نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۴۹، بهار ۱۳۹۷ / صفحات: ۹۳-۸۵

# اثر علف‌های هرز خارشتر (*Alhagi maurorum* L.) و ازمک (*Cardaria draba* L.) بر جذب عناصر معدنی در گندم

**نیر محمدخانی*، مسلم ثروتی**

مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

**تاریخ دریافت: ۹۶/٤/۱۳ تاریخ پذیرش:۹۶/۸/۳**

**چکیده**

آللوپاتی می‌تواند بر رشد گیاهان اثر کند و محتوای مواد غذایی آنها را تغییر دهد. هدف تحقیق حاضر مطالعه اثر آللوپاتی خارشتر (*Alhagi maurorum* L.) و ازمک (*Cardaria draba* L.) که از علف‌های هرز مهم مزارع گندم هستند، بر جذب عناصر غذایی در این محصول بود. آزمایش‌های گلدانی برای مطالعه اثر آللوپاتی خاک ریزوسفری خارشتر و ازمک بر محتوای مواد غذایی معدنی در گندم طراحی شد. در گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر و ازمک جذب عناصر غذایی پرمصرف ($NO_3^-$، $K^+$، $Ca^{2+}$ و P) و کم مصرف ($Fe^{2+}$ و $Cu^{2+}$) در ریشه و اندام هوایی کاهش یافت، آللوپاتی بر جذب $Mg^{2+}$، $Mn^{2+}$ و $Zn^{2+}$ تقریبا اثری نداشت. اثر آللوپاتی خارشتر به طور معنی‌داری بیشتر از ازمک بود. به نظر می‌رسد کاهش جذب عناصر معدنی به‌دلیل اثر آللوپاتی مواد آللوشیمیایی ترشح شده از ریشه گیاهان ازمک و خارشتر بوده است.

***واژه‌های کلیدی:*** آللوپاتی، برهم‌کنش، محتوای عناصر غذایی، مواد آللوشیمیایی.

**مقدمه**

آللوپاتی به بررسی اثر مواد شیمیایی تولید شده توسط گیاهان بر رشد، نمو و پراکندگی گیاهان دیگر در جوامع طبیعی یا سیستم‌های کشاورزی می‌پردازد (Cheng, 2015). واژه آللوپاتی نخستین بار توسط مولیش در سال ۱۹۳۷ در بیان اثرات متقابل شیمیایی بین گیاهان، خواه بازدارندگی یا تحریک کنندگی، به کار برده شد (Samad et al., 2008) و توسط Rice (۱۹۸٤) به‌صورت «اثرات مستقیم یا غیر مستقیم مضر یا مفید یک گیاه بر گیاهان دیگر از طریق تولید مواد شیمیایی»، اصلاح شد. بسیاری از مواد آللوکمیکال بر جذب مواد غذایی در ریشه گیاه اثر می‌گذارند یا از طریق مهار استفاده از آب، تنش آبی را القا می‌کند. آللوکمیکال‌ها می‌توانند فعالیت پمپ‌های ATP آزهای $Na^+/K^+$ دخیل در جذب و انتقال یون‌ها در غشای پلاسمایی را مهار کنند و از این طریق جذب $Na^+$،$K^+$ یا یون‌های دیگر را کاهش دهند. Bergmark و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که تیمار ۲۵۰ µM فرولیک اسید جذب آمونیوم و نیترات را در دانه‌رست‌های ذرت مهار می‌کند، اگرچه جذب نیترات به این تیمار حساس‌تر بود. فرولیک اسید همچنین جذب $Cl^-$ را مهار می‌کند و باعث از دست رفتن $K^+$ از ریشه‌ها می‌شود و جذب مجدد آن را به تاخیر می‌اندازد.

دو سوم از زمین‌های قابل کشت جهان به کشت گندم اختصاص دارد (Slafer, 1994). گندم مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا است که اهمیت زیادی در تولید غذای بشر دارد. بر طبق گزارش فائو میزان تولید گندم

*نویسنده مسئول: n.mohammadkhani@urmia.ac.ir

در جهان و ایران در سال ۲۰۱۰ به ترتیب ٦٤٧ و ١٤/٥ میلیون تن بوده است (FAO, 2010).

ازمک (*Cardaria draba* L.) از خانواده شب‌بوئیان (Brassicaceae) و خارشتر (*Alhagi maurorum* L.) از خانواده باقلائیان (Fabaceae) از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع گندم هستند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). تحقیقات نشان می دهد که علف هرز ازمک توانایی بالایی جهت تولید مواد دگر آسیب و جلوگیری از جوانه زنی و رشد و نمو غلات از خود نشان می دهد (Kiemnec and Mcinnis, 2002). Houssien و همکاران (٢٠١٤) اثر آللوپاتی عصاره آبی خارشتر را بر میزان کلروفیل و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان چند گیاه زراعی مورد بررسی قرار دادند. همچنین Saleh و Madany (٢٠١٤) اثر آللوپاتی خارشتر را بر جوانه‌زنی و محتوای پروتئین‌ها در ذرت و ماش مطالعه کردند.

