مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۳ شماره ۳ صفحه های ۵۳۹ تا ۵۵۴ (۱۴۰۱)
مقاله پژوهشی

اثر غلظت‌های گوناگون نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر شاخص‌های رشد سوخک سوسن شرقی[1]

Effect of Different Concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Growth Indices of Oriental Lily (*Lilium* spp.) Bulblet

زهرا ظریفیان‌فرد، مسعود قاسمی قهساره*، رحیم برزگر[2]

چکیده

برای رشد سوخک‌ها و رسیدن آن‌ها به اندازه گل‌دهی، فراهم کردن شرایط محیطی به‌ویژه تغذیه کودی ضروری است. به این منظور در آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار شامل ۶ گیاه، اثر غلظت‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد سوخک‌های سوسن شرقی رقم کندی کلاب بررسی شد. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف نیتروژن (۱۰۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر)، فسفر (۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر) و پتاسیم (۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. محلول‌های دارای عناصر با غلظت‌های مورد نظر به محیط کشت هیدروپونیک افزوده شد و پس از ۱۰ ماه، شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، و پتاسیم برگ، بیشترین مقدار قند محلول و نشاسته سوخ مربوط به تیمار N:P:K معادل ۱۶۰:۸۰:۳۰۰ بود. بیشترین محتوای نیتروژن و پتاسیم برگ به‌ترتیب در تیمارهای ۱۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن و فسفر و بیشترین مقدار پتاسیم برگ در برهمکنش نیتروژن و فسفر به ترتیب با غلظت ۱۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. برهمکنش نیتروژن و فسفر با نسبت ۱۶۰:۸۰ همچنین باعث ایجاد بیشترین سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر سوخ، قطر سوخک، مقدار کلروفیل کل برگ در مرحله رشد فعال و در زمان برداشت (شروع نشانه‌های خفتگی) شد. بیشترین وزن سوخ در تیمار نیتروژن و پتاسیم با غلظت ۱۶۰ و۳۰۰ و فسفر و پتاسیم با غلظت ۸۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. به‌طور کلی، بزرگترین سوخ‌ها در بالاترین سطح عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌کار رفته در آزمایش تولید شدند.

واژه‌های کلیدی: قند محلول، کلروفیل، کوددهی، وزن سوخ، لیلیوم.

مقدمه

گل سوسن با نام علمی *Lilium* spp. از تیره سوسن‌سانان (Liliaceae) گیاهی دائمی با سوخ‌های فلسی بدون پوشش و مقاوم به سرما است که به عنوان گل بریدنی و گلدانی کاربرد دارد (۱۶) و جزء ده گل برتر بریدنی دنیا محسوب می‌شود (۳۹). روش‌های افزایش سوسن‌ها شامل پاگیاه، تشکیل سوخک روی ساقه، قلمه‌های ساقه‌ای و تشکیل سوخک روی فلس‌ها (فلس برداری) است (۱۹). برای رشد سوخک‌ها و رسیدن آن‌ها به اندازه گل‌دهی، فراهم کردن شرایط محیطی به ویژه تغذیه کودی ضروری است. گیاهان سوخوار یا پیازی به دلیل ریشه کم عمق و نبود ریشه‌های فرعی فراوان نسبت به کمبود عناصر غذایی از سایر گیاهان حساسیت بیشتری دارند (۲). نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاهان شناخته می‌شوند. نیتروژن

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۰

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان زینتی و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mghasemi1352@gmail.com).

عنصری مهم و حیاتی برای گیاه به شمار می‌رود و در ساخت پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل نقش دارد (۳۶). فرآیند فتوسنتز با مقدار نیتروژن برگ ارتباط زیادی دارد، زیرا فتوسنتز با رابیسکو و سایر پروتئین‌های موجود در مزوفیل مرتبط است و این پروتئین‌ها حدود ۷۵ درصد از کل نیتروژن سلولی را شامل می‌شوند (۴۱). پس از نیتروژن، فسفر مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و گیاهان برای ساختن بسیاری از ترکیبات آلی مانند اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها و کوآنزیم‌ها، همچنین برای جذب و انتقال انرژی شیمیایی و سوخت‌وساز حیاتی به آن نیاز دارند. در گیاهان سوخوار کمبود فسفر رشد ریشه و برگ، اندازه سوخ و عملکرد را به تأخیر می‌اندازد (۱). غلظت فسفر معدنی در برگ بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. غلظت کمتر فسفات معدنی سیتوسول ممکن است اثر منفی بر چرخه کلوین و یا آنزیم‌های مورد نیاز و سطح فعالیت آن‌ها داشته باشد (۵۲).

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای گیاه است که در بسیاری از فعالیت‌های گیاه مانند فتوسنتز، جذب آب و حفظ پتانسیل اسمزی نقش دارد (۱۲). نقش کلیدی پتاسیم به عنوان تنظیم کننده اسمزی در آماس سلول و به ویژه در روزنه‌ها شناخته شده است (۳۷). فرآیند توسعه و بزرگ شدن سلول در فرایند رشد گیاه، متأثر از مقادیر پتاسیم موجود در گیاه است. در این مورد حتی رابطه بسیار نزدیکی بین پتاسیم و هورمون‌های مؤثر بر رشد در گیاه وجود دارد (۴۹). عنصر پتاسیم در فرایندهای متابولیکی مانند تبدیل قند به نشاسته و انتقال مواد فتوسنتزی و قند از برگ به غده، نقشی حیاتی دارد (۲۳). پتاسیم نقش کلیدی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ می‌گردد (۴۵).

در آمریکا برای پرورش *L. longiflorum* از ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن، ۲۸۰ کیلوگرم P2O5 و ۲۰۰ کیلوگرم K2O در هکتار استفاده می‌شود (۳۸). در پژوهشی، Varshney و همکاران (۵۰)، نشان دادند که سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم اثر قابل توجهی در رشد سوخک دورگه سوسن آسیایی داشت و هرگونه کاهش در عرضه نیتروژن منجر به کاهش تعداد برگ و توقف رشد رویشی شد. با بررسی اثر چهار سطح نیتروژن (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گرم بر مترمربع) در سوسن رقم Elite نشان داده شد که بیشترین تعداد سوخک در تیمار ۲۰ گرم بر مترمربع نیتروژن تولید شد و بلندترین ساقه‌ها و سنگین‌ترین سوخ‌ها مربوط به تیمار ۳۰ گرم بر مترمربع نیتروژن بود (۴۲). خلیقی و همکاران (۲۴) در بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف کودهای NPK بر شاخص‌های رشدی سوخ لاله دورگه داروین که در تیمارهای کودی مقدار نیتروژن ثابت و مقدار فسفر و پتاسیم متغیر در نظر گرفته شد، نشان دادند سوخ‌هایی که مقدار فسفر و پتاسیم بیشتری از محلول غذایی دریافت کردند، رشد رویشی بهتری نشان دادند و اندازه بزرگ‌تری پیدا کردند. در تولید سوخ لاله مقادیر ۱۴۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم فسفر، ۱۴۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم و ۱۱۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم کلسیم در هکتار پیشنهاد شده است (۲۲). بر اساس اطلاعات ما تاکنون درمورد تغذیه سوسن به منظور تولید سوخ گزارشی وجود ندارد و با توجه به این‌که سوخ‌های مورد استفاده در ایران وارداتی است مطالعه این موضوع بسیار اهمیت دارد. به همین منظور در این آزمایش بر اساس فرمول تغذیه مورد استفاده برای تولید گل این گیاه، اثر غلظت‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول غذایی، بر شاخص‌های رشد سوخک سوسن شرقی رقم کندی کلاب[۱] مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه ایران فدک واقع در روستای دزج شهرستان دهاقان استان اصفهان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با چهار تکرار و هر واحد آزمایشی شامل ۶ گیاه حاصل از سوخک‌های سوسن شرقی و روی سوخک‌های سوسن شرقی رقم کندی کلاب انجام گرفت. تیمارها شامل برهمکنش غلظت‌های مختلف نیتروژن (۱۰۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر)، فسفر (۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر) و پتاسیم (۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود که با استفاده از کودهای شیمیایی مختلف به‌صورت نسبت‌های N:P:K آماده شد (جدول ۲). برای ساخت محلول‌های غذایی آب مورد استفاده تجزیه شد (جدول ۱). منبع تامین و غلظت سایر عناصر پرمصرف شامل کلسیم ($Ca(NO_3)_2$)، منیزیم ($MgSO_4, 7H_2O$) و گوگرد از منابع مختلف به ترتیب ۱۵۰، ۳۶ و ۵۰/۸۶ میلی‌گرم بر لیتر و عناصر کم‌مصرف شامل آهن (FeEDDHA)، روی ($ZnSO_4, 2H_2O$)، منگنز

