اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر میزان کلروفیل و کاروتنوئیدهای کلروپلاست و پارامترهای رشد در گیاه عدس (*Lens culinaris* L.)

*گیتی برزین[۱]، رمضانعلی خاوری نژاد[۲]، حمید فهیمی[۲]، سارا سعادتمند[۲]

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲. گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

چکیده

اثر پتاسیم (K) با غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵و۲۰ میلی مولار و ژیبرلین (GA_3) با غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی مولار بطور جداگانه و با هم بر برخی از فرایندهای فیزیولوژیک مانند سنجش مقدار کلروفیل های برگ با استفاده از روش Arnon و سنجش مقدار کاروتنوئیدهای برگ با استفاده از روش Davies و پارامترهای رشد به روش Rodrigues در گیاه عدس (*Lens culinaris* L.) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقادیر کلروفیل a و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با افزایش غلظت‌های K و GA_3 بصورت جداگانه به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی بر مقدار کلروفیل b تاثیر معنی‌داری ایجاد نکرد. همچنین پارامترهای رشد سرعت رشد نسبی (RGR) و میزان همگون سازی خالص (NAR) با افزایش K و GA_3 افزایش معنی‌داری را نشان دادند. غلظت‌های مختلف K و GA_3 بر میزان رنگیزه‌های کلروپلاستی و پارامترهای رشد افزایش معنی‌داری نداشت.

کلمات کلیدی: اسید ژیبرلیک، پارامترهای رشد، پتاسیم، رنگیزه های کلروپلاستی، ژیبرلین، عدس

مقدمه

پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر تاثیرگذار بر متابولیسم گیاه، رشد و نمو و میزان عملکرد است، پتاسیم همچنین به عنوان یک فعال کننده مهم بسیاری از آنزیم‌ها، خنثی کننده آنیون، شرکت در مراحل انتقال غشاء سلولی و تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی می‌باشد (Bussakorn, et al., 2003). به علت تحرک بالای پتاسیم در گیاهان و تجمع نسبتاً زیاد آن در سیتوپلاسم در مقایسه با سایر کاتیون‌های ضروری، کمبود پتاسیم اغلب در بیشتر خاکها مشاهده می‌شود (Ashraf & Zafar, 1997). فتوسنتز تحت تاثیر وضعیت مواد معدنی گیاهان قرار می‌گیرد و کمبود آن در گیاه منجر به کاهش میزان فتوسنتز خالص می شود (Zhao, et al., 2001).

از سوی دیگر، ژیبرلین‌ها (GA_S) از هورمون‌های گیاهی هستند که جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاهی مانند جوانه‌زنی، رشد سلولی، طویل شدن ساقه، رشد و نمو گل و میوه و رنگیزه‌دار کردن را تنظیم می‌کند (Vishnevetsky et al., 1997). GA_3 همچنین نقش مهمی در کنترل مراحل مختلف فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاه شامل: تقسیم سلولی، طویل شدن میانگره و جوانه‌های گل (Dong, et al., 2006) و فتوسنتز بویژه در گیاهان دو لپه‌ای دارد (Khan & Samiullah, 2003). این امر با تعدیل سطوح ژیبرلین در سلول و بافت و

*e.mail:giti.barzin@gmail.com

نیز توسط تغییرات توانایی سلول‌ها در پاسخ به ژیبرلین تنظیم می‌شود (Richards et al., 2001).

با توجه به اینکه تغییر در مقدار رنگیزه‌های گیاهی بویژه کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها یکی از تغییرات فیزیولوژیکی مهم در نمو گیاهی محسوب می‌شود (Seljasen et al., 1998) و این رنگیزه‌ها نقش کلیدی در فتوسنتز و میزان جذب انرژی نورانی دارند (Schoefs, 2002)، و با توجه به اینکه بررسی‌های اندکی در زمینه اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین انجام شده و بررسی این اثرات ضروری می‌باشد، لذا اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بصورت جداگانه و توأم بر میزان رشد، کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها بر روی گیاه عدس مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

بذور عدس اصلاح شده از موسسه اصلاح تحقیقات دیم فرارود (کرمانشاه) تهیه و پس از مراحل شستشو و سترون سازی به محیط کشت پرلیت انتقال یافتند. دانه ها به مدت ۷ روز با آب مقطر آبیاری و سپس تیمارهای پتاسیم در غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی مولار و ژیبرلیک اسید با غلظت‌های ۰، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی مولار به صورت جداگانه و توأم همراه با محلول غذایی هوگلند رقیق (V/V ۲: ۱) به مدت ۳۰ روز اعمال گردید. آزمایش‌ها بصورت یک طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با ۲ فاکتور پتاسیم در ٤ سطح و ژیبرلین در دو سطح با حداقل ٤ تکرار انجام گرفت.

