مقاله تحقیقی

اثرات کاربرد پتاسیم و ژیبرلین به طور جداگانه و توأم بر جذب عناصر معدنی پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در گیاه عدس (*Lens culinaris* L.)

گیتی برزین *[۱]، رمضانعلی خاوری‌نژاد [۲]، حمید فهیمی [۲]، سلین سینک [۳]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، گروه زیست‌شناسی، اسلامشهر، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زیست‌شناسی، تهران، ایران
۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه زیست‌شناسی، تهران، ایران

***مسؤول مکاتبات:** دکتر گیتی برزین،گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، صندوق پستی: ۳۳۱۳۵/۳۶۹، پست الکترونیکی:gitibarzin@iiau.ac.ir

مکان انجام تحقیق: گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۹ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱۷

چکیده

هدف از این بررسی، اثرات پتاسیم و اسید ژیبرلیک به‌صورت جداگانه و توأم بر جذب عناصر پر مصرف پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در گیاه عدس بود. ابتدا بذرهای عدس محیط کشت پرلیت کشت داده شد. دانه‌ها به مدت ۷ روز با آب مقطر آبیاری گردید. سپس تیمارهای پتاسیم در غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌مولار و ژیبرلیک اسید با غلظت‌های ۰، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار به صورت جداگانه و توأم همراه با محلول غذایی هوگلند رقیق به مدت ۳۰ روز اعمال گردید. گیاهانی که محلول غذایی آنها بدون تیمار پتاسیم و ژیبرلین بودند، به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. سپس مقادیر پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در ریشه و اندام هوایی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور سنجش عناصر و تهیه عصاره کاتیونی از روش خاکستر خشک استفاده شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم، کلسیم و منیزیم از دستگاه جذب اتمی اشعه و فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت‌های پتاسیم و ژیبرلین بطور جداگانه و همچنین با هم، به طور معنی‌داری موجب افزایش جذب پتاسیم و فسفر و کاهش جذب کلسیم و منیزیم می‌شود. این تحقیق نشان داد که افزودن پتاسیم یا GA_3 به کود، باعث افزایش غلظت‌های پتاسیم و فسفر در گیاه عدس می‌گردد که البته با کاهش سطوح کلسیم و منیزیم گیاه همراه است.

واژه‌های کلیدی: عدس، پتاسیم، ژیبرلین، تغذیه معدنی، عناصر پرمصرف

مقدمه

پتاسیم یکی از کاتیون‌های مهم و ضروری برای رشد و نمو گیاه است (۱). این عنصر، فراوان‌ترین کاتیون در سلول‌های گیاهی است و در گیاه به صورت کاتیون K^+ جذب می‌شود (۲). پتاسیم نقش مهمی شامل نگهداری پتانسیل غشایی، خنثی‌کننده گروه‌های آنیونی، تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی، هومئوستازی یونی، فعالیت آنزیم و انتقال سیگنال در سطح سلول را ایفا می‌کند (۳). همچنین مشخص

شده است که میزان جذب عناصر معدنی، تحت تاثیر سطوح مختلف پتاسیم قرار می‌گیرد (۴). از طرفی، به علت تحرک زیاد K^+ در گیاهان و تجمع نسبتاً زیاد آن در سیتوپلاسم در مقایسه با سایر کاتیون‌های ضروری، کمبود K^+ اغلب در بیشتر خاک‌ها مشاهده می‌شود. مطالعه بر روی پاسخ گیاهان به تغییر عناصر در محیط‌های رشد حائز اهمیت است؛ چرا که تغییر در شرایط تغذیه‌ای، باعث تغییرات وسیع در پاسخ‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌شود (۵،۶). ژیبرلین‌ها نیز بسیاری از اعمال فیزیولوژیکی، از جوانه‌زنی بذر تا گل‌دهی و تشکیل میوه در گیاهان را کنترل می‌کنند (۷). این هورمون با تحریک تقسیم سلولی و یا طویل شدن سلول‌ها موجب افزایش رشد، به ویژه در اندام‌های هوایی گیاهان مختلف می‌شوند (۸). ژیبرلین‌ها علاوه بر تحریک رشد، سبب افزایش رشد طولی برگ (۹) و افزایش محتوای پتاسیم ریشه و اندام هوایی، در گیاهان تحت تنش شوری می‌شوند (۱۰) .از طرفی، گزارش شده است که جذب K^+ توسط GA_3 افزایش می‌یابد (۱۱). بنابراین، مطالعه اثرات KCl بر روی هورمون‌های گیاهی و تأثیر آن بر روند تنظیم جذب K^+، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۲). اثرات هورمون ژیبرلین در گیاه و نیز پتاسیم که دارای نقش‌های متعددی در گیاهان است، می‌تواند در فرآورده‌های متابولیکی عدس تغییراتی را ایجاد نماید. همچنین، نظر به تحقیقات اندک پیرامون مسائل و مشکلات مربوط به گیاه عدس و ارزش غذایی آن، این پژوهش طرح‌ریزی شد. هدف از پژوهش حاضر، برهمکنش غلظت‌های پتاسیم و ژیبرلین بر روی جذب چهار عنصر پر مصرف پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم است، به طوری که بتوان با استفاده از غلظت‌های مناسب این دو در محیط، رشد را اصلاح کرد.