۱- Candy Club

($MnSO_4, H_2O$)، بر (H_3BO_3)، مس ($CuSO_4, 5H_2O$) و مولیبدن ($Na_2Mo_4, 2H_2O$) به ترتیب ۲/۵، ۰/۵، ۰/۵، ۰/۳، ۰/۰۲ و ۰/۰۱میلی‌گرم در لیتر بود. در خرداد ماه سال ۱۳۹۸ سوخک‌های ساقه‌ای یکنواخت به قطر حدود ۶ تا ۸ میلی‌متر و وزن ۰/۶ تا ۰/۸ گرم پس از گندزدایی سوخک‌ها در قارچ‌کش بنومیل با غلظت ۲ در هزار به مدت پانزده دقیقه، با حجم سه برابر آمیخته پرلایت :کوکوپیت مرطوب، مخلوط و به مدت دو ماه در سردخانه با دمای ۲-۵ درجه سلسیوس سرمادهی شدند. سپس سوخک‌ها در سبدهای پلاستیکی دارای زهکش به طول ۴۵، عرض ۳۰ و عمق ۲۰ سانتی‌متر، در بستر پرلایت :کوکوپیت (نسبت حجمی۴۰:۶۰) و با فاصله ۱۵ سانتی‌متر در دو ردیف کاشته شدند و در گلخانه با شرایط دمای روز ۲±۲۳، دمای شب ۲±۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۵۵ درصد قرار گرفتند. پس از ظهور اولین برگ، تغذیه به صورت کودآبیاری (به ازای دو بار کودآبیاری یک بار آبیاری و به صورت روزانه در تابستان و یک روز در میان در زمستان) تا حدی که بستر به‌طور کامل خیس شود (حدود ۱/۵ لیتر برای هر ظرف)، انجام شد. در پایان دوره آزمایش (شروع علایم زردی برگ‌ها و پیش از ورود کامل به مرحله خفتگی) ۱۰ ماه پس از کاشت، شاخص‌های مورفولوژیکی (تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، قطر و وزن سوخ)، فیزیولوژیکی (محتوای کلروفیل و قند کل برگ و محتوای نشاسته سوخ) و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ با روش Lichtenthaler & Wellburn (۳۰) و در دو مرحله انجام شد. یکی در مرحله رشد که تمام گیاهان در حال رشد فعال بودند و دیگری پس از شروع علایم دوره خفتگی که با زرد شده تدریجی برگ‌ها همراه است. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a ، b و کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد:

$$\text{Chl a (mg g}^{-1}\text{ fw)} = (12.21\times A663)-(2.81\times A646)\times V/1000\times W$$
$$\text{Chl b (mg g}^{-1}\text{ fw)} = (20.13\times A646)-(5.03\times A663)\times V/1000\times W$$
$$\text{Chl T = (mg g}^{-1}\text{ fw)} = \text{chla+ chlb}$$

که؛ V برابر حجم اَستُن و W برابر وزن تازه نمونه برگ است.

مقدار قند محلول به روش آنترون اسیدی تعیین شد. مقدار ۰/۵ گرم از نمونه تازه سوخ (گرم شده در ۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه برای توقف فعالیت آنزیم‌ها) با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد خمیر و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. محلول رو نشین برای اندازه‌گیری قندهای محلول جمع‌آوری شد و بقایایی ته‌نشین شده برای استخراج نشاسته حفظ گردید. به یک میلی‌لیتر از رونشین، ۴ میلی‌لیتر معرف آنترون اسیدی (حل کردن ۰/۲ گرم آنترون در ۱۰۰ سی‌سی اسیدسولفوریک ۷۲ درصد سرد) افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (۱۰۰ درجه سلسیوس) نگهداری و سپس نمونه‌ها به سرعت روی یخ سرد شدند. در پایان جذب رنگ آبی در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد. بخش ته‌نشست پس از چند بار شستشو با اتانول ۸۰ درصد گرم تا زمانی با معرف آنترون تولید رنگ نکند، به‌طور کامل خشک گردید. سپس به آن ۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۶/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۵۲ درصد اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای صفر درجه سلسیوس نگهداری و سپس سانتریفوژ و بخش رویی جمع آوری شد. این عمل را دوباره تکرار و حجم عصاره با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.سایر مراحل شبیه اندازه گیری قند محلول بود. در آخر مقدار قند با استفاده از نمودار استاندارد تعیین شد (۳۵، ۳۶).

جدول ۱- نتایج تجزیه آب مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Analysis of water used in the experiment.

کربنات CO_3^{2-} meq l^{-1}	بی‌کربنات HCO_3^- meq l^{-1}	کلسیم Ca meq l^{-1}	منیزیوم Mg meq l^{-1}	پی‌اچ pH	هدایت الکتریکی Ec (dS m^{-1})
1.1	2.2	2.2	1.1	7.2	0.53

جدول ۲- کودهای مورد استفاده برای آماده‌سازی ۱۰۰۰ لیتر محلول غذایی با غلظت‌های مختلف عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمارهای مختلف.

Table 2. Fertilizers used to prepare 1000 liters of nutrient solution with different concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in different treatments.

