تاثیر نانوذره دی‌اکسید منیزیم بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بومادران *Achillea millefolium* L.

سید ابراهیم اجاق و پیام معاونی*

ایران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، گروه زراعت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۴

چکیده

امروزه فناوری نانو نقش بسیار مهمی در زمینه‌های مختلف علمی کاربردی دارد. نانوذره میزیم همانند سایر نانوذرات سنتز شده زیستی دارای خواص متعددی می‌باشد که می‌تواند تغییرات مثبت یا منفی در ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ایجاد کند. در این پژوهش به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اکسید منیزیم و مراحل مختلف محلول پاشی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، گیاه دارویی بومادران تحت تاثیر خشکی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در دو سال در مزرعه‌ای در شهرستان ملارد، شهر صفادشت اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی، شامل تنش آبیاری در دو سطح آبیاری هر ۷ روز (شاهد) و آبیاری هر ۱۴ روز، در کرت‌های اصلی و چهار مرحله محلول‌پاشی (پنجه زنی، ساقه روی، قبل از گلدهی و بعد از گلدهی) و کاربرد دوزهای مختلف نانودی-اکسید منیزیوم (عدم محلول پاشی، ۱ درصد، ۳ درصد و ۵ درصد) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بود. در طول فصل رشد، سطح برگ هر ماه روز یکبار، با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج جهت محاسبه شاخص‌های رشد CGR و NAR اندازه‌گیری شد نمونه‌برداری‌ها به منظور اندازه‌گیری صفات آن از جمله، میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC) ، برای هر کدام از تیمارها، ۷۲ ساعت بعد از سومین مرحله محلول‌پاشی انجام شد. به‌طور کلی از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود کـه بـا افـزایش غلظت نانو ذره دی اکسید منیزیم ، اثرهای نامطلوب تنش خشکی کاهش می‌یابد. البته به نظر می‌رسد که تمایل نانوذرات برای متراکم شدن در غلظت‌های بالاتر ،موجب سرکوب آثار واقعی آن‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بومادران، تنش خشکی، نانوذرات دی‌اکسید منیزیم

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۴۶۸۹۶۱۲۱، پست الکترونیکی:Payam.moaveni@yahoo.com, payam.moaveni@qodsiau.ac.ir

مقدمه

گیاه بومادران با نام علمی *Achillea millefolium* L. گیاهی علفی و چندساله از خانواده کاسنی می باشد (Asteraceae) که در زمین‌های مرطوب مرکز و جنوب اروپا، شرق آسیا و شمال آفریقا، اجتماعات انبوهی را تشکیل می‌دهند. این گیاه علف هرز مزارع بوده و به صورت خودرو در مناطقی از شمال ایران و ارتفاعات البرز و زاگرس می‌روید (۵). بومادران گونه مهمی از گیاهان گلدار است که دارای خواص دارویی بسیار ارزشمند از جمله درمان کننده مشکلات گوارشی و پوستی، التیام دهنده زخم و جراحات، ضد تب وغیره می‌باشد. از اسانس بومادران در صنایع بهداشتی، آرایشی و دارویی، برای تهیه کرم‌ها و پمادهایی برای لطافت پوست و مداوای تورم‌های پوستی استفاده می‌شود (۲، ۶).

امروزه نانوتکنولوژی نقش بسیار مهمی در زمینه‌های مختلف علمی کاربردی دارد. در بین آخرین نوآوری‌های تکنولوژیک، نانوتکنولوژی یک جایگاه اصلی را در تغییر

کشاورزی و تولیدات غذایی به خود اختصاص داده است. تجارب و آزمایشات انجام گرفته در زمینه نانوتکنولوژی، توسعه گیاهان تغییر یافته‌ی ژنتیکی، مواد شیمیایی محافظت کننده گیاهان، تبدیل پسماندهای غذایی و کشاورزی به انرژی و تکنیک کشاورزی دقیق را موجب می‌گردد (۴، ۱۸، ۲۲). نانوذره منیزیم همانند سایر نانوذرات سنتز شده زیستی دارای خواص متعددی می باشد که می‌تواند تغییرات مثبت یا منفی در ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ایجاد کند و منجر به افزایش یا کاهش خواص دارویی آن‌ها شود.

کمبود آب در ایران همواره به عنوان یک عامل محدود کننده کشت و پرورش گیاهان زراعی و دارویی مطرح بوده است. به گونه‌ای که در مراحل مختلف رشد، به خصوص مراحل گلدهی و دانه‌بندی موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود. اثرات کمبود رطوبت بر عملکرد و تغییرات مواد موثره گیاهان دارویی دارای ویژگی‌های خاصی است که باید به طور کامل مورد ارزیابی قرار گیرد. گیاهان دارویی از نظر عملکرد و مواد موثر تولیدی واکنش‌های متفاوتی در پاسخ به تنش خشکی نشان می‌دهند. کمبود رطوبت گیاه را وادار به واکنش‌های مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند کاهش سطح برگ و اندام هوایی، خاری شدن، خزان زودرس، افزایش رشد ریشه، کاهش سرعت رشد، و غیره می‌کند (۳) در مورد گیاهان دارویی در شرایط محدودیت رطوبت مطالعات کمی صورت گرفته است. امروزه تاثیر نانوذرات بر گیاهان در تحقیق‌های مختلف گسترش یافته و در تنش‌ها نیز نقش موثری دارند. نانوذرات می‌توانند از طریق افزایش جوانه‌زنی، رشد، افزایش توانایی جذب آب و کود توسط ریشه و ... باعث افزایش مقاومت گیاه در مقابل انواع تنش‌ها و استرس‌ها شوند (۹، ۱۵).

با توجه به اهمیت اقتصادی و تقاضای روزافزون گیاه بومادران و کاربرد فراوان آن و این نکته که تاکنون هیچ مطالعه و بررسی در زمینه تاثیر ترکیبات نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بر تغییرات مورفوفیزیولوژیکی بومادران به خصوص در شرایط محدودیت آبیاری انجام نشده است، بنابراین پژوهش حاضر با هدف، تعیین اثر نانو ذره دی‌اکسید منیزیم و مرحله محلول‌پاشی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، گیاه دارویی بومادران تحت تاثیر خشکی انجام شد.

