اثر سلنیوم و برخی مواد آلی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و متابولیت‌های ثانویه شوید (*Anethum graveolens* L.)

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۴، صفحات ۶۶-۵۷
(زمستان ۱۳۹۸)

پرویز سماواتی پور[۱]، وحید عبدوسی[۱]✉، رضا صالحی[۲]، سعید سماوات[۳] و علیرضا لادن مقدم[۴]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴. گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، گرمسار، ایران

✉ abdossi@yahoo.com (مسؤول مکاتبات)

چکیده سلنیوم عنصری است که به عنوان یک ماده اصلی برای سلامتی انسان و حیوان شناخته شده و می‌تواند نقش مهمی در مکانیسم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان ایفا کند متأسفانه بیشتر گیاهان از نظر میزان سلنیوم فقیر هستند و همین مسئله ضرورت غنی‌سازی محصولات کشاورزی با سلنیوم را به خوبی مشخص می‌کند. به منظور بررسی تأثیر سلنیوم همراه با فولویک‌اسید و هیومیک‌اسید بر غنی‌سازی گیاه شوید، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح فولویک‌اسید و هیومیک‌اسید (۰، ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌مول بر لیتر) و کاربرد سلنات‌سدیم در ۵ سطح (۰ ، ۶ ، ۸ ، ۱۲ و ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر) با سه تکرار انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که فولویک‌اسید به همراه سلنات‌سدیم در تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید به همراه ۱۲ میلی‌گرم در لیتر سلنات‌سدیم، باعث افزایش و بهبود برخی صفات مورفوفیزولوژیک مانند وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع گیاه، کلروفیل، اسانس، میزان سلنیوم و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شد. همچنین این تیمار باعث بهبود و افزایش ترکیبات اسانس مانند آلفا- پنین (۳/۱۲۹ ٪)، بتا- میرسن (۲/۲۳۱٪) ، آلفا- فلاندرن (۴۶/۱۴ ٪) و کاروون (۷۴/۸۳ ٪) شدند. بنابراین، استفاده از فولویک‌اسید به همراه سلنات‌سدیم به صورت همزمان جهت کشت شوید غنی شده از سلنیوم توصیه می‌گردد.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۰

واژه‌های کلیدی

- اسانس
- اسید فولویک
- اسید هیومیک
- سلنات سدیم

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

10.22034/aej.2021.682649

مقدمه شوید[1] یکی از گیاهان دارویی است که به خانواده چتریان[2] تعلق دارد و همچنین برگ‌های تازه و خشک شده به صورت خوراکی مصرف می‌شوند. این گیاه تنها گونه‌ای از این جنس است که در ایران کاشته می‌شود. سه ترکیب اصلی اسانس گیاه شوید کارون[3]، فلاندرون[4] و لیمونن[5] است. مقایسه نتایج حاصل از تجزیه اسانس شوید کشت شده در ایران با دیگر کشورها نشان می‌دهد که با وجود اینکه میزان اسانس شوید در کشور ما کمتر است ولی این اسانس از کیفیت بالاتری برخوردار می‌باشد.[۱۷]

سلنیوم عنصری است که در سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و تعادل هورمون وجود دارد که اخیراً به‌عنوان یک ماده اصلی برای سلامتی انسان و حیوان شناخته شده است. کمبود سلنیوم به طور مستقیم روی سلامت انسان تأثیر گذاشته و بیش از ۴۰ نوع بیماری مرتبط با کمبود این عنصر مانند بیماری کشان، سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی، بیماری‌های کبدی و آب مروارید گزارش شده است. بنابراین، تولید مواد غذایی غنی شده با سلنیوم از موثرترین روش‌ها جهت مقابله با کمبود آن می‌باشد.[۶] بهترین منبع سلنیوم، گیاهان هستند که این عنصر را از خاک جذب کرده و به زنجیره غذایی وارد می‌کنند. نتایج پژوهشی که اخیراً درباره تعیین مقادیر سلنیوم خاک‌های مناطق مختلف ایران انجام شده است نشان می‌دهد که مناطق جنوبی و مرکزی ایران دارای مقادیر متوسطی از سلنیوم هستند ولی ناحیه شمالی ایران با کمبود مواجه است. یکی از روش‌هایی که برای رفع کمبود این عنصر در غذاها توصیه می‌شود، تولید گیاهان غنی شده می‌باشد. روش‌های مختلفی برای افزایش سلنیوم در گیاهان وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش افزودن آن به خاک، اسپری به برگ‌ها و افزودن به دانه‌ها اشاره کرد.[۱۹] این عنصر می‌تواند نقش مهمی در مکانیسم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان ایفا کند و افزودن مقادیر مناسبی از سلنیوم به گیاهان، باعث تأخیر پیری گیاه و تسریع رشد آنها می‌شود.[۲۹]