تیمارها Treatments (N:P:K) ($mg\ L^{-1}$)	نیترات پتاسیم KNO_3 (g)	سولفات پتاسیم K_2SO_4 (g)	مونوپتاسیم فسفات $KH2PO_4$ (g)	نیترات کلسیم- یارا Yara- $Ca(NO_3)_2$ (g)	سولفات منیزیوم $MgSO_4.7H2O$ (g)	نیترانت منیزیوم $Mg(NO_3)_2.6H2O$ (g)	مونوآمونیوم فسفات $[NH_4]H_2PO_4$ (g)
100:40:150	39.428	32.543	52.729	157.895	69.98	0	**0**
100:40:225	39.428	89.37	52.729	157.895	69.98	0	**0**
100:40:300	0	166.804	52.729	157.895	21.832	50.078	0
160:40:150	0	66.521	52.729	159.309	0	75.939	0
160:40:225	0	116.663	52.729	159.309	0	75.939	0
160:40:300	0	166.804	52.729	159.309	0	75.939	0
100:80:150	0	32.759	105.457	157.823	19.193	52.823	0
100:80:225	0	82.901	105.457	157.823	19.193	52.823	0
100:80:300	0	133.042	105.457	157.823	19.193	52.823	0
160:80:150	46.656	0	95.21	161.983	69.98	0	6.797
160:80:225	58.989	32.066	105.457	157.823	69.98	0	0
160:80:300	58.989	82.207	105.457	157.823	69.98	0	0

پس از خشک کردن اندام هوایی در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت و اندازه‌گیری وزن خشک، از آنها برای تعیین مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم استفاده شد. با توجه به کم بودن ماده خشک هر گیاه، از مجموع برگ‌های خشک گیاهان هر تکرار برای اندازه‌گیری عناصر استفاده گردید. برای اندازه‌گیری محتوای نیتروژن برگ از ۰/۵ گرم برگ خشک و پودر شده استفاده و برای این کار از روش تیتراسیون پس از مراحل هضم و تقطیر و با استفاده از سیستم کلدال استفاده شد. برای اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم ابتدا از ۰/۵ گرم نمونه خشک پودر شده عصاره‌گیری شد.. برای این کار، نمونه‌ها در کوره به مدت یک ساعت در دمای ۲۵۰ درجه و ۳ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شدند. پس از خنک شدن، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده و صاف شد. عصاره تهیه شده برای اندازه‌گیری پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری استفاده گردید. برای اندازه گیری فسفر به ۱۰ میلی‌لیتر عصاره بافت، ۱۰ میلی‌لیتر معرف آمونیوم-وانادومولیبدات در یک فلاسک ۱۰۰ میلی‌لیتری اضافه و محلول به حجم رسانده شد. پس از ۳۰ دقیقه جذب نمونه ها در طول موج ۴۱۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (T80 UV/Vis PG Instruments) خوانده شد. برای تهیه معرف آمونیوم-وانادومولیبدات، ۲۲/۵ گرم هپتامولیبدات آمونیوم در ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱/۲۵ گرم متاوانادات آمونیوم در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داغ حل شد. دو محلول به فلاسک ۱ لیتری منتقل و پس از سرد شدن به آرامی ۲۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن افزوده و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. نمودار استاندارد با استفاده از محلول‌های تهیه شده از پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات رسم و مقدار فسفر نمونه‌ها با استفاده از اعداد خوانده شده از اسپکتروفتومتر و نمودار استاندارد تعیین شد (۱۲). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص‌های مورفولوژیکی

رشد اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطح‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر شاخص‌های مورفولوژیکی شامل تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و وزن تر سوخ، اثر معنی‌داری داشتند ($P\leq0.05$). برهمکنش سه عنصر (N:P:K) اثر معنی‌داری بر شاخص‌های سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و قطر سوخ نداشت. برهمکنش نیتروژن و فسفر بر قطر سوخ اثر معنی‌دار داشت اما تاثیر سایر برهمکنش‌ها بر این شاخص معنی‌دار نبود (داده‌ها ارائه نشده است).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد برگ (۴/۴ عدد) در تیمار N:P:K معادل ۱۶۰:۸۰:۳۰۰ مشاهده شد و کمترین شمار (۱ عدد) مربوط به تیمار ۱۰۰:۴۰:۱۵۰ بود (جدول ۳). بیشترین سطح برگ (۲۳/۵۷ سانتی‌متر مربع) در غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر مشاهده شد. کمترین سطح برگ (۱۱/۰۵ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمارهای با کمترین سطح نیتروژن و فسفر بود. افزایش پتاسیم اثر معنی‌داری روی سطح برگ نداشت (شکل ۱).

جدول ۳- اثر برهمکنش نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر شاخص‌های رشد مورفولوژیکی سوسن اورینتال رقم کندی کلاب.

Table 3. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium interaction on morphological growth indices of Oriental lily 'Candy Club'.

شاخص‌های رشد Growth Indices	نیتروژن N (mg L^{-1})	فسفر P (mg L^{-1})	پتاسیم K (mg L^{-1})		
			150	225	300
تعداد برگ Leaf No.	100	40	1f †	1.1ef	1.5c-f
		80	1.3d-f	1.4c-f	1.6c-f
	160	40	1.6c-e	1.7cd	1.8c-f
		80	2c	3b	4.4a
وزن تر اندام هوایی Shoot dry weight (g)	100	40	0.6h	0.61h	0.98g
		80	1.17fg	1.20e-g	1.21e-g
	160	40	1.49e	1.51d	2.04d
		80	4.06c	5.41b	6.5a
وزن‌تر ریشه Root fresh weight (g)	100	40	0.24i	0.39hi	0.55gh
		80	1.53d	1.77de	1.94d
	160	40	0.79fg	0.83f	0.97f
		80	4.05c	4.34b	5.54a
وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	100	40	0.105h	0.16hg	0.25fg
		80	0.45c-e	0.50cd	0.53c
	160	40	0.38ef	0.39de	0.33ef
		80	0.73b	0.85a	0.93a

† حرف‌های مشابه در سطرها و ستون‌ها بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

† Similar letters in rows and columns indicate no significant difference at5% probability level of Duncan's test.

با افزایش مقدار عرضه نیتروژن، مقدار سنتز پروتئین افزایش یافته و باعث بهبود سطح برگ و سطح کربن‌گیری می‌شود (۳۴). افزایش نیتروژن در گیاه سبب افزایش پروتوپلاسم و در نتیجه افزایش اندازه سلول و سطح برگ شده و در نهایت باعث افزایش فعالیت فتوسنتزی می‌گردد (۱). در پژوهش Niedziela و همکاران (۴۱) مشخص شد که با کاهش مقدار نیتروژن، به دلیل کاهش ساخت آمینواسیدها رشد رویشی برگ‌ها کاهش می یابد. همچنین، در پژوهش‌هایی که روی برخی گیاهان مانند؛ آماریلیس (۲۱)، گلایل (۴۶)، گلوبا روزا (۴۳)، سوخ نرگس (۵۰، ۵۳) و لاله (۵) انجام شد، نتایج مناسبی با کاربرد سطوح بالای نیتروژن، گزارش شده است.

مقایسه وزن تر و خشک اندام هوایی نمونه‌ها، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودی بر این ویژگی‌ها بود. مقدار وزن تر اندام هوایی در تیمار N:P:K معادل ۱۶۰:۸۰:۳۰۰ بیشترین مقدار (۶/۵ گرم) را به خود اختصاص داد و حدود ۱۱ برابر بیشتر از مقدار به دست آمده از تیمار ۱۰۰:۴۰:۱۵۰ (۰/۶ گرم) بود و تفاوت معنی داری با تیمار ۱۰۰:۴۰:۲۲۵ نداشتند (جدول ۳). برهمکنش‌های نیتروژن و فسفر با نسبت N:P برابر ۱۶۰:۸۰ و نیتروژن و پتاسیم با نسبت N:K برابر ۳۰۰: ۱۶۰ بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی (به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۵۸ گرم) را باعث شد. کمترین وزن خشک اندام هوایی (۰/۱۳ گرم) در کمترین سطح نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دست آمد (شکل‌های ۱ و ۲).

