

اثر نانوکودهای آهن و روی بر عملکرد کمی کاسنی در تراکم‌های مختلف کاشت

علی سپهری^{1*}، زهره وزیری امجد²

تاریخ دریافت: 93/8/28 تاریخ پذیرش: 94/5/31

1-استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

2-دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

*مسئول مکاتبه: Email: sepehri2748@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی بر عملکرد کمی گیاه دارویی کاسنی تحت تراکم‌های مختلف بوته، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا در سال 1392 انجام شد. تراکم بوته در سه سطح 10، 15 و 20 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی نانوکودها شامل چهار سطح نانوکود کلات آهن، نانوکود کلات روی، نانوکود کلات آهن + نانوکود کلات روی و محلول-پاشی با آب (عدم مصرف نانوکود) بود. صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد آکن در بوته، تعداد دانه در آکن، وزن دانه، تعداد شاخه‌ی فرعی و شاخص برداشت بررسی شدند. در خصوص تراکم بوته و مصرف نانوکودها برای عملکرد بیولوژیک، تعداد آکن در بوته و تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌دار وجود داشت، در حالی که عملکرد دانه، تعداد دانه در آکن، وزن هزار دانه و شاخص برداشت فقط تحت تأثیر اثرات اصلی قرار گرفت. بیشترین عملکرد بیولوژیک با تراکم 15 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی حاصل شد. محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی نسبت به محلول‌پاشی با آب باعث افزایش 21/84 درصدی عملکرد دانه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تراکم 15 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی ضمن افزایش عملکرد گیاه، با به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، راهی مؤثر جهت دستیابی به کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، فناوری نانو، کاسنی، محلول‌پاشی

The Effect of Iron and Zinc Nano Fertilizers on Quantitative Yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.) in Different Crop Densities

Ali Sepehri^{1*}, Zohreh Vaziriamjad²

Received: November 14, 2014 Accepted: August 3, 2015

1 Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Avicenna, Iran.

2 MSc Student, University of Avicenna, Iran.

*Corresponding author: E-mail: sepehri2748@gmail.com

Abstract

In order to study the effect of foliar application of iron and zinc nano fertilizers on quantitative yield of chicory under different plant densities, a field experiment was conducted at the agricultural research station, Bu-Ali Sina University in 2013 growing season. A factorial experiment based on randomized completely block design was arranged with three replications. Three levels of Plant density including 10, 15 and 20 plant per m² and four levels of foliar application of nano fertilizers including iron nano fertilizer, zinc nano fertilizer, iron nano + zinc nano fertilizers and control were used. Biological and grain yield, number of aken per plant, number of seed per aken, seed weight, number of branches and harvest index were recorded. The results showed that significant differences existed among nano fertilizers and plant density on biological yield, number of aken per plant and number of branches. But seed yield number of seed, seed weight and harvest index affected by the main factors. The highest biological and grain yield obtained with using 15 plant m² and simultaneously foliar application of nano iron and zinc fertilizers. Also foliar application of iron + zinc nano fertilizers caused to increasing 21.84 % on grain yield compared to control. The finding the present study indicated that using 15 plant m² and simultaneously foliar application of iron and zinc nano fertilizers, in addition to increasing quantitative yield, by minimizing the negative effects of chemical fertilizers is an effective way to achieve sustainable agriculture.

Keywords: Biological Yield, Foliar Application, Grain Yield Chicory, Nanotechnology

مقدمه

دارویی کامفرول¹ است (ون آرکل و همکاران 2012). در ریشه گیاه نیز ماده اینولین² متمرکز است که اثرات کاهش چربی خون و ضد مسمومیت کبدی را داراست (عماد و همکاران 1391).

ارائه روش‌های مناسب به زراعی جهت افزایش کمیت و کیفیت گیاهان دارویی حائز اهمیت است. تراکم بوته به عنوان یک عامل مدیریتی مؤثر بر میزان عملکرد

کاسنی (*Cichorium intybus* L.) یکی از گیاهان دارویی سودمند با خواص درمانی فراوان بوده و بومی مناطق معتدل جهان می‌باشد (بیس و راویشانکار 2001). این گیاه در پزشکی سنتی اهمیت زیادی داشته و به عنوان مدر، تب‌بر، اشتها آور و صفرا بر و ملین مورد مصرف قرار می‌گیرد (یزدانی و همکاران 1383). ترکیب اصلی موجود در اسانس اندام هوایی این گیاه

1- Caempferol

2- Inuline

محلول‌پاشی همزمان آهن و روی افزایش کیفیت و کمیت عملکرد گیاه را در پی داشت. آنتیتا (2004) گزارش کرد که محلول‌پاشی روی و آهن باعث افزایش عملکرد و جذب مواد غذایی در بادام زمینی در مقایسه با تیمار شاهد شده و کاربرد توأم این دو عنصر تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد گیاه داشت.

یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی استفاده از نانوکودها در تغذیه گیاه است (رضایی و همکاران 1388). از جمله ویژگی‌های جالب توجه مواد نانو، سبک و کوچک بودن آن‌ها، استفاده در مقادیر کم، چند کاربردی بودن و صرفه جویی در مواد مصرفی است (علی نژاد و گلی 1384). استفاده از نانو کودها که همه خصوصیات لازم مانند غلظت مؤثر، قابلیت حل پذیری مناسب، ثبات و تأثیر گذاری بالا و رهایش کنترل شده را دارند، سبب افزایش کارایی عناصر غذایی می‌شوند (نادری و همکاران 1391)، به طوری که علاوه بر رهاسازی مداوم عناصر غذایی، جذب و انتقال آن‌ها از طریق برگ نیز به سهولت انجام می‌گیرد (لیو و همکاران 2006). مظاهری‌نیا و همکاران (2010) طی بررسی کارایی نانو اکسید آهن و اکسید معمولی آهن در جذب و غلظت عناصر غذایی آهن، روی، مس و منگنز در گیاه گندم گزارش نمودند که نانو اکسید آهن نسبت به اکسید معمولی آهن برتری معنی‌داری داشت. در تحقیق دیگری محلول‌پاشی آهن به شکل نانو در مقایسه با شکل معمول آن تأثیر بیشتری بر رشد و غلظت عناصر غذایی در گیاه آفتابگردان داشت (ترابیان و زاهدی 1392). نتایج سایر تحقیقات روی گیاه ماش (شجاعی و مکاریان 1393) و ریحان (پیوندی و همکاران 1390) نیز حاکی از مزیت کاربرد نانوکودها نسبت به فرم معمولی کودهای آهن و روی می‌باشد.

با توجه به اهمیت گیاه کاسنی در مصارف مختلف دارویی، مطالعه حاضر به منظور شناخت اثرات تراکم و محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه دارویی صورت گرفته است.

نهایی، از اصول اولیه زراعت هر گیاه می‌باشد (حسین-پور و همکاران 1390). کاهش رقابت بین گیاهان با اعمال تراکم مطلوب، سبب دسترسی مناسب گیاه به نهاده‌های موجود در خاک می‌شود. در چنین شرایطی آب و مواد غذایی به اندازه کافی در اختیار گیاهان قرار گرفته و به واسطه نور کافی، حداکثر تولید مواد فتوسنتزی حاصل خواهد شد که نهایتاً عملکرد مطلوبی را به بار خواهد آورد (ملکوتی و طهرانی 1379). در یک بررسی تراکم بوته بر تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه گیاه گلرنگ اثر معنی‌داری داشت (الحانی 1381).

گیاهان دارویی برای رشد و تولید مواد مؤثره به مقادیر مناسبی از ریزمغذی‌ها نیاز داشته (لیلاه و همکاران 1988؛ سرمندیا و کوچکی 1992) و در بین ریزمغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آهن دارند (کافی و همکاران 1387). آهن یکی از عناصر ضروری، کم مصرف و کم تحرک برای گیاهان است. این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء بوده و برای ساخت کلروفیل مورد نیاز می‌باشد (کافی و همکاران 1387). عنصر روی نیز از عناصر کم مصرف بوده که در سنتز تریپتوفان، پیش ماده اکسین، طول عمر رنگدانه‌های کلروفیل و پیری برگ، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئین‌ها در گیاهان اثرگذار است (همانترانجان 1996). در خاک‌های زراعی ایران به دلیل بالا بودن pH، وجود آهک فراوان و مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی، جذب عناصر کم مصرف نظیر آهن و روی کمتر از نیاز گیاه می‌باشد و تحت این شرایط کمبود آهن و روی عمومیت بیشتری دارد (ملکوتی و همکاران 1387). در چنین شرایطی محلول‌پاشی به عنوان یک روش مؤثر و باصرفه نسبت به مصرف کلات‌های آهن و روی در خاک شناخته شده است (ملکوتی و طهرانی 1379). نصیری و نجفی (2015) اظهار داشتند که محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در گیاه بابونه نسبت به مصرف حاکی تفاوت معنی‌داری نداشت. نصیری و همکاران (2010) در آزمایش دیگری بر گیاه بابونه مشاهده کردند که

مواد و روش

همزمان با کاشت و بقیه قبل از گلدهی به خاک داده شد. همچنین 80 کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت مصرف گردید. با توجه به مقادیر مناسب پتاسیم موجود در خاک، کود پتاسیم استفاده نشد. آبیاری به صورت تحت فشار (بارانی) بر اساس 60 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. به طوری که در طول دوره رشد بسته به دمای هوا و شدت تبخیر، دور آبیاری بین پنج تا هشت روز متغیر بود. خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده مزرعه بصورت ($\text{Ca}^{+2}=2.85$ ، $\text{pH}=7.41$ ، $\text{EC}=0612 \text{ dS.m}^{-1}$ ، $\text{Na}^{+}=2.05 \text{ meq.L}^{-1}$ ، $\text{Mg}^{+2}=2.34 \text{ meq.L}^{-1}$ ، meq.L^{-1} ، $\text{HCO}_3^{-}=5.17 \text{ meq.L}^{-1}$ ، $\text{Cl}^{-}=1.32 \text{ meq.L}^{-1}$) بود که برای محلول‌پاشی نیز از آن استفاده شد. در طی دوره رشد گیاه، اقدامات لازم جهت مبارزه با علف‌های هرز صورت گرفت. صفات مورد بررسی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد آکن در بوته، تعداد دانه در آکن، وزن هزار دانه، تعداد شاخه-های فرعی و شاخص برداشت بود که در انتهای فصل رشد اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل توسط نرم افزار SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال 5 درصد با آزمون LSD انجام شد.

