تغییرات کمی و کیفی اندام هوایی گیاه گاوزبان در اثر محلول‌پاشی نیترات کلسیم

هدی شمس[۱]، حسنعلی نقدی‌بادی[۲]*، حشمت امیدی[۳]، شمسعلی رضازاده[٤]، علی سروش‌زاده[٥]، مهدی سیف‌سهندی[٦]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۲- استادیار، گروه پژوهشی کشت و توسعه، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی، کرج
۳- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
٤- استادیار، گروه فارماکوگنوزی و داروسازی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی، کرج
٥- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
٦- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
*آدرس مکاتبه: کرج، کیلومتر ۵۵ جاده تهران - قزوین، مجتمع تحقیقاتی جهاددانشگاهی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی، صندوق‌پستی: ۳٦۹- ۳۱۳۷۵
تلفن: ۹ - ٤۷٦٤۰۱۰ (۰۲٦۱)، نمابر: ٤۷٦٤۰۲۱ (۰۲٦۱)
پست الکترونیک: Naghdibadi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/٤/۹ **تاریخ تصویب:** ۸۸/۷/۲۱

چکیده

مقدمه: گاوزبان[1] گیاه دارویی ارزشمندی از خانواده **Boraginaceae** است که برای درمان بیماری‌های مختلف انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین ضروری است سطوح مناسب فاکتورهای زراعی موثر بر رشد و تولید این گیاه تعیین شود.

هدف: تعیین اثر محلول پاشی نیترات کلسیم بر عملکرد کمی و برخی از ترکیبات کیفی گیاه گاوزبان.

روش بررسی: این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد ٤ غلظت نیترات کلسیم (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) به صورت محلول‌پاشی بر روی اندام‌های هوایی گیاه گاوزبان بود.

نتایج: نتایج نشان داد که محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف نیترات کلسیم بر ارتفاع بوته، عملکرد ماده خشک اندام هوایی و گل‌آذین، میزان کلروفیل و میزان فنل کل و تانن تاثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) داشت. با افزایش غلظت نیترات کلسیم، میزان این پارامترها افزایش یافت و حداکثر مقادیر آن‌ها در تیمار ۱۵ میلی‌مولار از نیترات کلسیم مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: کاربرد نیترات کلسیم بر روی رشد و عملکرد گیاه گاوزبان اثر مثبت داشت و عملکرد کمی و کیفی اندام هوایی گیاه گاوزبان با افزایش غلظت نیترات کلسیم افزایش یافت.

گل‌واژگان: گاوزبان، عملکرد کمی و کیفی، نیترات کلسیم، فنل کل، تانن

[1] *Borago officinalis* L.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]

مقدمه

گاوزبان از خانواده Boraginaceae، گیاهی است یک‌ساله و علفی که بومی اروپا و آفریقای شمالی و آسیای صغیر است که امروزه در تعدادی از کشورها از جمله ایران کشت می‌شود [۱]. دانه‌های روغنی گاوزبان شامل میزان بالایی از روغن و پروتئین خام است. روغن بذر گاوزبان غنی‌ترین منبع گیاهی گامالینولئیک اسید است. گامالینولئیک اسید یکی از اسیدهای چرب نادر در گیاهان است که عموماً به عنوان مکمل‌های غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، دیابت و ورم مفاصل و بسیاری از بیماری‌های دیگر استفاده می‌شود [۲]. قسمت مورد استفاده این گیاه، گل و برگ و یا سرشاخه‌های گل‌دار آن است که خواص درمانی متعددی را دارد (۳). سرشاخه گل‌دار گاوزبان حاوی ترکیبات مختلف نظیر موسیلاژ، تانن و آلکالوئید است [٤]. ترکیبات شیمیایی مانند فنل‌ها، آلکالوئیدها و تانن‌ها که از متابولیت‌های ثانویه گیاهی‌اند به لحاظ دارویی دارای اهمیت می‌باشند [٥] در این گیاه یافت می‌شوند [٦].