نتایج بیانگر نقش مثبت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در افزایش رشد اندام هوایی است. نتایج این آزمایش با یافته های سایر پژوهش‌ها همسو است. گزارش شده که افزایش مصرف کودهای نیتروژنی با افزایش سطح و ضخامت برگ باعث افزایش وزن خشک برگ در واحد سطح برگ می‌گردد (۴۰). از آنجا که نیتروژن رشد رویشی را زیاد می‌کند طبیعی است که بر وزن تر بوته اثر داشته و آن را افزایش دهد. کود نیتروژن تأثیر عمده‌ای در ساقه‌زایی، برگ‌زایی و جوانه‌زنی گیاه دارد و به‌طور کلی رشد رویشی گیاه را تسریع می‌کند (۴۸). زینلی و همکاران (۵۶) در پژوهش خود دریافتند که افزایش مصرف فسفر باعث افزایش وزن‌تر گیاه شد.

رشد اندام زیرزمینی

وزن تر و خشک ریشه، در گیاهان تحت تیمارهای کودی مختلف به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. نمونه‌های گیاهی تغذیه شده با تیمار N:P:K معادل ۱۶۰:۸۰:۳۰۰، بیشترین مقدار وزن تر ریشه (۵/۵۴ گرم) را داشتند. کمترین مقدار این شاخص (۰/۲۴ گرم) در نمونه‌هایی حاصل شد که با تیمار ۱۰۰:۴۰:۱۵۰ تغذیه شده بودند. افزایش هر سه عنصر باعث افزایش وزن تر ریشه گردید (جدول ۳). نمونه‌های گیاهی تغذیه شده با N:P:K برابر ۱۶۰:۸۰:۳۰۰، بیشترین وزن خشک ریشه (۰/۹۳) را داشتند و کمترین مقدار این شاخص (۰/۱۰۵ گرم) مربوط به تیمار با نسبت ۱۰۰:۴۰:۱۵۰ بود (جدول ۳).

مقایسه تیمارها بیانگر اثر مثبت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد ریشه است (جدول ۳). پژوهش Choi و Kim (۶) نشان داد که وزن خشک ریشه تولید شده به‌طور معنی‌داری با افزایش غلظت نیتروژن و فسفر مرتبط بود، اما تحت تأثیر افزایش غلظت‌های پتاسیم قرار نگرفت (۸). نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج El-Rehim (۹) که گزارش کرد مصرف فسفر افزایش معنی‌داری بر وزن خشک ریشه در گیاه دارد، همسو است. فسفرِ کافی سبب زیاد شدن رشد گیاه و توسعه و گسترش ریشه می‌شود. برای این منظور گیاه می‌تواند از حجم بیشتری از خاک برای جذب عناصر غذایی و رطوبت استفاده کند که در چنین شرایطی جذب و کارایی استفاده بیشتر از عناصر غذایی افزایش می‌یابد (۳۶). به‌طورکلی، می‌توان گفت کاربرد سطوح بالای نیتروژن و فسفر، وزن خشک ریشه گل سوسن را افزایش می‌دهد.

واکاوی داده‌ها نشان داد که برهمکنش سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر وزن تر و قطر سوخ سوسن اثر معنی‌داری داشت. ارزیابی اثر برهمکنش نیتروژن و فسفر بر وزن تر سوخ نشان داد که نمونه‌های گیاهی تیمار شده با غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر بیشترین وزن تر سوخ (۸/۷۷ گرم) را به خود اختصاص دادند. کمترین مقدار این شاخص (۲/۱ گرم) به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر مربوط بود. با بالا رفتن سطوح نیتروژن و فسفر عملکرد و وزن تر سوخ افزایش یافت (شکل ۱). در برهمکنش نیتروژن و پتاسیم، تیمار N:K برابر ۱۶۰:۳۰۰ بیشترین وزن تر سوخ (۷/۵۷ گرم) را به خود اختصاص دادند. کمترین وزن سوخ در برهمکنش‌های کمترین سطح نیتروژن و پتاسیم (N100:K150) (۲/۴۴ گرم)، فسفر و پتاسیم (P40:K150) (۲/۵۵ گرم) و نیتروژن و فسفر (N100: P80) مشاهده شد که بین سطح‌های ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم تفاوت معنی‌دار نبود (شکل‌های ۲ و ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به قطر سوخ نشان داد که بیشترین قطر نمونه‌ها (۲۴/۶۵ میلی‌متر) در برهمکنش نیتروژن و فسفر با غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر مشاهده شد. کمترین مقدار این شاخص (۱۳/۴۶ گرم) به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر مربوط بود. با افزایش هر دو عنصر نیتروژن و فسفر قطر سوخ افزایش یافت و بیشترین مقدار این شاخص در بالاترین سطح هر دو کود حاصل شد (شکل ۱).