این پژوهش در سال 1392 در شرایط آب و هوایی همدان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل تراکم بوته در سه سطح 10، 15 و 20 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی نانوکودها شامل محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن، نانوکود کلات روی، نانوکود کلات آهن + نانوکود کلات روی و محلول‌پاشی با آب (عدم مصرف نانوکود) بود. نانوکود آهن و نانوکود روی به ترتیب حاوی 9 و 12 درصد آهن و روی می‌باشند. این کودها دارای پایه هیدروکربنی ساده و فاقد اتیلن بوده و از شرکت "صدور احرار شرق" تهیه گردید. محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی دو بار با سم‌پاش دستی و قبل از طلوع آفتاب، به ترتیب با غلظت‌های یک در هزار و یک و نیم در هزار، قبل از ساقه رفتن گیاه، طبق توصیه شرکت سازنده کود انجام شد. بذر کاسنی از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. بعد از آماده‌سازی زمین، عملیات کاشت در تاریخ 30 فروردین، به صورت جوی و پشته با فواصل ردیف 50 سانتی‌متر و در عمق یک سانتی‌متری خاک، صورت گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک، معادل 280 کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو مرحله، نیمی از آن

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	نیتروژن کل (%)
26	33	41	لومی	15/4	305	0/072
منگنز (mg/kg)	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	درصد اشباع S. P.	pH
4/01	0/51	3/26	0/273	0/76	36/81	7/55

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک داشت (جدول 2). برهمکنش تراکم بوته و محلول‌پاشی نیز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول 2). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک با تراکم 15 بوته در متر مربع و کاربرد کودهای نانو و همچنین

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تیمار تراکم بوته قرار گرفت. همچنین محلول‌پاشی نیز اثر معنی‌داری بر

مشاهده شد که تفاوت آماری معنی‌داری با محلول‌پاشی نانوکود روی نداشت.

تراکم 10 بوته در متر مربع و کاربرد توأم نانوکودهای آهن و روی حاصل شد. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک نیز با تراکم 20 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی با آب

جدول 2- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر تراکم بوته و محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی

		میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر
وزن	تعداد	تعداد آکن در	تعداد شاخه- های فرعی در	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک		
هزار	دانه در	بوته	بوته					
دانه	آکن							
0/2	26/41	204/16	56/42	31/35	2320/66	9936927/04	2	بلوک
2/56**	28/51**	89012/58**	381/95**	71/61**	268960/7**	7992638/19**	2	تراکم
0/09*	3/16*	1373/74**	77/25**	2/29 ^{ns}	34183/5**	2592744/07**	3	محلول‌پاشی
0/01 ^{ns}	0/42 ^{ns}	472/43*	6/44*	1/02 ^{ns}	1181/08 ^{ns}	326004/6*	6	تراکم × محلول‌پاشی
0/02	1/03	181/64	1/94	2/17	6498/23	124177/81	23	خطا
7/14	8/13	7/06	8/57	13/23	10/76	5/14		ضریب تغییرات (CV)

*, ** و ^{ns} به ترتیب، معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

گزارش کرد که با افزایش تراکم کاسنی از 6 بوته در متر مربع به 15 بوته در متر مربع، عملکرد بیولوژیک، 12390 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت.

افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف عناصر ریزمغذی علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش ماده خشک در بوته اشاره نمود (اسد و رفیق 2000 و شرفی و همکاران 2000). زهتاب سلماسی و همکاران (2008) نشان دادند که تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم مصرف آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد خشک گیاه دارویی نعنای فلفلی نسبت به تیمار شاهد شده است.

در تراکم‌های 10، 15 و 20 بوته در متر مربع و با محلول‌پاشی همزمان نانوکودهای آهن و روی به ترتیب 25/4، 20/74 و 14/9 درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به محلول‌پاشی با آب افزایش یافت (شکل 1). در تراکم 15 بوته در متر مربع، فضای بیش‌تری نسبت به 20 بوته در اختیار گیاهان قرار گرفته و به جهت کاهش شرایط رقابتی برای نور، رطوبت و مواد غذایی و همچنین با محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی، توان فتوسنتزی گیاه بیش‌تر شده و با تولید شاخه‌های فرعی زیادتر، وزن خشک بوته افزایش یافته است. نتایج حاکی از آن است که تراکم 15 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی، جهت حصول حداکثر عملکرد بیولوژیک در این گیاه مناسب است. گرچه در این تراکم، بین محلول‌پاشی کودها تفاوت آماری دیده نشد (شکل 1). طاهری اصغری (1389)

جدول 3- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر تراکم بوته و محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی

عوامل آزمایش	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (HI) (درصد)	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد آکن در بوته	تعداد دانه در آکن	وزن هزار دانه (g)
تراکم (بوته در متر مربع)							
10	6918/4 ^b	582/2 ^c	8/53 ^c	22/08 ^a	284/2 ^a	10/89 ^c	1/88 ^c
15	7619/7 ^a	872 ^a	11/53 ^b	15/91 ^b	173/6 ^b	13/96 ^a	2/34 ^b
20	5992/6 ^c	792/5 ^b	13/37 ^a	10/81 ^c	114/5 ^c	12/64 ^b	2/81 ^a
محلول‌پاشی نانوکود							
آهن	7034 ^b	736/3 ^{bc}	10/58 ^a	17/11 ^b	191/6 ^a	12/4 ^{ab}	2/31 ^{ab}
روی	6710/9 ^b	770 ^{ab}	11/79 ^a	15/38 ^c	197/4 ^a	12/73 ^a	2/39 ^a
آهن + روی	7450/6 ^a	818 ^a	11/21 ^a	19/77 ^a	201 ^a	13/13 ^a	2/45 ^a
عدم مصرف (محلول‌پاشی با آب)	6178/8 ^c	671/3 ^c	11 ^a	12/81 ^d	173/2 ^b	11/73 ^b	2/22 ^b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