مواد و روش‌ها

بذور عدس اصلاح شده، از موسسه اصلاح تحقیقات دیم‌فرآرود (کرمانشاه) تهیه و پس از مراحل شستشو و سترون‌سازی، به محیط کشت پرلیت انتقال یافت. دانه‌ها به مدت ۷ روز با آب مقطر آبیاری شدند. سپس تیمارهای پتاسیم در غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌مولار و ژیبرلیک اسید با غلظت‌های ۰، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار به‌صورت جداگانه و توأم همراه با محلول غذایی هوگلند رقیق (V/V ۲: ۱) به مدت ۳۰ روز اعمال گردید.

به منظور سنجش عناصر، سطح نمونه‌های گیاهی (ریشه – اندام هوایی) با آب بدون یون، شسته شد و سپس نمونه‌ها در ورق‌های آلومینیومی قرار گرفت و به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای 80^oC خشک شد. برای تهیه عصاره کاتیونی، از روش خاکستر خشک استفاده شد. بدین منظور، ۰/۵ گرم ماده خشک گیاهی در بوته چینی به مدت ۸ ساعت در کوره الکتریکی 550^oC قرار داده شد. خاکستر سفید به‌دست آمده، با چند قطره آب مقطر مرطوب گردید. سپس در ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۲/۵ نرمال حل شد و ۲ ساعت روی هیتر 60^oC درجه قرار گرفت. در مرحله بعد، با کاغذ صافی واتمن صاف شده و حجم نهایی محلول کاتیونی با آب بدون یون به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (۱۲). از این عصاره برای سنجش عناصر استفاده شد و غلظت نهایی عناصر مورد بررسی، بر اساس $mg^{-1}DW$ گزارش شد.

سنجش مقدار کلسیم و منیزیم با کمک استانداردهای مربوط به وسیله اسپکتروسکوپی جذب اتمی (Atomic absorbtion) انجام شد.

برای سنجش پتاسیم، ۱/۹۰۷ گرم KCl در آب دیونیزه حل شد و سپس با استفاده از آب دیونیزه، به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و از آن، محلول‌های با غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ ppm تهیه گردید. از محلول صفر و ۱۰۰ به‌ترتیب برای تنظیم مقدار صفر و ۱۰۰ نشر دستگاه جذب اتمی شعله (Flame Photometer) ، استفاده شد. سپس میزان نشر محلول‌های فوق در دستگاه محاسبه و منحنی استاندارد ترسیم شد. پس از آن، میزان نشر محلول‌های نمونه‌های گیاه خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت هرکدام به دست آمد.

برای سنجش فسفر، ابتدا محلول‌های استاندارد فسفر تهیه گردید. سپس مقدار فسفر با استفاده از معرف بارتُن و به وسیله اسپکتروفتومتر

(Spectrophotometer) در طول موج ۴۵۰ نانومتر به دست آمد و منحنی استاندارد ترسیم گردید.

آزمایش‌ها به صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با ۲ فاکتور و حداقل ۴ تکرار انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری P<۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

محتوای پتاسیم ریشه و اندام هوایی

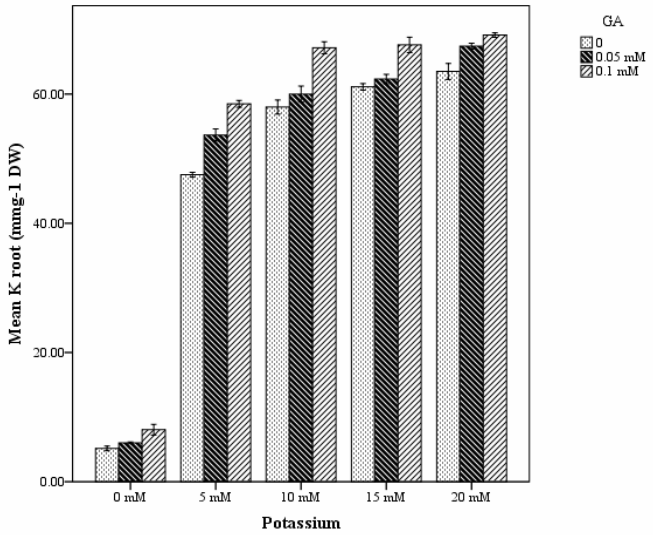
با توجه به جدول و نمودار ۱، با افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی، بر میزان تجمع پتاسیم در ریشه‌ها به طور معنی‌داری (P<0.001) افزوده گردید. این افزایش به صورت معنی‌دار، در همه تیمارها در حضور یا عدم حضور GA_3 مشاهده‌شد؛ به نحوی که بالاترین میزان تجمع پتاسیم، در بیشترین سطح K و GA_3 مشاهده شد.

الگوی تجمع پتاسیم در اندام هوایی، مشابه ریشه‌ها است (جدول و نمودار ۲). افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی، به صورت معنی‌داری (P<0.001) در همه تیمارها نمایان است.

