

بررسی تأثیر نظام‌های زراعی و سطوح آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum*)

فاطمه رنجبر^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*} و علیرضا کوچکی^۲

۱ و ۲. دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۲۹)

چکیده

شیوه‌های کشاورزی جدید مانند کشاورزی کم نهاده، به‌طورمعمول ترکیبی از نظام‌های سنتی، اصول بوم‌شناختی (اکولوژیکی) و اطلاعات جدید علمی هستند که در راستای کاهش کاربرد نهاده‌های شیمیایی طراحی شده‌اند. در راستای همین هدف‌های آزمایشی به‌صورت کرت‌های نواری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از نظام‌های زراعی به‌عنوان عامل عمودی (کم نهاده، متوسط نهاده و پر نهاده) و سطوح آبیاری به‌عنوان عامل افقی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه انیسون). نتایج نشان داد، عملکرد کمی و کیفی انیسون تحت تأثیر نظام‌های زراعی و سطوح آبیاری قرار گرفتند. کارایی کاربرد نیتروژن تحت تأثیر نظام‌های زراعی قرار نگرفت اما میزان مصرف آب بر بهبود کارایی کاربرد نیتروژن مؤثر بود. کارایی مصرف آب در نظام کم نهاده پایین‌ترین میزان را داشت اما از لحاظ کارایی مصرف آب تفاوتی بین نظام پر نهاده و متوسط نهاده نبود. بالاترین کارایی مصرف آب و نیتروژن در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. با در نظر گرفتن حفاظت از منابع آب می‌توان گفت در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی، گیاه از دیگر منابع موجود نیز به‌گونه مطلوب‌تری استفاده کرده است. همچنین در صورتی که سرمایه‌گذاری روی این گیاه به‌منظور تولید اسانس بالاتر باشد، نتایج آزمایش نشان داد، تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی مناسب‌تر از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کارایی مصرف آب، کارایی کاربرد نیتروژن، کم نهاده، نیاز آبی گیاه.

Effects of cropping systems and different levels of water on quantitative and qualitative characteristics of Anise (*Pimpinella anisum*)

Fatemeh Ranjbar¹, Parviz Rezvani Moghaddam^{2*} and Alireza Koocheki²

1, 2. Ph. D. Candidate of Agroecology and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Aug. 2, 2015 - Accepted: Apr. 17, 2016)

ABSTRACT

In order to moving from the conventional to sustainable systems, a framework must be defined that transfer process in this framework happen step by step. Use of the inputs with high efficiency is one of these steps. To reach these goals, an experiment in a strip plot design based on Randomized Complete Block trial with three replications was conducted in the Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran in 2013-2014. Treatments consist of Cropping Systems as vertical factor (low, medium, and high input) and Irrigation Systems (100, 80, and 60% Anise crop water requirement) as horizontal factor. The results showed that nitrogen use efficiency (NUE) was not affected by the cropping systems, but the amount of water consumption had positive effects on the NUE of Anise. The Low-input system had the lowest water use efficiency (WUE). The highest WUE (0.12 kg.m⁻³) and NUE (34.22 kg.kg⁻¹) were observed in the 80% water requirement treatment. Interaction between water and cropping system showed that WUE (0.17 kg.m⁻³) in the high input system with 80% of water need was higher than other treatments. With due attention to all of the studied factors in the medium input system and 80% water requirement, it seems that this treatment compared to the other ones is the most appropriate one for Anise in regards to water and nutrients requirements.

Keywords: Essential oil, low input, nitrogen use efficiency, water requirement, water use efficiency.

مقدمه

نظام کشاورزی کم‌نهاده در پاسخ به نگرانی‌های محیط‌زیست و توجه به سلامت انسان‌ها و نادیده گرفته شدن حقوق کشاورزان روستایی در قبال نظام‌های صنعتی به وجود آمده‌اند. این نظام‌ها به‌طور معمول ترکیبی از نظام‌های سنتی، اصول بوم‌شناختی (اکولوژیکی) و اطلاعات جدید علمی هستند که در راستای کاهش کاربرد نهاده‌های شیمیایی طراحی شده‌اند (Reganold et al., 1993). بررسی‌ها نشان داده است، کاربرد بیش‌ازحد و نامتعادل نهاده‌های شیمیایی در بلندمدت، باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی، فعالیت‌های زیستی (بیولوژیکی) و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش تجمع نیترات و عنصرهای سنگین، اسیدی شدن خاک و در نهایت منجر به افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (Adediran et al., 2004; Aseri et al., 2008; Ghost & Bhat, 1998). اما برای بسیاری از کشاورزان رو آوردن سریع به عملیات و الگوهای بوم‌نظام (اکوسیستم)‌های کشاورزی پایدار نه عملی است و نه امکان‌پذیر است. بنابراین به‌منظور تغییر از نظام‌های رایج به پایدار، چارچوبی باید تعیین شود که فرآیندهای انتقال در این چارچوب گام‌به‌گام صورت گیرد. افزایش کارایی عملیات رایج به‌منظور کاهش استفاده از نهاده‌هایی که آسیب و زیان زیست‌محیطی به همراه دارند، جانشینی نهاده‌ها و عملیات رایج با عملیات قابل جایگزین و طراحی دوباره بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌گونه‌ای که کارکرد آن بر مجموعه‌ای از فرآیندهای بوم‌شناختی استوار باشد از جمله این فرآیندها است (Nassiri Mahalati et al., 2001).