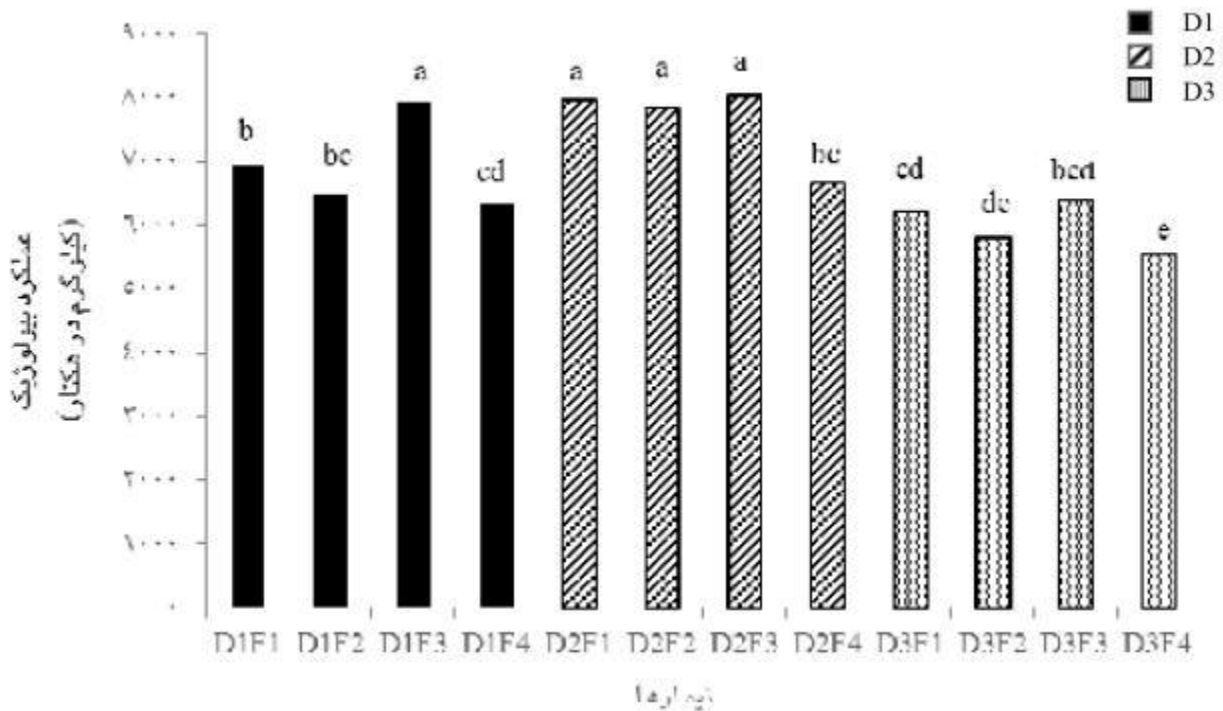
عملکرد دانه

هم کاهش یابد. از طرفی با افزایش تراکم از 15 بوته به 20 بوته در متر مربع، علی‌رغم تعداد بوته بیشتر، به دلیل رقابت درون گونه‌ای و همچنین کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد آکن در بوته عملکرد دانه نیز کاهش یافت. بنابراین حداکثر عملکرد اقتصادی در تراکم 15 بوته در متر مربع مشاهده شد. اکبری‌نیا و همکاران (1385) نیز نشان دادند با افزایش تراکم گیاه گشنیز از 20 به 30 بوته در متر مربع، بالاترین عملکرد بذر در هکتار به دست آمد و با افزایش تراکم از 30 به 50 بوته در متر مربع عملکرد بذر روند کاهشی نشان داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. با افزایش تراکم سیاهدانه به بیش از 200 بوته در متر مربع رقابت بین بوته‌ای بیشتر شده که باعث افزایش رشد رویشی بوته-ها گردید و سهم اجزای زیستی از مواد فتوسنتزی تولید

بنا بر نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 2). به طوری که بیشترین عملکرد دانه در تیمار 15 بوته در متر مربع به دست آمد. کمترین مقدار عملکرد دانه نیز در تراکم 10 بوته در واحد سطح مشاهده گردید (جدول 3). اثر محلول‌پاشی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بر همکنش تراکم و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول 2). کمتر بودن عملکرد دانه در تراکم 10 بوته در متر مربع گویای آن است که هر چند در این تراکم، تعداد شاخه-های فرعی و تعداد آکن در بوته افزایش یافت، اما تعداد بوته در واحد سطح نسبت به تراکم‌های 15 و 20 بوته در متر مربع کمتر بود و باعث شد که مقدار عملکرد دانه

گردید (جدول 3). محلول‌پاشی گش‌نیز با آهن و روی در مراحل رشد رویشی، گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید و کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (سید الاهل و عمر 2009).

شده کاهش یافت (رضوان‌بیدختی و همکاران 1391). بیش‌ترین عملکرد دانه با محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی حاصل شد که با محلول‌پاشی نانوکود روی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. از طرفی کم‌ترین مقدار عملکرد دانه در تیمار عدم مصرف نانوکود، حاصل



شکل 1- عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر بر همکنش تراکم و محلول‌پاشی

(D₁: 10 بوته در متر مربع، D₂: 15 بوته در متر مربع، D₃: 20 بوته در متر مربع و F₁: محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن، F₂: محلول-پاشی نانوکود کلات روی، F₃: محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن + محلول‌پاشی نانوکود کلات روی، F₄: محلول‌پاشی با آب)

شاخص برداشت در تراکم 100 بوته در متر مربع با 26/83 درصد به دست آمد. در حالی که ثقه الاسلامی و موسوی (1387) نتیجه گرفتند با افزایش تراکم همیشه بهار، شاخص برداشت کاهش یافت. در این پژوهش شاخص برداشت تحت تأثیر محلول‌پاشی قرار نگرفت. هرچند در برخی از گزارش‌ها، آمده است که محلول-پاشی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت می‌شود به طوری که تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر سیاهدانه بیشترین شاخص برداشت از تیمار محلول-