جدول ۱ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای پتاسیم ریشه (mg/g DW) در گیاه عدس (Mean±SE; میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – h) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	5.150±0.362a	6.017±0.13ab	8.050±0.828b
	5	47.517±0.377c	53.667±0.939d	58.483±0.525e
	10	58.00±1.09e	60.00±1.233ef	67. 167±0.939h
	15	61.117±0.513fg	62.333±0.726fg	67.610±1.193h
	20	63.50±1.233g	67.417±0.464h	69.133±0. 361h

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت، h: سطح هشتم شباهت.

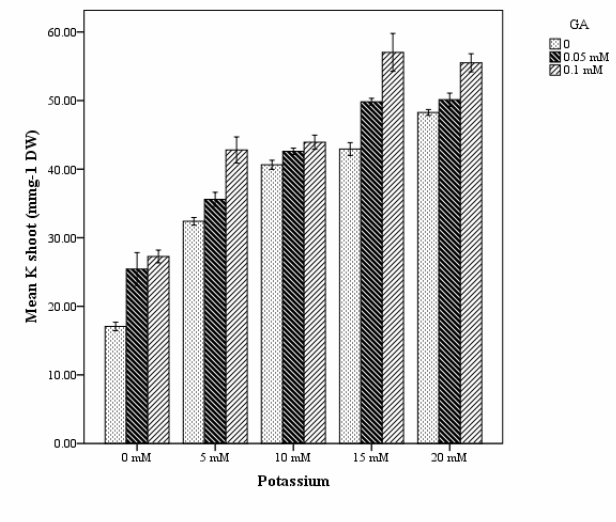


نمودار ۱ - تغییرات محتوای پتاسیم ریشه (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean±SE).

جدول ۲ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای پتاسیم اندام هوایی (mg/g DW) در گیاه عدس؛(Mean ±SE؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – f) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	17.067±0.617a	25.433±2.397b	27.267±0.933b
	5	32.40±0.557c	35.60±1.021c	42.80±1.908d
	10	40.633±0.664d	42.60±0.462d	43.933±1.035d
	15	42.933±0.926d	49.833±0.491e	57.033±2.793f
	20	48.267±0.433e	50.133±0.961e	55.50±1.323f

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت.



نمودار ۲- تغییرات محتوای پتاسیم اندام هوایی (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

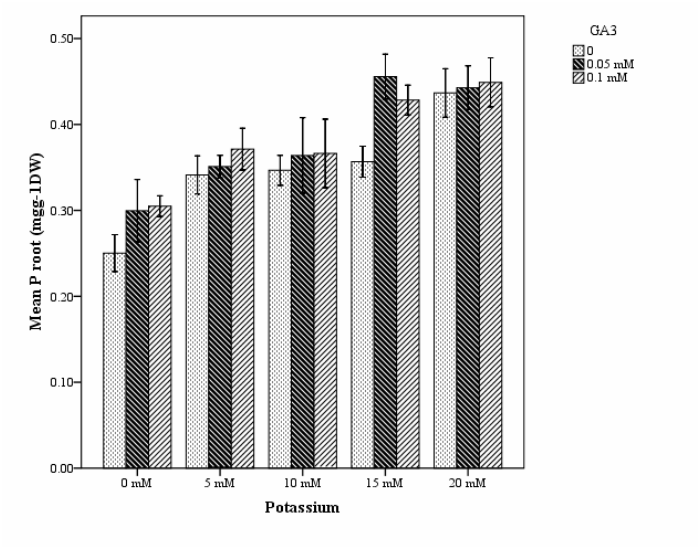
محتوای فسفر ریشه و اندام هوایی

افزایش معنی‌دار (P<0.001) محتوای فسفر ریشه در تیمارهای دارای پتاسیم، متناسب با غلظت پتاسیم در محیط کشت است. این افزایش معنی‌دار در حضور GA_3 در تیمارهای همپایه پتاسیم، به مراتب بیشتر است (جدول و نمودار ۳). تجزیه و تحلیل داده‌های فسفر اندام هوایی نیز همانند ریشه، بیانگر معنی‌دار بودن اثرات جداگانه و برهم‌کنش‌های GA_3 و K بر این پارامتر است؛ به طوری که با افزایش غلظت پتاسیم و ژیبرلین در هر یک از تیمارها به تنهایی و توأم، جذب فسفر توسط اندام هوایی بیشتر می‌شود (جدول و نمودار ۴).

جدول ۳- اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای فسفر اندام هوایی (mg/g DW) در گیاه عدس؛ (Mean ±SE ؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – h) در سطح P < ۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	0.250±0.021a	0.300±0.036ab	0.305±0.012ab
	5	0.341±0.022bc	0.351±0.013bcd	0.371±0.024bcdefg
	10	0.347±0.017bc	0.364±0.044bcdef	0.366±0.04bcdef
	15	0.357±0.018bcde	0.456±0.026g	0.428±0.017cdefg
	20	0.437±0.028defg	0.443±0.026efg	0.449±0.029fg

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت، h: سطح هشتم شباهت.

