-15.
- Verón, S.R., Paruelo, J.M., & Slafer, G.A. (2004). Interannual variability of wheat yield in the Argentine Pampas during the 20th century. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103, 177-190.