نتایج آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تجلیل آماری قرار گرفتند. گروه بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری $P < ۰/۰۵$ انجام شد.

بررسی رنگیزه‌ها

سنجش کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها

برای سنجش محتوای کلروفیل برگ‌ها از روش Arnon (1949) و کاروتنوئیدها از روش Davies (1976) استفاده شد. قطعاتی (۰/۰۵گرم) از برگ‌های جوان هم سن انتخاب و پس از تکه تکه شدن با کمک استون ۸۰٪ در داخل هاون چینی به صورت هموژن درآمدند سپس با واتمن شماره ۲ صاف گردید. میزان کلروفیل‌ها در طول موجهای ٦٤٥، ٦٦٣ نانومتر و کاروتنوئیدها با در نظر گرفتن میزان جذب نمونه‌ها در ٤٨٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و با توجه به حجم عصاره، ضریب وقت و وزن نمونه، غلظت نهایی کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم برگرم وزن تر ($mg\ g^{-1}FW$) محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل رشد

آنالیز رشد در دانه رست‌های عدس به روش Rodrigues و همکاران (2005) انجام شد. سرعت رشد نسبی (RGR) و همچنین میزان همگون سازی خالص (NAR) با استفاده از فرمول های زیر ارزیابی گردید.

$$RGR = \frac{InW_2 - InW_1}{T_2 - T_1}$$

$$NAR = \left[\frac{W_2 - W_1}{A_2 - A_1}\right]\left[\frac{\ln A_2 / A_1}{t_2 - t_1}\right]$$

در این روابط ln بیانگر لگاریتم نپری، W_1 و W_2 وزن خشک کل گیاه در ابتدا و انتهای تیمار، A_1 و A_2 به ترتیب سطح برگ اولیه و نهایی می‌باشند. RGR بر حسب واحد $gg^{-1}day^{-1}$ و NAR بر حسب واحد $gm^{-2}day^{-1}$ بیان شده است.

نتایج

همانطور که در جداول ۱ و ۳ نشان داده شده است، مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۰۱$) با افزایش در غلظت‌های ژیبرلین افزایش یافته است. این افزایش نیز برای سطوح غلظت‌های مختلف پتاسیم نسبت به کنترل معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) می‌باشد. این افزایش بین غلظت‌های مختلف ۵ و ۱۰ میلی مولار پتاسیم نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد ولی نسبت به شاهد معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) می‌باشد و بیشترین اثر افزایش در غلظت ۲۰ میلی‌مولار پتاسیم دیده شد.

جدول ۱: اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر میزان کلروفیل a (mg g^{-1}FW) گیاهان عدس

Treatments	0 mM GA_3	0.05 mM GA_3	0.1 mM GA_3
0mM K	0.739±0.05a	0.901±0.03abc	0.917±0.03abc
5mM K	0.827±0.04ab	0.935±0.07bc	1.211±0.35d
10mM K	0.891±0.08abc	0.950±0.04bc	1.066±0.05cd
15mM K	0.917±0.07abc	1.076±0.04cd	1.069±0.07d
20mM K	1.053±0.01cd	1.080±0.04cd	1.150±0.02d

X±S.D؛ میانگین هابا با حروف مشابه (a–d) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

محتوای کلروفیل b، با افزایش غلظت K و GA_3 افزایش یافت، ولی تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های مختلف K و GA_3 (P<۰/۰۵) دیده نشد.