با توجه به نیاز روزافزون جمعیت انسانی به تأمین مداوم مواد مؤثره گیاهان دارویی از یک‌سو و نیز تخریب بیش‌ازحد رویشگاه‌های طبیعی آن‌ها از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که کشت این گونه گیاهان در نظام‌های زراعی بتواند به‌عنوان راهکاری در جهت تأمین بازار رو به گسترش جهانی و نیز حفظ ذخیره‌گاه‌های طبیعی این گیاهان ارزشمند مطرح باشد (Nadjafi et al., 2005). تأکید عمده کشاورزی پایدار روی افزایش کیفیت و پایداری عملکرد

محصولات کشاورزی است و نیز بررسی‌ها انجام‌شده روی گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های طبیعی گویای آن است، استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و بیشترین عملکرد کمی و کیفی در چنین شرایطی به دست می‌آید (Akbarinia et al., 2006). از جمله این گیاهان، انیسون (*Pimpinella anisum*) گیاهی علفی و یک‌ساله از تیره چتریان^۱ است. اسانس انیسون تسکین‌دهنده اسپاسم‌های معده، دارای اثر ضد تشنجی و محرک غدد شیری در زنان شیرده (Askari et al., 1998)، نیرودهنده دستگاه گوارش (Omid Beigi, 2000) مقوی نیروی جنسی و در عفونت‌های دستگاه ادراری (Ahwazi et al., 2010) کاربرد دارد.

آزمایش‌های مختلفی در مورد بررسی کارایی منابع و تأثیر آن‌ها بر صفات کمی و کیفی گیاهان صورت گرفته است. در بررسی تأثیر بارهای آبیاری و کود دامی بر زیره سبز (*Cuminum cyminum*) در زابل گزارش شد (Ahmadian et al., 2010) شمار چتر در بوته، شمار دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، کاه و دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری واقع شدند. (Berhe et al., 2013) با بررسی تأثیر فعالیت‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و کارایی مصرف آب در غلات بیان کردند که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر میانگین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه و زیست‌توده نداشتند. در آزمایشی دیگر (Jin et al., 2009) در بررسی نظام‌های کشت مخلوط در شمال چین مشاهده کردند، عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه گندم (*Triticum aestivum*) به ترتیب ۶/۷ درصد و ۳۰/۱ درصد و در گیاه ذرت (*Zea maize*) به ترتیب ۸/۹ درصد و ۶/۸ درصد در نظام‌های شخم حفاظتی نسبت به رایج بهبود یافت. (Akanbi et al., 2009) با بررسی تأثیر کودهای آلی و کانی بر رشد، عملکرد کاسبرگ و کیفیت چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) بیان داشتند، بیشترین عملکرد کاسبرگ در تیمارهای تلفیقی کمپوست و کود شیمیایی به دست آمد. در مورد صفات کیفی نیز

در عرضه انبوه این فرآورده‌ها از آغاز به حفاظت از منابع و محیط‌زیست و همچنین هدف‌های کشاورزی پایدار به‌منظور تولید فرآورده‌های با کیفیت‌تر توجه ویژه‌ای شود. بنابراین، این آزمایش با هدف مقایسه عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی انیسون در ارتباط با نظام‌های متفاوت زراعی و همچنین مقادیر مختلف آب آبیاری به‌منظور کاهش حجم آب آبیاری و افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد اجرا شد. پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر صورت گرفت و همراه با کودهای آلی مورد استفاده، تجزیه فیزیکی و شیمیایی شد (جدول‌های ۱ و ۲).

برتری تیمارهای تلفیقی فراوان بود. این محققان بیان کردند، کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها تأثیرگذاری به مراتب بهتری بر عملکرد کمی و کیفی این گیاه داشت.

Kamaestani (2012) با بررسی عملکرد کمی و کیفی گیاه انیسون در پاسخ به مدیریت‌های کودی بیان داشتند، پاسخ گیاه به تلفیق کودها به مراتب بهتر از استفاده منفرد از آن‌ها بود. این محققان همچنین بیان کردند، استفاده از کود زیستی به همراه کودهای آلی بیشترین میزان را در صفات رویشی و زایشی مانند ارتفاع بوته و شمار شاخه جانبی و وزن هزاردانه داشت. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی‌های انجام‌شده توسط Dahmardeh (2013) در کاربرد کودهای آلی و کانی بر گیاه چای ترش نشان داد که کود شترمرغ همراه با کود گاوی بالاترین عملکرد کاسبرگ را در مقایسه با دیگر کودهای آلی داشت.