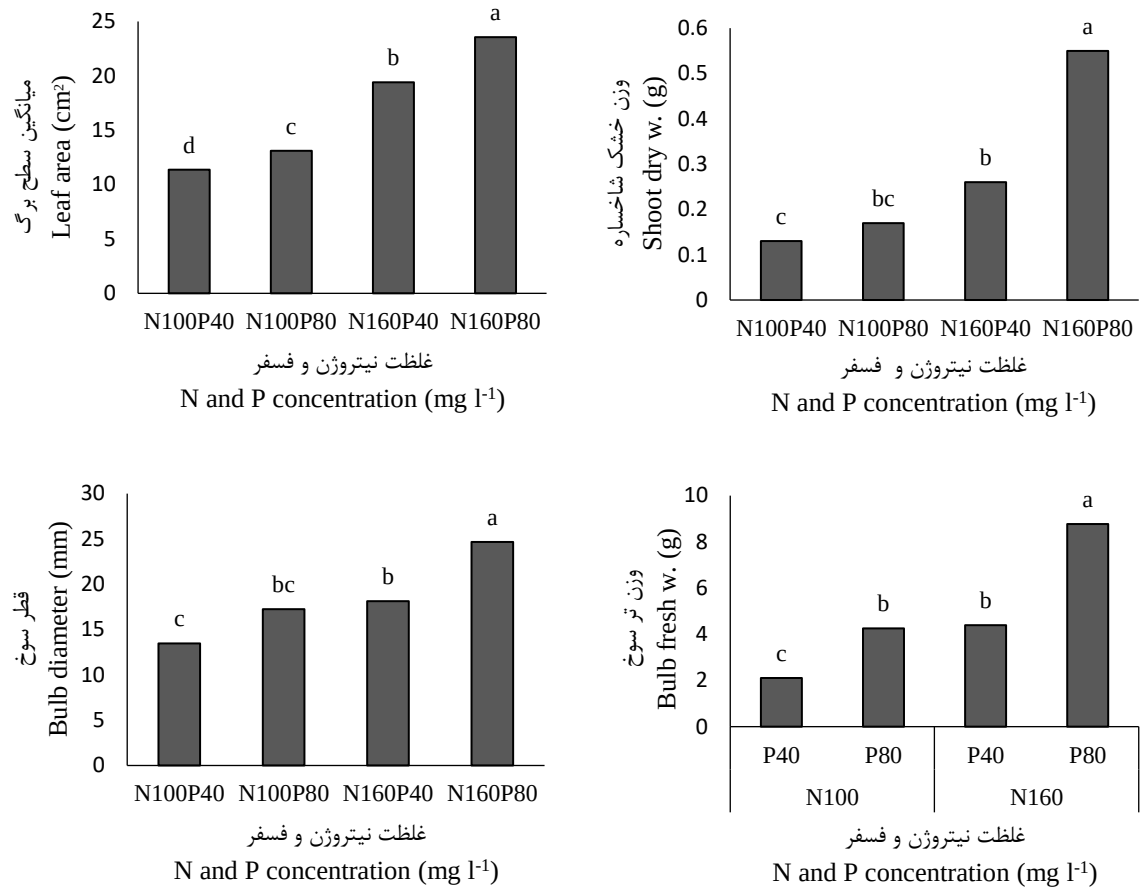

Fig. 1. Effect of interaction of different concentrations of nitrogen and phosphorus on leaf area indices (top, left), shoot dry weight (top, right), bulb fresh weight (down, right) and diameter (down, left) of Oriental lily 'Candy Club'. Similar letters in the columns indicate no significant difference at 5% probability level of Duncan's test.

شکل ۱- اثر برهمکنش غلظت‌های مختلف نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های سطح برگ (بالا، چپ)، وزن حشک اندام هوایی (بالا، راست)، وزن تر (پایین، راست) و قطر سوخ (پایین، چپ) سوسن اورینتال رقم کندی کلاب. حرف‌های مشابه در ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

کاربرد کود نیتروژن به صورت سرک برای گیاه نرگس اثر مثبت بر رشد سوخ داشته است (۱۸). این افزایش عملکرد را می‌توان به نقش نیتروژن در افزایش رشد رویشی و تجمع مواد فتوسنتزی ساخته شده در سوخ و در نتیجه افزایش قطر و وزن آن نسبت داد (۴۷). نیتروژن نقش مهمی در عملکرد و کیفیت پیاز خوراکی دارد اما مقدار نیتروژن مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی ارقام مورد کاشت و شرایط آب و هوایی محل تولید متفاوت می‌باشد. از این نظر در منابع علمی اتفاق نظری وجود ندارد و به مقادیری بین ۸۰ تا ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار اشاره شده است (۲۰). بر اساس گزارش Zaharah و همکاران (۵۴) فسفر باعث افزایش اندازه و تعداد سوخ گیاه سیر شد. پتاسیم در ساخت مواد هیدروکربن و پروتئین نقش مؤثری دارد و در عمده فعالیت‌های یاخته‌ای سهمی به عهده این عنصر است و استفاده از پتاسیم در همه تیمارهای کودی نقش مهمی در اندازه برگ دارد (۱۰). خسروی‌فر و همکاران (۲۶) گزارش گردند که وزن‌تر و عملکرد غده سیب‌زمینی با افزایش مصرف کود پتاسیم افزایش یافت. پژوهش Varshney و همکاران (۵۰) در بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف NPK بر پیازچه کشت بافتی سوسن نشان داد که سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم اثر قابل توجهی در رشد سوخک داشت و NPK با نسبت ۲۰-۲۰-۱۰ بیشترین رشد سوخک‌ها را نشان داد. نتایج پژوهش آن‌ها

نشان داد که افزایش در سطوح فسفر در تیمارهای کودی ۲۰- ۱۰- ۱۰ و ۲۰- ۲۰- ۱۰ باعث افزایش اندازه سوخ شد. آنها همچنین گزارش کردند که پتاسیم نیز نقش مهمی در رشد سوخ ایفا می‌کند و افزایش در مقدار پتاسیم، اندازه سوخک گل سوسن را افزایش داد. بهترین نوع کوددهی برای نرگس فرمول کودی با نسبت ۱۲-۱۰-۲۷ پیشنهاد شده است و محلول پاشی پتاسیم باعث افزایش عملکرد می‌گردد (۲۸). در مطالعه Youssef و El-Aabdel (۵۲)، تأثیر مقادیر مختلف کود NPK با نسبت ۲-۱-۲ بر شاخص‌های رشدی آماریلیس نشان داد که افزایش مقدار کود NPK از ۲ به ۶ گرم در گلدان، باعث افزایش قطر سوخ، وزن تر و خشک سوخ گردید. بررسی اثر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد و نمو گل سوسن نشان داد که کاهش هر سه عنصر به تنهایی و با یکدیگر باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی، ریشه و سوخ گردید (۴۱). در پژوهش Butt (۳) اثر غلظت‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد گل و پداژه گلایول بررسی و مشخص شد ترکیب پتاسیم و نیتروژن بهترین نتیجه را در زمینه بهبود کیفیت گل و پداژه به همراه دارد. بنابراین نتایج ما با سایر پژوهشگران همسو است و با افزایش مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم عملکرد افزایش می‌یابد.

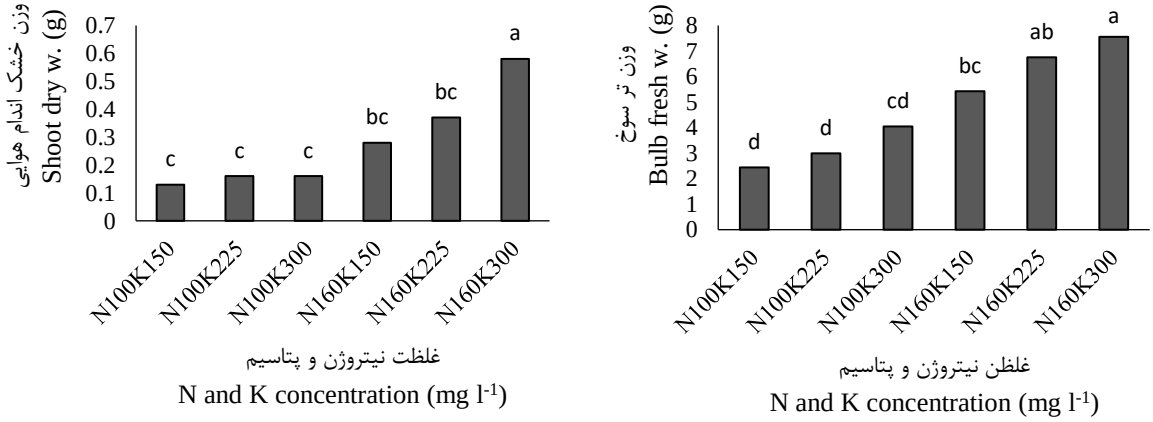

Fig. 2. Effect of nitrogen and potassium interaction on shoot dry weight (left) and bulb fresh weight (right) of Oriental lily ‘Candy Club’. Similar letters in the columns indicate no significant difference at ۵٪ probability level ofDuncan's test.