اسیدهای هومیک به عنوان یک اسید آلی که عمدتاً از هوموس و سایر منابع طبیعی حاصل می‌شود تأثیر معنی‌داری در خنثی‌سازی pH خاک، حلالیت و جذب مواد مغذی موجود در گیاه دارند که منجر به افزایش زیست توده می‌شوند.[۱۸] پژوهشگران دریافته‌اند که استفاده از اسیدهای هیومیک در غلظت‌های کم باعث جذب بعضی فلزات می‌شوند و اثرات تقویت کننده‌ای بر فاکتورهای رشد مانند سطح برگ، وزن خشک و اسانس‌ها دارد. اسیدهای فولویک ترکیبی از زنجیره‌های ضعیف آلیفاتیک و اسیدهای آلی آروماتیک هستند که می‌توانند در تمام pHها (اسیدی، خنثی و قلیایی) در آب محلول باشند. با ورود به گیاه، این مولکول می‌تواند عناصری فلزی را وارد بافت کند. افزودن فولویک-اسید با عناصر میکرو تأثیر زیادی در کیفیت محصول دارد.[۵] اصلاح کننده‌ها از طریق کلات‌ها جذب مواد مغذی موجود در بافت را تقویت کرده و از این طریق رشد گیاه را بهبود می‌بخشند. برگ‌ها مخازن اصلی برای جمع‌آوری و ذخیره فلزات هستند.[۲۷]

در گیاه *Setaria italica* بیشترین ارتفاع گیاه، طول خوشه و عملکرد دانه در بوته در تیمار پاشش هیومیک‌اسید و بالاترین شاخص کلروفیل برگ در کاربرد فولویک-اسید مشاهده شد.[۲۴] در مطالعه دیگری،[۱۴] سلنیوم با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر توانست پارامترهای فیزیولوژیکی و عملکردی را افزایش دهد. نتایج نشان داد که در کلم با استفاده از اسیدهای فولویک و اسیدهای هیومیک در غلظت های کم، تحمل گیاه را نسبت به مس افزایش داده است.[۱۵]

1- *Anethum graveolens* L.
2- Apiaceae
3- Carvone
4- Phellandrene
5- Limonene

در این پژوهش سعی بر آن است تا تأثیر کاربرد سلنیوم به همراه اسیدهای فولویک و هیومیک، بر رشد، فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدان و اسانس‌های شوید بررسی و همچنین غلظت بهینه سلنیوم برای افزایش ذخیره در برگ‌های آن را تعیین کرد تا از نتایج به‌دست آمده در جهت کشت شوید غنی شده از سلنیوم بهره‌برداری نمود.

مواد و روش‌ها به منظور ارزیابی اثر سلنیوم همراه با فولویک‌اسید و هیومیک‌اسید بر غنی‌سازی گیاه شوید آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سطوح مختلف سلنات سدیم در غلظت (۰ ، ۶ ، ۸ ، ۱۲ و ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر) و اسیدهای هومیک و فولویک در غلظت‌های (۰ ، ۱۵ و ۵۰ میلی‌مول در لیتر) در ۳ تکرار در گلخانه کلینیک گل و گیاه شهرداری منطقه ۲۲ تهران در سال ۱۳۹۷ انجام شد.

بذرهای گیاه شوید از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و به مدت ۵ تا ۷ دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵٪ استریل گردید و سپس با آب مقطر شستشو داده شد. پس از آزمایش خاک، در گلدان‌هایی به قطر ۱۶ سانتی‌متر و حجم ۴۰۰۰ سانتی‌متر مکعب با بستری از یک سوم خاک، یک سوم ماسه و یک سوم خاک برگ کشت شدند. در طول جوانه‌زنی و استقرار گیاهان، آبیاری منظم و کنترل علف‌های هرز انجام شد. تیمارها پس از استقرار کامل گیاه و زمان برگ لپه‌ای استفاده شدند و این کار هفته‌ای دو بار انجام شد. چهار هفته پس از استفاده از تیمارها، نمونه‌برداری برگ از گیاه با قیچی باغبانی انجام و برای ارزیابی به مجتمع آزمایشگاهی ذکریای رازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران منتقل شد. وزن تر اندام هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتال ۰/۱ گرم ثبت شد. سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس با ترازوی دیجیتال دوباره توزین شد. برای تعیین مقدار کلروفیل برگ از روش آرنون[۲] استفاده شد. طول ریشه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. فعالیت کاتالاز طبق روش *بیلی و همکاران*[۴]، مالون دی آلدئید روش *والنتویک و همکاران*[۲۸] ثبت شد. هدایت الکتریکی محلول با هدایت‌سنج الکتریکی (JENWAY-4320) اندازه‌گیری شد. غلظت سلنیوم هر نمونه با طیف‌سنجی جذب اتمی (Shimadzu AA-670) محاسبه شد.[۲۲] نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت به روش تقطیر با آب با طرح کلونجر اسانس‌گیری شدند. درصد اسانس به صورت حجمی بر حسب میلی‌لیتر میزان اسانس برای هر ۱۰۰ گرم از گیاه خشک شده محاسبه شد. برای شناسایی ترکیبات اسانس از کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی[۶] استفاده شد.[۲۰] تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS ver 16 انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه [ANOVA] و آزمون دانکن انجام شد ($p\leq0.05$).