مواد و روشها

این تحقیق به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال‌های ۱۳۹۴ و۱۳۹۵ در مزرعه‌ای در شهرستان ملارد، شهر صفادشت اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی، شامل محدودیت آبیاری شامل دو سطح آبیاری هر ۷ روز یک بار (شاهد) و آبیاری هر ۱۴ روز یک بار به‌عنوان کرت‌های اصلی و چهار مرحله محلول‌پاشی (پنجه زنی، ساقه روی، قبل از گلدهی و بعد از گلدهی) و کاربرد غلظت‌های مختلف نانودی‌اکسید منیزیوم (عدم محلول پاشی، ۱، ۳ و ۵ درصد) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بود. در ابتدا خاک مزرعه به منظور تعیین بافت آن، به آزمایشگاه خاک‌شناسی انتقال یافت. قبل از کاشت، اقدام به آماده‌سازی زمین از طریق شخم عمیق و دیسک نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۳/۵ در ۵ متر در زمین ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر، ۱ متر و فاصله بلوک‌ها از همدیگر، ۲ متر بود. کوددهی و تغذیه گیاه بر اساس آزمون خاک و توصیه‌های کودی صورت گرفت. بذور بومادران با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر کاشته شد و پس از کاشت، اقدام به آبیاری شد. بعد از استقرار گیاهان، آبیاری کرت‌ها بر اساس دورهای آبیاری موردنظر، انجام شد. عملیات داشت شامل مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها طبق عرف منطقه انجام شد. در طول فصل رشد، سطح برگ و میزان وزن خشک هر ماه یکبار با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج جهت محاسبه شاخص-های رشد CGR و NAR اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری‌ها

به منظور اندازه‌گیری صفاتی از جمله، میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC) (۲۰)، برای هر کدام از تیمارها، ۷۲ ساعت بعد از محلول‌پاشی انجام شد. در زمان گلدهی گیاهان، ارتفاع گیاه و در نهایت وزن خشک گل و دمگل اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل، با استفاده از نرم‌افزار SAS، تجزیه و برای رسم نمودارها و جدول‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی و سال تاثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب (RWC) پنج مرحله‌ی مختلف رشدی، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک دمگل، طول دمگل و ارتفاع گیاه دارند (جداول ۱ و ۲). اما غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بجز ارتفاع گیاه بر سایر صفات مذکور تاثیر معنی‌داری نداشت. هم‌چنین زمان محلول پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بجز RWC مرحله‌ی اول رشد و وزن خشک گل برسایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت. صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد علاوه بر اثرات اصلی، تحت تاثیر اثرات دو گانه و چندگانه نیز قرارگرفتند. به‌طوری که اثرمتقابل آبیاری × سال بجز RWC مرحله‌ی پنجم رشد برسایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت. اثرمتقابل آبیاری × زمان بجز RWC مرحله‌ی اول رشد برRWC بقیه‌ی مراحل رشد، وزن تر گل وطول دمگل تاثیر معنی‌داری داشت. اثرمتقابل آبیاری × زمان× سال بجز RWC مرحله‌ی اول رشد برسایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت. اثرمتقابل آبیاری ×غلظت بر RWC مرحله‌ی دوم رشد، وزن تر و خشک گل، وزن خشک دمگل و طول دمگل تاثیر معنی‌داری داشت. اثرمتقابل غلظت ×زمان بر RWC مرحله‌ی اول و پنجم رشد، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک دمگل تاثیر معنی‌داری داشت. اثرمتقابل غلظت ×زمان×سال بر RWC مرحله‌ی پنجم رشد، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک دمگل و ارتفاع گیاه تاثیر معنی‌داری داشت. اثرمتقابل غلظت ×زمان×آبیاری بر RWC مرحله‌ی سوم رشد، وزن تردمگل و طول دمگل تاثیر معنی‌داری داشت. اثرمتقابل غلظت ×سال×آبیاری بجز طول دمگل برسایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت. اثرمتقابل غلظت ×سال×آبیاری×زمان بجز ارتفاع گیاه برسایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت.

محتوای نسبی آب (RWC): در هر دوسال با اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف محلول‌پاشی نانوذره دی‌اکسید منیزیم، RWC مرحله‌ی اول رشد روند کاهشی معنی‌داری نشان داد اما در شرایط آبیاری نرمال در مراحل مختلف محلول‌پاشی میزان RWC مرحله‌ی اول رشد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱).

در شرایط آبیاری نرمال در غلظت‌های مختلف نانو ذره دی‌اکسید منیزیم میزان RWC مرحله‌ی دوم رشد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. اما در شرایط تنش خشکی در غلظت‌های مختلف نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مقایسه با غلظت صفر درصد، RWC مرحله‌ی دوم رشد افزایش معنی‌داری نشان داد (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس محتوای نسبی آب پنج مرحله مختلف رشدی در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات means of squares				
		RWC 1	RWC 2	RWC 3	RWC 4	RWC 5
سال	1	1166.8**	2839.1*	1269.1**	6695.0**	16196.0**
خطای سال	4	53.2	139.4	44.8	126.1	230.5
آبیاری	1	254.8*	560.0*	531.4*	851.6*	977.0*