شکل ۲- اثر برهمکنش نیتروژن و پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی (چپ) و وزن تر سوخ (راست) سوسن اورینتال رقم ’Candy Club‘. حرف‌های مشابه در ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

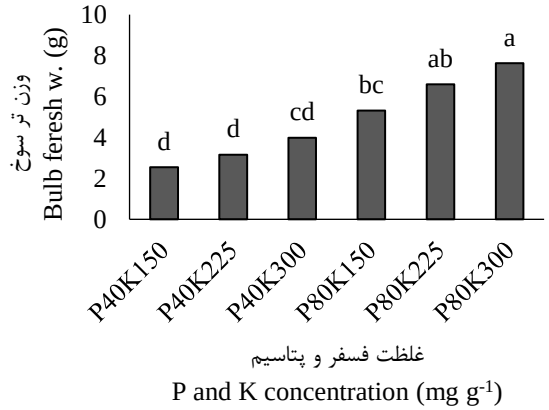

Fig. 3. Effect of phosphorus and potassium interaction on bulb fresh weight of Oriental lily ‘Candy Club’. Similar letters in the columns indicate no significant difference at ۵٪ probability level ofDuncan's test.

شکل ۳- اثر برهمکنش فسفر و پتاسیم بر وزن تر سوخ سوسن اورینتال رقم کندی کلاب. حرف‌های مشابه در هر ستون‌ها بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

شاخص‌های فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطح‌های مختلف نیتروژن، فسفر و برهمکنش آنها بر محتوای کلروفیل برگ در مرحله رشد اثر معنی‌دار داشت. کلروفیل برگ در مرحله برداشت به‌طور معنی‌دار زیر تاثیر نیتروژن و فسفر قرار گرفت اما برهمکنش کودها اثر معنی‌داری بر آن نداشتند. سطح‌های مختلف نیتروژن، فسفر، پتاسیم و برهمکنش آنها بر مجتوای قند و نشاسته سوخ اثر معنی‌دار داشتند (داده‌ها ارائه نشده است).

گیاهان تغذیه شده با غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر بیشترین مقدار کلروفیل کل در مرحله رشد (۲/۰۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را نشان دادند. کمترین مقدار (۰/۳۳ گرم) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر مشاهده شد (شکل ۴).

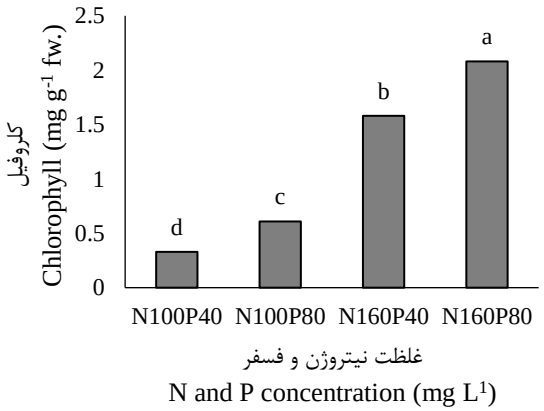

Fig. 4. Effect nitrogen and phosphorus interaction on total chlorophyll content in the growth stage of Oriental lily 'Candy Club'. Similar letters in columns indicate no significant difference at 5% probability level of Duncan's test.

شکل ۴- اثر برهمکنش نیتروژن و فسفر بر محتوای کلروفیل کل در مرحله رشد سوسن اورینتال رقم کندی کلاب. حرف‌های مشابه در ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

در مرحله برداشت نیز نیتروژن و فسفر نقش تعیین کننده در محتوای کلروفیل داشتند به‌طوری که نمونه‌های گیاهی تغذیه شده با غلظت‌های بالاتر نیتروژن (۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر) و فسفر (۸۰ میلی‌گرم در لیتر) نسبت به گیاهانی که مقدار کمتر این عناصر را دریافت کرده بودند سبزینه بیشتر داشته و دیرتر علامت زردی مربوط به شروع خفتگی را نشان دادند (شکل ۵). نتایج بیانگر پایداری کلروفیل و در نتیجه تداوم رشد و خزان دیرهنگام گیاهان تیمار شده با سطوح بالاتر نیتروژن است و مقدار کلروفیل با افزایش نیتروژن به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است که با نتایج سایر پژوهشگران همسو است. نتایج مشابه در سوسن (۲۴)، نرگس (۸، ۱۷) و گل مریم (۳۲) گزارش شده است. در پژوهشی که تأثیر کمبود عناصر غذایی NPK بر گیاه *Globba rosae* مورد ارزیابی قرار گرفت نیز نتایج نشان داد در گیاهانی که دچار کمبود نیتروژن بودند، برگ‌ها کوچک‌تر و به رنگ سبز مایل به زرد بودند و نشانه‌های کلروز به تدریج تمام برگ را احاطه نمود (۴۳). عمده‌ی رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند از این رو کاربرد نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش مقدار آن‌ها در گیاه گردد (۵۶). نیتروژن به عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی پر مصرف، در ساختمان پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها و سیتوکروم‌ها نقش دارد و به‌عنوان جزء لازم مولکول کلروفیل نیز به شمار می‌رود و به همراه منیزیم از اجزای اصلی ساختمان کلروفیل است (۳۳). از این رو کمبود آن منجر به کاهش تولید و پایداری کلروفیل برگ و بروز زردی در گیاه می‌گردد.

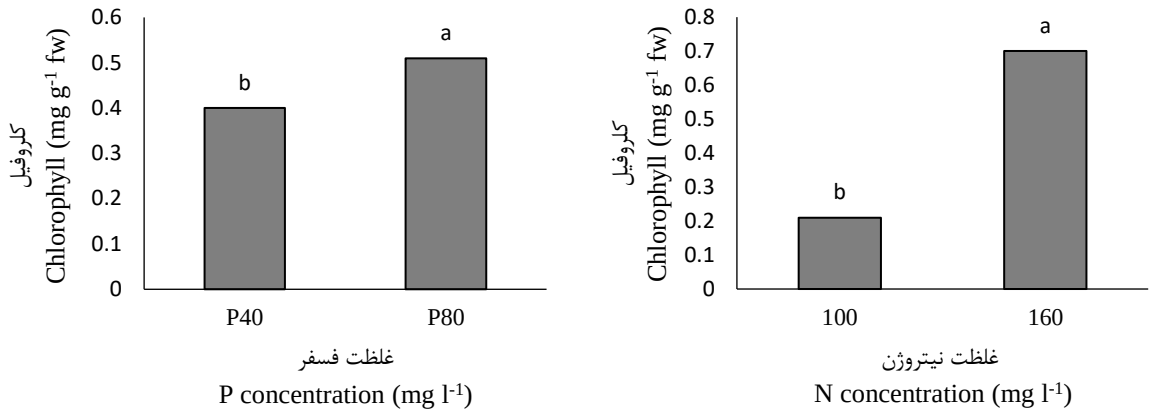

Fig. 5. Effect of different concentrations of nitrogen (right) and phosphorus (left) on the total chlorophyll content in the harvest stage of Oriental lily 'Candy Club'. Similar letters in the columns indicate no significant difference at ۵٪ probability level ofDuncan's test.

شکل ۵- غلظت‌های مختلف نیتروژن (راست) و فسفر (چپ) بر محتوای کلروفیل کل در مرحله برداشت سوسن اورینتال رقم کندی کلاب. حرف‌های مشابه در ستون‌ها بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

نتایج مقایسه میانگین مقدار قند سوخ‌ها نشان داد که بیشترین مقدار قند محلول سوخ (۷/۷۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به برهمکنش N:P:K برابر ۱۶۰:۸۰:۳۰۰ بود. کمترین مقدار قند (۱/۷۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار ۱۰۰:۴۰:۱۵۰ مشاهده شد. همچنین سوخ نمونه‌های تیمار شده با N:P:K برابر ۱۶۰:۸۰:۳۰۰، بیشترین مقدار نشاسته (۴/۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) را به خود اختصاص دادند و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند. کمترین مقدار نشاسته (۰/۴۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۱۰۰:۴۰:۱۵۰ بود (جدول ۵). بر اساس نتایج افزایش هر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کودهای مورد استفاده با افزایش محتوای قند و نشاسته در سوخ همراه بود.