نتایج

وزن تر و خشک ساقه و ریشه بالاترین وزن تازه ساقه (۱۴۵ گرم) در گیاهان تیمار شده با ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر سلنات‌سدیم مشاهده شد و نتایج مشابهی در وزن خشک ساقه به دست آمد. به‌طوری که گیاه تحت تیمار با ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی گرم بر لیتر سلنات‌سدیم دارای وزن خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها بود. وزن تر ریشه گیاهان در تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر سلنات-سدیم، ۲/۴۷ گرم بود. همچنین وزن خشک ریشه در گیاهان با تیمار مذکور ۲/۱۲ گرم بود. همان‌گونه که ذکر شد بیشترین میزان وزن تر و خشک ساقه، و وزن تر و خشک ریشه در گیاهان تیمار شده با ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی‌گرم در لیتر سلنات سدیم به‌دست آمد (جدول ۱).

[6] GC/MS

جدول ۱) مقایسه میانگین صفات بررسی شده تحت تأثیر برهمکنش سلنات سدیم و اسیدهای آلی هیومیک و فولویک

Table 1)Comparison of the mean of traits affected by the interaction of sodium selenate, humic and fulvic acids

Na2SeO4 (mg/l)	Organic acids (mg/l)	Shoot fresh weight (g)	Shoot length (cm)	Root dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Chlorophyll	Catalase	MDH	Se accumulation (shoot)	Se accumulation (root)
0	H1	71de	25.33^{c}	18^{c}	1.33^{d}	1.21^{cd}	22.87^{ab}	2.11^{c}	2.1^{b}	2.4^{e}	2.2^{de}
0	H2	71de	30^{b}	18.32^{c}	1.33^{d}	1.23^{cd}	24.89^{ab}	2.14^{c}	2.2^{b}	2.5^{e}	2.3^{de}
0	H3	72de	30.45^{b}	18.34c	1.34^{d}	1.28^{cd}	24.96^{ab}	2.16^{c}	2.2^{b}	2.8^{e}	2.5^{de}
0	F1	71de	31.55^{b}	19.32^{c}	1.35^{d}	1.37^{c}	18.9^{c}	2.31^{b}	2.5^{b}	4^{d}	3^{d}
0	F2	78^{d}	31.75^{b}	19.66^{c}	1.36^{d}	1.38^{c}	19.2^{b}	2.33^{b}	2.5^{b}	4.5^{d}	4.2^{d}
0	F3	80^{d}	32.6^{b}	19.76^{c}	1.38^{d}	1.4b^{c}	20.83^{b}	2.36^{b}	2.6^{b}	4.7^{d}	4.3^{d}
0	control	68de	26.8^{c}	16.01^{d}	1.3^{d}	1.23^{c}	12^{d}	2^{c}	1.7^{c}	2.1^{e}	2.1^{e}
6	H1	81^{d}	39.23^{b}	21.53^{bc}	1.48^{c}	1.42^{bc}	24.84^{a}	2.38^{b}	2.7^{b}	7^{c}	6.6^{c}
6	H2	83^{d}	39.43^{b}	21.73^{bc}	1.5^{bc}	1.47^{bc}	25.87^{a}	2.4^{b}	2.9^{b}	7.2^{c}	6.7^{c}
6	H3	83^{d}	39.85^{b}	21^{bc}	1.5^{bc}	1.5^{bc}	25.94^{a}	2.4^{b}	3^{b}	7.5^{c}	6.8^{c}
6	F1	91^{d}	40.66^{b}	22.05^{bc}	1.56^{bc}	1.6^{bc}	17^{c}	2.5^{b}	3.3^{bc}	8.3^{c}	7.3^{c}
6	F2	72de	40.76^{b}	22.44^{bc}	1.66^{bc}	1.62^{bc}	17.75^{c}	2.53^{b}	3.3^{bc}	8.5^{c}	7.6^{c}