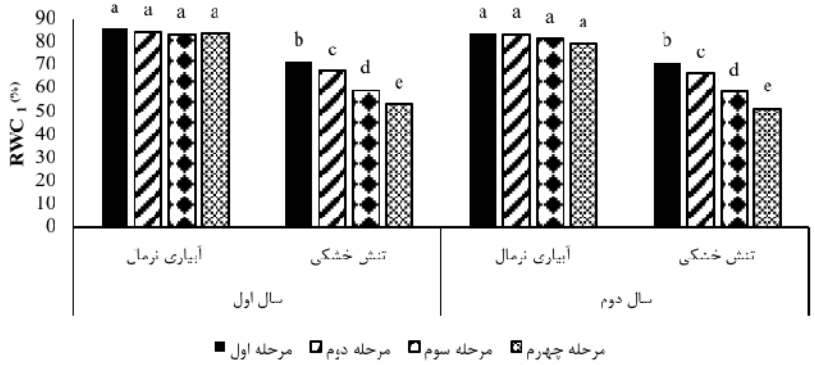
آبیاری × سال	1	67.0 ns	191.8 ns	267.8 ns	185.1 ns	1461.8*
خطای کرت اصلی	4	37.5	67.7	78.4	125.0	193.2
زمان محلول‌پاشی	3	68.9*	44.2 ns	20.0 ns	56.9 ns	604.9 ns
زمان × سال	3	16.1 ns	40.8 ns	26.9 ns	10.9 ns	615.9 ns
زمان × آبیاری	3	31.7 ns	68.9*	88.4*	182.9**	913.0*
زمان × آبیاری × سال	3	79.6*	39.3 ns	44.3 ns	37.7 ns	468.4 ns
غلظت محلول‌پاشی	3	3.5 ns	30.5 ns	21.1 ns	22.5 ns	587.2 ns
غلظت × سال	3	2.3 ns	23.2 ns	15.4 ns	35.4 ns	612.0 ns
غلظت × آبیاری	3	24.6 ns	70.8*	24.6 ns	21.8 ns	672.1 ns
غلظت × زمان	9	55.8 *	16.3 ns	41.0 ns	35.0 ns	1014.5**
غلظت × آبیاری × سال	3	54.9 ns	27.7 ns	53.5 ns	25.0 ns	811.7 ns
غلظت × زمان × سال	9	15.1 ns	17.9 ns	52.5 ns	43.0 ns	876.9*
غلظت × زمان × آبیاری	9	21.3 ns	23.1 ns	62.6*	49.7 ns	730.9 ns
غلظت × زمان × آبیاری × سال	9	14.4 ns	24.2 ns	48.6 ns	38.6 ns	713.8 ns
خطای کل	120	25.5	25.8	31.2	43.3	352.8

ns ,* ,** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

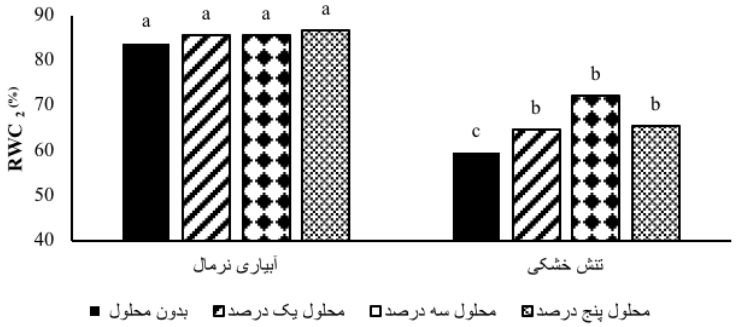
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک گل	وزن تر گل	وزن خشک دمگل	وزن تر دمگل	ارتفاع
سال	1	24938.0**	70761633.3**	223439.6**	436535.2**	688.19**
خطای سال	4	2727.7	2371557.3	3861.1	7056.1	29.22
آبیاری	1	51570.0*	2067115.0*	9058.9*	48211.9*	860.3*
آبیاری × سال	1	2759.2 ns	475117.2 ns	4522.7 ns	6593.1 ns	94.95 ns
خطای کرت اصلی	4	7267.5	154502.8	1066.7	6266.7	108. 2
زمان محلول‌پاشی	3	9406.0*	159076.8 ns	238.3 ns	356.8 ns	2.10 ns
زمان × سال	3	1325.0 ns	131688.9 ns	426.9 ns	991.1 ns	1.49 ns
زمان × آبیاری	3	1752.3 ns	113956.9*	279.7 ns	831.4 ns	2.33 ns
زمان × آبیاری × سال	3	871.5 ns	43998.1 ns	254.1 ns	982.8 ns	3.19 ns
غلظت محلول‌پاشی	3	1969.7 ns	158078.1 ns	169.2 ns	521.5 ns	7.82*
غلظت × سال	3	1915.0 ns	194271.8 ns	559.5 ns	1563.1 ns	0.19 ns
غلظت × آبیاری	3	8144.4*	1299826.0*	1863.3*	2620.3 ns	4.07 ns
غلظت × زمان	9	7421.6*	838479.8*	1105.5*	2920.5*	6.72 ns
غلظت × آبیاری × سال	3	1811.1 ns	319172.3 ns	273.9 ns	550.4 ns	2.53 ns
غلظت × زمان × سال	9	9386.9**	1155122.2**	1008.0*	2615.2*	7.20*
غلظت × زمان × آبیاری	9	3088.9 ns	694460.2 ns	711.6 ns	2752.0*	2.40 ns
غلظت × زمان × آبیاری × سال	9	3822.2 ns	664962.0 ns	519.5 ns	907.1 ns	7.97*
خطای کل	120	3676.3	401211.1	625.7	1358.8	3.57

ns ,* ,** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد



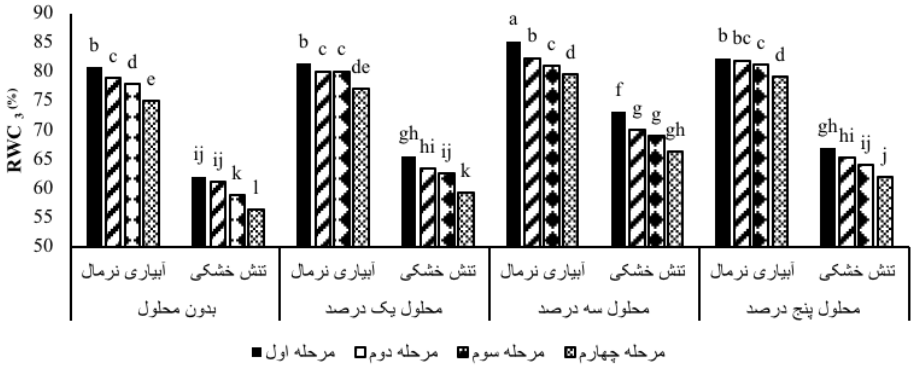
شکل۱- محتوای نسبی آب مرحله‌ی اول رشد (RWC_1) در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.
* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.