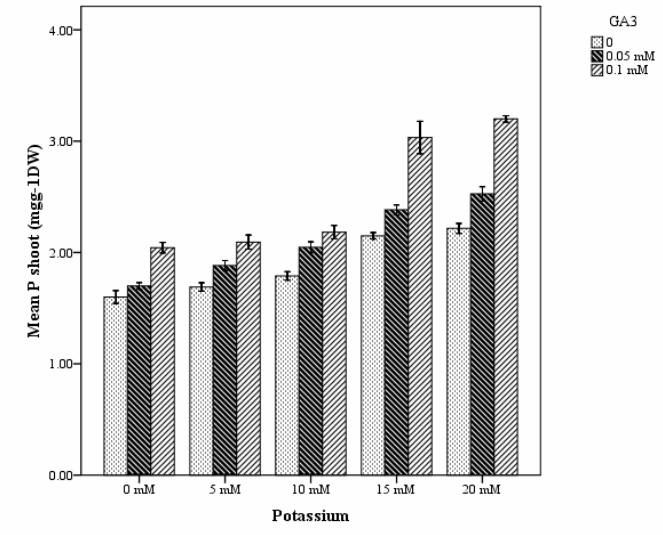


نمودار ۳ - تغییرات محتوای فسفر ریشه (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

جدول ۴ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای فسفر اندام‌هوایی (mg/g DW) در گیاه عدس؛ (Mean ±SE؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – h) در سطح P <۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	1.600±0.058a	1.700±0.029ab	2.043±0.047cd
	5	1.690±0.038ab	1.883±0.044cd	2.093±0.064e
	10	1.790±0.038bc	2.046±0.048de	2.183±0.06e
	15	2.150±0.029e	2.383±0.044fg	3.033±0.145h
	20	2.217±0.044ef	2.527±0.065g	3.200±0.029h

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت، h: سطح هشتم شباهت.



نمودار ۴ - تغییرات محتوای فسفر اندام هوایی (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

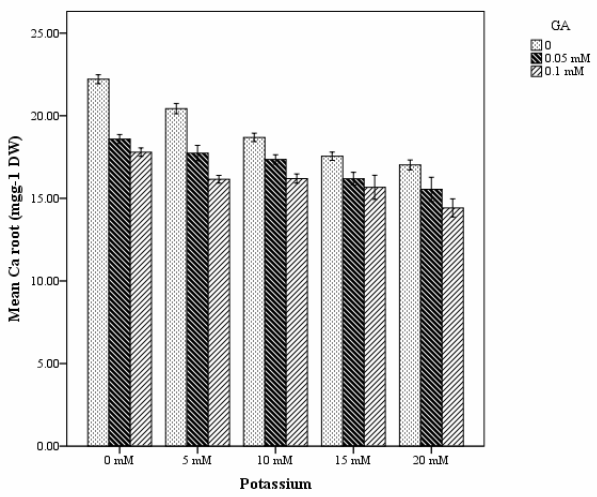
محتوای کلسیم ریشه و اندام هوایی

پاسخ گیاهان عدس به تجمع کلسیم به نحوی است که با افزایش غلظت پتاسیم و ژیبرلین به‌طور جداگانه در همه تیمارها منجر به کاهش معنی‌دار ($P<0.001$) کلسیم در ریشه‌ها می‌شود. تیمارهای توام GA_3 و K، نیز از روند کاهش معنی‌داری ($P<0.05$) در میزان کلسیم تبعیت می‌کند (جدول و نمودار ۵). به طوری که با افزایش غلظت این دو تیمار در محلول غذایی، به تدریج میزان کلسیم ریشه کاهش می‌یابد. محتوای کلسیم اندام هوایی تغییرات محتوای کلسیم اندام هوایی (جدول و نمودار ۶) نیز از الگوی کاهشی مشابه ریشه‌ها پیروی می‌کند ($P<0.001$). به طوری که تیمارهای جداگانه و توام GA_3 و K نیز از روند کاهش معنی‌دار ($P<0.001$) در میزان کلسیم تبعیت می‌کند.

جدول ۵ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای کلسیم ریشه (mg/g DW) در گیاه عدس؛ (Mean ±SE ؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – h) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	22.210±0.274h	18.591±0.269ef	17.795±0.255def
	5	20.430±0.314g	17.737±0.471def	16.153±0.235bc
	10	18.687±0.254f	17.353±0.282cde	16.167±0.28bc
	15	17.550±0.253def	16.190±0.383bc	15.668±0.729b
	20	17.023±0.302cd	15.542±0.734ab	14.424±0.54a

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت، h: سطح هشتم شباهت.