6	F3	64^{e}	40.88^{b}	22.64^{bc}	1.7^{bc}	1.65^{bc}	21.79^{b}	2.55^{b}	3.4^{bc}	8.7^{c}	7.4^{c}
6	control	67de	32^{b}	17.29^{c}	0.91^{e}	1.25^{bc}	12.6^{d}	2.2^{c}	1.8^{c}	4	3.5^{d}
8	H1	109^{cd}	40.2b	23.54^{bc}	1.7^{bc}	1.71^{b}	24.92^{a}	2.58^{b}	3.5^{bc}	8.7^{c}	8.4^{c}
8	H2	109^{cd}	41.44^{ab}	23.66^{bc}	1.8^{bc}	1.74^{b}	25.84^{a}	2.6^{b}	3.6^{bc}	9^{c}	8.8^{c}
8	H3	111^{cd}	41.76^{ab}	24^{bc}	1.93^{bc}	1.76^{b}	25.92^{a}	2.65^{b}	3.7^{bc}	9^{c}	9^{c}
8	F1	123^{c}	42.43^{ab}	26.01^{b}	2.12^{b}	1.94^{ab}	18.54^{c}	2.76^{b}	4.3^{b}	10.1^{bc}	7.7^{c}
8	F2	125^{c}	42.76^{ab}	26.34^{b}	2.25^{ab}	1.96^{ab}	19.72^{b}	2.8^{b}	4.4^{b}	10.4^{bc}	8.2^{c}
8	F3	127^{c}	42.98^{ab}	26.75^{b}	2.49^{ab}	1.98^{ab}	22.7^{4b}	2.81^{b}	4.6^{b}	10.5^{bc}	9.4^{c}
8	con	70de	33.5^{b}	19^{c}	1.32^{ab}	1.28^{ab}	17^{c}	2.3^{b}	2.5^{b}	5.5	5^{d}
12	H1	131^{b}	41.41^{ab}	27.12^{ab}	2.7^{ab}	2.11^{ab}	25.6^{a}	3.2^{a}	5.5^{a}	11^{b}	10^{c}
12	H2	136^{ab}	42.45^{ab}	27.43^{ab}	2.87^{ab}	2.21^{ab}	26.77^{a}	3.25^{a}	5.8^{a}	11.5^{b}	10.5^{c}
12	H3	136^{ab}	43.65^{ab}	27.55^{ab}	2.97^{a}	2.22^{ab}	27.15^{a}	3.26^{a}	5.8^{a}	11.8^{b}	10.8^{c}
12	F1	150^{a}	44.43^{a}	28.65^{a}	2.8^{a}	2.26^{ab}	19.46^{b}	3.39^{a}	6.3^{a}	12.7^{b}	10.9^{c}
12	F2	152^{a}	44.05^{a}	28.78^{a}	3.05^{a}	2.91^{a}	19.63^{b}	3.42^{a}	6.5^{a}	13^{a}	11.1^{b}
12	F3	153^{a}	44.65^{a}	29.04^{a}	3.16^{a}	3.02^{a}	23.64^{a}	3.52^{a}	6.7^{a}	13.5^{a}	12.2^{a}
12	control	128^{c}	15^{e}	19^{c}	2.16^{b}	2.12^{ab}	10^{d}	2^{c}	2.8^{b}	10.8^{bc}	10.1^{c}
16	H1	58^{e}	21^{d}	13^{e}	0.83^{e}	1.11^{d}	24^{a}	1.76^{d}	1.5^{c}	13^{ab}	11^{b}
16	H2	60^{e}	21^{d}	13.5^{e}	0.85^{e}	1.14^{d}	26.9^{a}	2^{c}	2.5^{b}	13.5^{ab}	12.8^{a}
16	H3	64^{e}	20.6^{d}	13.8^{e}	0.88^{e}	1.16^{d}	26.1^{a}	2.02^{c}	2.6^{b}	13.7^{ab}	13.3^{a}
16	F1	56^{e}	21.5^{d}	14^{e}	0.9^{e}	1.19^{d}	18.3^{c}	2.09^{c}	2.7^{b}	13.5^{ab}	12.5a
16	F2	68de	21.8^{d}	14.5^{e}	0.91^{e}	1.2^{d}	19^{c}	2.11^{c}	2.6^{b}	13.6^{ab}	13^{a}
16	F3	73^{d}	21.3^{d}	16^{d}	0.96^{e}	1.23^{d}	22.2^{ab}	2.21^{c}	2.8^{b}	14.7^{a}	13.8^{a}
16	control	48^{f}	15^{e}	11^{e}	0.88^{e}	1.1^{e}	8^{e}	1.5^{d}	1.9^{c}	12.7^{b}	12.5^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level

Table 2) Essential oils constituents of Dill in different treatments (100 ml/ g of dry leaves)