شکل۲- محتوای نسبی آب مرحله‌ی دوم (RWC_2) در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم
* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

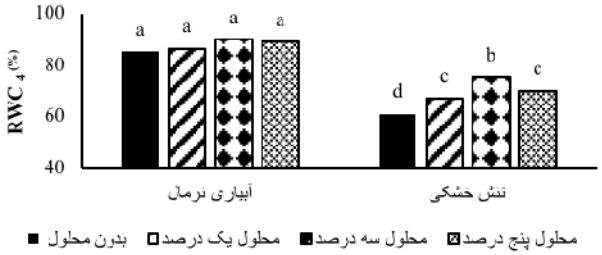
در شرایط آبیاری نرمال و غلظت صفر درصد نانو ذره دی-اکسید منیزیم در مراحل مختلف محلول‌پاشی، RWC مرحله‌ی سوم رشد روند کاهشی معنی‌داری نشان داد (شکل ۳). در شرایط تنش خشکی و غلظت صفر درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل اول و دوم محلول-پاشی میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. اما از مرحله‌ی دوم محلول‌پاشی به بعد RWC مرحله‌ی سوم رشد روند کاهشی معنی‌داری نشان داد. در شرایط آبیاری نرمال و غلظت یک درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل اول و دوم محلول پاشی ، مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی، میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. اما بین مراحل دوم و سوم محلول‌پاشی تفاوت معنی داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد مشاهده نشد. در شرایط تنش خشکی و غلظت یک درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بین مراحل اول و دوم محلول پاشی ، مراحل دوم و سوم محلول‌پاشی تفاوت معنی داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد مشاهده نشد. اما در مرحله‌ی سوم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی چهارم، میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. در شرایط آبیاری نرمال و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل مختلف محلول‌پاشی میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد کاهش معنی-داری نشان داد. در شرایط تنش خشکی و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل مختلف محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول، میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. در شرایط آبیاری نرمال و غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بین مراحل اول و دوم محلول‌پاشی، مراحل دوم و سوم محلول‌پاشی تفاوت

معنی داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد مشاهده نشد. اما در مرحله‌ی سوم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی چهارم، میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. در شرایط تنش خشکی و غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بین مراحل اول و دوم محلول‌پاشی، مراحل دوم و سوم، مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد مشاهده نشد. ولی در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول، میزان RWC مرحله‌ی سوم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳- محتوای نسبی آب مرحله‌ی سوم (RWC_3) در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.
* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

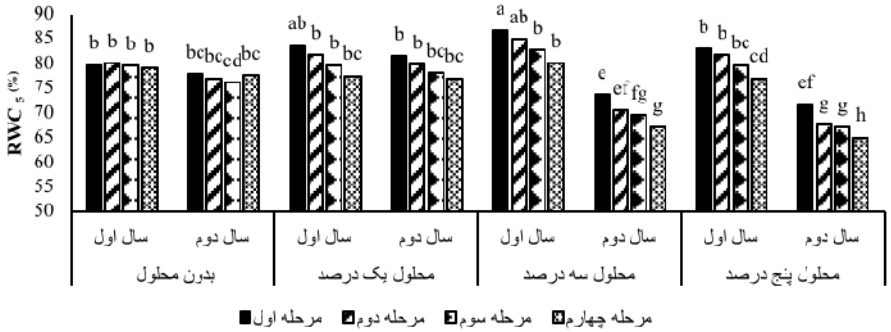
در شرایط آبیاری نرمال و غلظت‌های مختلف نانو ذره دی-اکسید منیزیم میزان RWC مرحله‌ی چهارم رشد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۴). اما در شرایط تنش خشکی و غلظت‌های مختلف نانو ذره دی‌اکسید منیزیم میزان RWC مرحله‌ی چهارم رشد تفاوت معنی‌داری نشان داد. به-طوری‌که در غلظت‌های یک و سه درصد نانو ذره دی-اکسید منیزیم میزان RWC مرحله‌ی چهارم رشد افزایش معنی‌دار یافته اما در غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم میزان RWC مرحله‌ی چهارم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۴).



شکل ۴- محتوای نسبی آب مرحله‌ی چهارم (RWC_4) در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.
* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

در هر دوسال در غلظت‌های صفر و یک درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم و در مراحل مختلف محلول‌پاشی، میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵). درهر دو سال در غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بین مراحل اول و دوم محلول‌پاشی، مراحل دوم و سوم، مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد مشاهده نشد. ولی در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول، میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. در سال اول در غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بین مراحل اول و دوم و سوم محلول‌پاشی، مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی

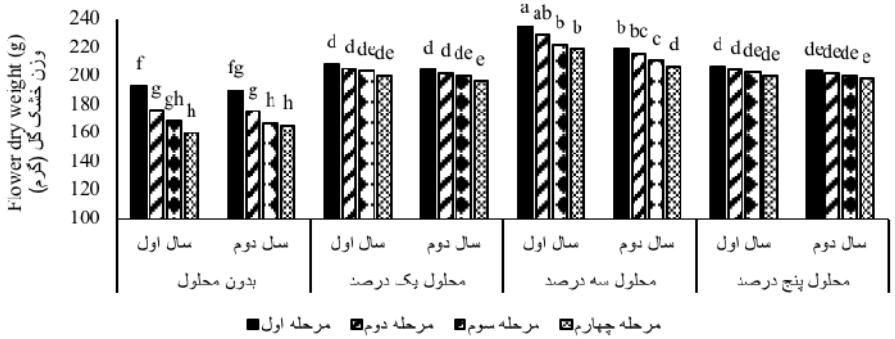
تفاوت معنی‌داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد مشاهده نشد. اما در مرحله‌ی چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول، میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. درسال دوم در غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل دوم و سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول، میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد کاهش معنی‌داری نشان داد. اما بین مراحل دوم و سوم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان RWC مرحله‌ی پنجم رشد مشاهده نشد (شکل ۵).