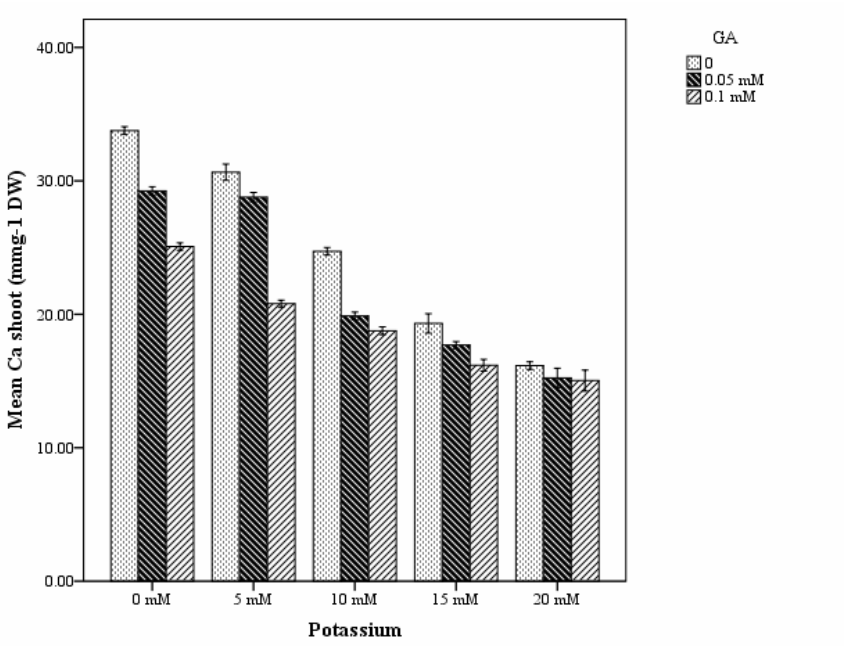


نمودار ۵ - تغییرات محتوای کلسیم ریشه (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

جدول ۶ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای کلسیم اندام هوایی (mg/g DW) در گیاه عدس؛ (Mean ±SE؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – h) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	33.767±0.292h	29.245±0.309f	25.075±0.276e
	5	30.647±0.607g	28.778±0.353f	20.798±0.262d
	10	24.722±0.286e	19.877±0.353cd	18.761±0.292bc
	15	19.316±0.286c	17.697±0.283b	16.183±0.441a
	20	16.150±0.286a	15. 233±0.729a	15.033±0.821a

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت، h: سطح هشتم شباهت.



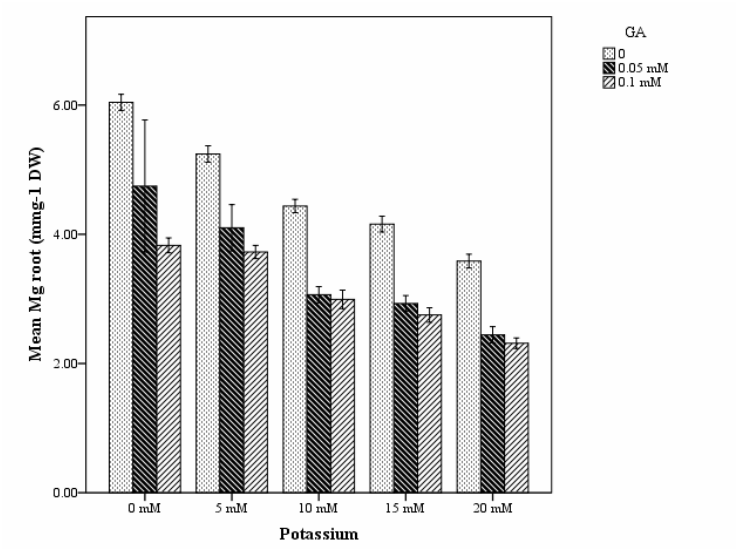
نمودار ۶ - تغییرات محتوای کلسیم اندام هوایی (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

محتوای منیزیم ریشه و اندام هوایی: با توجه به جدول و نمودار ۷، با افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی، از محتوای منیزیم ریشه‌ها به طور معنی‌داری ($P<0.001$) کاسته می‌شود. این کاهش به طور معنی‌دار ($P<0.001$)، در همه تیمارها در حضور یا عدم‌حضور GA_3 مشاهده می‌شود؛ به نحوی که کمترین میزان تجمع منیزیم، در بیشترین سطح K و GA_3 به چشم می‌خورد. الگوی تجمع منیزیم در اندام هوایی، مشابه ریشه‌ها است (جدول و نمودار ۸). کاهش محتوای منیزیم اندام هوایی به صورت معنی‌داری ($P<0.001$) در همه تیمارها نمایان است (جدول و نمودار ۸). بر همکنش‌های GA_3 و K، باعث کاهش این پارامتر می‌شود.

جدول ۷ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای منیزیم ریشه (mg/g DW) در گیاه عدس؛ (Mean ±SE؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – g) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	6.042±0.125g	4.747±1.024ef	3.829±0.115cde
	5	5.243±0.127fg	4.10±0.359de	3.727±0.102bcd
	10	4.438±0.103defg	3.065±0.125abc	2.993±0.143abc
	15	4.157±0.122de	2.929±0.122abc	2.751±0.113ab
	20	3.589±0.111bcd	2.443±0.125a	2.313±0.082a

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت.

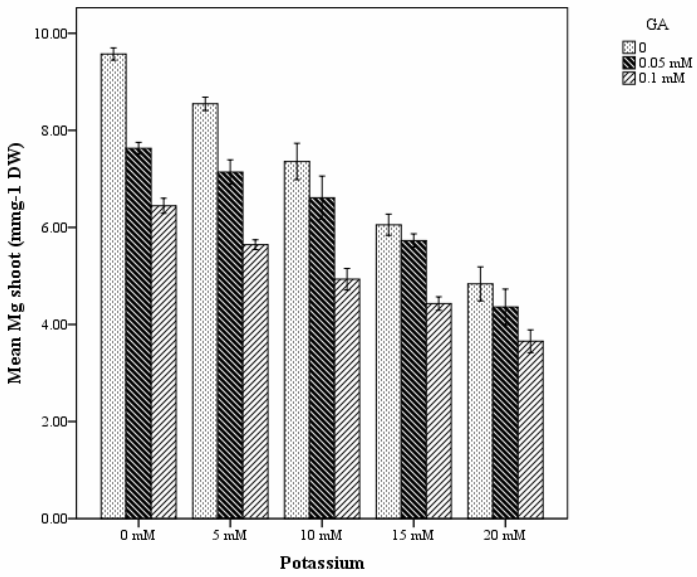


نمودار ۷ - تغییرات محتوای منیزیم ریشه (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

جدول ۸ - اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر محتوای منیزیم اندام هوایی (mg/g DW) در گیاه عدس؛ (Mean ±SE ؛ میانگین‌ها با حروف نامشابه (a – k) در سطح P <۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد).