جدول ۲) ترکیبات شناسایی شده اسانس شوید در تیمارهای مختلف

treatments		Essential oils constituents							
Na2SeO4 (mg/l)	Organic acids(mmol/l)	α -Phellandene	Carvone	Thujone	α -Pinene	β -Myrcene	Apiol	Dill	Germacrene-D
0	**F1**	12.03^{e}	0.13^{f}	0.145^{b}	0.502^{hi}	0.432^{hi}	1.024^{ef}	0.030^{d}	0.843^{f}
0	**F2**	15.26^{f}	0.42^{f}	0.146^{d}	0.513^{hi}	0.495^{hi}	1.026^{e}	0.031^{d}	0.912^{f}
0	**F3**	19.43^{e}	0.49^{f}	0.149^{d}	0.543^{h}	0.513^{h}	1.031^{e}	0.032^{d}	0.921^{f}
0	**H1**	10.16^{e}	0.06^{h}	0.132^{d}	0.489^{hi}	0.3022^{i}	1.010^{ef}	0.021^{d}	0.432^{fg}
0	**H2**	11.17^{e}	0.09^{h}	0.132^{d}	0.493^{hi}	0.373^{hi}	1.012^{ef}	0.027^{d}	0.765^{f}
0	**H3**	11.87^{e}	0.10^{h}	0.134^{d}	0.498^{hi}	0.402^{hi}	1.013^{ef}	0.028^{d}	0.828^{f}
6	**F1**	23.13^{cd}	1.22^{e}	0.197^{cd}	0.676^{fg}	0.603^{fg}	1.062^{e}	0.062^{cd}	1.543^{de}
6	**F2**	25.06^{d}	1.36^{e}	0.199^{cd}	0.712^{f}	0.642^{f}	1.066^{e}	0.067^{cd}	1.652^{de}
6	**F3**	29.13^{cd}	1.95^{e}	0.200^{c}	0.732^{f}	0.653^{f}	1.086^{e}	0.065^{cd}	1.991^{de}
6	**H1**	21.07^{cd}	1.06^{e}	0.193^{cd}	0.656^{fg}	0.578^{g}	1.043^{e}	0.071^{cd}	1.032^{e}
6	**H2**	22.08^{cd}	0.9^{e}	0.194^{cd}	0.665^{fg}	0.611^{fg}	1.051^{e}	0.074^{cd}	1.022^{e}
6	**H3**	22.67^{cd}	1.16^{e}	0.195^{cd}	0.678^{fg}	0.624^{fg}	1.058^{e}	0.076^{cd}	1.019^{e}
8	**F1**	24.04^{cd}	3.34^{bc}	0.322^{b}	0.832^{de}	0.742^{e}	1.212^{e}	0.083^{c}	2.081^{c}
8	**F2**	26.16^{cd}	3.07^{d}	0.302^{bc}	0.912^{de}	0.765^{de}	1.356^{e}	0.087^{c}	2.073^{d}
8	**F3**	29.03^{bc}	4.15^{c}	0.298^{bc}	0.981^{de}	0.863^{d}	1.487^{e}	0.090^{c}	2.092^{d}
8	**H1**	30.47^{cd}	2.54^{d}	0.285^{bc}	0.842^{de}	0.842^{de}	1.042^{ef}	0.071^{c}	2.032^{d}
8	**H2**	32.08^{cd}	2.37^{d}	0.208^{c}	0.823^{de}	0.823^{de}	1.092^{e}	0.074^{c}	2.022^{d}
8	**H3**	32.67^{cd}	2.78^{d}	0.202^{c}	0.811^{e}	0.745^{e}	1.110^{e}	0.076^{c}	2.019^{d}
12	**F1**	35.23^{bc}	6.43^{c}	0.407^{b}	1.613^{cd}	0.912^{cd}	2.432^{c}	0.162^{b}	4.181^{c}

ترکیبات آلی مانند هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید در افزایش ظرفیت ذخیره رطوبت، تبادل کاتیونی خاک، مقاومت گیاه در برابر خشکی، شوری و تعادل خاک نقش بسیار مهمی دارند و باعث تبدیل مواد مغذی مانند فسفر به فرم قابل جذب برای گیاهان می‌شود. استفاده از هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید روی گل حنا[7] تأثیر معنی-داری بر وزن تر و خشک نشان داده است.[۷] به‌علاوه، پاشش فولویک‌اسید در غلظت‌های کم، رشد را تحریک می‌کند و وزن تر و خشک گوجه‌فرنگی را در مقایسه با غلظت بالاتر افزایش می‌دهد.[۲۵] گل ژربرا[8] تحت تیمار با فولویک‌اسید گلدهی اولیه را نشان داد و وزن تر و خشک ساقه های آن افزایش یافت.[۳۳] سلنیوم در کمترین حد، پارامترهای رشد اسفناج مانند وزن تازه ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و همچنین طول ساقه و طول ریشه را افزایش داد. از طرف دیگر، سطح بالاتر سلنیوم به طرز چشم‌گیری این فاکتورهای رشد را کاهش داد.[۸]

طول ساقه با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین طول ساقه در تیمار ۵۰ میلی گرم در لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی گرم در لیتر سلنات سدیم به میزان ۴۷/۳ سانتی‌متر مشاهده شد. داده‌ها نشان داد که با افزایش اسیدها و غلظت سلنات‌سدیم ارتفاع گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). پژوهشگران گزارش داده‌اند که مواد هومیک به ویژه هیومیک‌اسید با افزایش مقدار نیتروژن باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شوند.[۳] فولویک‌اسید و هیومیک‌اسید باعث بهبود سیستم ریشه شده و به عنوان ماده کلات کننده نقش مهمی در تشکیل مجتمع‌های کامپوزیتی ایفا می‌کند که این امکان را فراهم می‌کند تا مواد مغذی و مواد معدنی مانند کلسیم، آهن، منیزیم، روی و سلنیوم به سرعت جذب شوند و باعث بهبود رشد گیاهان و ریشه-های سالم می‌شوند. همچنین منجر به در دسترس بودن بسیاری از مواد مغذی ضروری برای گیاه در فرآیند متابولیسم، تولید و انتقال انرژی می‌شود و پارامترهای رشد مانند ارتفاع گیاه، افزایش پروتئین، افزایش کلروفیل، عملکرد دانه و سایر صفات کمی و کیفی را افزایش می‌دهد.[۱۳]