شکل ۵- محتوای نسبی آب مرحله‌ی پنجم (RWC_5)در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.
* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌ی واریانس نشان داد که محتوای نسبی آب تحت تأثیر تنش خشکی قرارمی‌گیرد، با کاهش پتانسیل آب، این صفت کاهش می‌یابد بسیاری از محققان کاهش محتوای نسبی آب و کاهش عملکرد را در شرایط تنش خشکی بیان کرده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۸). اما استفاده از تیمار محلول‌پاشی با نانو ذره دی-اکسید منیزیم مانند سایر نانوذرات می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را تا حدقابل قبولی کاهش دهد (۱۳، ۱۶، ۲۴). البته به نظر می‌رسد که تمایل نانوذرات برای متراکم شدن در غلظت‌های بالاتر، موجب سرکوب آثار واقعی آن-ها شده باشد.

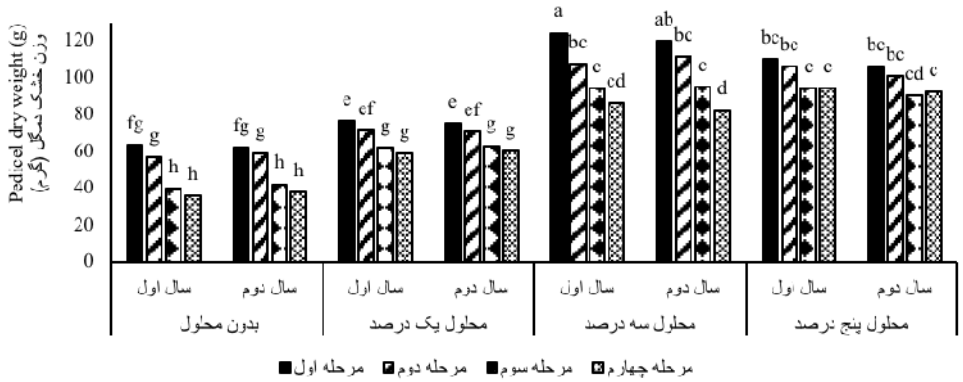
وزن خشک گل و دمگل، ارتفاع: درسال اول در غلظت صفر درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل دوم، سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول میزان وزن خشک گل کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۶). اما بین مراحل دوم و سوم محلول‌پاشی، مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان وزن خشک گل مشاهده نشد. درسال دوم در غلظت صفر درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول میزان وزن خشک گل کاهش معنی-داری نشان داد. اما بین مراحل اول و دوم محلول‌پاشی، مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان وزن خشک گل مشاهده نشد. درسال اول در غلظت یک درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل مختلف محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان وزن خشک گل مشاهده نشد. در سال دوم در غلظت یک درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم درمرحله‌ی چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول و دوم میزان وزن خشک گل کاهش معنی-داری نشان داد. درسال اول در غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل دوم، سوم و چهارم محلول-پاشی نسبت به مرحله‌ی اول میزان وزن خشک گل کاهش معنی‌داری نشان داد. در سال دوم در همین غلظت در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول میزان وزن خشک گل کاهش معنی‌داری نشان داد. در هر دو سال در غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل مختلف محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان وزن خشک گل مشاهده نشد (شکل ۶).



شکل ۶- وزن خشک گل در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.

* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

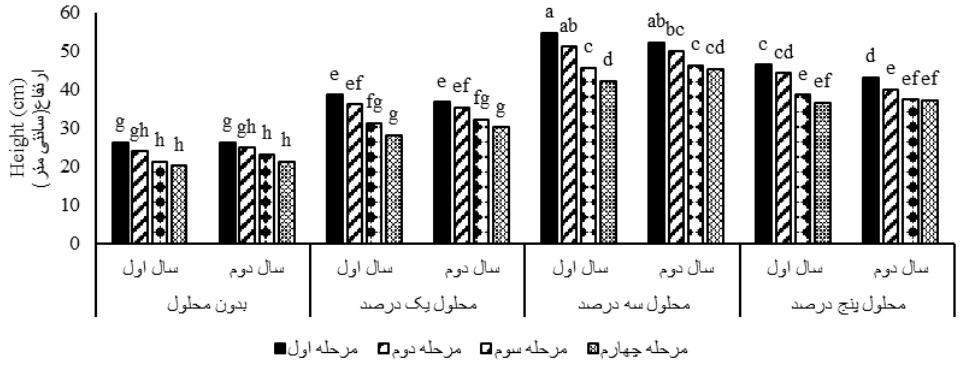
در هر دو سال در غلظت صفردرصد و یک درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مراحل اول و دوم میزان وزن خشک دمگل کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۷). در سال اول در غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل دوم، سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول میزان وزن خشک دمگل کاهش معنی‌داری نشان داد. در سال دوم در همین غلظت در مرحله‌ی سوم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول و در مرحله‌ی چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول و سوم میزان وزن خشک دمگل کاهش معنی‌داری نشان داد. در هر دو سال در غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل مختلف محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان وزن خشک دمگل مشاهده نشد (شکل ۷).



شکل ۷- وزن خشک دمگل در گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.

* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

در هر دو سال در غلظت صفر و یک درصد نانو ذره دی-اکسید منیزیم در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مراحل اول و دوم ارتفاع گیاه کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل۸). در سال اول در غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مرحله‌ی سوم محلول‌پاشی نسبت به مراحل اول و دوم ، در مرحله‌ی چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول، دوم و سوم ارتفاع کاهش معنی‌داری نشان داد. در سال دوم در همین غلظت در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول ارتفاع کاهش معنی-داری نشان داد. در سال اول در غلظت پنج درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مراحل اول و دوم، ارتفاع کاهش معنی‌داری نشان داد. در سال دوم در همین غلظت در مراحل سوم و چهارم محلول‌پاشی نسبت به مرحله‌ی اول ارتفاع کاهش معنی-داری نشان داد (شکل۸).



شکل ۸- ارتفاع گیاه بومادران در پاسخ به تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم.