با توجه به افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی، باید

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physicochemical properties of the soil used for the experiment

Soil texture	OC (%)	Total N (%)	Available P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)
Loam	0.59	0.063	13.2	135	7.24	2.21

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی کود گاوی مورد استفاده

Table 2. Chemical properties of the cow manure used for the experiment

	Total N (%)	Available P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)
Cow manure	0.57	0.09	1.1	6.8	6.1

به‌منظور اجرای این آزمایش، قطعه زمینی که در دو سال گذشته آیش بود انتخاب و مراحل آماده‌سازی زمین بر پایه تیمارهای مربوطه صورت گرفت. کود دامی مورد استفاده در کرت‌های مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و بی‌درنگ توسط بیل وارد خاک شد. ابعاد کرت‌ها (۵×۵ متر) و فاصله بین کرت‌ها ۱۲۰ سانتی‌متر و بین تکرارها ۱ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین خطوط کاشت ۶۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، عمق کاشت ۱ تا ۲ سانتی‌متر و تراکم ۶۶ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کشت در دو سوی پشته در تاریخ ۲۰ اسفندماه سال ۱۳۹۲ صورت گرفت.

این آزمایش به‌صورت کرت‌های نواری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: نظام‌های زراعی به‌عنوان عامل عمودی (S1- نظام کم‌نهاد (یک دیسک + لولر + فاروئر + کود دامی)، S2- نظام متوسط نهاده (یک شخم + یک دیسک + لولر + فاروئر + ۵۰ درصد کود دامی و ۵۰ درصد کود شیمیایی (NPK))، S3- نظام پر نهاده (دو شخم + دو دیسک + لولر + فاروئر + کود شیمیایی (NPK)) و سطوح مختلف آبیاری به‌عنوان عامل افقی (I₁- ۱۰۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه، I₂- ۸۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه و I₃- ۶۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه).

بازده مصرف آب (رابطه ۱)، از روش نسبت عملکرد دانه (SY) (کیلوگرم در هکتار) بر میزان کل تبخیر و تعرق (ET) (مترمکعب) محاسبه شد (Ghosh *et al.*, 2006).

$$WUE_{SY} (kg.m^{-3}) = SY / ET \quad (1)$$

محاسبه کارایی کاربرد نیتروژن^۲

کارایی کاربرد نیتروژن (NUE) بر پایه روش Lopez-Bellido & Lopez-Bellido (2001) و با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت.

$$kg.kg^{-1} NUE = Biological\ yield / N\ uptake \quad (2)$$

Biological Yield: عملکرد زیستی، N uptake:

کل نیتروژن جذبی توسط زیست توده.

اندازه‌گیری صفات کیفی

تعیین درصد اسانس بذر انیسون، با استفاده از ۵۰ گرم بذر و توسط دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب صورت گرفت (Arganosa *et al.*, 1998) زمان لازم برای استخراج اسانس از بذرها ۴ ساعت بود. همچنین به منظور تعیین درصد و عملکرد روغن، میزان ۲ گرم بذر از هر کرت به صورت تصادفی برداشت و به طور کامل و یکنواخت آسیاب شدند سپس عمل روغن‌گیری با استفاده از دستگاه تمام خودکار سوکسله^۳ صورت گرفت.

عملیات برداشت انیسون در تاریخ یکم مردادماه ۱۳۹۳ هنگامی که بذرها رسیده کامل بودند صورت گرفت. برای تعیین عملکرد زیستی، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و ویژگی‌های کیفی بذر، بوته‌های مربوط به سطحی معادل ۶ مترمربع برداشت شدند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Minitab Ver. 16 استفاده و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد بررسی در این

بر پایه نمونه خاک ارسالی به آزمایشگاه، توصیه کودی برای انیسون ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره ارائه شد. سپس میزان نیتروژن توصیه شده به عنوان معیار تعیین میزان تیمار کود گاوی قرار گرفت. بر پایه میزان نیتروژن تیمار کود شیمیایی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، میزان تیمار کود گاوی ۱۶ تن در هکتار محاسبه شد. لازم به توضیح است که بر پایه منابع موجود عنصرهای غذایی کود گاوی به کلی در سال اول آزاد نمی‌شود و تنها به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد آن در سال اول کاربرد، برای گیاه قابل استفاده است (Pimentel, 1993). بنابراین میزان کود گاوی به میزان دو برابر معادل نیتروژن کود شیمیایی لحاظ شد. کود آلی مورد استفاده یک ماه پیش از کاشت به زمین اضافه و با بیل با خاک مخلوط شد. همه کودهای فسفر و پتاسیم همزمان با کشت به کرت‌های مربوط به تیمار کود شیمیایی اضافه شد و باقی‌مانده کود نیتروژن در طی سه مرحله به صورت سرک، دو مرحله پس از هر بار وجین و دیگری در آغاز ساقه‌دهی استفاده شد. همه عملیات وجین گیاه به صورت دستی و توسط کارگر صورت گرفت.