میزان کلروفیل بیشترین میزان کلروفیل ۱۹/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی‌گرم در لیتر سلنات سدیم، به‌دست آمد. غلظت بالای سلنات‌سدیم ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر به طور معنی‌داری میزان کلروفیل را کاهش داد. حداکثر غلظت مالون دی آلدئید ۲/۵ میکرومول در گرم وزن تر به-دست آمده از تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی‌گرم در لیتر سلنات-سدیم بود. بالاترین میزان فعالیت کاتالاز متعلق به گیاهان تحت تیمار ذکر شده ۲/۴۹ میکرومول در گرم وزن تر است (جدول ۱). در مطالعه‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای، اثر فولویک‌اسید بر رشد معنی‌دار بوده و افزایش میزان کلروفیل را نشان داد. در آزمایش دیگری در شرایط گلخانه‌ای، کاربرد فولویک‌اسید میزان کلروفیل برگ گندم را به طور معنی‌داری افزایش داده است.[۳۱]

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان فولویک و هیومیک‌اسید باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها در برگ‌های شوید شدند (جدول ۱). نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج *مظفریان (۲۰۰۷)*[۱۰] همسو بود. پژوهشگران دریافتند که سلنیوم به عنوان یک آنتی-اکسیدان عمل می‌کند. در گیاه آزولا[9] با افزایش غلظت سلنیوم تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر در محیط کشت، میزان مالون دی‌آلدئید افزایش یافت. این نشان می‌دهد که گیاه آزولا انباشته کننده خوبی برای سلنیوم می-باشد. تجمع سلنیوم نرخ رشد نسبی را تعیین کرد. تیمار گیاهان آزولا با غلظت کم سلنیوم

7- *Impatiens walleriana*
8- *Gerbera*
9- *Azolla sp.*

تا ۱ میلی‌گرم بر لیتر منجر به افزایش معنی‌دار زیست توده شد که با کاهش پراکسید هیدروژن و محتوای مالون دی‌آلدئید همراه بود. در غلظت‌های بالاتر سلنیوم تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر، میزان پراکسید هیدروژن و محتوای مالون دی آلدئید افزایش معنی‌داری نشان دادند. این افزایش‌ها به ترتیب ۳/۲ و ۲/۸ برابر در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنیوم،[۹] با به‌کار بردن سلنیوم و هیومیک‌اسید دریافتند که استفاده از غلظت کم سلنیوم همراه با مقادیر متوسط هیومیک‌اسید، باعث بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شد.

تجمع سلنیوم در اندام هوایی و ریشه تجمع سلنیوم در اندام هوایی تحت تیمار با ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی گرم بر لیتر سلنات سدیم (۸/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود؛ نتیجه مشابه در میزان سلنیوم ریشه (۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) مشاهده شد. تجمع سلنیوم در ریشه‌های تحت تیمار با ۵۰ میلی گرم بر لیتر فولویک‌اسید + ۱۲ میلی گرم بر لیتر سلنات سدیم، بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۱). این نتایج با مطالعات *هریتکاینن و همکاران (۲۰۰۰)*[۱۶] همسو بود. آن‌ها خاطر نشان کردند که میزان کم سلنیوم به همراه فولویک‌اسید، باعث افزایش تولید محصول و میزان سلنیوم گندم در مقایسه با شاهد شد. نکته بسیار مهمی که در غنی‌سازی سلنیوم باید به آن توجه داشت این است که مرز بین سمیت و کمبود سلنیوم بسیار باریک است و بستگی به فرم شیمیایی سلنیوم دارد. فرم شیمیایی سلنیوم در خاک تا حد زیادی توسط پتانسیل احیا و pH خاک کنترل می‌شود. به منظور مدیریت خاک و گیاهان در مناطق غنی از سلنیوم، باید نوع خاک و تحمل ژنتیکی گیاهان به غلظت بالای سلنیوم در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، گیاهان سلنیوم بیشتری را در خاک‌های دارای سولفات بالا تا خاک‌های سولفات کم تحمل می‌کنند. برخی از گیاهان مانند یونجه، بسیار حساس هستند و در غلظت کم سلنیوم خاک، علائم آسیب دیدگی را نشان می‌دهند در حالی‌که برخی دیگر نمک دوست، ممکن است مقادیر بسیار زیاد سلنیوم را در اندام‌های خود تجمیع نمایند. در برخی از مناطق خشک و نیمه خشک ممکن است با استفاده از روش‌های مناسب آبیاری، کاهش سلنیوم و شوری در حد قابل قبول مدیریت شوند.[۲۱]