در هر صورت، بیشتر مطالعات انجام شده در مورد اثر آللوپاتی بر جوانه‌زنی و پارامترهای رشد می‌باشد. شناسایی علف‌های هرز با خاصیت آللوپاتی و میزان تأثیر آن بر جوانه زنی و رشد اولیه محصول در هر منطقه اهمیت ویژه‌ای دارد. چون مطالعات بسیار کمی در مورد توان آللوپاتیک ازمک و خارشتر انجام شده است و اثر آللوپاتی بر جذب عناصر غذایی به ندرت مطالعه شده است و از آنجایی که این گیاهان از علف‌های هرز مهم مزارع گندم هستند، این آزمایش با هدف بررسی توان آللوپاتیک این علف‌های هرز بر جذب مواد معدنی در شرایط محیطی در گندم طراحی شد.

## مواد و روش‌ها

**جمع‌آوری گیاهان و برداشت خاک:** بوته‌های ازمک و خارشتر از مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب با مختصات جغرافیایی (UTM) ٥٩٥٤٢٨ متر طول شرقی و ٤٠٩٦٤٥٦ متر عرض شمالی جمع‌آوری و خشک شدند. خاک اطراف ریشه (منطقه ریزوسفر) جهت بررسی خاصیت دگرآسیبی ریشه گیاهان ازمک و خارشتر جمع‌آوری شد. خاک شاهد (فاقد مواد آللوکمیکال) نیز از فاصله چند متری فاقد گیاه جهت مقایسه جمع‌آوری شد.

**کشت گلدانی:** گیاهان گندم در گلدان های حاوی خاک جمع‌آوری شده از محیط ریزوسفر گیاهان ازمک و خارشتر و خاک شاهد (فاقد مواد آللوکمیکال که از فاصله چند متری فاقد گیاه جمع‌آوری شده بود) در شرایط محیطی کشت شدند. بعد از ۳۰ روز نمونه ها برداشت شد. بافت خاک جمع‌آوری شده سیلت لومی (۲۳ درصد شن، ۵۵ درص سیلت و ۲۲ درصد رس) بود.

به منظور اندازه‌گیری یون‌ها بعد از برداشت قسمت‌های مختلف گیاه (ریشه و اندام‌هوایی) جدا شد و به مدت ٤٨ ساعت داخل فویل آلومینیومی در آون ٧٠°C خشک شدند. استخراج و سنجش یون‌ها در ریشه و اندام‌هوایی گیاهان گندم انجام شد.

**استخراج و سنجش یون‌های گیاه:** ۵۰ میلی‌گرم ماده خشک ریشه و برگ در فالکون‌های ۱۰ میلی‌لیتری توزین و ۲ میلی‌لیتر $HNO_3$ 1 M/l اضافه شد. بعد از ۱۲ ساعت، نمونه ها ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شدند. بعد ٤ میلی‌لیتر آب دیونیزه اضافه و مجددا ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. بعد از سانتریفوژ در ۵۰۰۰ rpm حجم نمونه‌ها با آب دیونیزه به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و این عصاره‌ها برای سنجش یون‌ها استفاده شدند (Walker et al., 2004).

میزان کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مس (Cu) و روی (Zn) عصاره‌های گیاهان گندم با دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (Shimizo AA6300)، پتاسیم (K) با دستگاه فلیم