محاسبه نیاز آبی انیسون و کارایی مصرف آب^۱

به منظور تعیین تقریبی نیاز آبی گیاه انیسون و نبود اطلاعات کافی در مورد ضریب‌های گیاهی پایه (Kc) این گیاه، از ضریب‌های گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) که با این گیاه هم‌خانواده و از لحاظ ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی) و دوره رشدی همسانی‌های زیادی دارد، استفاده شد. نیاز آبی گیاه انیسون توسط نرم‌افزار OPTIWAT (Alizadeh & Kamali, 2007) در شرایط اقلیمی مشهد ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد. آنگاه تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه تعیین و آب آبیاری در هر دور آبیاری توسط کنتور ثبت شد. همه تیمارهای آبیاری پس از تنک کردن و رسیدن به تراکم نهایی مورد نظر اعمال شدند.

2. Nitrogen Use Efficiency
3. SOXTEC SYSTEM- HT6

1. Water Use Efficiency

آزمایش نشان داد که، عملکرد کمی و کیفی این گیاه تحت تأثیر تیمارهای بررسی شد. نظام‌های به کار برده شده تأثیر معنی‌داری را بر کارایی کاربرد نیتروژن به همراه نداشتند. اما کارایی کاربرد نیتروژن تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۳).
کارایی مصرف آب در گیاه انیسون تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. اثر متقابل نظام‌های زراعی و سطوح مختلف آبیاری بر همه صفات کمی و کیفی مورد بررسی به غیر از وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۳). Rabiei (2001) در آزمایشی با بررسی تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی و مدیریت پسماندهای برنج

آزمایش نشان داد که، عملکرد کمی و کیفی این گیاه تحت تأثیر تیمارهای بررسی شد. نظام‌های به کار برده شده تأثیر معنی‌داری را بر کارایی کاربرد نیتروژن به همراه نداشتند. اما کارایی کاربرد نیتروژن تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۳).
کارایی مصرف آب در گیاه انیسون تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. اثر متقابل نظام‌های زراعی و سطوح مختلف آبیاری بر همه صفات کمی و کیفی مورد بررسی به غیر از وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۳). Rabiei (2001) در آزمایشی با بررسی تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی و مدیریت پسماندهای برنج

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی انیسون تحت تأثیر تیمارهای نظام زراعی و آبیاری
Table 3. Analysis of variance (Mean square) for quantitative and qualitative characteristics of Anise as a medicinal plant in different cropping system and irrigation treatments

S.O.V.	Seed yield	Biological yield	Harvest index	1000-Seed weight	Essential oil	Oil	Nitrogen use efficiency	Water use efficiency
Block	341 ^{ns}	7526 ^{ns}	0/000014 ^{ns}	0/58681*	0/0500 ^{ns}	13.170**	14.60*	0.00005 ^{ns}
Cropping system (A)	89162**	665040**	0.0063280**	1.07790**	8.8860**	5.4400**	4.5230 ^{ns}	0.00420**
Error A	3108	202163	0.0148610	2.69694	0.0311	0.9600	14.7673	0.00030
Irrigation levels (B)	191302**	120390**	0.0098397**	2.68792*	5.9260**	0.9200 ^{ns}	7.9880*	0.00160*
Error B	5842	86183	0.0016880	0.02528	1.3644	13.4700	5.3813	0.00024
Interaction A x B	70995*	323649*	0.0218160**	1.05300 ^{ns}	15.7700*	27.5700**	43.4590**	0.01610**
Total Error	25030	173918	0.572200	0.39222	1.4989	1.3689	4.0025	0.00124
R- Sq	93.51%	93.47%	96.52%	91.46%	95.67%	97.82%	95.77%	94.79%

ns * و **: عدم معنی‌داری، و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

*, ** and n.s.: are significant at 5 and 1% levels of probability and not significant, respectively.

پرنهاده (۱۳/۰۷ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). پایین‌ترین میزان کارایی کاربرد آب در نظام‌های مورد بررسی در تیمار کم نهاده (۰/۱۲ کیلوگرم محصول تولیدشده در مترمکعب آب مصرف‌شده) مشاهده شد (جدول ۴).

عملکرد زیستی و عملکرد دانه در نظام کم نهاده از دیگر نظام‌ها کمتر بود اما میزان شاخص برداشت در این تیمار در مقایسه با تیمار نظام پرنهاده بالاتر بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد در نظام کم نهاده، گیاه سهم بیشتری از ماده خشک تولیدی را به بخش زایشی اختصاص داده است. این در حالی است که در نظام پرنهاده سهم عظیمی از تولیدهای گیاه صرف تولید بخش‌های رویشی شده است. همچنین بالا بودن میزان عملکرد زیستی و عملکرد دانه در تیمار نظام متوسط نهاده می‌تواند به دلیل تلفیق کود دامی و شیمیایی و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب غذایی برای گیاه باشد.