کلسیم یک عنصر غذایی حیاتی برای گیاه است که توسط سیستم ریشه به صورت کاتیون از محلول خاک جذب می‌شود و توسط آوندهای چوبی به ساقه هدایت می‌شود. کلسیم وظایف بسیار مهمی در گیاه دارد، از جمله آن که وجود کلسیم برای نگهداری و حفظ دیواره سلولی و ساختار غشاء ضروری است و در بسیاری از فرآیندهای طبیعی رشد و نمو از جمله تقسیم سلولی، رشد طولی سلول، پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی به عنوان پیام‌آور ثانویه عمل می‌کند [۷]. مطالعات متعددی در زمینه کاربرد نمک‌های کلسیم و نقش آن در افزایش عملکرد گیاهان، بهبود کیفیت میوه‌ها، کاهش ریزش بذور، بهبود خصوصیات کیفی بذور انجام شده است [۸،۹].

نقش کلسیم در چرخه متابولیسم اسیدهای فنلیک به وضوح مشخص شده است. کلسیم از طریق تاثیر بر آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیالیاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز نقش خود را ایفا می‌کند، این آنزیم‌ها در سنتز و اکسیداسیون فنل‌ها نقش دارند [۷]. اولین کار که نقش مستقیم کلسیم را در سنتز ترکیبات فنلی نشان داده توسط کاستاندا و پرز[1] (۱۹۹٦) انجام شده است. آن‌ها دریافتند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم روی برگ موجب افزایش فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز شده است [۱۰]. فنیل‌آلانین آمونیالیاز یک آنزیم کلیدی است که نقش موثری در تغییر مسیر کربن از متابولیسم اولیه به سمت تولید ترکیبات فنلی دارد [۱۱]. البته، بحث جدال برانگیزی در مورد اثرات متفاوت کلسیم بر آنزیم‌های سنتزکننده و اکسیدکننده فنل‌ها وجود دارد [۱۰].

به هرحال، از یک طرف کلسیم از عناصر غذایی ضروری است که نقش مهمی در شروع بسیاری از فرآیندهای انتقال سیگنال در سلول‌های گیاهی دارد [۷] و از طرف دیگر، گاوزبان یک گیاه دارویی ارزشمند است که در راستای تامین تقاضای صنایع داروسازی بایستی به طور گسترده و تجاری کشت شود. با توجه به اینکه هیچ‌گونه مطالعه دقیقی در زمینه اثر کاربرد کلسیم بر پتانسیل تولید کمی و کیفی این گیاه در طی دوره رشد آن انجام نشده‌است در این تحقیق، اثر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر عملکرد کمی و هم‌چنین میزان متابولیت‌های ثانویه گیاه گاوزبان مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر کاربرد سطوح مختلف نیترات کلسیم بر تغییرات عملکرد کمی و کیفی گیاه گاوزبان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۸۸ – ۸۷ در مزرعه تحقیقاتی گروه پژوهشی کشت و توسعه پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی واقع در هلجرد کرج اجرا شد (جدول شماره ۱).

تیمارهای آزمایش شامل کاربرد ٤ سطح نیترات کلسیم (۰، ٥، ۱۰ و ۱٥ میلی‌مولار) به همراه ۰/۱ درصد توین[2] ۲۰ درصد به صورت محلول‌پاشی بر روی اندام‌های هوایی گیاه گاوزبان بود. کرت‌های آزمایشی به مساحت ٦ مترمربع (۲ m × ۳ m) بود. هر کرت شامل ٦ ردیف و فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ٥۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف نیز ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت

[1] Castaneda and Perez

[2] Tween

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]

جدول شماره ۱- مشخصات مزرعه تحقیقاتی

شوری (ds/m^2)	اسیدیته (PH)	میانگین سالیانه بارندگی (میلی‌متر)	طول جغرافیایی (متر)	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	میانگین سالیانه دما (سانتی‌گراد)
۱/۲	۷/۹	۲۶۳	۵۸′ و °۵۰	۳۵′ و °۵۶	۱۵۰۰	۱۳/۲۱