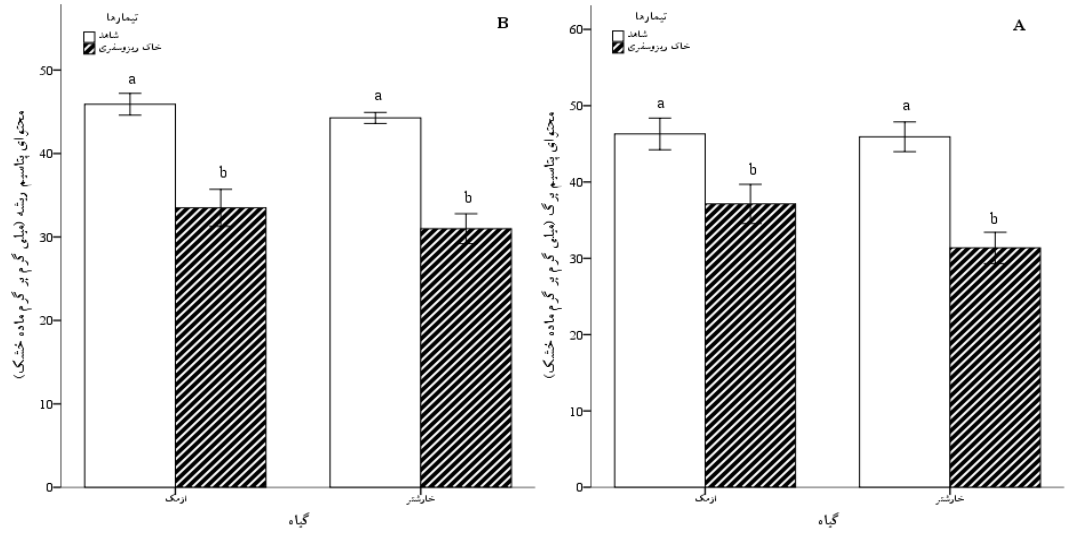
فتومتر، فسفر (P) به روش Murphy و Riley (۱۹۶۲)، همچنین نیترات ($NO_3^-$) به روش سالیسیلیک اسید (Cataldo et al., 1975) با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری با نرم‌افزار SPSS (Version 19.0) انجام و سپس میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن ($P<0.05$) با یکدیگر مقایسه گردیدند. نمودارها نیز با نرم افزار SPSS رسم شدند. آنالیز واریانس نیز به منظور نشان دادن تفاوت بین تیمارها انجام شد. جهت مقایسه گیاهان آنالیز GLM (General Linear Model) انجام شد. میزان همبستگی ($P<0.05$) بین عناصر نیز تعیین شد.

## نتایج

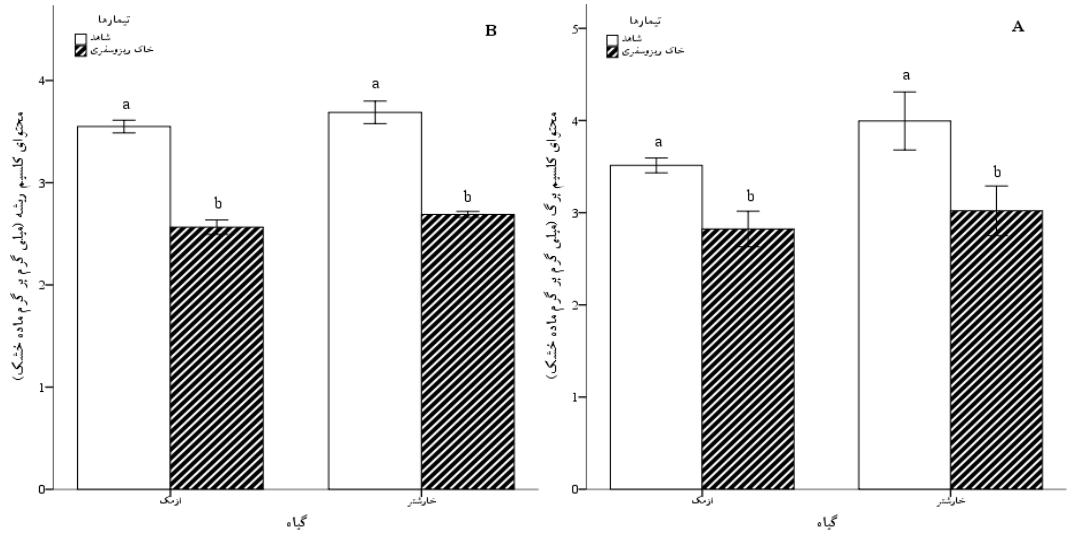
**اثر آللوپاتی بر عناصر غذایی پرمصرف در گیاه:** آللوپاتی به طور معنی‌داری ($P<0.05$) محتوای عناصر غذایی را در برگ و ریشه گیاه گندم کاهش داد.

**پتاسیم ($K^+$):** شکل ۱ محتوای پتاسیم را در برگ و ریشه گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که محتوای $K^+$ در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت، کاهش در برگ و ریشه گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر بیشتر از ازمک بود. میزان کاهش در برگ‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ۲۰ درصد و در خارشتر ۳۱/۸ درصد بود. این کاهش در ریشه‌ها به‌ترتیب ۲۷ درصد برای ازمک و ۳۰ درصد برای خارشتر بود. آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت در محتوای $K^+$ بین گیاهان، تیمارها و اثرات متقابل گیاه × تیمار در برگ گیاهان گندم معنی‌دار ($P<0.05$) بود، همچنین تفاوت بین تیمارها در ریشه معنی‌دار بود.




**شکل ۱:** محتوای پتاسیم ($K^+$) در برگ (A) و ریشه (B) گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*). حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.