شاخص برداشت

اثر تراکم بوته بر شاخص برداشت معنی‌دار بود به طوری که بیشترین مقدار شاخص برداشت (13/37 درصد) در تراکم 20 بوته در متر مربع و کمترین مقدار آن (8/53 درصد) در تراکم 10 بوته در واحد سطح مشاهده شد (جدول 3). اثر محلول‌پاشی نانوکودها و نیز اثر متقابل تراکم و محلول‌پاشی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول 2). موسی‌زاده و همکاران (1389) اظهار داشتند بیشترین شاخص برداشت سیاهدانه در تراکم 300 بوته در متر مربع با 33/83 درصد و کمترین

تعداد آکن در بوته

اثر تراکم بوته و محلولپاشی در سطح احتمال یک درصد بر روی تعداد آکن در بوته معنی‌دار بود (جدول 2). بر همکنش تراکم و محلولپاشی نیز بر تعداد آکن در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین تعداد آکن در بوته با تراکم 10 بوته در متر مربع و محلولپاشی تلفیقی نانوکودهای آهن و روی حاصل شد، هر چند تفاوت آماری با سایر سطوح محلولپاشی وجود نداشت. کمترین تعداد آکن در بوته متعلق به تراکم 20 بوته در متر مربع بود که اختلاف معنی‌داری بین محلولپاشی کودها و محلول-پاشی با آب در تراکم مذکور مشاهده نشد. در تراکم 15 بوته در متر مربع نیز تفاوتی بین مصرف کودها و محلولپاشی با آب از لحاظ تعداد آکن در بوته مشهود نبود (شکل 3). در تراکم‌های 10، 15 و 20 بوته در متر مربع و محلولپاشی توأم نانوکودهای آهن و روی به ترتیب 23/57، 11/08 و 6/59 درصد، تعداد آکن در بوته نسبت به تیمار عدم مصرف عناصر ریزمغذی افزایش یافت (شکل 3). در تراکم 10 بوته در متر مربع به دلیل فاصله بیشتر بوته در روی ردیف، گیاه فضای بیشتری جهت توسعه داشته و تعداد شاخه فرعی را افزایش داده که ضمن استفاده بهتر از محلولپاشی همزمان نانوکودهای آهن و روی، تعداد آکن بیشتری در گیاه تولید شده است. موسی‌زاده (1387) و تونسر و کیزیل (2004) کاهش تعداد کپسول در گیاه سیاهدانه، کوچکی و همکاران (1385) کاهش تعداد چتر در بوته رازیانه و کافی و راشد محصل (1371) کاهش تعداد چتر در زیره سبز را با افزایش تراکم گزارش کردند. شعبان‌زاده و گلوی (1390) دریافتند که بیشترین تعداد کپسول در بوته سیاهدانه به تیمار محلولپاشی توأم عناصر ریزمغذی آهن، روی و بر تعلق داشت.

تعداد دانه در آکن

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تراکم بوته تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر

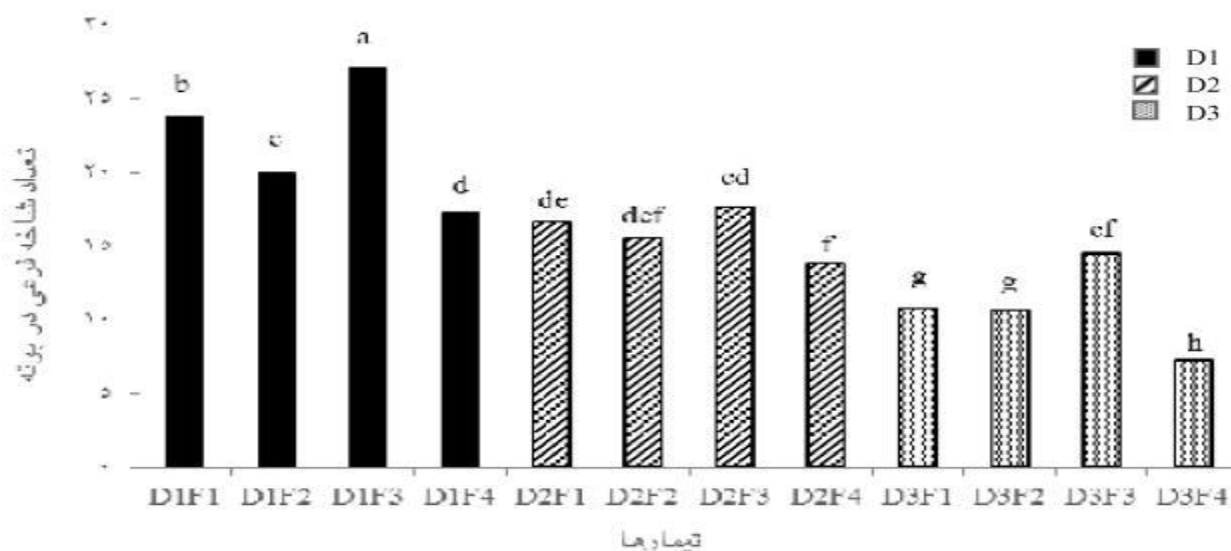
پاشی توأم سه عنصر آهن، روی و بر و کمترین آن از تیمار شاهد به دست آمد (شعبان‌زاده و گلوی 1390).