۲ تا ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت گاوزبان، از خاک مزرعه جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد (جدول شماره ۲). قبل از کاشت گیاه گاوزبان به میزان ۲۰ تن در هکتار کود دامی کاملاً پوسیده به خاک اضافه و در پاییز با شخم و دیسک با خاک مخلوط شد. پس از ایجاد واحدهای آزمایشی، بذور گاوزبان کشت شدند. اولین آبیاری بعد از کشت بذور انجام شد. پس از آن بر حسب نیاز، عملیات آبیاری انجام می‌گرفت. پس از سبز شدن گیاه با شروع فصل سرما، گیاه وارد مرحله رزت شد. در بهار سال بعد با شروع رشد مجدد گیاه، عملیات وجین دستی جهت حذف علف‌های هرز مزرعه صورت گرفت. اعمال تیمار در اوایل مرحله گل‌دهی انجام و پس از یک هفته، نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری پارامترهای مربوطه صورت گرفت.

پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل تعداد برگ، ارتفاع ساقه، وزن خشک بوته، وزن خشک گل‌آذین، میزان کلروفیل برگ، میزان فنل و میزان تانن بود. سنجش میزان کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر[1] و میزان متابولیت‌های ثانویه شامل فنل و تانن به روش اسپکتروفتومتری طبق روش ذکر شده در فارماکوپه گیاهان دارویی ایران اندازه‌گیری شدند [۱۲]. داده‌های این مطالعه توسط نرم افزار آماری SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD [2] انجام شد.

نتایج

تاثیر محلول پاشی نیترات کلسیم بر خصوصیات ظاهری گیاه

کاربرد غلظت‌های نیترات کلسیم بر ارتفاع بوته تاثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) داشت (جدول شماره ۳) به طوری‌که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم (با میانگین ارتفاع ۳۳/۹۵۳) و شاهد (با میانگین ارتفاع ۲۳/۸۲) مشاهده شد (جدول شماره ٤). اگرچه سطوح مختلف نیترات کلسیم برروی تعداد برگ تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول شماره ۳) ولی بیشترین تعداد برگ در تیمار ۱۵ میلی‌مولار و کمترین تعداد برگ در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول شماره ٤).

نیترات کلسیم تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی بوته در واحد سطح داشت (جدول شماره ۳) و با افزایش غلظت نیترات کلسیم، عملکرد ماده خشک بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت. به هر حال، بالاترین عملکرد اندام هوایی در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم و کمترین عملکرد ماده خشک بوته در تیمار شاهد حاصل شد (جدول شماره ٤). البته از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰ میلی‌مولار وجود نداشت (جدول شماره ۳).

سطوح مختلف نیترات کلسیم تاثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بر وزن خشک گل‌آذین در واحد سطح داشت (جدول شماره ۳) و با افزایش غلظت نیترات کلسیم، عملکرد ماده خشک گل‌آذین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بالاترین عملکرد در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم و کمترین عملکرد ماده خشک گل‌آذین در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول شماره ٤)، لازم به ذکر است از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰ میلی‌مولار وجود نداشت (جدول شماره ٤).

تاثیر محلول پاشی نیترات کلسیم بر میزان کلروفیل

سطوح مختلف نیترات کلسیم تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بر میزان کلروفیل داشت و با افزایش غلظت نیترات کلسیم میزان آن افزایش یافت (جدول شماره ۳). بالاترین میزان کلروفیل در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم و کمترین میزان کلروفیل در تیمار شاهد حاصل شد. البته تیمارهای ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰ میلی‌مولار از نظر میزان کلروفیل، تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول شماره ٤).

[1] SPAD

[2] Least Significant Difference

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]

جدول شماره ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Texture			(%)SP	$CaCo_3$ (ppm)	K (ppm)	P(ppm)	N (ppm)	OM (%)
(%)Sand	(%)Silt	(%)Clay						
٤٥/٥	٢٧/٣	٢٧/٢	٣١/٦٢	٤/٩١	١٢٥	١١/٩	٠/٧٥	١/٤٦

جدول شماره ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مختلف گیاه گاوزبان