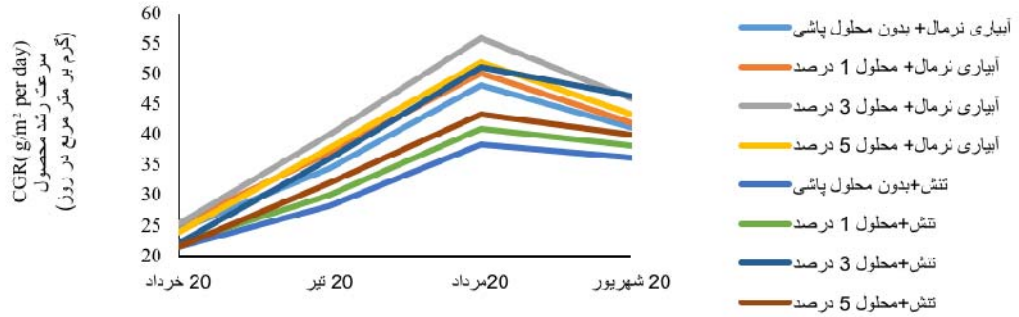
* : در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها می‌باشد.

نتایج نشان داد که کاربرد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم سبب افزایش ارتفاع، وزن خشک گل و دمگل می‌گردد که ممکن است به‌دلیل نقش منیزیم در ساختمان کلروفیل، افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و یا افزایش جذب گوگرد توسط گیاه باشد (۱۴). افزایش کلروفیل باعث افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش وزن خشک می‌شود (۱۱). نانو ذرات از جمله مواد شیمیایی بازدارنده عمل اتیلن هستند و در نتیجه از عمل اتیلن وبه عبارتی پیری گیاه جلوگیری می‌کنند. هم‌چنین این نانوذرات در گیاهان از طریق افزایش فعالیت نیترات ردااکتاز و گلو تامات دهیدروژناز بر متابولیسم نیتروژن اثر گذاشته و باعث افزایش و میزان فتوسنتز می‌شود (۲۴). با افزایش غلظت نانو ذره دی‌اکسید منیزیم میزان وزن خشک گل و دمگل و ارتفاع کاهش می‌یابد که شاید به‌دلیل تمایل نانوذرات برای متراکم شدن در غلظت‌های بالاتر و سرکوب شدن آثار واقعی آن‌ها باشد. این نتایج با گزارشات محققین مختلف دیگرنیز مطابقت دارد (۱، ۱۹).

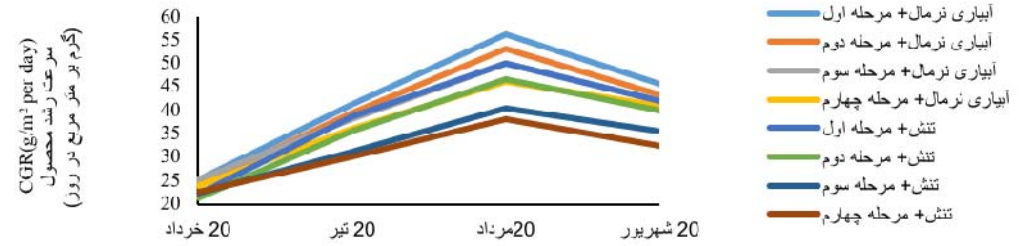
سرعت رشد محصول (CGR): پارامتر سرعت رشد (CGR) یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان زراعی همبستگی بالایی نشان می‌دهد و عبارتست از افزایش وزن ماده خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح و در واحد زمان، و معمولا بر حسب گرم بر متر مربع بیان می‌شود. شکل‌های ۹ و ۱۰ نمودار سرعت رشد محصول (CGR) بومادران با اعمال تیمارهای مختلف را نشان می‌دهند. حداکثر CGR به‌دست آمده برای همه‌ی تیمارها در ۲۰ مرداد حاصل شد. در حالت کلی بیشترین CGRمربوط به تیمارهای آبیاری نرمال و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم (شکل ۹)، آبیاری نرمال و مرحله‌ی اول محلول‌پاشی(شکل ۱۰) می‌باشد. و به دلیل اینکه سرعت رشد روزانه رابطه مستقیمی با سطح برگ و سرعت جذب خالص و در نهایت عملکرد دارد عملکرد بالای این دو تیمار قابل انتظار است. سرعت نزول CGR در بین تیمارها از لحاظ زمانی نیز متفاوت بود که در این بین CGR تیمارهای آبیاری نرمال و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم (شکل ۹)، آبیاری نرمال و مرحله‌ی اول محلول‌پاشی (شکل ۹) سرعت نزول سریعتری نسبت به بقیه‌ی تیمارها داشتند. سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه رشد بدلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود کم است. با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در سرعت رشد گیاه بوجود می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه می یابد و نور کمتری از لابلای پوشش گیاهی به سطح خاک می‌رسد. حداکثر سرعت رشد گیاه و تندترین شیب در منحنی تغییرات وزن خشک کل هنگامی حاصل می‌شود که گیاهان به اندازه کافی بلند و متراکم شده باشند تا بتوانند

از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره‌گیری را بنمایند (۱۷، ۲۳).

سرعت جذب خالص (NAR): سرعت جذب خالص (NAR)نشان دهنده‌ی مقدار ماده خشک خالص ساخته شده در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد. شکل‌های ۱۱ و ۱۲ روند تغییرات NAR در تیمارهای مختلف بومادران را نشان می‌دهند. NAR در همه‌ی تیمارها از روند مشابهی پیروی کرده و روند کاهشی داشت، ولی سرعت این کاهش در تیمارهای مختلف متفاوت بود.