جدول ۲: اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر میزان کلروفیل b (mg g^{-1}FW) گیاهان عدس

Treatments	0 mM GA_3	0.05 mM GA_3	0.1 mM GA_3
0mM K	0.369±0.04abcd	0.397±0.05cd	0.330±0.03abc
5mM K	0.360±0.05abcd	0.386±0.02bcd	0.317±0.05ab
10mM K	0.372±0.04abcd	0.417±0.03d	0.307±0.02a
15mM K	0.366±0.01abcd	0.324±0.02ab	0.408±0.06a
20mM K	0.378±0.05abcd	0.386±0.02bcd	0.412±0.02a

X±S.D؛ میانگین هابا حروف مشابه (a–d) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

جدول ۳: اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر میزان کلروفیل a+b (mg g^{-1}FW)گیاهان عدس

Treatments	0 mM GA_3	0.05 mM GA_3	0.1 mM GA_3
0mM K	1.112±0.08a	1.301±0.06bcde	1.250±0.06bc
5mM K	1.188±0.08ab	1.321±0.09bcde	1.344±0.07cdef
10mM K	1.262±0.11bcd	1.366±0.07cdef	1.378±0.08cdef
15mM K	1.283±0.07bcd	1.399±0.05def	1.621±0.12h
20mM K	1.430±0.04efg	1.465±0.05fg	1.552±0.02gh

X±S.D؛ میانگین هابا حروف مشابه (a – h) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

در راستای افزایش محتوی کلروفیل‌های برگی (بجز کلروفیل b) در گیاهان تحت تیمارهای GA_3 و K، افزایش در محتوی کاروتنوئیدها نیز متناسب با غلظت K و GA_3 به تنهایی مشاهده شد. (جدول ٤) این افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) در تیمار ۲۰ میلی مولار پتاسیم به حداکثر می‌رسد. علی رغم افزایش کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها در غلظت‌های جداگانه پتاسیم و ژیبرلین، در تیمارهای متقابل K و GA_3 از نظر آماری بر هم کنش K و GA_3 معنی دار نشد.

جدول ٤: اثرات متقابل پتاسیم ژیبرلین بر میزان کاروتنوئیدها (mg g^{-1}FW) در گیاهان عدس

Treatments	0 mM GA_3	0.05 mM GA_3	0.1 mM GA_3
0mM K	0.180±0.01a	0.238±0.02bc	0.267±0.02cd
5mM K	0.218±0.03ab	0.253±0.03bcd	0.281±0.04cde
10mM K	0.236±0.01bc	0.269±0.01cd	0.281±0.01cde
15mM K	0.255±0.04bcd	0.276±0.03cde	0.348±0.04f
20mM K	0.307±0.01de	0.294±0.02de	0.295±0.03ef

X±S.D؛ میانگین هابا حروف مشابه (a – e) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

تغییرات پارامترهای رشد : همانطوری که در جداول ۵ و ٦ نشان داده شده است، نرخ رشد نسبی (RGR) تحت تاثیر حضور GA_3 و K به تنهایی به طور معنی‌داری (P<۰/۰۰۱) افزایش نشان داده است، بطوری که این افزایش در ۲۰ میلی‌مولار K به حداکثر میزان خود می‌رسد. همچنین میزان همگون ساز خالص (NAR) از یک روند افزایشی یکسانی در تیمارهای GA_3 و K (بطور جداگانه) پیروی می‌کنند که از نظر آماری این تغییرات معنی‌دار (P<۰/۰۰۱) می‌باشد که بیشترین اثر افزایشی نیز در ۲۰ میلی‌مولار K مشاهده گردید.

جدول۵ اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر میزان پارامتر رشد RGR ($gg^{-1}day^{-1}$) در گیاهان عدس

Treatments	0 mM GA_3	0.05 mM GA_3	0.1 mM GA_3
0mM K	0.049±0.01a	0.056±0.01ab	0.058±0.01abc
5mM K	0.061±0.01bcd	0.068±0.01bcdef	0.066±0.01bcde
10mM K	0.065±0.01bcde	0.070±0.01d	0.070±0.01def
15mM K	0.069±0.01cdef	0.075±0.01ef	0.075±0.01ef
20mM K	0.072±0.01def	0.079±0.02f	0.077±0.01ef

X±S.D؛ میانگین هابا حروف مشابه (a – f) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

جدول٦ اثرات متقابل پتاسیم و ژیبرلین بر میزان پارامتر رشد NAR ($gg^{-1}day^{-1}$) در گیاهان عدس