جدول ۵- اثر برهمکنش نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر محتوای قند و نشاسته سوخ سوسن اورینتال رقم کندی کلاب.

Table 5. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium interaction on the sugar and starch content of Oriental lily 'Candy Club' bulbs.

شاخص Indices	نیتروژن N (mg l-1)	فسفر P (mg l-1)	پتاسیم K (mg l-1)		
			150	225	300
قند محلول Soluble sugare (mg g-1 FW)	100	40	1.74g†	1.98g	2.66f
		80	3.96e	4.45e	4.58de
	160	40	5.11d	5.96c	6.29bc
		80	6.94b	6.72b	7.74a
نشاسته Starch (mg g-1 FW)	100	40	0.49k	0.87j	1.50i
		80	2.21h	2.42g	2.76f
	160	40	2.90f	3.13e	3.32d
		80	4.23c	4.43b	4.75a

† حرف‌های مشابه در سترها و ستون‌ها بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

† Similar letters in rows and columns indicate no significant difference at 5% probability level of Duncan's test.

نیتروژن، آهن و منیزیوم و منگنز در مقدار کلروفیل و فتوسنتز نقش دارند (۳۶). با کاهش فتوسنتز، مقدار نشاسته غده سیب‌زمینی کاهش یافته است (۴). پاسخ فتوسنتز برگ به نور تا حد زیادی وابسته به محتوای نیتروژن برگ است. پروتئین‌های فتوسنتزی، از جمله مقادیر زیاد رابیسکو و به میزان کمتر مجموعه دریافت کننده نور نشان‌دهنده بخش بزرگی از کل نیتروژن برگ می‌باشند (۱۲). افزایش نیتروژن در گیاه سبب افزایش پروتوپلاسم و در نتیجه افزایش اندازه سلول و سطح برگ شده و در نهایت باعث افزایش فعالیت فتوسنتز می‌گردد (۴۴). نیتروژن به طور قابل توجهی اندازه و تعداد برگ‌ها را افزایش می‌دهد. در اوایل فصل، نیتروژن تولید ماده خشک در واحد سطح را از طریق برگ‌ها و دم‌برگ‌ها افزایش می‌دهد. در ادامه فصل، نیتروژن این افزایش در ماده خشک را حفظ کرده و تولید ماده خشک ریشه را نیز افزایش می‌دهد. این امر در تولید بیشتر قند در واحد سطح منعکس می‌شود (۲۷). فسفر به‌طور معنی‌داری باعث افزایش فتوسنتز برگ گیاه موسیر شده به‌طوری که با افزایش کاربرد کود فسفره فتوسنتز نیز افزایش یافته است (۱).

گزارش زاهدی‌اول (۵۵) بیانگر افزایش درصد نشاسته غده سیب زمینی در اثر افزایش مصرف پتاسیم می‌باشد. پتاسیم به علت تجمع نیتروژن غیر آلی و ترکیبات نیتروژنی محلول (آمیدها، نیترات و آمینواسیدها) در ساخت پروتئین‌ها سهیم است (۳۶). کربوهیدرات‌های محلول همچون قندهای احیا شده طی مراحل اولیه کمبود پتاسیم در برگ‌ها ذخیره و این امر در نهایت به کاهش سنتز پروتئین منتهی می‌شود (۱۳). نقش مثبت پتاسیم در افزایش قند میوه در خربزه (۲۹) و طالبی (۳۱) گزارش شده است. پتاسیم برای فتوسنتز مهم بوده، و برای حرکت قند به ریشه ، به پتاسیم نیاز است. گیاهانی که پتاسیم دریافت کردند درصد قند آن‌ها به طور قابل توجهی بیشتر از گیاهانی است که پتاسیم دریافت نکردند (۳۴).

محتوای عناصر برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی مختلف بر محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گیاه سوسن اورینتال تأثیر داشت. غلظت‌های مختلف فسفرمحلول غذایی بر جذب و محتوای هر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ اثر معنی‌دار در سطح ۱٪ داشت. همچنین غلظت نیتروژن محلول غذایی بر محتوای نیتروژن و پتاسیم و غلظت پتاسیم محلول غذایی بر محتوای پتاسیم برگ اثر معنی دارد داشت. اما غلظت‌های نیتروژن محلول غذایی بر محتوای فسفر و غلظت‌های مختلف پتاسیم بر مقدار نستروژن و فسفر برگ اثر معنی‌داری نداشت. برهمکنش نیتروژن و فسفر نیز به‌طور معنی‌دار بر محتوای نیتروژن و پتاسیم برگ اثر گذاشت (داده‌ها ارائه نشده است).

بررسی اثر مصرف نیتروژن بر عناصر برگ نشان داد که با افزایش غلظت آن در محلول غذایی، مقدار نیتروژن و پتاسیم برگ افزایش یافت به‌طوری که بیشترین مقدار نیتروژن و پتاسیم برگ (به ترتیب ۱۶/۴۷ و ۱۷/۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) درگیاهان تیمار شده با ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و کمترین آنها (به ترتیب ۱۲/۴ و ۱۵/۱ میلی‌گرم در گرم) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن حاصل شد (شکل ۶).

اثر غلظت‌های مختلف فسفر در محلول غذایی نشان داد که بیشترین مقدار فسفر برگ (۱/۸۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در گیاهان تیمار شده با ۸۰ میلی‌گرم در لیتر فسفرحاصل شد (شکل ۶). افزایش غلظت فسفر در محلول با افزایش نیتروژن و پتاسیم برگ نیز همراه بود. به عبارت دیگر افزایش مقدار فسفر از ۴۰ به ۸۰ میلی‌گرم در لیتر در تیمارها باعث افزایش معنی‌دار محتوای هر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بافت برگ گردید (شکل ۶) که به احتمال به افزایش توسعه و قدرت جذب ریشه مربوط است (۳۶).

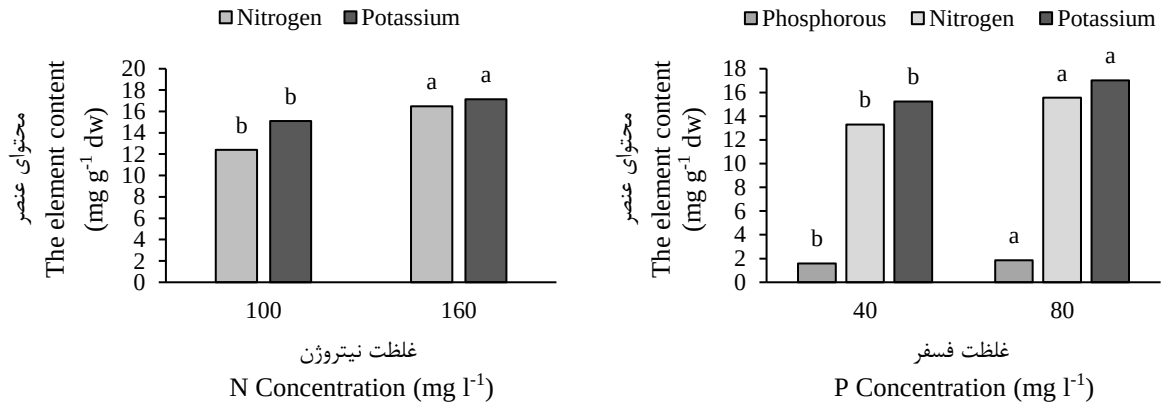

Fig. 6. Effect of nitrogen (left) and phosphorus (right) concentrations in nutrient solution on the nitrogen, phosphorus and potassium content of Oriental lily 'Candy Club' Leaves. Columns of the same color with the same letter have no difference in 5% level of Duncan's test.