تعداد شاخه فرعی در بوته

اثر تراکم بوته و محلولپاشی بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمارهای کودی و تراکم بوته بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته (27/16) در تراکم 10 بوته در متر مربع و محلولپاشی توأم نانوکودهای آهن و روی و کمترین تعداد (7/26) در تراکم 20 بوته در متر مربع و محلولپاشی با آب مشاهده شد (شکل 2). در تراکم زیاد، رقابت بین گیاهان برای دسترسی به منابع موجود نظیر رطوبت و مواد غذایی افزایش می‌یابد و این منابع در تراکم‌های بیشتر بین تعداد بوته‌های زیادتری تقسیم می‌شود. همچنین در این شرایط فضای قابل دسترس کمتری برای هر بوته وجود دارد، به همین علت میزان رشد و تعداد انشعابات تولیدی نسبت به تراکم‌های کمتر، کاهش می‌یابد. از طرفی در تراکم‌های کم، انتظار می‌رود رقابت کمتر برای نور، همراه با کاهش تسلط جوانه انتهایی از طریق تجزیه اکسین سبب گستردگی بوته‌ها شده و مواد غذایی عمدتاً صرف رشد شاخه‌های جانبی گردد (نجفی و همکاران 1997). در چنین شرایطی توسعه بوته‌ها سبب می‌شود، استفاده کاراتری از محلولپاشی نانوکودها به ویژه مصرف همزمان نانوکودهای آهن و روی به عمل آید و به توزیع بهتر شاخه‌های فرعی کمک نماید. دادخواه و همکاران (1388) نشان دادند که بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه بابونه با فاصله روی ردیف 30 سانتی‌متر به دست آمد. سیدالاهل و محمود (2010) نیز نشان دادند که محلولپاشی آهن در نعنای شیرین تحت تنش شوری موجب افزایش تعداد شاخه‌ها گردید.

بین سطوح مختلف محلول‌پاشی وجود نداشت ولی کم-ترین تعداد دانه در آکن با محلول‌پاشی با آب حاصل شد (جدول 3). اثر متقابل تراکم بوته و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در آکن معنی‌دار نبود (جدول 2).

تعداد دانه در آکن داشت (جدول 2). بیشترین تعداد دانه در آکن در تراکم 15 بوته در متر مربع و کمترین تعداد در تراکم 10 بوته در متر مربع مشاهده گردید (جدول 3). محلول‌پاشی نانوکودها نیز اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در آکن داشت (جدول 2). هر چند تفاوت معنی‌داری

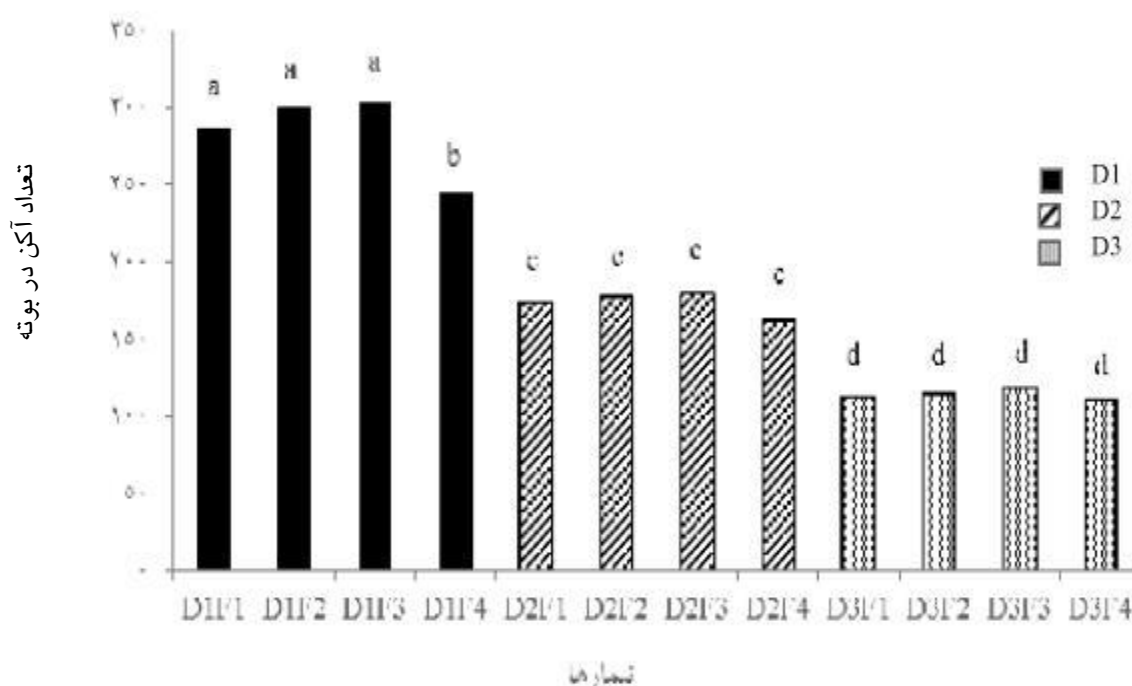


شکل 2- تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر بر همکنش تراکم و محلول‌پاشی

(D₁: 10 بوته در متر مربع، D₂: 15 بوته در متر مربع، D₃: 20 بوته در متر مربع و F₁: محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن، F₂: محلول-پاشی نانوکود کلات روی، F₃: محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن + محلول‌پاشی نانوکود کلات روی، F₄: محلول‌پاشی با آب)

تری در تراکم مذکور تولید گردید. در گیاه اسفرزه نیز با افزایش میزان بذر، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت (خرزاعی و همکاران 1386). کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط کمبود عناصر روی و آهن نشان‌دهنده اثر منفی عدم استفاده از این عناصر برای آمادگی اندام زایشی برای تولید دانه است (زو و همکاران 2003). در تحقیقی بیشترین تعداد دانه در بوته آنیسون با محلول‌پاشی توأم آهن و روی به دست آمد (پیرزاد و همکاران 1392).