**کلسیم ($Ca^{2+}$):** محتوای $Ca^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت، کاهش در برگ گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر بیشتر از ازمک بود (شکل ۲). میزان کاهش در برگ‌های گندم تحت تیمار ازمک ۲۰ درصد و در خارشتر ۲۵ درصد بود. این کاهش در ریشه‌ها برای هر دو گیاه ۲۰ درصد بود. آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت در محتوای $Ca^{2+}$ بین گیاهان و تیمارها در برگ و ریشه گیاهان گندم معنی‌دار ($P<0.05$) بود.




**شکل ۲:** محتوای کلسیم ($Ca^{2+}$) در برگ (A) و ریشه (B) گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*). حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.

**منیزیم ($Mg^{2+}$):** جدول ۱ محتوای $Mg^{2+}$ را در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. محتوای $Mg^{2+}$ در برگ گیاهان گندم تحت تیمار آللوپاتی تغییر معنی‌داری ($P<0.05$) نداشت و تنها تفاوت در ریشه ازمک معنی‌دار بود.

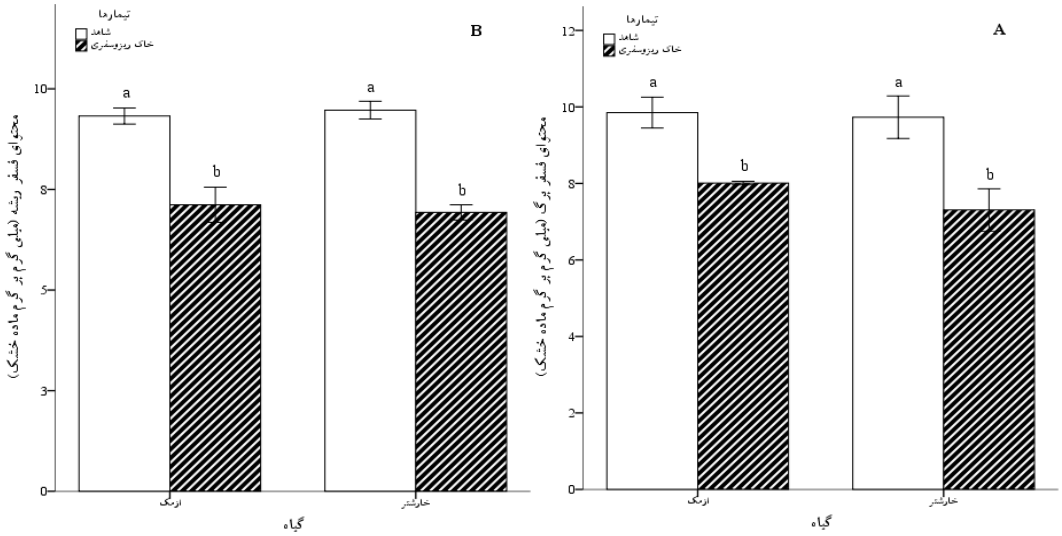
**جدول ۱:** محتوای منیزیم ($Mg^{2+}$)، روی ($Zn^{2+}$) و منگنز ($Mn^{2+}$) برگ و ریشه گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*).

| تیمارها | محتوای $Mg^{2+}$ برگ (mg/gDW) | محتوای $Mg^{2+}$ ریشه (mg/gDW) | محتوای $Zn^{2+}$ برگ (µg/gDW) | محتوای $Zn^{2+}$ ریشه (µg/gDW) | محتوای $Mn^{2+}$ برگ (µg/gDW) | محتوای $Mn^{2+}$ ریشه (µg/gDW) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ازمک | | | | | | |
| شاهد | ۰/٦۳±۰/۰۰ a* | ۰/٦٤±۰/۰۰ a | ۱۳۲/۰۰±۰/۰۰ a | ۱۳۵/۵۰±۰/۵۰ a | ۱۸۸/۵۰±۰/۵۰ a | ۱۸۸/۵۰±۰/۵۰ a |
| خاک ریزوسفری | ۰/٦۳±۰/۰۰ a | ۰/٦۲±۰/۰۰ b | ۱۳۲/۵۰±۰/۵۰ a | ۱۳۲/۰۰±۰/۰۰ a | ۱۸۸/۰۰±۰/۰۰ a | ۱۸۸/۰۰±۰/۰۰ a |
| خارشتر | | | | | | |
| شاهد | ۰/٦۲±۰/۰۰ a | ۰/٦۳±۰/۰۰ a | ۱۳۱/۵۰±۰/۵۰ a | ۱۳۳/۰۰±۰/۰۰ a | ۱۸۹/۵۰±۰/۵۰ a | ۱۸۷/۵۰±۰/۵۰ a |
| خاک ریزوسفری | ۰/٦۲±۰/۰۰ a | ۰/٦۳±۰/۰۰ a | ۱۳۰/۰۰±۰/۰۰ a | ۱۳۱/۵۰±۰/۵۰ a | ۱۸۸/۰۰±۱/۰۰ a | ۱۸٦/۰۰±۰/۰۰ a |

*حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.