Treatments	0 mM GA_3	0.05 mM GA_3	0.1 mM GA_3
0mM K	3.143±0.29a	3.547±0.61ab	3.539±0.17ab
5mM K	3.801±0.30bc	4.715±0.45de	4.360±0.63cd
10mM K	4.059±0.23bcd	4.612±0.32de	4.458±0.29cd
15mM K	4.294±0.31cd	5.368±0.46f	5.163±0.42e
20mM K	4.547±0.20de	5.520±0.11f	5.590±0.18f

X±S.D؛ میانگین هابا حروف مشابه (a – f) در سطح P<۰/۰۵ به وسیله آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

بحث

در این پژوهش افزایش غلظت‌های پتاسیم و ژیبرلین بطور جداگانه در محلول‌های غذایی سبب شد که میزان کلروفیل a و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها بطور معنی داری ($P<0.05$) افزایش یابد. با وجودیکه میزان کلروفیل b در غلظت‌های مختلف پتاسیم تا ۲۰ میلی مولار و غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی مولار GA_3 نسبت به شاهد افزایش نشان داد، ولی این افزایش از نظر آماری معنی دار نشد.

در این راستا باید به نقش ژیبرلین‌ها در رابطه با محتوای کلروفیل گیاه اشاره کرد، GA_3میزان کلروفیل و الگوهای تجمع LHCII را در گیاه نخود فرنگی تغییر می دهد (Mathis et al., 1989). کاربرد این هورمون، سبب حفظ انتقال انرژی تحریک بین کمپلکس جمع کننده (LHC) و مراکز واکنش فتوسیستم II می شود و از طرفی اثرات بهبود دهنده GA_3 اگزوژن در محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی برگ‌های آفتابگردان در شرایط تنش Cu گزارش شده است (Ouzounidou & Ilias, 2005).

به علاوه پژوهش‌های انجام شده نشان داده شده است که کاربرد ۹۰µMGA_3 در گیاهان باقلا و سویا باعث افزایش میزان فتوسنتز خالص، سنتز Rubisco (Yuan & Xu, 2001) و افزایش تدریجی میزان کاروتنوئیدها می‌شود (Vishnevetshy et al., 1997). البته کاروتنوئیدها نقش مهمی در حفاظت نوری کلروفیل و غشاءهای فتوسنتز کننده کلروپلاست ها در مقابل آسیب‌های فتواکسیداتیو دارند (Drazkiewicz & Baszynski, 2005). کاهش محتوای کاروتنوئیدی می تواند نتایج وخیمی بر کلروفیل و نیز غشاهای تیلاکوئیدی داشته باشد و در نهایت منجر به کاهش کارایی فتوسنتز شود (Prasad & Zeeshan, 2005). بطور کلی با توجه به مکانیسم‌های حفاظتی که GA_3 بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدی و دستگاه فتوسنتزی گیاهان اعمال می کند، کاربرد آن سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی بوده که نتایج حاصل تائید کننده نقش حفاظتی GA_3 در دستگاه فتوسنتزی گیاهان عدس می باشد.

از سوی دیگر تحقیقات انجام شده نشان داده است که تنش‌های اسمتیک و نمکی تغییراتی را در دستگاه فتوسنتزی ایجاد می‌کند، بطوری که کمبود پتاسیم منجر به تخریب ساختمان کلروفیل و ناپایداری کمپلکس پروتئینی رنگدانه (Lapina & Popov, 1970) و در گیاهان پنبه باعث کاهش میزان هر دو کلروفیل a و b بطور همزمان شده است (Zhao et al., 2001). در عین حال میزان فتوسنتز خالص کاهش یافت که احتمالاً همراه با کاهشی در سیستم فتوسنتزی می باشد تا اینکه فعالیت سیستم را کاهش دهد، همچنین کمبود پتاسیم در گیاه پنبه باعث اختلال در ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Reddy & Zhao, 2005). از طرفی گزارش شده که

کمبود پتاسیم در ۲ گونه عدس در میزان کلروفیل b اختلاف معنی داری نداشته است (Ashraf & Zafar, 1997). که نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات ذکر شده همخوانی نشان می دهد.