به نظر می‌رسد در تراکم 20 بوته در متر مربع به دلیل افزایش تراکم و در نتیجه افزایش رقابت درون گونه‌ای، بوته‌ها بخوبی آکن‌ها را تغذیه نکرده و تعداد بذر در هر آکن کاهش یافت. از طرفی با افزایش فضای بین بوته‌ها و کاهش تعداد بوته‌ها در تراکم 10 بوته در متر مربع، تعداد شاخه فرعی و تعداد آکن افزایش یافت، و بدنبال آن سهم مواد غذایی انتقال یافته به هر آکن و تعداد بذر در هر آکن کاهش پیدا کرد. از این‌رو در تراکم 15 بوته در متر مربع تعادل مناسبی بین رقابت درون گونه‌ای و درون بوته‌ای ایجاد شده و تعداد بذر بیش-



شکل 3- تعداد آکن در بوته تحت تأثیر بر همکنش تراکم و محلول‌پاشی

(D₁: 10 بوته در متر مربع، D₂: 15 بوته در مترمربع، D₃: 20 بوته در متر مربع و F₁: محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن، F₂: محلول-پاشی نانوکود کلات آهن + محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن، F₃: محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن + محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن، F₄: محلول‌پاشی با آب)

در تیمار محلول‌پاشی همزمان نانوکودهای آهن و روی و کمترین وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی با آب به دست آمد هر چند بین مصرف روی و یا آهن و مصرف توأم آهن و روی تفاوتی از لحاظ وزن دانه مشاهده نشد (جدول 3). اثر متقابل تیمارهای تراکم بوته و محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول 2). در گیاه سیاهدانه تیمارهای محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی به طور معنی‌داری وزن هزار دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند به طوری که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار مصرف توأم ریزمغذی ها (آهن، روی و بور) به دست آمد (شعبان‌زاده و گلوی 1390).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی کاسنی تحت تأثیر تراکم‌های مختلف بوته و محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی

وزن هزار دانه

تراکم بوته بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری داشت (جدول 2). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب در تیمارهای 20 و 10 بوته در متر مربع مشاهده شد. با افزایش تراکم از 10 بوته به 15 و 20 بوته در متر مربع، وزن هزار دانه به ترتیب 24/46 و 49/46 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). از آنجا که تعداد دانه در آکن با افزایش تراکم، کاهش یافت، افزایش میزان مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به هر دانه می‌تواند سبب افزایش وزن دانه گردد. ولدآبادی (1387) کاهش وزن دانه آفتابگردان را با افزایش تراکم گزارش کرد. در حالی که گزارش شده تراکم‌های 100، 200 و 300 بوته در متر مربع اثر معنی‌داری بر روی وزن هزار دانه سیاهدانه نداشته است (موسی زاده و همکاران 1389). محلول‌پاشی نیز اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت به طوری که بیشترین وزن هزار دانه

زیست محیطی حاصل از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی را در بر داشته باشد. بنابراین تراکم 15 بوته در متر مربع و محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی با غلظت‌های مذکور در شرایط همدان قابل توصیه است.

قرار گرفت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از تراکم 15 بوته در مترمربع با محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی بدست آمد. حصول عملکرد بالا با رعایت تراکم مناسب و استفاده حداکثری از منابع تولید، به ویژه با مصرف نانوکودها و افزایش کارایی فتوسنتزی می‌تواند کاهش خطرات

منابع مورد استفاده

- اکبری‌نیا، قهاوند، سفیدکن، رضایی م ب و شریفی عاشورآبادی، 1385. بررسی تأثیر کودهای شیمیایی بر عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی گشنیز. مجله پژوهش و سازندگی، 17(4): 32-42.
- الحانی، 1381. بررسی اثر کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ پاییزه. مجموعه چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، صفحه 55.
- پیرزاد ع ر، طوسی پ و درویش‌زاده ر، 1392. اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون. مجله علوم زراعی ایران، 15(1): 12-23.
- پیوندی م، پرند ه و میرزا م، 1390. مقایسه تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ریحان (*Ocimum basilicum*). مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی، 4(1): 89-99.
- ترابیان ش و زاهدی م، 1392. تأثیر تغذیه برگ‌گی سولفات آهن به دو شکل معمول و نانو ذرات بر رشد و ارقام آفتابگردان تحت شوری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، 44(1): 109-118.
- ثقه الاسلامی م و موسوی غ، 1387. اثر تراکم و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و گل همیشه بهار. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، 6(2): 263-269.
- حسین‌پور م، پیرزاد ع، حبیبی ح و فتوکیان م ح، 1390. تأثیر کود بیولوژیک نیتروژن‌دار (ازتوباکنتر) و تراکم بوته بر عملکرد و میزان اسانس آنیسون. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 21(2): 70-86.
- خزاعی ح ر، ثابت تیموری م و نجفی ف، 1386. بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و میزان کشت بذر بر عملکرد و کیفیت گیاه دارویی اسفرزه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، 5(1): 77-83.
- دادخواه ع، کافی م و رسام ق، 1388. تأثیر فصل کاشت و تراکم گیاهی بر صفات رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه (*Marticaria chamomilla*). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، 23(2): 100-107.
- رضایی ر، حسینی س م، شعبانعلی فمی ح و صفال، 1388. شناسایی و تحلیل موانع توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه علمی- پژوهشی سیاست علم و فناوری، 2(1): 17-26.

رضوان بیدختی ش، سنجانی س، دشتبان ع ر و حسام عارفی ا، 1391. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در تراکم‌های مختلف بوته در شرایط کم آبیاری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، 10(2): 382-391.

سرمدنی، غ. ح. و کوچکی، ع. 1368. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، 302 ص.

شرفی، سوران، مهدی تاجبخش، عزیز مجیدی، علی اصغر پورمیرزا و محمد جعفر ملکوتی 1379. بررسی اثرات آهن و روی در عملکرد، پروتئین و توازن تغذیه ای در دو رقم ذرت دانه ای. مجله آب و خاک. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی 12 (11): 85-94.

