



جمهوری اسلامی ایران



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

موسسه تحقیقات خاک و آب



# عناصر غذایی و تحمل به تنش غیرزیستی در گیاهان

(جلد دوم)

مترجمین

فریدون نورقلی پور، محمد علی خودشناس، جواد قدبیکلو، محمد پسندیده، محمد  
هادی میرزاپور فاطمه اسدی و محمد رضا نائینی



سازمان اسناد و کتابخانه ملی  
جمهوری اسلامی ایران

عنوان و نام پدیدآور	: عناصر غذایی و تحمل به تنش غیر زیستی در گیاهان/ نویسندگان [صحیح: ویراستاران] میرزا حسن الزمان ... [و دیگران]؛ مترجمین فریدون نورقلی پور ... [و دیگران].
مشخصات نشر	: کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، 1401.
مشخصات ظاهری	: 2ج. مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	: دوره 1-978-622-6705-27-1؛ ج 1- 978-622-6705-25-7؛ ج 2- 978-622-6705-26-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Plant nutrients and abiotic stress tolerance, 2018
یادداشت	: نویسندگان [صحیح: ویراستاران] میرزا حسن الزمان، ماسایوکی فوجیتا، هیروسوکه اکو، کامرون ناهار، باربارا هاوریلاک نوواک.
یادداشت	: مترجمین فریدون نورقلی پور، محمدعلی خودشناس، جواد قدیگلو، فاطمه اسدی، محمد هادی میرزایور، محمد پسندیده.
یادداشت	: مترجمین جلد دوم فریدون نورقلی پور، محمدعلی خودشناس، جواد قدیگلو، محمد پسندیده، محمد هادی میرزایور، فاطمه اسدی، محمدرضا نائینی.
یادداشت	: کتابنامه
عنوان دیگر	: عناصر غذایی گیاه و تحمل به تنش های غیرزنده.
عنوان دیگر	: تغذیه گیاهی و مقاومت به تنش های غیرزیستی.
موضوع	: گیاهان -- تغذیه Plants -- Nutrition گیاهان -- اثر تنش فیزیولوژیکی Plants -- Effect of stress on
شناسه افزوده	: حسن زمان، میرزا، 1978- م، ویراستار
شناسه افزوده	: Hasanuzzaman, Mirza, 1978-
شناسه افزوده	: نورقلی پور، فریدون، 1352-، مترجم
شناسه افزوده	: موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	: Soil & water research institute
رده بندی کنگره	: QK 867:
رده بندی دیویی	: 572/42:
شماره کتابشناسی ملی	: 9001846:
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

### مشخصات اثر

**عنوان: عناصر غذایی و تحمل به تنش غیرزیستی در گیاهان (جلد دوم)**  
**نویسندگان:** میرزا حسن الزمان، ماسایوکی فوجیتا، هیروسوکه اکو، کامرون ناهار و باربارا هاوریلاک نوواک  
**مترجمین:** فریدون نورقلی پور، محمد علی خودشناس، جواد قدیگلو، محمد پسندیده، محمد هادی میرزایور فاطمه اسدی و  
 محمد رضا نائینی  
**ناشر:** موسسه تحقیقات خاک و آب  
**لینتوگرافی، چاپ و صحافی:** انتشارات سنا  
**شابک جلد دوم:** 978-622-6705-26-4  
**شابک دوره:** 978-622-6705-27-1  
**سال انتشار:** 1401

این اثر با شماره 3140145 در تاریخ 1401/9/9 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب

کد پستی: 3177993545 صندوق پستی: 31785-311

نمابر: 02636210121 تلفن: 026-36201900

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: http://www.swri.ir

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
1	فصل 12: سازوکارهای تقویت‌کننده سلنیوم در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزنده
41	فصل 13: عناصر غذایی گیاهی و نقش آن‌ها در شرایط خاک‌های شور
85	فصل 14: اساس یونی تحمل به شوری در گیاهان: تعادل غذایی و تحمل به تنش اکسیداتیو
147	فصل 15: نقش عناصر کم‌مصرف در تحمل به تنش شوری
169	فصل 16: نقش مفید عناصر کمیاب در تحمل به تنش شوری در گیاهان
191	فصل 17: توزیع متوازن عناصر غذایی و تحمل به تنش شوری
229	فصل 18: توزیع متوازن یون و دفاع در برابر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در راستای تحمل به تنش شوری در گیاهان
261	فصل 19: کاهش تنش شوری با کاربرد کودهای آلی و معدنی
326	فصل 20: جنبه‌های تحمل همزمان تنش‌های شوری و فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی نمک‌دوست
360	فصل 21: نقش عناصر غذایی معدنی در رشد گیاهان در درجه حرارت‌های به شدت بالا و یا پایین
402	فصل 22: رویکردهای مولکولی برای جذب عناصر غذایی و توزیع متوازن سلولی گیاهان در شرایط تنش غیر زیستی