در ارتباط با پارامترهای رشد شامل NAR و RGR نتایج نشان داد که این پارامترها بطور معنی داری با افزایش غلظت‌های پتاسیم و ژیبرلین افزایش یافتند. از آنجایی که گسترش سلولی و رشد طولی سلول ها تحت تاثیر بر هم کنش متقابل تورژسانس سلولی و قابلیت اتساع دیواره سلولی قرار دارد، GA_3 از جمله عوامل موثر در گسترش سلولی محسوب می‌شود، بطوری که با افزایش تقسیم سلولی و نیز با تحریک رشد طولی سلول‌ها، موجبات افزایش رشد گیاه را فراهم می‌آورند و در حضور این هورمون، رشد گیاه با افزایش تقسیم سلولی، تاخیر در از بین رفتن کلروفیل، بهبود تغذیه معدنی و افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدان تسریع می شود (Ouzounidou & Ilias, 2005).

از طرفی گزارش شده در شرایط تنش کادمیم، GA_3 سبب افزایش رشد در دانه رست‌های سویا می‌شود که این امر ناشی از افزایش سطح برگی، تحریک فتوسنتز و تغییر در بخش‌بندی فراورده‌های فتوسنتزی است (Ghorbanli et al., 1999). از سوی دیگر مشاهدات نشان داده که موتانت‌های با GA_3 پایین، میزان RGR پایین تری داشتند (Nagel et al., 2001) و گیاهان با RGR بالاتر، غلظت‌های ژیبرلین درون زا نیز بالاتر می باشد و در غلظت پایین ژیبرلین درون زا، استفاده از ژیبرلین اگزوژن، باعث افزایش RGR می‌شود (Dijkstra et al., 1990) که این نتایج با پژوهش حاضر همخوانی دارد.

همچنین پتاسیم نقش مهمی در ایجاد فشار تورگو سلول و در نتیجه کنترل رشد سلول دارد، بطوری که ماکزیمم رشد در سلول‌های مختلف همراه با بیان بالای ژن‌های کد کننده سیستم‌های جذب پتاسیم می باشد (Very & Sentenac, 2003). از طرفی گزارش شده در موقعیت‌های کمبود پتاسیم وزن تر و وزن خشک گیاه عدس کاهش پیدا می‌کند (Ashraf & Zafar, 1997) و در گیاه لوبیا کمبود پتاسیم باعث کاهش جابجایی مواد فتوسنتزی به ریشه و در نتیجه بازدارندگی رشد ریشه می‌شود (Cakmak, 1994). که این نتایج با بررسی‌های ما همخوانی دارد.

در غلظت‌های توأم K و GA_3 بر میزان رنگیزه‌های کلروپلاستی ذکر شده و پارامترهای رشد افزایش معنی‌داری دیده نشد. معنی‌دار نشدن اثرات متقابل GA_3 و K می‌تواند بدین دلیل باشد که غلظت این دو آنقدر بالا نبوده است که بتواند اثرات مثبتی را بطور مضاعف نشان دهد.

نتیجه گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد مقادیر کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با افزایش غلظت‌های K^+ و GA_3 بصورت جداگانه به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی بر تغییرات مقدار کلروفیل b تاثیر معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین پارامترهای رشد RGR و NAR با افزایش پتاسیم و ژیبرلین افزایش معنی‌داری را نشان دادند. در غلظت‌های توأم پتاسیم و ژیبرلین بر میزان رنگیزه‌های کلروپلاستی ذکر شده و پارامترهای رشد افزایش معنی‌داری دیده نشد.

References

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast, polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24, 1-15.

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(1), 9-15.

Bussakorn, S.M., Daniel, P.S., Michael, T.T., Mark R.T. 2003. A review of potassium in grapevines with special emphasis on berry accumulation. Aust.J. Grape Wine Res. 9, 154–168.

Cakmak, I., Hengler C., Marschner H. 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. J. Exp. Bot. 45: 1245-1250.

Davies, B.H. 1976. Carotenoids, In : Good win. T.W. (eds), Chemistry and biochemistry of plant pigments. Vol 2, pp: 36-165, Academic press, Landan.

Dijkstra, P., Ter Reegen, H.& Kuiper, P.J. C. 1990. Relationship between relative growth rate, endogenous gibberellins, and responseto applied gibberellic acid for Plantago major. Physiol.Plant. 79, 629–634.

Dong Yanjun, H., Kamiuten, Zhongnan Yang, Dongzhi Lin,T., Ogawa Lijun, Luo & Matsuo, H., 2006. Mapping of quantitative trait loci for

gibberellic acid response at rice (Oryza sativa L.) seedling stage. Plant Science, 170, (1) , 12-17.