شجاعی ح و مکاریان ح، 1393. تأثیر محلول‌پاشی اکسید روی نانو و غیر نانو بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata*) در شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، 12(4): 727-737.

شعبان‌زاده ش و گلوی م، 1390. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و دور آبیاری بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد سیاهدانه. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، 4(1): 9-1.

طاهری اصغری م، 1389. تأثیر تنش کم آبی بر تعدادی از صفات در گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus* L.). تحت تراکم‌های مختلف گیاهی. فصلنامه علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، 2(3): 147-155.

علی‌نژاد د و گلی ه، 1384. نانو کامپوزیت‌ها و کاربردهای آن‌ها. نشر زبان مصور.

عماد م، غیبی ف، رسولی س م، خانجانه‌زاده ر و محمدی جوزانی س، 2002. کاسنی، انتشارات پونه.

کافی م و راشد محصل م ح، 1371. بررسی اثر دفعات کنترل علف‌های هرز و تراکم بوته و فاصله ردیف بر رشد و عملکرد زیره سبز. مجله علوم و صنایع کشاورزی، 6(2): 151-158.

کافی م، لاهوتی م، زند ا، شریفی ح ر و گلدانی م، 1387. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد (ترجمه).

کوچکی ع، نصیری محلاتی م و عزیزی م، 1385. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده بومی رازیانه. پژوهش‌های زراعی ایران، 4(1): 131-140.

ملکوتی م ج و طهرانی م، 1379. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. عناصر خرد با تأثیر کلان، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

ملکوتی م ج، کشاورز پ و کریمیان ن، 1387. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس.

موسی‌زاده م، 1387. بررسی اثر تراکم بوته و زمان محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد بیرجند.

موسی‌زاده م، برادران ر و ثقه الاسلامی م ج، 1389. مطالعه اثر تراکم گیاهی و زمان محلول‌پاشی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، 8(1): 42-48.

نادری م ر، دانش شهرکی ع و نادری ر، 1391. نقش فناوری نانو در بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی و کودهای شیمیایی. ماهنامه فناوری نانو، 11(12): 16-23.

ولدآبادی س ع ر، مرادی اقدم ا، دانشیان ج، زاکرین ح ر، غفاری م و رشدی م، 1387. تأثیر تراکم گیاهی بر فنولوژی و خصوصیت‌های زراعی آفتابگردان آجیلی در شرایط آبیاری محدود. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم، 13(4): 90-106.

یزدانی د، شهنازی س و سیفی ح، 1383. کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی. چاپ کامران.

Asad A, and Rafique R, 2000. Effect of zinc, copper, iron, manganese and boron on the yield and yield components of wheat in Tehsil Peshawar. *Pakistan Journal of Biological Science*, 3(10): 1615-1620.

Attia KK, 2004. Response of two peanut varieties to phosphorus fertilization and foliar application of certain micronutrients under sandy calcareous soil conditions. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 35: 253-267.

Bais HP and Ravishankar GA, 2001. *Cichorium intybus* L–cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(5): 467-484.

Hemant Ranjan A, 1996. Physiology and biochemical Significance of Zinc in plants. *Advancement in Micronutrient Research*, 151-178.

Leilah AA, Badawi MA, EL-Moursy SA, Attia AN, 1988. Response of soybean plants to foliar application of zinc and different levels of nitrogen. *Journal of Agriculture of Science (Mansoura Univ. Egypt)*, 13: 556-563.

Liu X, Feng Z, Zhang S, Zhang J, Xiao Q and Wang Y, 2006. Preparation and testing of cementing nano-sub nanocomposites of slower controlled release of fertilizers. *Science Agriculture Sin*, 39: 1598-1604.

Mazaherinia M, Astarai A R, Fotovat A, and Monshi A. 2010. Effect of nano iron oxide particles on Fe, Mn, Zn, Cu concentrations in weath plant. *World Applied Science Journal*, 7(1): 156-162.

Najefi H, Khodabandeh N, Poustini, K and Pourdevai H, 1997. Effect of pattern planting and planting date on agronomic characters of soybean. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 28: 65-81. (In Persian).

- Nasiri Y and Najafi R, 2015. Effects of soil and foliar applications of iron and zinc on flowering and essential oil of chamomile at greenhouse conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*, 105(1): 33-41.
- Nasiri Y, Zehtab-Salmasi S, Nasrollahzadeh S, Najafi N and Ghasemi-Golezani K. 2010. Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(17): 1733-1737.
- Said-Al Ahl HAH and Omer EA, 2009. Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. *Journal of Medicinal Food Plants*, 1: 30-46.
- Said-Al Ahl HAH, Mahmoud AA, 2010. Effect of zinc and or iron foliar application and growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Ozean Journal of Applied Science*, 3(1): 97-111.
- Toncer O and Kizil S, 2004. effect of seed rate on agronomic and technologic charecters of *Nigella Sativa* L. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(3): 529-532.
- Van Arkel J, Vergauwen R, Sevenier R, Hakkert JC, Van Laere A, Bouwmeester HJ, Koops AJ and van der Meer IM, 2012. Silk filling, inulin metabolizing enzymes and carbohydrate status in field grown chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Plant Physiology*, 169: 1520-1529.
- Xue H, Nhat PH, Gachter R and Hooda PS, 2003. The transport of Cu and Zn from agriculture soils to surface water in a small catchment. *Adv. Environment Research*, 8: 69-76.
- Zehtab-Salmasi S, Heidari F and Alyari H, 2008. Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperment* L.). *Plant Science Research*, 1: 24-28.