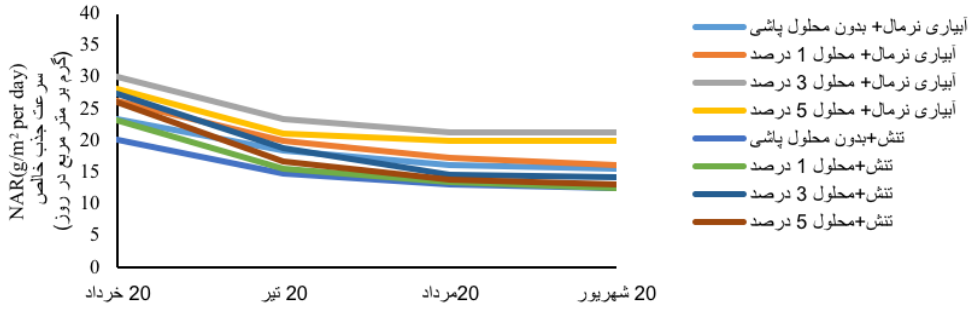
شکل۹- تأثیر تنش خشکی و غلظت‌های مختلف نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بر روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در گیاه بومادران.



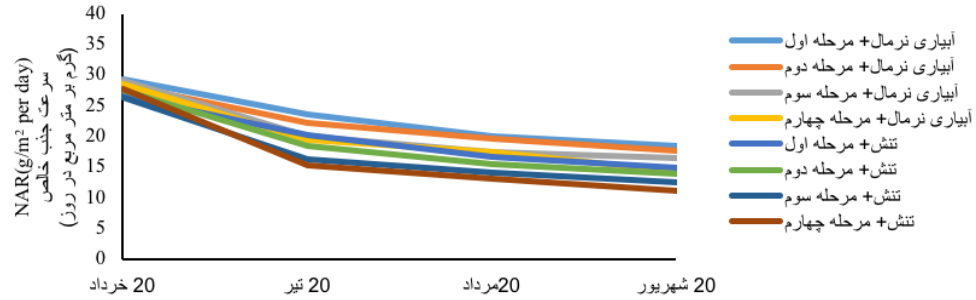
شکل۱۰. تأثیر تنش خشکی و مراحل مختلف محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بر روند تغییرات سرعت رشد محصول(CGR) در گیاه بومادران.

به عنوان مثال در ۲۰ خرداد NAR در تیمارهای آبیاری نرمال و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم (شکل ۱۱)، آبیاری نرمال و مرحله‌ی اول محلول‌پاشی (شکل ۱۲) از همه بیشتر بود. که شاید بدلیل شاخص سطح برگ پایین آن در طول این دوره نسبت به سایر تیمارها بوده به طوری که نور خورشید توانسته به تمام سطوح کانوپی نفوذ کرده و حداکثر فتوسنتز در تمام لایه‌های کانوپی انجام شود، اما در تاریخ ۲۰ تیردر تیمارهای تنش و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم (شکل ۱۱) ، تنش و مرحله‌ی چهارم محلول‌پاشی (شکل ۱۲) نسبت به سایر تیمارها این شاخص بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت، به‌گونه‌ای که در بازه‌ی زمانی ۲۰ تیر تا ۲۰ شهریور این دو تیمار کمترین NAR را دارا بودند. که شاید دلیل این امر پیری زودرس برگ‌ها و سایه اندازی زیاد برگ‌های بالایی بر روی برگ‌های پایینی باشد. بیشترین NAR در ۲۰ شهریور مربوط به تیمارهای آبیاری نرمال و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم(شکل ۱۱)، آبیاری نرمال و مرحله‌ی اول محلول‌پاشی (شکل ۱۲) بود که روند کاهش NAR آن‌ها در مقایسه با سایر تیمارها کندتر بود که به نظر می‌رسد این تیمارها تحت تاثیر عوامل مثبت محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم قرار گرفته‌اند. کاهش NAR با افزایش سن گیاه می‌تواند مربوط به افزایش میانگین سن برگ‌ها و افت راندمان فتوسنتزی برگ باشد (۱۰) در بین تیمارهای مختلف تیمارهای آبیاری نرمال و غلظت سه درصد نانو ذره دی‌اکسید منیزیم (شکل ۱۱)، آبیاری نرمال و مرحله‌ی اول محلول‌پاشی (شکل ۱۲) از میزان NAR

بالایی برخوردار بود، بنابراین از عملکرد بیشتری برخوردار بودند. NAR در اکثر گیاهان زراعی از ابتدا به صورت کاهشی بوده و زمانی که برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار بگیرند به حداکثر مقدار خود می‌رسد. با افزایش رشد، افزوده شدن به برگ‌های گیاه و سایه اندازی برگ‌های بالایی جامعه گیاهی بر روی برگ‌های پایین‌تر مقدار NAR کاهش بیشتری نشان می‌دهد. با افزایش سن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبه‌ی خود موجب افزایش شیب نزولی NAR خواهد شد (۷، ۱۲). محلول پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم باعث بهبود رشد گیاه می‌شود که این احتمالاً به‌دلیل بهبود جذب کربن، افزایش سنتز متابولیت‌ها و حفظ و نگهداری وضعیت آب در بافت‌های گیاه می باشد (۲۱).



شکل ۱۱- تأثیر تنش خشکی و غلظت‌های مختلف نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بر روند تغییرات سرعت جذب خالص محصول(NAR) در گیاه بومادران.



شکل ۱۲- تأثیر تنش خشکی و مراحل مختلف محلول‌پاشی نانو ذره دی‌اکسید منیزیم بر روند تغییرات سرعت جذب خالص محصول(NAR) در گیاه بومادران.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که با افزایش غلظت نانو ذره دی‌اکسید منیزیم ، اثرهای نامطلوب تنش خشکی کاهش می‌یابد. البته به نظر می‌رسد که تمایل نانوذرات برای متراکم شدن در غلظت‌های بالاتر ،موجب سرکوب آثار واقعی آن‌ها شده باشد. هم‌چنین با توجه به محدودیت جذب عنصر منیزیم در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک محلول‌پاشی نانوذره منیزیم جهت بالا بردن میزان عناصر کم مصرف در گیاه یک روش منطقی کاربرد کود می‌باشد.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر با حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس انجام شده است

منابع

1. Abid, M., Haddad, M., Ferchichi, A., 2008. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. Option Mediterraneennes, Series A, 79, 405-408.