**فسفر (P):** شکل ۳ محتوای فسفر را در برگ و ریشه گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که محتوای P در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت، کاهش در برگ و ریشه گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر بیشتر از ازمک بود. میزان کاهش در برگ‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ۱۹ درصد و در خارشتر ۲٤ درصد بود. آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت در محتوای P بین تیمارهای مختلف آللوپاتی در برگ و ریشه گیاهان گندم معنی‌دار ($P<0.05$) بود.

**نیترات ($NO_3^-$):** محتوای $NO_3^-$ در برگ و ریشه گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت، کاهش در برگ و ریشه گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر بیشتر از ازمک بود (شکل ٤). میزان کاهش در برگ‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ١٦ درصد و در خارشتر ٢٧ درصد بود. کاهش در ریشه‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ۱۹ درصد و در خارشتر ٢٤ درصد بود. آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت در محتوای $NO_3^-$ بین تیمارهای مختلف آللوپاتی در برگ و ریشه گیاهان گندم معنی‌دار ($P<0.05$) بود.



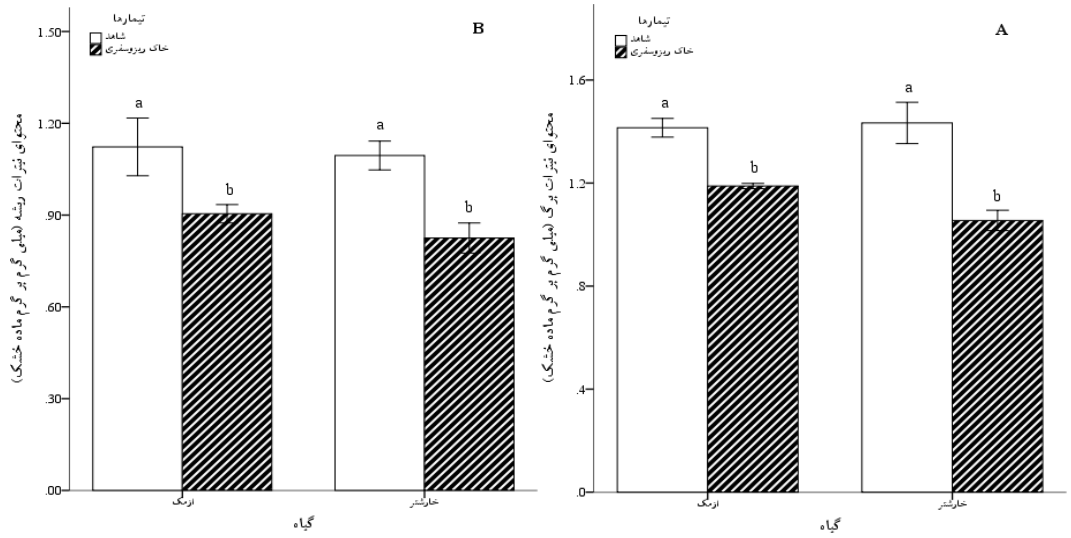

**شکل ۳:** محتوای فسفر (P) در برگ (A) و ریشه (B) گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*). حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.

## عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه و عناصر کم‌مصرف در خاک

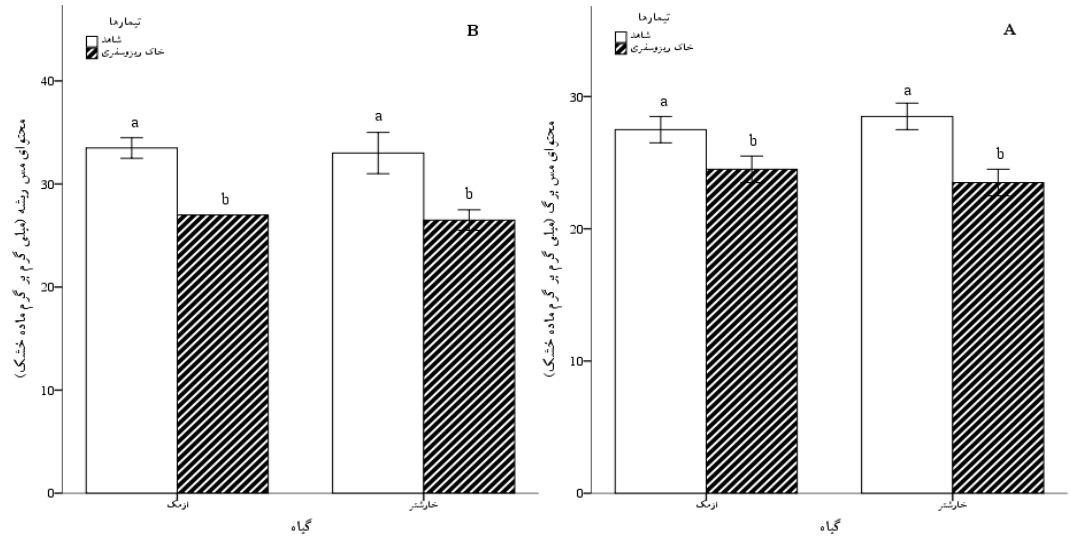
**روی ($Zn^{2+}$):** جدول ۱ محتوای $Zn^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. محتوای $Zn^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم تحت تیمار آللوپاتی تغییر معنی‌داری ($P<0.05$) نداشت. آنالیز واریانس نشان داد که تنها تفاوت در محتوای $Zn^{2+}$ بین تیمارها در ریشه و بین گیاهان و اثرات متقابل گیاه × تیمار در برگ معنی‌دار ($P<0.05$) بود.