## پیش‌گفتار

عناصر غذایی، عناصری ضروری برای رشد گیاه و بقای آن هستند. در میان 17 عنصر ضروری گیاهی، تنها سه عنصر کربن، هیدروژن و اکسیژن از طریق اتمسفر تأمین می‌شوند و مابقی آن از راه خاک یا کودها در اختیار گیاه قرار می‌گیرند. هر یک از این عناصر غذایی، نقش منحصر به فردی در چرخه زندگی گیاهان دارند و مقدار نیاز به آن‌ها با توجه به نوع گونه گیاهی و مراحل رشد، متفاوت است. هم کمبود و هم بیش‌بود این عناصر، می‌تواند اثرات منفی بر رشد و نمو گیاهان داشته باشد. علاوه بر این، برای اطمینان از استفاده مؤثر از عناصر غذایی، عوامل محیطی نیز باید در شرایط مطلوب باشند.

از دهه‌های گذشته، تنش‌های غیرزنده به موضوع مهمی برای زیست‌شناسان گیاهی تبدیل شده است. مطالعات متعددی انجام شده و یا در حال انجام است که بر بقای گیاه هنگام تغییرات محیطی محدود به زمان، متمرکز می‌باشند؛ در این زمان محدود، گیاه باید برخی از سازوکارهای تحمل در سطح سلولی را دارا باشد. با توجه به این که تغذیه گیاه، یک عامل مهم و بخشی جدایی‌ناپذیر از چرخه حیات گیاهان است، تعداد زیادی از عناصر غذایی، مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفته‌اند. از بین همه عناصر غذایی گیاهی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، منگنز، کلر و آهن به‌طور مستقیم در فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه شرکت دارند؛ کلسیم، بور، مس، آهن، منگنز، روی و مولیبدن در فعالیت‌های آنزیمی و نیتروژن و گوگرد در ساخت پروتئین دخیل هستند. همچنین، این عناصر غذایی، گاه دارای نقشی خاص و حیاتی هستند که برای حفظ زندگی و فیزیولوژی طبیعی گیاهان، ضروری هستند. تشکیل اجتناب‌ناپذیر گونه‌های فعال اکسیژن<sup>1</sup> در طی فتوسنتز که باعث محدودیت استفاده از انرژی نور و تثبیت دی‌اکسید کربن می‌گردد، بر اثر تنش‌های غیرزنده، تشدید می‌شود. ضرورت حضور برخی عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و روی برای پایداری و ادامه استفاده از نور و تثبیت دی‌اکسید کربن و سایر فعالیت‌های فتوسنتزی به سطح مورد نیاز، گزارش شده است. به‌ویژه مشاهده می‌شود که پتاسیم و روی با آنزیم اکسیدکننده نیکوتین‌آمیدآدنین‌دی‌نوکلئوتیدفسفات<sup>2</sup> تداخل پیدا نموده و در نتیجه، یک نقش محافظتی در برابر آسیب‌های ناشی از وجود گونه‌های فعال اکسیژن هنگام بروز تنش‌های غیرزنده، بازی می‌کنند.

در دهه‌های اخیر، برخی از عناصر مفید (از جمله سیلیسیوم و سلنیوم) در غلظت‌های اندک، اثر شگرفی در کاهش اثرات تنش‌های مختلف غیرزنده نشان داده‌اند. با پیشرفت

<sup>1</sup> Reactive Oxygen Species (ROS)

<sup>2</sup> NADPH

علم، تحقیقات فشرده‌ای در سطح جهانی برای کشف سازوکارهای اصلی جذب عناصر غذایی توسط گیاه، سوخت و ساز و تعادل پایدار نسبی آن‌ها و محافظت در مقابل تنش‌های غیرزنده، انجام شده است. بررسی منابع بسیار خوبی در مورد نقش عناصر غذایی گیاهی در تحمل تنش‌های غیرزنده در نشریات، مجلات سالانه و فصول برخی از کتاب‌ها، منتشر شده است. باین‌حال، هیچ کتاب جامعی در مورد این موضوع تاکنون منتشر نشده است. بنابراین، هدف این کتاب، ارائه بینش در خصوص آخرین یافته‌های مربوط به نقش عناصر غذایی گیاهی در ایجاد تحمل به تنش‌های غیرزنده در گیاهان است. این کتاب برای گروه بزرگی از مخاطبان از جمله دانشمندان علوم گیاهی، متخصصان زراعی، دانشمندان خاکشناسی، گیاه‌شناسان، زیست‌شناسان مولکولی و دانشمندان محیط‌زیست، مورد استفاده خواهد بود. با این امید که این کتاب، باعث به‌روزرسانی عملی دانش ما در مورد نقش عناصر غذایی گیاهی در تحمل به تنش‌های غیرزنده گردد.