منابع تغییرات(s.o.v)	درجه آزادی	تعداد برگ	ارتفاع بوته	وزن خشک بوته	وزن خشک گل آذین	میزان کلروفیل	درصد فنل	درصد تانن
تکرار	٢	١٨/٠١١	٢٧/١٢٣٧*	٣٥٥١٤/٧٦*	٣٨٥٨/٨*	١٤/٨٦*	٠/٤٤٤٧*	٠/٣٠٥
تیمار(کلسیم)	٣	٢٤/٥٢٧١	٦١/١٧٣٨**	٥١٦٥١/٠٦**	٤٢٠٤/٢٨**	٢٢/٤٤٩١**	٠/٨٤٦٣**	٠/٧٥٧٦**
خطا	٦	٧/٤٠١	٤/٣٩٧٦	٤١٧١/٨٧	٣٥٦/٤	٢/٠٧	٠/٠٨١٤	٠/٠٧٥٢
ضریب تغییرات(cv)٪		٨/٣٨	٧/٣٧	٨/١٢	٨/٤٤	٤/٠٩	٨/٠٦١	١١/٣٢

جدول شماره ٤- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف نیترات کلسیم بر صفات اندازه‌گیری شده گیاه گاوزبان

سطوح مختلف نیترات کلسیم	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک اندام هوایی (kg/ha)	وزن خشک گل آذین (kg/ha)	میزان کلروفیل	فنل (درصد)	تانن (درصد)
شاهد (آب مقطر)	٢٩/٥٠^{a}	٢٣/٨٢^{b}	٦٢٩/٦٧^{b}	١٧٨^{b}	٣١/٧ ^{b}	٣/٣٥^{ab}	٢/٣٠^{ab}
نیترات کلسیم ٥ میلی‌مولار	٣٠/٤٦٧^{a}	٢٥/٨٧^{b}	٧٦٩/٦^{ab}	٢١٣/٢^{ab}	٣٤/٠٩٧^{ab}	٢/٩١٣^{b}	١/٨٢^{b}
نیترات کلسیم ١٠ میلی‌مولار	٣٤/٨٦٧^{a}	٣٠/١٢٧^{ab}	٨٣٦/٨^{a}	٢٣٧/٢^{a}	٣٧/١١^{a}	٣/٧٤^{ab}	٢/٥٧^{ab}
نیترات کلسیم ١٥ میلی‌مولار	٣٤/٩١^{a}	٣٣/٩٥٣^{a}	٩٤٣/٠٧^{a}	٢٦٦/٤^{a}	٣٧/٦^{a}	٤/١٥٣^{a}	٣/٠٢٣^{a}
حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)	٨/٢٣	٦/٣٤	١٩٥/٥٢	٥٧/١٥٤	٤/٣٦	٠/٨٦٣	٠/٨٣٣

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ١ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

تاثیر محلول پاشی نیترات کلسیم بر میزان فنل و تانن

نتایج نشان داد سطوح مختلف نیترات کلسیم تاثیر معنی‌داری ($p<٠/٠١$) بر درصد فنل داشت (جدول شماره ٣). در حالی‌که در سطح ٥ میلی‌مولار نیترات کلسیم، میزان فنل کاهش یافت و کمترین میزان فنل در این غلظت مشاهده شد ولی با افزایش غلظت نیترات کلسیم، میزان فنل افزایش یافت و بیشترین میزان آن در تیمار ١٥ میلی‌مولار نیترات کلسیم مشاهده شد (جدول شماره ٤). سطوح مختلف نیترات کلسیم نیز تاثیر معنی‌داری ($p<٠/٠١$) بر درصد تانن داشت (جدول شماره ٣) و دارای روندی کاملاً مشابه با میزان فنل داشت. بیشترین میزان تانن در غلظت ١٥

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]

میلی‌مولار و کمترین درصد تانن در تیمار ۵ میلی‌مولار از نیترات کلسیم مشاهده شد (جدول شماره ٤).