2. Barıs, D., Kızıl, M., Aytekin, C. Kızıl, G., Yavuz, M., Ceken, B. and Selcuk Ertekin A., 2011. In vitro antimicrobial and antioxidant activity of ethanol extract of three hypericum and three Achillea species from Turkey. International Journal of Food Properties. 14(2), 339-355.

3. Ben Ahmed, Ch., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M., Ben Abdallah, F., 2009. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. Environmental and Experimental Botany. 67(2), 345-352.

4. Caruthers, S. D., Wickline, S. A., Lanza, G. M., 2007. Nanotechnological applications in medicine, Curr. Opin. Biotechnol. 18, 26–30.

5. Chevallier, A., 1996. The encyclopedia of medicinal plants. London, UK: Dorling Kindersley Publishing Inc.

6. Demirci, F., Demirci, B., Gurbuzl, l., Yesilada, E., Baser, K.H.C., 2009. Characterization and biological activity of Achillea teretifolia Willd. and A. nobilis L. subsp neilreichii Kerner. Turkish Journal of Biology. 33, 129-136.

7. Eddowes, M., 1962. Physiological studies of completion in Zea mays L. I. Vegetative growth and ear development in maize. Journal of Agricultural Science(Camb.). 72, 85-193.

8. Farjzadeh Memari Tabrizi, N., Rashidi, V., 2011. Drought effects on morphological traits of bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes. Annals of Biological Research 2(5), 95-99.

9. Gahremani, A., Akbari, K., Yousefpour, M., Ardalani, H., 2014. Effects of nano potassium and nano-calcium chelated fertilizers on qualitative and quantitative characteristics of *Ocimum basilicum*. International Journal for Pharmaceutical Research Scholars. 3(12), 325-241.

10. Izumiyama, Y., 1984. Production and distribution of dry matter as a basis of sugar beet yield. Journal of A R Q. 17 (4), 219-224.

11. Kamaraki, H., Gelavi, M., 2012. Evaluation of foliar application of micronutrient elements iron and zinc on quantitative and qualitative characteristics of safflower. Journal of Agroecology 4(3), 201-206.

12. Koochaki, A; Sarmadnia, G., 2009. Physiology of crop Plants. Jahad- daneshgahi, Mashhad Publication, Mashhad, Iran.

13. Krishnaraj, C., Jagan, E., Ramachandran, R., Abirami, S., Mohan, N., Kalaichelvan, P., 2012. Effect of biologically synthesized silvernanoparticles on *Bacopa monnieri* (Linn.) Wettst. plant growth metabolism. ProcessBiochemistry. 47(4), 651-658.

14. Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed., Academic Press, London.

15. Mazaherinia, S., Astaraei, A.R., Fotovat, A., and Monshi, A., 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Applied Sciences 7, 36-40.

16. Mosavi, S.R., Galavi, M., Ahmadvand, G., 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (Solanum tuberosum L.). Asian Journal of Plant Sciences 6, 1256-1260.

17. Niari Khamssi, N., Rahimzadeh Khoei, F., Naishabori, M. R.; Javanshir, A., Vahed, M. M., 2007. Effect if different soil moisture levels on growth indices, yield and yield component of lentil (Lens Culinaris Medik). Journal of Agricultural Science. Natur Resour. 13(2), 47-53.

18. Patolsky, F., Zheng, G., Lieber, C. M., 2006. Nanowire sensors for medicine and life sciences, Nanomedicine. 1, 51–65.

19. Rani, B., Jose, A. I., 2009. Studies on the dynamics of potassium and magnesium in okra (Abelmoschus esculentus Moench.). Proc. of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, University of California, Davis.

20. Riehemann, K., Schneider, S.W., Luger, T.A., Godin, B., Ferrari, M., and Fuchs, H., 2009.Nanomedicine-challenge and perspectives. Journal of Angew Chemie International Edition Engl. 48, 872-897.

21. Sadeghipour, O., Aghaei, P., 2012. Response of common bean to exogenous application of salicylic asid under water stress conditions. Journal of Advances in Environmental Biology. 6(3), 1160-1168.

22. Scrinis, G., Lyons, K., 2007. The emerging nano-corporate paradigm: nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems, International Jornal of Sociology Food Agriculture. 15, 22–44.

23. Singh, S. P., 1997. Chickpea (Cicer arientinum L.). Field Crops Res. 53, 161-170.

24. Yang, H., Sun, CH., Zhang, Q., Zou, J., Liu, G. Smith, S.C., 2008. Anatase TiO2 single crystalswith a large percentage of reactive facets. Journal of Nature. 453, 638-641.

The effect of magnesium dioxide nanoparticles on morphological and physiological traits of *Achillea millefolium* L.

Ogagh S.E. and Moaveni P.

Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods branch, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Achillea millefolium L. from Asteraceae family has valuable medicinal properties. Nowadays, nanotechnology plays a very important role in various scientific fields. Magnesium nanoparticles, like other bio-synthesized nanoparticles, has several properties which can cause positive or negative changes in the morphological and physiological characteristics of the plant which lead to an increase or decrease in their medicinal properties. In this study, in order to evaluate the effect of Magnesium dioxide nanoparticles spraying and time of spraying on morph physiological characters of *Achillea millefolium* L, an experiment was designed as split factorial based on a complete randomized block design with four replications in two years in Malard, Safadasht. Irrigation as the main plot at two levels such on: Irrigation every 7 days (control) and irrigation every 14 days, and Four stages of spraying (tilling, stem elongation, before flowering and after flowering) and application of different concentrations of Magnesium dioxide nanoparticles (0, 1, 3, and 5%) were factorial in sub-plots. Leaf area every month measured by leaf area meter to calculate CGR and NAR growth indices. Sampling was performed to measure traits such as relative water content (RWC) for each treatment 72 hours after the third stage of foliar application. At flowering time, plant height, flower dry weight and pedicel dry weight were measured. In general, it is concluded that by increasing the concentration of magnesium dioxide, the adverse effects of drought stress are reduced however, the tendency for nanoparticles to condense at higher concentrations appears to suppress their true effects.

Key words: *Achillea millefolium*, Drought stress, Magnesium dioxide Nanoparticles