**مس ($Cu^{2+}$):** شکل ۵ محتوای مس را در برگ و ریشه گیاهان گندم و خاک یک ماه پس از کشت در

خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که محتوای $Cu^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت، کاهش در برگ گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر بیشتر از ازمک بود. میزان کاهش در برگ‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ۱۱ درصد و در خارشتر ۱۷/۵ درصد بود. آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت در محتوای $Cu^{2+}$ بین تیمارهای مختلف آللوپاتی در برگ و ریشه گیاهان گندم و معنی‌دار ($P<0.05$) بود.



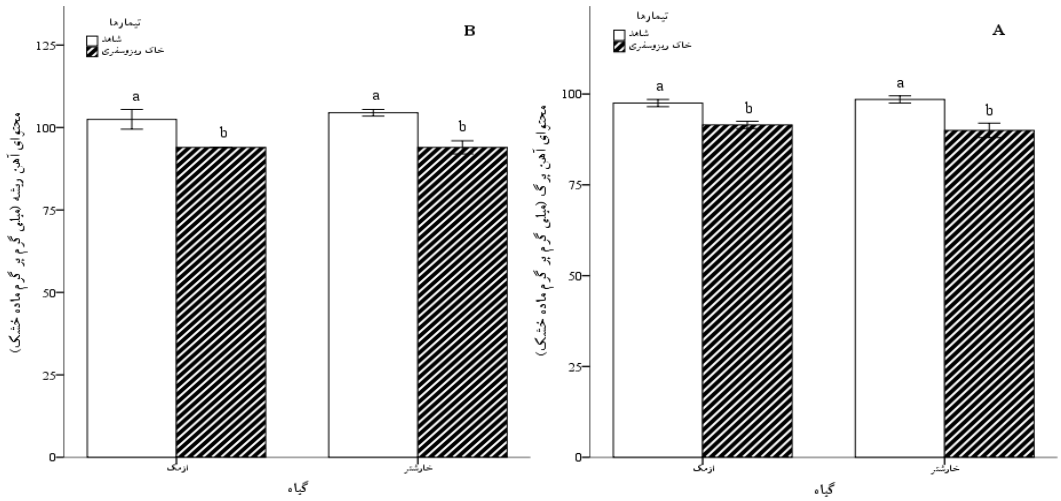

**شکل ٤:** محتوای نیترات ($NO_3^-$) در برگ (A) و ریشه (B) گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*). حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.




**شکل ٥:** محتوای مس ($Cu^{2+}$) در برگ (A) و ریشه (B) گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*). حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.

**منگنز ($Mn^{2+}$)**: جدول ۱ محتوای $Mn^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. محتوای $Mn^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم تحت تیمار آللوپاتی تغییر معنی‌داری ($P<0.05$) نداشت. آنالیز واریانس نشان داد که در برگ تفاوت در محتوای $Mn^{2+}$ بین تیمارها و بین گیاهان معنی‌دار ($P<0.05$) بود. در ریشه هیچ‌یک از تفاوت‌ها معنی‌دار نبود.

**آهن ($Fe^{2+}$)**: شکل ٦ محتوای آهن را در برگ و ریشه گیاهان گندم و خاک یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که محتوای $Fe^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم کشت شده در خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش یافت، کاهش در برگ و ریشه گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری خارشتر بیشتر از ازمک بود. میزان کاهش در برگ‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ٦/٢ درصد و در خارشتر ٨/٦ درصد بود. همچنین میزان کاهش در ریشه‌های گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک ٨/٣ درصد و در خارشتر ١٠ درصد بود. آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت در محتوای $Fe^{2+}$ بین تیمارهای مختلف آللوپاتی در برگ و ریشه گیاهان گندم معنی‌دار ($P<0.05$) بود.