Drazkiewicz, M.; Baszynski, T.; 2005. Growth parameters and photosynthetic pigments in leaf segments of Zea mays. exposed to cadmium, as related to protection mechanisms. J. Plant Physiol in press.

Ghorbanli, M.; Kaveh, S.; Farzami Sepehr, M.;1999. Effects of Cadmium and Gibberellin on Growth and Photosynthesis of Glycine Max..Photosynthetica,17 : 627 – 631.

Khan, N.A. & Samiullah, 2003. Comparative effects of modes of gibberellic acid application on photosynthetic biomass distribution and productivity of rapeseed-mustard. Physiol. Mol. Biol. Plants, 9, 141–145.

Lapina, I. & Popov P., 1970. Effect of sodium chloride on the photosynthetic apparatus of tomatoes. Fiziol. Rast. 17: 580-585.

Longstreth, D. & Nobel, P. 1980.Nutrient influences on leaf photosynthesis.Plant Physiol, 65,541-543.

Mathis James, N. , Bradburne James, A., & Dupree, 1989. Gibberellic Acid Effects on Greening in Pea Seedlings. Plant Physiol. 91, 19-22.

Nagel, O.W., Konnings, H. & Lambers, H., 2001. Growth rate and biomass partitioning of wildtype and low-gibberellin tomato (Solanum lycopersicum) plants growing at a high and low nitrogen supply. Physiol Plant, 111, 33–39.

Ouzounidou G.; & Ilias I. ,2005. Hormone-induced protection of sunflower photosynthetic apparatus against copper toxicity. Biologia Plantarum, 49: 223-228.

Prasad, S.M. & Zeeshan, M., 2005. UV-B radiation and cadmium induced changes in growth, photosynthesis, and antioxidant enzymes of cyanobacterium Plectonema boryanum. Biologia Plantarum, 49: 229 – 236.

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.

Richards, D.E., King, K.E., Ait Ali, T, Harberd, N.P. 2001. How gibberellins regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 52, 67–88.

Rodrigues, P., Torrecillas, A., Morales, M.A., Ortuno, M.F., Sanches Bianco, M.j., 2005. Effect of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of Asteriscus maritimus plants. Environ. Exp. Bot., 53,113-123.

Schoefs, B., 2002. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products.Properties of the pigments and methods of analysis. Trends in FoodScience and Technology ,13,361–371.

Seljasen, R., Skrede, G., Hoftun, H., 1998. Chlorophylls, carotenoids and flavonoids: vegetable constituents with a positive role in cancer,cardiovascular and viral diseases. In:

Very, A.A.; Sentenac, H.; 2003. Molecular mechanisms and regulation of K transport in higher plants. Annu. Rev. Plant Biol., 54: 575-603.

Vishnevetsky Michael, Ovadis Marianna, Itzhaki,Hanan & Vainstein Alexander ,1997. CHRC, Encoding a Chromoplastspecific Carotenoid-associated Protein, Is an Early Gibberellic Acid-responsive Gene. The journalmof biological chemistry, 272 (40), 24747–24750.

Yuan Lin and Xu Da. Quan, 2001. Stimulation effect of gibberellic acid short – term treatment on leaf photosynthesis related to the increase in Rubisco content in broad bean and soybean. Biochemical and life sciences, 68 (1), 39-47.

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.

The effects of potassium and gibberellin alone or in combination on the pigments and growth parameters of lentil (*Lens culinaris* L.)

Barzin, G[1]., Khavari-Nejad, R.A[2]., Fahimi, H[2]., Saadatmand, S[2].

1. Ph.D. student Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

In this study, we evaluated the effects of potassium (5, 10, 15, and 20mM KCl) and gibberellin (0.05 and 0.1mM), either alone or in combination, on the amount of carotenoids and chlorophyll a & b and also on the plant growth parameters including NAR and RGR on 37–day plants of lentil. It showed that the amount of above mentioned pigments was affected by various levels of either potassium or gibberellin alone. In addition, all of the plant growth parameters increased significantly by each of the evaluated levels of potassium and GA_3. However, the combination of K and GA_3 did not have any additive effect either on the pigment content or on the plant growth parameters. We concluded that the addition of potassium and gibberellin to a growing lentil might increase the amount of carotenoid and chlorophyll and enhanced the plant growth.

Key words: Gibberellin, Growth parameters, Lentil, Pigment, Potassium