تأثیر نظام‌های کشاورزی بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی کاربرد آب و نیتروژن

بررسی اثر ساده تیمارها نشان داد، بالاترین عملکرد دانه در نظام متوسط نهاده (۵۸۷ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین میزان عملکرد زیستی در تیمار نظام پرنهاده (۱۳۶۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با نظام متوسط نهاده نداشت. کمترین میزان عملکرد دانه و عملکرد زیستی در تیمار نظام کم نهاده به ترتیب با میزان ۴۵۰ و ۱۰۳۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. شاخص برداشت این گیاه در نظام‌های کم نهاده و متوسط نهاده (۴۰ درصد) بیشتر از نظام پرنهاده بود (جدول ۴).
در مورد صفات کیفی، بیشترین درصد اسانس در تیمار نظام کم نهاده (۴/۳۰ درصد) به دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری در مقایسه با نظام پرنهاده نداشت. کمترین درصد روغن نیز در تیمار نظام

در مورد تیمارهای آبیاری، بالاترین عملکرد بذر و عملکرد زیستی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۶۳۲ و ۱۴۷۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد و کمترین میزان در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۴۲۶ و ۹۶۷ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. شاخص برداشت در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه (۳۹ درصد) از دیگر تیمارها کمتر بود. پایین‌ترین درصد اسانس در مورد تیمارهای آبیاری اعمال‌شده در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۳/۲۳ درصد) به دست آمد (جدول ۴). اسانس‌های گیاهی سبب سازگاری گیاه به شرایط تنش می‌شوند و میزان بالاتر اسانس در گیاه می‌تواند نماینده سازگاری بیشتر گیاه به شرایط نامساعد و تنش‌زا باشد. اما در تنش‌های شدید ممکن است سبب توقف نورساخت (فتوسنتز)، سوخت‌وساز (متابولیسم) و حتی منجر به مرگ گیاه شود (Abdelmajeed *et al.*, 2013). در آزمایشی تأثیر شدت‌های مختلف تنش بر عملکرد اسانس و اجزاء اسانس جعفری (*Petroselinum sativum*) بررسی و بیان شد که کسر ۳۵ تا ۴۰ و ۴۵ تا ۶۰ درصد نیاز آبی می‌تواند بر کاهش درصد اسانس و میزان ترکیب‌های اسانس مؤثر واقع شود که این کاهش در تیمار ۳۵ تا ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه بارزتر بود (Petropoulos *et al.*, 2008). در آزمایشی که توسط Eslami *et al.* (2015) صورت گرفت، بیان شد تنش آبی بر کاهش درصد روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus*) مؤثر است و بالاترین میزان درصد روغن در تیمارهای با آبیاری کافی به دست آمد. Moghaddam Khamse *et al.* (2010) نیز بیان کردند، آبیاری در حد بهینه و به‌ویژه در زمان پر شدن دانه سبب افزایش درصد روغن در آفتابگردان شد.

کارایی کاربرد نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. به‌طوری‌که بالاترین میزان کارایی کاربرد نیتروژن در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه (۳۴/۲۲) به‌دست آمد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب نیز در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (جدول ۴). در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، گیاه با تولید بخش رویشی بیشتر عملکرد بالاتری به نسبت دیگر تیمارها داشت اما شاخص برداشت در تیمار ۶۰

پایین بودن وزن هزاردانه گیاه در تیمار نظام کم نهاده می‌تواند به سبب شرایط سختی باشد که گیاه با آن روبرو بوده که سبب شده گیاه نتواند توسعه ریشه‌ای مناسبی داشته باشد و در نتیجه دسترسی کمتر به عنصرهای غذایی می‌تواند سبب کاهش تولید زیست‌توده و در نهایت کاهش وزن دانه‌ها در این تیمار شده باشد. اما وزن هزاردانه در تیمار نظام پر نهاده نیز از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با نظام کم نهاده ندارد، به نظر می‌رسد در این تیمار گیاه از فضای مطلوب ایجادشده در خاک به‌منظور توسعه بخش رویشی استفاده کرده است.

همچنین با توجه به بالا بودن میزان اسانس در تیمار نظام کم نهاده می‌توان گفت شرایط تنش‌زای حاکم بر گیاه در این تیمار می‌تواند سبب تولید متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس در انیسون شده باشد.

Grigora *et al.* (2013) با بررسی دو نظام

خاک‌ورزی رایج و حفاظتی و سه سطح کودی بیان داشتند که عملکرد گندم در نظام‌های حفاظتی در واحد سطح به نسبت نظام‌های رایج کاهش یافت. اما کارایی کاربرد کود در نظام‌های حفاظتی افزایش نشان داد. در آزمایشی دیگر بررسی تأثیر خاک‌ورزی و نیتروژن بر تولید دانه گندم و حاصلخیزی خاک در تناوب گندم و برنج نشان داد، عملکرد گندم تحت تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی قرار نگرفت اما به‌طورکلی میزان عملکرد گندم در نظام بدون خاک‌ورزی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظام‌های خاک‌ورزی کمینه و رایج بیشتر بود اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود (Usman *et al.*, 2014). همچنین بررسی تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی و مدیریت پسماندهای برنج بر عملکرد دانه و اجزا عملکرد کلزا به‌عنوان کشت دوم تفاوت معنی‌داری را بین نظام خاک‌ورزی کمینه با نظام‌های رایج نشان نداد. کمترین عملکرد نیز در تیمار بدون خاک‌ورزی مشاهده شد (Rabiei *et al.*, 2001). Acimović (2013) با بررسی تأثیر کودهای آلی و زیستی بر گیاه انیسون بیان داشتند که کودهای آلی به نسبت کودهای شیمیایی و زیستی تأثیر به مراتب بهتری را بر عملکرد این گیاه داشتند.