شکل ٦: محتوای آهن ($Fe^{2+}$) در برگ (A) و ریشه (B) گیاهان گندم یک ماه پس از کشت در خاک ریزوسفری ازمک (*C. draba*) و خارشتر (*A. maurorum*). حروف لاتین متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارها طبق آزمون دانکن است.

**بحث**

آللوپاتی یک پدیده اکولوژیکی طبیعی است که از زمان‌های قدیم در کشاورزی شناخته و استفاده شده است. آللوکمیکال‌ها موادی هستند که معمولا به صورت متابولیت‌های ثانویه گیاهی تولید می‌شوند. استفاده از محصولات دارای خاصیت آللوپاتی در کشاورزی اخیرا شناخته شده است (Silva et al., 2014).

اثر مواد آللوشیمیایی بر جذب یون‌ها به میزان زیاد با غلظت آنها و نوع مواد آللوشیمیایی مرتبط است. مثلا غلظت کم دی بوتیل فتالات جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد، ولی جذب فسفر و پتاسیم را کاهش می‌دهد. به هر حال غلظت بالای این مواد آللوشیمیایی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را مهار می‌کند. به طور مشابه غلظت پایین دی فنیل آمین جذب نیتروژن و پتاسیم را تحریک و جذب فسفر را به وسیله

ریشه‌های گوجه‌فرنگی مهار می‌کند (Geng et al., 2009). برخی ترکیبات فنولی جذب $K^+$ و $NO_3^-$ را در بافت‌های گیاهی مهار می‌کنند (Baziramakenga, 1994).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کشت گیاهان گندم در خاک ریزوسفری خارشتر و ازمک جذب عناصر غذایی پرمصرف ($K^+$، $Ca^{2+}$، $NO_3^-$ و P) و عناصر غذایی کم‌مصرف ($Fe^{2+}$ و $Cu^{2+}$) را در ریشه و برگ گیاهان کاهش داد و جذب $NO_3^-$، $K^+$، P و $Cu^{2+}$ بیشتر از سایر عناصر کاهش یافت. به نظر می‌رسد اثر آللوپاتی ازمک و خارشتر مربوط به مواد آللوشیمیایی آزاد شده از ریشه این گیاهان است که در خاک ریزوسفری وجود دارد.

Lv و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که سینامیک اسید و پارا هیدروکسی بنزوئیک اسید، مواد آللوشیمیایی اصلی در مواد ترشح شده از ریشه خیار هستند و فعالیت دهیدروژنازها، ATP آزها و نیترات ردوکتازهای ریشه خیار را مهار کرده و بنابراین جذب $NO_3^-$ و $K^+$ را در ریشه مهار می‌کنند. در مطالعه حاضر همبستگی مثبت معنی‌داری ($P<0.01$, r>0.87) بین محتوای $K^+$ و $Ca^{2+}$ و نیز بین محتوای P و $NO_3^-$ در برگ و ریشه گیاهان گندم وجود داشت.

به خوبی ثابت شده است که ترکیبات سمی مثل p- کوماریک، p- هیدروکسی بنزوئیک، سیرینجیک، وانیلیک، فرولیک و O- هیدروکسی فنیل استیک اسید، با عناصر غذایی به خصوص نیتروژن دارای برهم‌کنش‌اند (Field et al., 2006). فنول‌ها و ترپنوئیدها احتمالا نقش مهمی در مهار نیتریفیکاسیون دارند (White, 1994). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که محتوای $NO_3^-$ به خصوص در برگ گیاهان گندم کاهش یافت، که می‌تواند مربوط به برهم‌کنش متابولیت‌های ثانویه با نیتروژن و اثر مهاری آنها بر عملکرد نیترات ردوکتاز باشد.

اثر آللوپاتی بر میزان جذب عناصر و محتوای عناصر در گیاهان زراعی به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است. Yuan و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که اثر مواد آللوشیمیایی مثل فرولیک اسید، بنزآلدهید و بوتیل بنزوئیک اسید با جذب نیتروژن در دانه رست‌های گندم همبستگی منفی دارد. در مطالعه حاضر همبستگی مثبت معنی‌داری ($P<0.01$, r>0.87) بین محتوای $Ca^{2+}$ و محتوای P و $NO_3^-$ در برگ و ریشه گیاهان گندم وجود داشت. همچنین همبستگی مثبت معنی‌داری ($P<0.01$, r>0.87) بین محتوای $Fe^{2+}$ و محتوای $Cu^{2+}$ در برگ و ریشه گیاهان گندم مشاهده شد.