بحث

نتایج نشان داد که کاربرد نیترات کلسیم بر ارتفاع بوته تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول شماره ۳) و بیشترین ارتفاع بوته در بالاترین سطح کاربرد نیترات کلسیم یعنی تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم مشاهده شد (جدول شماره ٤). از آنجایی که کلسیم برای تقسیم سلول و بزرگ شدن آن ضروری است، کمبود کلسیم موجب از بین رفتن مریستم‌های گیاه در قسمت‌های مختلف گیاه از جمله ساقه می‌گردد [۱۳]. درداس[1] (۲۰۰۹) در تحقیق خود بر روی گیاه مرزنجوش[2]، افزایش ارتفاع بوته را تحت تیمار کلسیم گزارش کرده است [١٤]. همچنین با توجه به نقش کلسیم در بازدارندگی از تولید اتیلن می‌توان بیان کرد که از دیگر علل افزایش ارتفاع بوته با کاربرد نیترات کلسیم، جلوگیری از تولید اتیلن است [۱۵]. اتیلن یکی از بازدارنده‌های رشد می‌باشد که تا حدودی در سرتاسر گیاه مانند برگ‌ها، ساقه‌ها و گل‌ها تولید می‌شود [۱۵]. به نظر می‌رسد که القای ممانعت از رشد طولی ناشی از اتیلن به علت تغییر در خصوصیات مکانیکی دیواره سلولی است که شامل تغییر در ترتیب ریزلوله‌ها و ریزرشته‌های سلولزی از حالت عرضی به حالت طولی می‌باشد [١٦]. بنابراین برگ‌پاشی کلسیم با تاثیر بر تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و اثر بازدارندگی بر تولید اتیلن در گیاه می‌تواند سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه گاوزبان شده باشد.

سطوح مختلف نیترات کلسیم بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی بوته تاثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) داشت (جدول شماره ۳) و بیشترین عملکرد در تیمار ۱۵ میلی‌مولار و کمترین عملکرد در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول شماره ٤). این مسأله بیانگر نقش موثر کلسیم در افزایش ماده خشک بوته است [١٤]. کلسیم نقش اساسی در فتوسنتز و متابولیسم نیتروژن دارد که کاهش آن موجب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش وزن خشک گیاه می‌شود [۱۷]. ارتباط مثبتی بین سنتز اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها با تولید ماده خشک وجود دارد [۱۸]. رویز و همکاران[1] (۱۹۹۹) در آزمایشی تاثیر کاربرد سطوح مختلف کلریدکلسیم بر سنتز اسیدهای آمینه و پروتئین‌های موجود در تنباکو را مورد بررسی قرار دادند، نتایج حاکی از افزایش پروتئین‌سازی در حضور کلسیم بود، که در نتیجه آن وزن خشک گیاه افزایش پیدا کرده بود [۱۸].

نتایج نشان داد سطوح مختلف نیترات کلسیم بر عملکرد ماده خشک گل آذین تاثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) داشته است (جدول شماره ۳). از آنجایی که سرشاخه‌های گلدار این گیاه دارای خاصیت دارویی هستند [۳] و بیشترین عملکرد در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم مشاهده شده‌است (جدول شماره ٤) می‌توان به تاثیر مثبت کلسیم بر عملکرد کمی گیاه گاوزبان پی برد. هم‌چنین درداس (۲۰۰۹) در آزمایشی نشان داد با افزایش غلظت کلرید کلسیم، میزان گل‌دهی در گیاه دارویی مرزنجوش افزایش یافته‌است [١٤].

محلول‌پاشی اندام‌های هوایی گاوزبان با نیترات کلسیم تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل داشت (جدول شماره ۳) و بیشترین میزان کلروفیل با کاربرد نیترات کلسیم به غلظت ۱۵ میلی‌مولار حاصل شد (جدول شماره ٤). در تحقیقی دیگری، درداس (۲۰۰۹) نشان داد که با افزایش غلظت کلسیم، میزان کلروفیل در گیاه مرزنجوش افزایش پیدا کرد [١٤].

میزان کل کلروفیل و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b از جمله خصوصیاتی هستند که تحت تاثیر میزان کلسیم می‌باشند. افزایش میزان کلسیم در طی دوره رشد گیاه موجب افزایش محتوای کلروفیل و افزایش نسبت کلروفیل a به کلروفیل b می‌شود. همچنین افزایش میزان کلسیم موجب حفاظت از کلروفیل a و جلوگیری از کاهش نسبت کلروفیل a به کلروفیل b شده و مانع رنگ‌زدایی از کلروفیل a در فتوسیستم I می‌شود [١٤].