درصد و نوع اسانس‌ها سلنیوم به همراه اسیدهای فولویک و هیومیک باعث افزایش برخی از ترکیبات اسانس مانند آلفا-پنین[۱۰]، بتا-میرسن[۱۱] ، آلفا-فلاندرن[۱۲] و کاروون[۱۳] شد. همچنین درصد اسانس با افزایش میزان سلنیوم در تعامل با فولویک و هیومیک‌اسید، افزایش یافت (جدول ۲). این نتایج با موارد به‌دست آمده در گیاهان اسفناج،[۲۳-۱۱] چاودار،[۲۹] تنباکو،[۳۲] کاهو و سیب زمینی[۲۶] مطابقت داشت. در غلظت‌های پایین‌تر، سلنیوم باعث تحریک رشد شده و از طرف دیگر، در غلظت‌های بالا به عنوان اکسیدان عمل کرده؛ بازده را کاهش می‌دهد و باعث ایجاد اختلالات متابولیکی می‌شود. سطح بالای سلنیوم ممکن است مانع از فتوسنتز، اختلال در جذب و انتقال مواد مغذی شود.[۱۲]

نتیجه‌گیری کلی سلنیوم از جمله مواد معدنی و الکترولیت هایی است که برای بدن اهمیت زیادی دارد. سلنیوم به عنوان آنتی-اکسیدان و کاتالیزور برای تولید هورمون تیروئید فعال شناخته شده است. استفاده از سلنیوم و مواد هومیک (هومیک و فولویک-اسید) باعث بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، اسانس‌ها و در نتیجه ارزش غذایی شوید

[10]- α-Pinene
[11]- β-Myrcene
[12]- α -Phellandene
[13]- Carvone

می‌شوند. شوید می‌تواند با غلظت کم سلنیوم به خوبی رشد کند. همچنین، عملکرد اسانس آن و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی توسط ماده آلی و سلنیوم افزایش یافت اما غلظت زیاد سلنیوم بطور معنی‌داری باعث کاهش رشد شوید، سرعت فتوسنتز و عملکرد اسانس شدند. بنابراین استفاده از سلنیوم به همراه هیومیک و فولویک‌اسید می‌تواند در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی شوید پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts, poly phenoxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.
2. Aya H, Gulser F (2005) The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Science 5(6):801-804.
3. Bailly C, Benamar A, Corbineau F, Come D (1996) Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. Plant Physiology 97: 104–110.
4. Delfine S, Tognetti R, Desiderio P, Alvino A (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomic Sustain Diversity 25: 183-191.
5. Ekelund N, Danilov R (2001) The influence of selenium on photosynthesis and light-enhanced dark respiration (LEDR) in the flagellate Euglena gracilis after exposure to ultraviolet radiation. Aquatic Science 63(4):457-465.
6. Esringü A, Sezen I, Aytatli B, Ercişli S (2015) Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. Akad Ziraat Dergiti 4(1): 37-42.
7. Ferrarese M, Sourestani M, Quattrini E, Schiavi M, Ferrante A (2012) Biofortification of spinach plants applying selenium in the nutrient solution of floating system. Vegetable Crops Research Bulletin 76: 127-136.
8. Ghasemia K, Bolandnazara S, Tabatabaeia SJ. Pirdashtib H, Arzanlouc M, Ebrahimzadehd MA, Fathid H (2015) Antioxidant properties of garlic as affected by selenium and humic acid treatments. New Zealand Journal of Crop Horticulture Science 43(3): 33-54.
9. Hassan AMA, Mostafa EM (2016) Selenium invoked antioxidant defense system in *Azolla caroliniana* plant. φyton 85: 262-269.
10. Hartikainen H, Xue T, Piironen V (2000) Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant and Soil 225: 193–200.
11. Kahle H (1988) The effects of lead and cadmium on the growth and mineral balance of young beech (*Fagus sylvatica* L.) in sand culture. Dissertations Botanicae, Berlin: Journal of Cramer 127: 34-39.
12. Lotfolahi S, Sani B, Rajabzadeh F (2017) Effect of soil use of humic acid and fulvic acid on yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.) plant; International Conferences of Agricultural Engineering and Environment, Iran.
13. Lotfi R, Pessarakli M, Gharavi-Kouchebagh P, Khoshvaghti H (2015) Physiological responses of *Brassica napus* to fulvic acid under water stress: Chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity. Crop Journal 4(5): 434-439.
14. Mahmoudi M, Barzegar-zoghalchali H (2015) The effects of humic substances on some physiological properties of *Citrus sinensis* cv. Thomson Navel under lime condition. Inter Research Journal of Applied Basic Science 9(1): 132-135l.
15. Mona I, Nossier Sh, Gawish HE, Abu-Hussin M, Mubark M (2011) Effects of selenium on some plant nutrient contents under salt stress conditions. Journal of Biology and Chemistry and Environmental Science 6 (2): 355- 366.
16. Mozaffarian SC (2007) Culture of Iranian Plants Names. (4th Edition), Farhang Contemporary Publishing.
17. Nardi S, Pizzeghello D, Muscolo A, Vianello A (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34:1527–1536.
18. Nazemi L, Nazmara M, Eshraghyan R, Younesian H, Sereshti H, Moameni A, Shahtaheri J, Nasseri S (2010) Selenium concentration in soil of Iran. 19th World congress of soil science, soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia.