Treatment		GA_3 (mM)		
		0	0.05	0.1
K (mM)	0	9.573±0.128k	7.630±0.122i	6.446±0.156efg
	5	8.547±0.139j	7.140±0.251ghi	5.645±0.101cd
	10	7.358±0.376hi	6.612±0.447fgh	4.932±0.223bc
	15	6.054±0.219def	5.730±0.139de	4.431±0.139ab
	20	4.836±0.359b	4.361±0.370ab	3.655±0.234a

a: سطح اول شباهت، b: سطح دوم شباهت، c: سطح سوم شباهت، d: سطح چهارم شباهت، e: سطح پنجم شباهت، f: سطح ششم شباهت، g: سطح هفتم شباهت، h: سطح هشتم شباهت، k: سطح نهم شباهت.



نمودار ۸ - تغییرات محتوای منیزیم اندام هوایی (mg/g DW) در تیمارهای مختلف پتاسیم و ژیبرلین در گیاه عدس (Mean ±SE).

بحث

در پژوهش حاضر، با افزایش غلظت پتاسیم، مقدار کلسیم در ریشه و اندام هوایی کاهش یافته است که این امر، نتیجه رقابت بین عنصر پتاسیم و کلسیم است، به طوری که افزایش پتاسیم از جذب و انتقال کلسیم تا حدودی جلوگیری کرده است. از طرفی، افزایش غلظت ژیبرلین در تمام تیمارها سبب کاهش مقدار کلسیم در ریشه و اندام هوایی شده است که نشان می‌دهد تشدید رشد توسط ژیبرلین، سبب جذب بیشتر پتاسیم شده و در نتیجه، جذب کلسیم کاهش یافته است. تحقیقات نشان داده است که در گیاه آفتابگردان با افزایش میزان پتاسیم، سطوح کلسیمی ساقه کاهش می‌یابد که این کاهش ممکن است با اثرات دیگری مانند تأثیر در ساختمان غشاء و نفوذپذیری آن، ترکیبات دیواره سلولی و مراحل فیزیولوژیکی دیگری همراه باشد. تغذیه KCl تجمع سطوح بالای پتاسیم را در سلول‌های آفتابگردان القاء می‌کند (۱۲).

همچنین در گیاه پنبه غلظت بالای پتاسیم برگ، متناسب با میزان تغذیه پتاسیمی است؛ به‌طوری که افزایش میزان تغذیه با پتاسیم، باعث افزایش میزان پتاسیم برگ می‌شود (۱۴،۱۵،۱۶). در این پژوهش نیز افزایش پتاسیم محیط، سبب افزایش پتاسیم ریشه و اندام هوایی شده که از نظر فیزیولوژیکی، مورد تایید است. مقدار پتاسیم در ریشه تحت تأثیر افزایش پتاسیم در محیط کشت، به شدت افزایش یافته است که نتیجه وجود پتاسیم نسبتاً زیاد در محیط و جذب آن به وسیله ریشه است. در موقع فعال شدن پمپ‌های یونی تحت تأثیر ATPase و خروج پروتون از ریشه، بیشترین یونی که وارد ریشه می‌شود، پتاسیم است و لذا دور از انتظار نیست که با افزایش غلظت پتاسیم در محیط ریشه، مقدار آن در ریشه افزایش یابد. در اندام‌های هوایی به علت وجود مواد آلی که در رابطه با تنظیم فشار اسمزی است، میزان افزایش پتاسیم در اندام‌های هوایی به نسبت ریشه کمتر بوده است.

از طرف دیگر Chapagand & (2004) Wiesman گزارش داده‌اند که در گیاه گوجه‌فرنگی، تغذیه KCl، محتوای منیزیم برگ را کاهش می‌دهد (۱۷). ضمناً افزودن ۰/۱ میلی‌مول پتاسیم به محیط کشت دانه رست‌های ذرت، تجمع Ca^{2+} و Mg^{2+} را تغییر می‌دهد. افزودن K^{+} به محلول‌های غذایی، غلظت‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} را در بافت ریشه کاهش می‌دهد (۴). همچنین، Tuna و همکاران در سال ۲۰۰۸ گزارش دادند که در گیاه ذرت، تنش شوری، غلظت پتاسیم را در بافت‌های برگ و ریشه، بسیار کاهش داده است (۱۸). همین اثر در رقابت بین Na^{+} و K^{+} است که منجر به کاهش سطح K^{+} درونی در شرایط غلظت نسبتاً زیاد NaCl می‌شود که در گیاه جو نیز به اثبات رسیده است (۱۹،۲۰).