نقش کلسیم را در افزایش میزان کلروفیل می‌توان به تاثیر آن در تجمع مولکول‌های آپوپروتئین[1] کلروفیل در کمپلکس کلروفیل آنتن دانست [١٤]. توده کلروفیل‌ها در فتوسیستم به عنوان کلروفیل آنتن انجام وظیفه می‌کنند. اتصال کلروفیل با

[1] Dordas

[2] *Origanum vulgare* ssp. *hirtum*

[1] Ruiz

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]

پروتئین‌های خاص تعداد زیادی کمپلکس کلروفیل پروتئین پدید می‌آورد، انرژی فوتون‌های جذب شده از طریق کمپلکس آنتن انتقال می‌یابد و از یک مولکول کلروفیل به دیگری می‌رسد تا سرانجام به مرکز واکنش برسد [۱۱].

تیمار نیترات کلسیم تاثیر معنی‌داری بر درصد فنل و درصد تانن داشت (جدول شماره ۳)، بیشترین میزان فنل و تانن در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم و کمترین میزان فنل وتانن در تیمار ۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم مشاهده شد (جدول شماره ٤). کلسیم از طریق تاثیر بر آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیالیاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز نقش خود را ایفا می‌کند، این آنزیم‌ها در سنتز و اکسیداسیون فنل‌ها نقش دارند [۷]. نقش اصلی متابولیسم فنل در عکس‌العمل به تنش‌هاست و کلسیم در محلول غذایی در سنتز و اکسیداسیون فنل‌ها موثر است [۷]. اولین مطالعه‌ای که نقش مستقیم کلسیم را در سنتز ترکیبات فنلی نشان داده توسط کاستاندا و پرز[2] (۱۹۹٦) انجام شده است. آن‌ها دریافتند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم روی برگ‌ها موجب افزایش فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز شده است [۱۰]. فنیل‌آلانین آمونیالیاز یک آنزیم کلیدی است که نقش مؤثری در تغییر مسیر کربن از متابولیسم اولیه به سمت تولید ترکیبات فنلی دارد [۱۱]. هر چند در بررسی‌های دیگر، اثرات متفاوت کلسیم بر آنزیم‌های سنتزکننده و اکسیدکننده فنل‌ها وجود دارد [۷]. سودرهال[1] (۱۹۹۵) نشان داد افزایش غلظت کلریدکلسیم در محلول غذایی موجب افزایش فعالیت پراکسیداز می‌شود [۱۹]، اما در بعضی از تحقیقات افزایش غلظت کلسیم، موجب کاهش فعالیت پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز شده است [۷]. همچنین پنل[2] (۱۹۹۹) پیشنهاد کرده است کلسیم به طور غیرمستقیم موجب فعال شدن پراکسیداز می‌شود. لازم به ذکر است که این کاتیون موجب ایجاد پیوند بین پلی‌گالاکتوریون‌ها و ایجاد ساختاری می‌شود که توسط پراکسیداز قابل شناسایی است [۲۰].

با توجه به اینکه مطالعات قبلی نشان داده است که بین میزان فنل و وزن خشک همبستگی منفی وجود دارد [۲۱] ولی نتایج به دست آمده در این آزمایش نشان داد که با افزایش ماده خشک، میزان متابولیت‌های تانن و فنل نیز افزایش یافته است و با نتایج مطالعات قبلی تناقض داشته‌است.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که نیترات کلسیم بر عملکرد کمی (عملکرد اندام هوایی و گل‌آذین) و عملکرد کیفی (متابولیت‌های ثانویه شامل فنل کل و تانن) تاثیر مثبت داشته‌است و کاربرد آن بر روی این گیاه می‌تواند همگام با افزایش عملکرد ماده خشک اندام مورد استفاده، سبب افزایش کیفیت آن نیز شود.