می‌رسد فراهمی مناسب آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه سبب شده گیاه در گرفتن عنصرهای غذایی مورد نیاز به‌ویژه نیتروژن در محدودیت قرار نگیرد و با جذب مطلوب عنصرهای مورد نیاز کارایی کاربرد نیتروژن را بالا ببرد.

درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه نداشت. همچنین می‌توان گفت که اختصاص مواد به بخش زایشی در تیمار ۶۰ درصد به نسبت تیمار آبی ۸۰ درصد که گیاه با محدودیت کمتری روبه‌رو بوده، بهتر صورت گرفته است. به نظر

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمارهای نظام‌های زراعی و آبیاری بر صفات کمی و کیفی انیسون

Table 4. Mean comparison for the single effects of cropping systems and irrigation treatments on quantitative and qualitative characteristics of Anise as a medicinal plant

Treatment.	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	1000-Seed weight (g)	Essential oil (%)	Oil (%)	Nitrogen use efficiency (kg kg ⁻¹)	Water use efficiency (kg m ⁻³)
High input system	546 ^a	1367 ^a	40 ^b	4.15 ^b	4.27 ^a	13.07 ^b	34.03 ^a	0.12 ^a
Medium input system	587 ^a	1360 ^a	44 ^a	4.6 ^a	3.07 ^b	14.13 ^a	33.08 ^a	0.12 ^a
Low input system	450 ^b	1030 ^b	44 ^a	4.21 ^b	4.30 ^a	13.83 ^a	33.27 ^a	0.10 ^b
100% water requirement	632 ^a	1471 ^a	44 ^a	4.48 ^a	4.07 ^a	13.60 ^a	33.00 ^b	0.11 ^b
80% water requirement	525 ^b	1318 ^a	39 ^b	4.10 ^a	4.33 ^a	13.50 ^a	34.22 ^a	0.12 ^a
60% water requirement	426 ^c	967 ^b	44 ^a	4.38 ^a	3.23 ^b	14.00 ^a	32.16 ^b	0.11 ^{ab}

برای هر تیمار و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column for each group of treatments show non-significant differences according to Duncan's Multiple Range Test at 5% level of probability.

به نظر می‌رسد به دلیل محدودیت آبی در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، گیاه نتوانسته از فراهمی عنصرها در جهت تولید بیشتر بهره ببرد. و بالا بودن عملکرد نیز در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نیز می‌تواند به تلفیقی از حضور آب و استفاده تلفیقی از منابع غذایی (کودهای دامی و شیمیایی) مربوط باشد، ضمن اینکه تلفیق منابع می‌تواند سبب شده گیاه در طول فصل رشد با کمبود منابع غذایی روبه‌رو نشود. فراهمی عنصرهای غذایی و نبود آن به وجود یا نبود آب ارتباط دارد. به نظر می‌رسد فراهمی بیش‌ازحد آب در نظام کم نهاده سبب خروج منابع از دسترس گیاه و سبب کاهش کارایی استفاده از نیتروژن در این گیاه باشد. چنانچه عمق گسترش ریشه در نظام کم نهاده نیز تحت تأثیر قرار گرفته باشد گیاه نتوانسته با گسترش ریشه و دریافت عنصرهای از قسمت‌های پایین‌تر کمبود عنصرهای را جبران کند. بالا بودن کارایی مصرف آب نیز در نظام متوسط نهاده و ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌تواند گویای برقراری تعادل بین رطوبت موجود و عنصرهای موجود باشد که سبب شده گیاه از تعادل ایجادشده به نفع تولید بیشتر استفاده کند.

در آزمایشی بیان شد، تأثیر کودهای زیستی به همراه استفاده از خاک‌ورزی کمینه می‌تواند سبب افزایش در

بررسی اثر متقابل تیمارها نشان داد، بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و نظام متوسط نهاده (۶۷۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان نیز در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و نظام پر نهاده به دست آمد. عملکرد زیستی گیاه نیز در تیمار نظام پر نهاده و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۱۷۱۱ کیلوگرم در هکتار) بالاترین میزان و در تیمار نظام کم نهاده و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۹۲۱ کیلوگرم در هکتار) کمترین میزان عملکرد را به همراه داشت. شاخص برداشت در تیمار نظام کم نهاده و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۴۹ درصد) بالاترین میزان و در تیمار نظام کم نهاده و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه دارای کمترین میزان بود. بالاترین درصد اسانس در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و نظام پر نهاده (۵/۴ درصد) و بالاترین میزان روغن در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی و نظام‌های کم نهاده و ۸۰ درصد نیاز آبی و نظام متوسط نهاده به دست آمد. پایین‌ترین کارایی کاربرد نیتروژن نیز در نظام کم نهاده و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد همچنین بالاترین میزان این شاخص در تیمار نظام کم نهاده و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. بالاترین میزان کارایی آب نیز در نظام متوسط نهاده و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۵).