در پژوهش حاضر نیز افزایش غلظت پتاسیم در تمام تیمارها سبب کاهش مقدار منیزیم در اندام هوایی و ریشه شده که این امر نتیجه‌ای از رقابت یونی است. افزایش غلظت ژیبرلین نیز منجر به کاهش منیزیم شده که این کاهش، در اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه بوده است. البته کاهش Mg، تحت تاثیر غلظت نسبتاً زیاد پتاسیم بوده و انتقال آن از ریشه به ساقه تا حدودی کمتر صورت گرفته است.

ضمناً ارتباط مستقیمی بین محتوای هورمون و میزان جذب مواد معدنی مانند P, K, N وجود دارد (۲۱). به طوری‌که جذب K^{+} توسط GA_3 افزایش می‌یابد (۱۱). همچنین Zhenming و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند کاربرد ژیبرلین در گیاه انگور با میزان جذب آب و مواد معدنی مانند پتاسیم را افزایش می‌دهد و باعث تسریع رشد در گیاه می‌شود (۲۳،۲۴). به همین منوال در شرایط تنش شوری، کاربرد GA_3 برگی، جذب پتاسیم را در گیاهان ذرت افزایش می‌دهد (۱۸،۲۲).

همچنین، Ashraf و همکاران در سال ۲۰۰۲ گزارش دادند که در شرایط تنش شوری، استفاده از هورمون GA_3 باعث تجمع پتاسیم در ساقه گندم می‌شود. از طرفی در ذرت، تنش شوری باعث کاهش میزان فسفر در برگ‌ها و ریشه شده است که تیمار با GA_3 منجر به افزایش و تجمع این عنصر در ریشه و ساقه می‌شود (۱۸،۲۵،۲۶).

در پژوهش کنونی نیز افزایش غلظت پتاسیم، سبب افزایش مقدار فسفات توسط گیاه عدس شده است. از آنجایی که پتاسیم، یک کاتیون است و

یون‌های فسفات، آنیون هستند، طبیعتاً جذب یک کاتیون، سبب افزایش جذب آنیون، به ویژه فسفات، در گیاه می‌گردد. به علاوه، جذب یون‌های فسفات به وسیله ریشه گیاه فعال بوده و گیاه می‌تواند تا حدود ۱۰۰۰ برابر فسفات مورد نیاز خود را جذب کند.

ژیبرلین نیز به طور معنی‌داری باعث افزایش جذب فسفر شده که ناشی از تاثیر ژیبرلین بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیسمی مربوط به رشد است که اصولاً به فسفات نیاز دارند. در این رابطه، تاثیر ژیبرلین در بیوسنتز متابولیت‌های آلی، به ویژه ساخته شدن ترکیبات هسته از قبیل DNA که نیاز به فسفات دارد، قابل ذکر است. مطالعات Monge و همکاران در ۱۹۹۴ روی درختان هلو نشان داد که تحت تیمار GA_3، میزان N، Ca و Mn محتوای برگ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در مقابل، در گیاه ماش، تیمار با GA_3 تحت تنش شوری، باعث افزایش محتوای K و Ca می‌شود که این تغییرات، با افزایش سطح برگی و رشد بیشتر ریشه همراه است (۲۷،۲۸).

تحقیقات نشان می‌دهد در گیاهان تحت تنش نمک (شوری) در حضور ژیبرلین، میزان جذب پتاسیم افزایش می‌یابد (۱۰،۱۲). بنابراین، مطالعه اثرات تنش KCl بر روی هورمون‌های گیاهی و تأثیر آن روی تنظیم جذب پتاسیم، مهم است (۱۲).

از طرفی، Xing و همکاران در ۲۰۰۳ نشان دادند که در شرایط تنش خشکی، GA_3 باعث کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی شده که این امر، کاهش آسیب‌های غشایی ناشی از کاهش تغذیه معدنی گیاه را بهبود می‌بخشد. GA_3 همچنین باعث تسریع رشد و افزایش تغذیه در گیاهان تحت تیمار با عنصر مس (Cu) می‌شود (۲۹،۳۰). این امر نشان دهنده اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر میزان جذب عناصر معدنی است.

تقدیر و تشکر

از معاونت محترم پژوهش و فن‌آوری واحد اسلامشهر تشکر و قدرانی می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