[1] Apoprotein molecules [2] Castaneda and Perez

[1] Soderhall [2] Penel

منابع

1. Naghdi Badi H, Sorooshzadeh A, Rezazadeh Sh, Sharifi M, Ghalavand A, Rezai A .Evaluation of phytochemical and production potential of borage (*Borago officinalis* L.) during the growth cycle. *J. of Medicinal Plants* 2008; 7 (Supplement No. 4): 37 - 43.

2. El-Hafid R, Blade SF, Hoyano Y. Seeding date and nitrogen fertilization effects on the performance of borage (*Borago officinalis* L.). *Industrial Crops and Products* 2002; 16 (3): 193 - 4.

3. Zargari A. Medicinal plants (In Persian). 6th ed. Tehran University Publications, Iran. 1997, Volume 3, pp: 511 - 4.

4. Javadzadeh SM. The effect of sowing methods, nitrogen fertilizer and plant density on quality and quantity yield of *Borago officinalis* L. M.S. Thesis, Islamic Azad University of Jiroft, Iran, 1995, p. 78.

5. Davazdah Emami S, Majnun hosseini N. Cultivation and production of certain herbs and spices. University of Tehran Press. 1387, pp: 39 - 49.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]

6. Naghdi badi H, Soroushzadeh A, Rezazadeh SH, Sharifi M, Ghalavand A, and Omidi h. Reviwe on Borage (Valuable medicinal plant and the plant source of gamma linolenic acid). *J. of Medicinal Plant*s 1386; 24: 1 - 13.

7. Ruiz J M, Rivero R M, Lo´pez-Cantarero I, and Romero L. Role of Ca in the metabolism of phenolic compounds in tobacco leaves (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant Growth Regulation* 2003; 41: 173 – 7.

8. Elmo M, Beyer JR, Bruno Quebedaux JR. The effect of calcium nutrition on ethylene induced. *Plant Physiol*. 1974; 54: 788 - 90.

9. Burton MG, Lauer MJ, McDonald MB. Calcium Effects on soybean seed production**,** elemental concentration, and seed quality. *Crop Science* 2000; 40: 482 - 6.

10. Castaneda P, Perez LM. Calcium ions promote the response of citrus lemon against fungal elicitors or wounding. *Phytochem.* 1996; 42: 595 – 8.

11. Hopkins WG. Introduction to plant physiology. second ed., Wiley, New York, 1999.

12. Iranian Herbal Pharmacopoeia (IHP). Tehran: Ministry of Health Publication, volume 1. 2002, p. 396.

13. Barker A, Pilbeam D. Plant nutrition. CRC Press. USA. 2007, pp: 125 - 8.

14. Dordas D. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Industrial crops and products* 2009; 29: 599 – 608.

15. Podwyszyhska M, Goszczyfiska DM. Effect of inhibitors of ethylene biosynthesis and action, as well as calcium and magnesium on rose leaf senescence in vitro. *Acta Physiological Plantarum*. 1998; 20 (1): 91 - 8.

16. Eisinger W. Regulation of pea internode expansion by ethylene. *Annu. Rev. Plant Physiology* 1983; 34: 225 - 40.

17. Chao L, Bofu P, Weiqian C, Yun L, Hao H, Liang C, Xiaoqing L, Xiao W, Fashui H. Influences of calcium deficiency and cerium on growth of spinach plants. *Biol. Trace Elem. Res*. 2008; 121: 266 – 75.

18. Ruiz JM, Garcıa PC, Rivero RM, Romero L. Response of phenolic metabolism to the application to the carbendazim plus boron in tobacco leaves. *Physiol. Plant.* 1999; 106: 151 – 7.

19. Soderhall I. Propierties of carrot polyphenol oxidase. *Phytochem*. 1995; 39: 33 – 8.

20. Penel C, Van Cutsem P, Greppin H. Interactions of a plant peroxidase with oligogalacturonides in the presence of calcium ions. *Phytochem*. 1999; 51: 193 – 8.

21. Sene M, Dore T, Gallet C. Relationships between biomass and phenolic production in grain sorghum grown under different conditions. *Agronomy J*. 2001; 93 - 4.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2009.8.32.16.3]