میزان عملکرد دانه و اسانس گیاه دارویی رازیانه (Ghorbani *et al.*, 2013) شود. با بررسی دو نظام خاک‌ورزی (Grigora *et al.*, 2013)، با بررسی دو نظام های رازیانه کاهش یافت. رایج و حفاظتی و سه سطح استفاده از کود بیان داشتند که، عملکرد گندم در نظام‌های حفاظتی در واحد سطح در مقایسه با نظام‌های رایج کاهش یافت.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای نظام‌های زراعی و آبیاری بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی انیسون

Table 5. Mean comparison for the interaction effects of cropping systems and irrigation treatments on quantitative and qualitative characteristics of Anise as a medicinal plant

Treatment	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	1000-Seed weight (g)	Essential oil (%)	Oil (%)	Nitrogen use efficiency (kg kg ⁻¹)	Water use efficiency (kg m ⁻³)
High input + 100% water requirement	661 ^a	1711 ^a	39 ^{cd}	4.10 ^a	5.40 ^a	11.60 ^d	34.08 ^{abc}	0.11b ^c
High input + 80% water requirement	619 ^{ab}	1506 ^{ab}	42b ^{cd}	4.25 ^a	3.70 ^b	12.80 ^{cd}	33.21 ^{bc}	0.17 ^a
High input + 60% water requirement	360 ^d	885 ^c	41b ^{cd}	4.10 ^a	3.70 ^b	14.80 ^{ab}	34.80 ^{ab}	0.08 ^c
Medium input + 100% water requirement	677 ^a	1568 ^{ab}	43 ^{abc}	4.95 ^a	3.20 ^b	14.2 ^{abc}	33.08 ^{bc}	0.11 ^{bc}
Medium input + 80% water requirement	582 ^{abc}	1415 ^{abc}	41 ^{bcd}	4.02 ^a	4.50 ^{ab}	15.00 ^a	32.95 ^{bc}	0.12 ^{bc}
Medium input + 60% water requirement	502 ^{bcd}	1095 ^{bc}	46 ^{ab}	4.83 ^a	3.50 ^c	13.2 ^{bcd}	33.22 ^{bc}	0.14 ^{ab}
Low input + 100% water requirement	560 ^{abcd}	1135 ^{bc}	49 ^a	4.38 ^a	3.60 ^b	15.00 ^a	13.83 ^c	0.09 ^{bc}
Low input + 80% water requirement	373 ^{cd}	1036 ^{bc}	36 ^d	4.03 ^a	4.80 ^{ab}	12.70 ^{cd}	36.51 ^a	0.08 ^c
Low input + 60% water requirement	417 ^{bcd}	921 ^c	45 ^{ab}	4.23 ^a	4.50 ^{ab}	13.80 ^{abc}	31.47 ^c	0.12 ^{bc}

برای هر تیمار و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column show non-significant differences according to Duncan's Multiple Range Test at 5% level of probability.

جولوگیری کرد. کارایی کاربرد نیتروژن نیز تحت تأثیر نظام‌های زراعی قرار نگرفت اما فراوانی آب در نظام بر کاهش کارایی این عنصر تأثیر منفی به همراه داشت. همچنین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه یعنی معادل ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار بهترین برآورد از نیاز آبی این گیاه بود. به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان داد با توجه به اختلاف‌های کم بین نظام‌های متوسط نهاده و رایج، به نظر می‌رسد می‌توان نظام‌های متوسط نهاده را به دلیل نیاز کمتر به نهاده‌های ورودی در رسیدن به پایداری و گذر از نظام‌های رایج به پایدار توصیه کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه هدف اصلی این طرح مقایسه عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی انیسون در ارتباط با سطوح مختلف آبیاری و نظام‌های زراعی بود می‌توان گفت. پاسخ گیاه به نظام زراعی در نظام‌های پرنهاده و متوسط نهاده نه تنها تفاوت معنی‌داری نداشت بلکه حتی میزان عملکرد در نظام متوسط نهاده بیشتر از نظام پرنهاده بود. به نظر می‌رسد با استفاده از این نظام متوسط نهاده بتوان از میزان هزینه‌های تولید کاست و همچنین از فرسایش خاک نیز به میزان زیادی

REFERENCES

- Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A. & Idowu, O. J. (2004). Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1163-1181.
- Ahmadian, A., Ghanbari, A. & Golvi, M. (2009). The interaction effect of water stress and animal manure on yield components, essential oil and chemical composition of *Cuminum cyminum*. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(1), 173-180. (in Farsi)
- Akanbi, W. B., Olaniyani, A. B., Togun, A. O., Ilupeju, A. E. O. & Olaniran, A. (2009). The effect of organic and inorganic fertilizer on growth, calyx yield and quality of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3, 652-657.
- Ahwazi, M., Aghdam, A. & Habib Khanyany, B. (2010). *Seeds of medicinal plants, morphology, physiology and pharmacological properties*. Jahad daneshgahi Tehran. Tehran. 207pp.
- Askari, F., Sefidkan, F. & Mirza, M. (1998). Quality and quantity of compounds in anise oil (*Pimpinella anisum*). *Research and Development*, 11, 64-74. (in Farsi)
- Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V. & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Desert. *Scientia Horticulturae*, 117, 130-135.
- Akbarinia, A., Daneshian, J. & Mohammadbiegi, F. (2006). Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and oil content of *Coriandrum sativum* L. . *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4), 411-419. (in Farsi)