1. Ashley, M. K., Grant, M., Grabov, A., 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. J Exp Bot 57: 425-436.
2. Yin, X., Vyn, T. J., 2003. Potassium placement effects on yield and seed composition of No-Till soybean seeded in alternate row widths. Agronomy Journal 95: 126-132.
3. Zhanga, Y., Wangd, Z., Zhanga, L., Caoa, Y., Huanga, D., Tanga, K., 2006. Molecular cloning and stress-dependent regulation of potassium channel gene in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. Pekinensis). Journal of Plant Physiology 163: 968-978.
4. Benlloch, M., Ojeda, M. A., Ramos, J., Navarro, A. R., 1994. Salt sentivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. Plant and Soil 166: 117-123.
5. Ashraf, M., Zafar, Z. U., 1997. Effect of potassium deficiency on growth and some biochemical characteristics in two lines of lentil (*Lens culinaris* Medic). Acta Physiologiae Plantarum 19: 9-15.
6. Leustek, T. H., Saito, K., 1999. Sulfate transport and assimilation in plants. Plant Physiol 120: 637-643.
7. Swain, S. M., Singh, D. P., 2005. Tall tales from sly dwarves: novel functions of gibberellins inplant development. Trends Plant Sci 10: 123-129.
8. Morvan-Betrand, A., Ernstsen, A., Lingrad, B., Koshioka, M., Le Saos, J., Baucaud, J., Prud, M. P., Junttila, O., 2001. Endogenous gibberellins in *Lolium perene* and influence of defoliation on their contents in elongating leaf bases and in leaf sheaths. Physiol Plant 111: 225-231.
9. Maheswari, M., 1999. Effect of GA, ABA, water stress on leaf elongation and XET activity in barely *Hordeum vulgare* L. Indian J Exp Biol 37: 1001-1004.
10. Alamgir, A. N. M., Kutube-Khodeza, K., 2000. Effects of GA3 on growth, pigments, Na^+ and K^+ contents of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings grown under saline and non-saline conditions. Bangladesh J Bot 29: 7-13.
11. Prakash, L., Prathapasenan, G., 1990. NaCl- and gibberellic acid-induced

changes in the content of auxin and the activities of cellulose and pectin lyase during leaf growth in rice. Annals of Botany 65: 251-257.
12. Vieira Santos, C. L., Campos, A., Azevedo, H., Caldeira, G., 2001. *In situ* and *in vitro* senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism. J Exp Bot 52: 351-360.
13. Bajracharya, D., 1998. Experiments in plant physiology. Narosa Publishing House, p. 35-39.
14. Bednarz, C. W., Oosterhuis, D. M., Evans, R. D., 1998. Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. Environ Exp Bot 39: 131–139.
15. Zhao, D., Oosterhuis, D. M., Bednarz, C. W., 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastracture of cotton plants. Photosynthetica 39: 103–109.
16. Reddy, K. R., Zhao, D., 2005. Interactive effects of elevated CO_2 and potassium deficiency on photosynthesis, growth, and biomass partitioning of cotton. Field Crops Research 94: 201–213.
17. Chapagain, B. P., Wiesman, Z., 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. Scientia Horticulturae 99: 279–288.
18. Tuna, L. A., Kaya, C., Dikilitas, M., Higgs, D., 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany 62: 1–9.
19. Botella, M. A., Marthinea, V., Prodines, J., Cerda, A., 1997. Salinity induced potassium of deficiency in maize plant. Journal of Plant Physiology 150: 200-205.
20. Gorham, J., Bristol, A., Young, E. M., Wyn Jones, R. G., Kashour, G., 1990. Salt tolerance in triticeae: K^+/Na^+ discrimination in barley. J Exp Bot 41: 1095–1101.
21. Famiani, F., Antognozzi, E., Boco, M., Tombesi, A., Battistelli, A., Fang, J. B., Tian, L. L., Chen, J. Y., Zhang, W. Y., Li, S. H., 2002. Influence of sink or source change on fruit characteristics in kiwifruit. Acta Hortic Sin 29: 113–118.
22. Zhenming, N., Xuefeng, X., Yi, W., Tianzhong, L., Jin, K., Zhenhai, H., 2008. Effects of leaf-applied potassium, gibberellin and source–sink ratio on potassium absorption and distribution in grape fruits. Scientia Horticulturae 115: 164–167.
23. Chen, S. Y., Peng, Y. J., Yang, Z. Y., 2000. Study of balanced applying fertilizer of nitrogen, phosphorus and potassium on improving fruit quality at the rapidswelling stage of citrus fruit. Guangxi Hortic 4: 3–4.
24. Ma, H. P., Liu, Z. M., 1998. Gibberellins and fruittree development. Chin Bull Bot 15: 27–36.
25. Ashraf, M., Karim, F., Rasul, E., 2002. Interactive effects of gibberellic acid (GA_3) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity into spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Plant Growth Regul 36: 49-59.
26. Khan, N. A., Mir, R., Khan, M., Javid, S., 2002. Effects of gibberellic acid spray on nitrogen yield efficiency of mustard grown with different nitrogen levels. Plant Growth Regul 38: 243–247.
27. Monge, E., Aguirre, R., Blanco, A., 1994. Application of paclobotrazol and GA_3 to adult peach trees: effects on nutritional status and photosynthetic pigments. Journal of Plant Growth Regulation 13: 15-19.
28. Chakrabarti, N., Mukherji, S., 2002. Effect of phytohormone pretreatment on metabolic changes in *Vigna radiata* under salt stress. J Environ Biol 23: 295-300.
29. Xing, X., Jun, H., Hun, L. S., Zhen, X. Z., Ping, D. X., 2003. Effect of calcium and gibberellin mixture on drought resistance of soaked rice seed during germination and young seedling. Xibiei Zhiwu Xuebao 23: 44-48.
30. Panou-Philotheou, H., Koukourikou-Petridou, M., Bosabalidis, A., Karataglis, S., 2002. Relations of endogenous and applied gibberellins to growth and accumulation of essential elements in aregano plants grown in copper rich soils. Adv Hort Sci 16: 63-71.