19. Nikbakht A, Kafi M, Babalar M, Xia YP, Luo A, Etemadi N (2008) Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. Journal of Plant Nutrition 31: 2155-2167.
20. Poldma P, Moor U, Tõnutare T, Herodesand K, Rebane R (2013) Selenium treatment under field conditions affects mineral nutrition, yield and antioxidant properties of bulb onion (*Allium cepa*). Acta Scienta Polonoum 12: 167-181.
21. Ryan J, Estefan G, Rashid (2001) Soil and plant Analysis: Laboratory manual, interaction center for agricultural research in the dry areas (ICARDA). (2nd edition). Aleppo Syrian: 1-18
22. Saffarizadeh A, Lahouti M, Gangea IA, Bayat H (2012) Impact of selenium supplementation on growth and selenium accumulation on spinach (*Spinacia oleracea* L.) Plants Science Biology 4(4): 95-100.
23. Saffar Sabzevar M, Jamie Moeini S (2015) Acidophytic and acidophilic solutions morphology of root and shoot and percentage of protein sorghum. Master Thesis, Islamic Azad University, Sabzevar Brach, Iran.
24. Salmani Nodoushan M, Abedi M, Vakilli M (2013) Selenium and human Health. JSSU. 21(1): 101-112.
25. Suh HY, Yoo KS (2014) Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) Horticulture, Environment and Biotechnolgy 55(6): 455–461.
26. Turakainen M, Hartikainen H, Seppanen MM (2004) Effects of selenium treatments on potato (Solanum tuberosum L.) growth and concentrations of soluble sugars and starch. Journal of Agriculture Food Chemistry 52 (17): 5378-5382.
27. Turan M, Esringu A (2007) Phytoremediation based on canola (Brassisa napus L.) and Indian mustard (Brassica juncea L.) planted on spiked soil by aliquot amount of Cd, Cu, Pb, and Zn. Plant Soil Environment 1:7–15.
28. Valentovic P, Luxova M, Kolarovic L, Gasparikova O (2006) Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. Plant Soil Environment 52(4): 186-191.
29. Whanger P (2004). Selenium and its relationship to cancer: An update. Britain Journal of Nutrition 91(1): 11-28.
30. Xu J, Yang F, Chen L, Hu y, Hu Q (2003) Effect of selenium on increasing the antioxidant activity of tealeaves harvested during the early spring tea-producing season. Journal of Agriculture and Food Chemistry 51: 1081-1084.
31. Xudan X (1986) The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. Australian Journal of Agriculture Research 37: 343-350.
32. Yang L, Ding RX (2000) Effects of selenium application on selenium content and distribution in flue-cured tobacco grown on Se-low soils. Journal of Nanjing Agriculture University 23: 47-50.
33. Yazdani B, Etemadi NA, Nikbakht A, Bani A, Nasab B, Majidi MM (2010) Effect of different humic concentrations and fulvic acid on the qualitative and qualitative properties of gerbera flower. Master Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Effect of selenium and some organic materials on morphophysiological traits and secondary metabolites of dill (*Anethum graveolens* L.)

Agroecology Journal
Vol. 15 No. 4 (57-66)
(winter 2019)

Parviz Samavatipour[1], Vahid Abdossi[1]✉, Reza Salehi[2], Saeed Samavat[3], Alireza Ladan Moghadam[4]

1 Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2 Department of Horticulture, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Ira
3 Soil fertility and Plant Nutrition Department, Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
4 Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, IranDryland
✉ abdossi@yahoo.com **(corresponding author)**

Received: 27 July 2019 **Accepted:** 11 November 2019

Abstract Selenium, known as a key ingredient for human and animal health, can play an important role in the antioxidant mechanism in plants. Unfortunately, many plants fail to have enough selenium, which has led to selenium enrichment. The aim of this study was to investigate the effect of selenium combined with fulvic acid and humic acid on nutritional value of dill. To this end, an experiment based on a completely randomized factorial design with three levels of fulvic acid and humic acid (0, 50 and 150 mmol/L) and selenium application at 5 levels (0, 6, 8, 12 and 16 mg/L) with three replications was conducted in a greenhouse. The results of this experiment showed that the effect of 50 mmol/L fulvic acids + 12 mg/L sodium selanate, was significant on morpho-physiological traits such as shoot and root dry weight, plant height, chlorophyll, essence, amount of selenium, and antioxidant enzymes. The results indicate that selenium along with the acids increased and improved essential oil constituents such as alpha-pinene (3.129%), beta-myrcene (2,231%), alpha-phellandene (46.14%) and carvone (74.83%).

Keywords

- essential oils
- fulvic acid
- humic acid
- selenate sodium

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

10.22034/aej.2021.682649