8. Alizadeh, A. & Kamali, G. (2007). *Crop water requirements in IRAN*. Mashhad: Asatan Ghods Razavi. IRAN.
9. Arganosa, G. C., Sosuskli, F. W. & Slikard, A. E. (1998). Seed yield and essential oil of biennial caraway grown in Western Canada. *Journal of Herbs. Spices and Medicinal Plants*, 1(9), 9-17.
10. Aćimović, M. G. (2013). The influence of fertilization on yield of Caraway, Anise and Coriander in organic agriculture. *Journal of Agricultural Sciences*, 58(2), 85-94.
11. Abdelmajeed, A., Danial, E. & Ayad, H. (2013). The effect of environmental stress on qualitative and quantitative essential oil of aromatic and medicinal plants. *Archives Des Sciences*, 66(4), 100-120.
12. Berhe, F. T., Fanta, A., Alamirew, T. & Melesse, A. M. (2013). The effect of tillage practices on grain yield and water use efficiency. *CATENA*, 100, 128-138.
13. Dahmardeh, M. (2013). Effect of mineral and organic fertilizers on the growth and calyx yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 11, 10899-10902.
14. Eslami, M., Dehghanzadeh, H. & Najafi, F. (2015). The Effect of Drought Stress on Oil Percent and Yield and the Type of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Fatty Acids. *Agriculture Science Developments*, 4(1), 4-6
15. Ghosh, P. K., Manna, M. C., Bandyopadhyay-Ajay, K. K., Tripathi, A. K., Wanjari, R. H., K., M. A., Acharya, C. L. & Subba Rao, A. (2006). Interspecific interaction and nutrient use in soybeans/ sorghum intercropping system. *Agronomy Journal*, 98, 1097-1108.
16. Grigora, M. A., Popescu, A., Negrutiu, L., Gidea, M., Has, L. & Pamfil, D. (2013). Effect of No-tillage System and Fertilization on Wheat Production. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), 208-212.
17. Ghorbani, S., Paknejad, F. S. O., Mehdi Mirzaei, M. & Babaei, B. (2013). Effect of biofertilizers on grain yield, biological yield and essential oil of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under ecological cropping system. *Agronomy and Plant Breeding*, 9(1), 63-73.
18. Ghost, B. C. & Bhat, R. (1998). Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. *Environmental Pollution* 102, 123-126.
19. Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Lijin, L. & Huanwen, G. (2009). Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain. *Soil & Tillage Research* 104, 198-205.
20. Kamaestani, N. (2012). *Quantitative and qualitative yield of Anise (Pimpinella anisum) in response to fertilizer managements*. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Farsi)
21. Lopez-Bellido, R. J. & Lopez-Belli, L. (2001). Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research*, 7(1), 31-64.
22. Moghaddam Khamse, G. A., Akbari, S., Mottaghi, A., J., S., Daneshian, H. & Jabbari, A. R. (2010). Study of some effective phenologic and physiologic characteristicson sunflower hybrids yield. *Journal of Plant Production*, 17(4), 46-69. (in Farsi)
23. Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A., Rezvan Moghaddam, P. & Beheshti, A. (2001). *Agroecology*. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. IRAN. (in Farsi)
24. Nadjafi, F., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A. & Rastgoo, M. (2005). Evaluation of seed germination characteristics in *Nepeta binaludensis*, a highly endangered medicinal plant of Iran. *Iranian Journal of Field Crops Reaserch*, 4(2), 1-7. (in Farsi)
25. Nabizadeh, E., Habibi, H. & Hosainpour, M. (2012). The effect of Fertilizers and biological nitrogen and planting density on yield, quality and quantity *Pimpinella anisum* L. *European Journal of Experimental Biology*, 2(4), 1326-1336.
26. Omid Bygi, B. (Ed). (2000). *Approach to production and processing of medicinal plants*. Astan Quds Razavi, Mashhad Press. 423pp.
27. Pimentel, D. (1993). Economics and energies of organic and conventional farming. *Journal of Agriculture and Environment Ethics*, 6, 53-60.
28. Petropoulos, S. A., Dimitra Daferera, B., Polissioub, M. G. & Passam, H. C. (2008). The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, 115, 393-397.
29. Reganold, J. P., Palmer, A. S., Lockart, J. C. & Macgregor, A. N. (1993). Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand. *Science* 260, 344-349.
30. Rabiei, M., Alizadeh, M. R. & Rajabian, M. (2001). Effect of Tillage Systems and Rice Residue Management on Grain Yield and Its Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) as Second Crop in Paddy Fields. *Seed and Plant Production Journal*, 27(2), 147-164. (in Farsi)
31. Usman, K., Khan, E. A., Khan, N., Rashid, A., Yazdan, F. & Ud Din, S. (2014). Response of wheat to tillage plus rice residue and nitrogen management in rice-wheat system. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(11), 2389-2398.