مواد آللوشیمیایی فنولی می‌توانند گیاهان را از جذب عناصر غذایی از محیط اطراف ممانعت کنند و بر رشد طبیعی گیاهان اثر بگذارند (Li et al., 2010). Yu و Matsui (۱۹۹۷) مشاهده کردند که سینامیک اسید و مواد ترشح شده از ریشه خیار جذب $NO_3^-$، $SO_4^{2-}$، $K^+$، $Ca^{2+}$، $Mg^{2+}$ و $Fe^{2+}$ را در دانه‌رست‌های خیار مهار می‌کند. در مطالعه حاضر در گیاهان کشت شده در خاک ریزوسفری ازمک و خارشتر جذب $Mg^{2+}$، $Zn^{2+}$ و $Mn^{2+}$ تحت تاثیر قرار نگرفت، ولی جذب سایر عناصر غذایی (پرمصرف و کم‌مصرف) کاهش یافت.

## نتیجه‌گیری نهایی

آللوپاتی گیاهان خارشتر و ازمک محتوای عناصر گیاه گندم به خصوص عناصر غذایی پرمصرف را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. اثر آللوپاتی خارشتر به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) بیشتر از ازمک بود. همبستگی مثبت معنی‌داری ($P<0.01$, r>0.87) بین محتوای فسفر و نیترات در برگ و ریشه گیاهان گندم وجود داشت.

**References**


**Baziramakenga, R., Simard, R.R. and Leroux, G.D. (1994).** Effects of benzoic and cinnamic acids on growth, mineral composition, and chlorophyll content of soybean. Journal of Chemical Ecology. 20: 2821-2833.

**Bergmark, C.L., Jackson, W.A., Volk, R.J. and Blum, U. (1992).** Differential inhibition by ferulic acid of nitrate and ammonium uptake in *Zea mays* L. Plant Physiology. 98: 639-645.

**Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E. and Youngs, V.L. (1975).** Rapid colorimetric determination in plant tissues by nitration of salisylic acid. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 6: 71-80.

**Cheng, F. and Cheng Z. (2015).** Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. Frontiers in Plant Science. 6:1020-1025.

**FAO. (2010).** Food and agriculture organization of the United Nations. Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.

**Field, B., Jordan, F. and Osbourn, A. (2006).** First encounters–deployment of defence-related natural products by plants. New Phytologist. 172: 193–207.

**Geng, G.D., Zhang, S.Q. and Cheng, Z.H. (2009).** Effects of different allelochemicals on mineral elements absorption of tomato root. China Vegetables. 4: 48-51.

**Houssien, A.A., Ismail, A.A. and Sabra, F.S. (2014).** Allelopathic assessment of aqueous extract of *Alhagi maurorum* and Sorghum bicholor. Egyptian Journal of Plant Production and Research. 2(4): 56-73.

**Kiemnec, G.L. and Mcinnis, M.L. (2002).** White top (*Cardaria draba*) Root extract reduce germination and root growth of five plant species. Weed Technology. 16: 231- 234.

**Li, Z.H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.D. and Jiang, D.A. (2010).** Phenolics and plant allelopathy. Molecules. 15: 8933-8952.

**Lv, W.G., Zhang, C.L., Yuan, F. and Peng, Y. (2002).** Mechanism of allelochemicals inhibiting continuous cropping cucumber growth. Chinese agricultural science. 35: 106-109.

**Murphy, J. and Riley, J.P. (1962).** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta. 27: 31-36.

**Rice, E.L. (1984).** Allelopathy, 2nded. New York, Academic Press.

**Saleh, A.M. and Madany, M. (2014).** Investigation of allelopathic potential of *Alhagi graecorum* Boiss. Asia Journal of Agricultural Research. 8(1): 42-50.

**Samad, M.A., Rahman, M.M., Hossaini, A.K.M.M., Rahman, M.S. and Rahman, S.M. (2008).** Allelopathic effects of five selected weed species on seed germination and seedling growth of corn. Journal of Soil and Nature. 2: 13-18.

**Slafer, G.A. (1994).** Genetic improvement of field crops. Marcel Dekker Inc. pp. 470.

**Silva, R.M.G., Brante, R.T., Santos, V.H.M., Mecina, G.F. and Silva, L.P. (2014).** Phytotoxicity of ethanolic extract of turnip leaves (*Raphanus sativus* L.). Bioscience Journal. 30: 891-902.

**Walker, R.R., Blackmore, D.H., Clingeleffer, P.R. and Correll, R.L. (2004).** Rootstock effects on salt tolerance of irrigated field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultana) 2. Ion concentrations in leaves and juice. Australian Journal of Grape Wine and Research. 10: 90-99.

**White, C.S. (1994).** Monoterpenes: Their effects on ecosystem nutrient cycling. Journal of Chemical Ecology.20: 1381-1406.

**Yu, J.Q. and Matsui, Y. (1997).** Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings. Journal of Chemical Ecology. 23: 817-827.

**Yuan, G.L., Ma, R.X., Liu, X.F. and Sun, S.S. (1998).** Effect of allelochemicals on nitrogen absorption of wheat seeding. Chinese Journal of Eco-Agriculture. 2:39-41.