## فصل 12

### سازوکارهای تقویت کننده سلنیوم در افزایش تحمل گیاهان به

### تنش‌های غیرزنده

Barbara Hawrylak-Nowak, Mirza Hasanuzzaman and Renata Matraszek-Gawron

#### چکیده

سلنیوم (Se) به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری و کم‌مصرف برای انسان، حیوانات و برخی ریز جانداران و همچنین به‌عنوان یک عنصر غذایی سودمند برای بسیاری از گونه‌های گیاهی، به‌ویژه گیاهان تجمیع‌کننده غلظت‌های بالای سلنیوم، شناخته شده است. تجمع سلنیوم در گیاهان می‌تواند بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی را در سلول، تحت تأثیر قرار دهد. امروزه، به‌منظور ارتقاء ضریب جذب سلنیوم در جیره غذایی انسان‌ها و حیوانات که غالباً در ارتباط با غنی‌سازی سلنیومی محصولات خوراکی می‌باشد و همچنین، برای افزایش هرچه بیشتر تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی، علاقه‌مندی خاصی برای درک واکنش گیاهان نسبت به فراهمی این عنصر به وجود آمده است. در سال‌های اخیر، تحقیقات متعدد نشان داده است که گیاهان غنی‌شده با سلنیوم، تحمل بیشتری نسبت به برخی تنش‌های غیرزنده همچون سرما، درجه حرارت بالا، خشکی، شوری، اشعه ماوراءبنفش و غلظت بالای برخی فلزات و شبه فلزات از خود نشان می‌دهند. در گیاهانی که دچار تنش‌های محیطی شده‌اند، نقش حفاظتی یون‌های سلنیوم که در ارتباط با غلظت پایین این یون می‌باشد، به تحریک سیستم حفاظتی آنتی‌اکسیدانی نسبت داده شده و تاکنون سازوکارهای مرتبط، به دلیل پیچیدگی، کاملاً روشن نشده‌اند. برای دستیابی به اثرات مثبت گیاهان غنی‌شده با سلنیوم، باید موارد مختلفی همچون مقدار تجمع این عنصر در گونه‌های مختلف، شکل شیمیایی سلنیوم به‌کار رفته، روش‌های کاربرد این عنصر و اثرات متقابل آن با عناصر دیگر، در نظر گرفته شود. در این فصل، نگارش مطالب، بیشتر در خصوص اثرات تقویتی سلنیوم در گیاهانی که تحت شرایط تنش‌های

غیرزنده قرار گرفته‌اند، متمرکز شده است. علاوه بر این، نحوه تغییر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان غنی شده با سلنیوم و همچنین، سازوکارهای دفاعی آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی در شرایط تنش‌های غیر زیستی نیز، بررسی شده است. کلمات کلیدی: عنصر کمیاب، تغذیه گیاه، تقویت، گونه‌های فعال اکسیژن، رشد گیاه.

## 12-1- مقدمه

سلنیوم یک عنصر غذایی شبه‌فلز است که نقش آن در سوخت‌وساز و وظایف عملکردی در اندام‌های مختلف گیاه، به‌طور کامل مشخص نیست. در چند دهه اخیر، اهمیت سلنیوم از تناقضات قابل توجهی برخوردار بوده است. به‌طوری‌که در دهه 1930، به اثر سمی این عنصر و تأثیر آن در کاهش مو و سم در حیوانات اشاره شده است و در دهه 1950، با فهم این‌که کمبود سلنیوم در جیره غذایی سبب بیماری ماهیچه سفید می‌گردد، به‌ضرورت آن در سوخت و ساز حیوانات، انسان‌ها و ریز جانداران تأکید شده است. در این میان، بعد از شناخته شدن سلنوسیستئین به‌عنوان بیست و یکمین اسیدآمینو ضروری، سلنیوم نیز به‌عنوان یک عنصر ضروری برای انسان و حیوان پذیرفته شد. سپس، با استفاده از ابزارهای زیست‌شناسی مولکولی، ژنتیک و ایمونولوژی، مطالعه در خصوص این عنصر، پیشرفت قابل توجهی کرد. سلنیوم به دلیل این‌که یکی از اجزای ساختمانی سلنوپروتئین‌ها است، به‌عنوان یک عنصر کم‌مصرف خیلی مهم برای انسان‌ها، حیوانات، پروکاریوت‌ها و برخی ریز جانداران در نظر گرفته شد (Lens و Lenz، 2009). این عنصر می‌تواند در عملکردهای زیستی که برای حفاظت در برابر سرطان و یا سوخت و سازهای هورمونی مهم هستند، نقش مهمی داشته باشد. برخی مطالعات انجام‌یافته در خصوص امراض مسری، اثبات کرده‌اند که کمبود سلنیوم در جیره غذایی، احتمال وقوع بیماری‌های قلبی عروقی را افزایش می‌دهد که این موضوع، می‌تواند در کارکرد مناسب غده تیروئید و عملکرد سیستم ایمنی و عصبی مشکل‌ساز باشد. بر اساس گزارش‌های علمی، سلنیوم بسته به غلظت آن، می‌تواند در سه نوع فعالیت زیستی، تأثیرگذار باشد: 1- غلظت کم آن برای رشد و نمو مناسب ضروری است. 2- غلظت متوسط آن می‌تواند برای حفظ توزیع