شکل ۶- اثر غلظت نیتروژن (چپ) و فسفر (راست) در محلول غذایی بر محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ سوسن اورینتال رقم کندی کلاب. ستون‌های هم رنگ دارای حرف مشابه تفاوتی در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

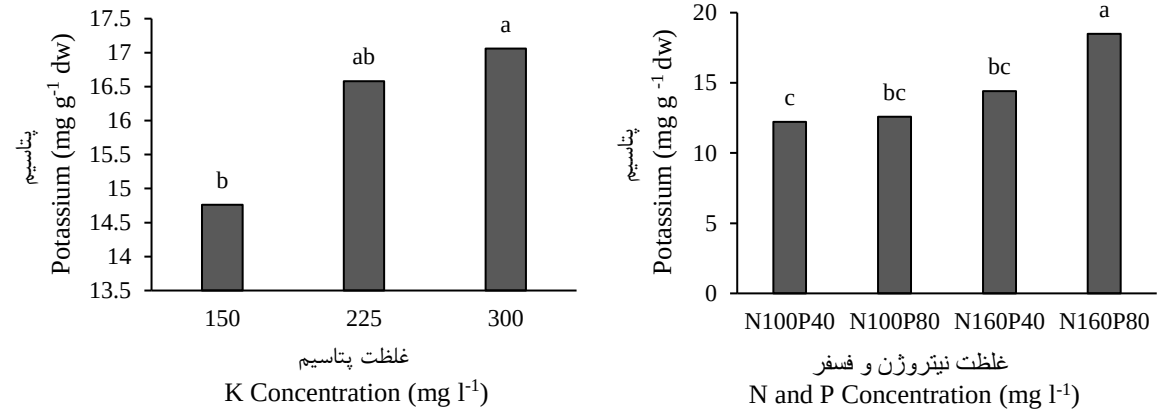

Fig. 7. Effect nitrogen and phosphorus interaction (right) and potassium concentration (left) in nutrient solution on the potassium content of Oriental lily 'Candy Club' leaves. Columns with the same letter have no difference in the 5% level of Duncan's test.

شکل ۷- اثر برهمکنش نیتروژن و فسفر (راست) و غلظت پتاسیم (چپ) در محلول غذایی بر محتوای پتاسیم برگ سوسن اورینتال رقم کندی کلاب. ستون‌های دارای حرف مشابه تفاوتی در سطح ٪۵ آزمون دانکن ندارند.

مقایسه میانگین‌های مقدار پتاسیم برگ در تیمارهای پتاسیم نشان داد که با افزایش غلظت پتاسیم کود، محتوای پتاسیم برگ نیز افزایش یافت و بیشترین مقدار (۱۷/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۷). برهمکنش نیتروژن و فسفر نیز بر محتوای پتاسیم برگ اثر گذاشت به‌طوری که مقدار ۱۶۰ میلی‌گرم نیتروژن همراه با ۸۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۱۸/۵ میلی‌گرم بر گرم) را باعث شد. این تغییر با وضعیت رشد سوخ‌ها، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی نیز همسو است (شکل ۱) که می‌تواند نشانگر نقش مثبت پتاسیم در رشد سوخ باشد. با کاهش غلظت نیتروژن و فسفر محلول غذایی محتوای پتاسیم برگ کاهش یافت (شکل ۷).

افزایش مقدار فسفر از ۴۰ به ۸۰ میلی‌گرم در لیتر در تیمارها باعث افزایش پتاسیم بافت برگ شده است که به احتمال به افزایش توسعه و قدرت جذب ریشه مربوط است (۳۶). افزایش نیتروژن خاک باعث افزایش محتوی نیتروژن برگ می‌شود (۱۴). نتایج به دست آمده با نتایج Fodor و Solymos (۱۵) و Hanks (۱۷) همسو بود. آنها بیان کردند که کاربرد نیتروژن تا حد مشخصی باعث جذب توسط ریشه نرگس می‌گردد و در نتیجه مقدار نیتروژن برگ به تبع آن افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت فسفر در محلول غذایی، مقدار فسفر برگ افزایش یافت. فسفر با افزایش رشد ریشه و تغییر pH خاک به جذب عناصر کمک می‌کند (۴۳). گیاهان سوخوار به دلیل ریشه کم‌عمق و تعداد ریشه‌های فرعی کم، نسبت به کمبود عناصر غذایی به ویژه عناصر غذایی غیر متحرک از سایر گیاهان حساسیت بیشتری دارند و به مصرف کود پاسخ بهتری می‌دهند (۲). افزایش دسترسی به فسفر تا حد مناسب باعث رشد ریشه گیاه و در نتیجه افزایش جذب سایر عناصر از جمله نیتروژن می‌شود (۳۳).

میانگین مقدار فسفر برگ نرگس نشان داد که استفاده از کود فسفر باعث افزایش فسفر برگ می‌شود و می‌تواند کمبود فسفر درون گیاه را جبران کند. کمبود فسفر ممکن است سبب محدودیت ریشه شود (۵۳) و از این راه توانایی جذب عناصر از خاک را کاهش دهد. خلیقی و همکاران (۲۵) در لاله دورگه داروین نشان دادند سوخ‌هایی که مقدار فسفر و پتاسیم بیشتری از محلول غذایی دریافت کردند، رشد بهتری داشته و اندازه بزرگ‌تری پیدا کردند. این سوخ‌ها همچنین جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری داشتند و مقدار پروتئین آن‌ها، بیشتر بود. مصرف کود پتاسیم می‌تواند به صورت مصرف لوکس باشد و درون گیاه به صورت کریستاله ذخیره گردد. در منابع ذکر شده است که پتاسیم می‌تواند به صورت غیر فعال در گیاه به ویژه در اندام‌های ذخیره‌ای مانند سوخ نرگس به جای بماند (۵۳). گیاهان سوخوار پتاسیم را به‌تقریب به اندازه نیتروژن جذب می‌کنند (۴۴).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد ریشه، اندام هوایی و سوخ گیاهان سوسن موثر است و کاربرد همزمان آنها به‌طور هم‌افزا، اندازه سوخ‌های این گیاه را بهبود می‌دهد به‌طوری‌که در این آزمایش بیشترین رشد گیاه و درشت‌ترین سوخ‌ها از مصرف محلول غذایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب با غلظت‌های ۱۶۰، ۸۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. با توجه به اینکه این نتیجه در بالاترین غلظت‌های مورد آزمایش حاصل شده است ممکن است مقدار بیشتر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم موثر بوده و آزمودن آنها می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از آقای رسول یزدخواستی مدیر محترم گلخانه فدک به خاطر فراهم کردن مواد گیاهی و شرایط اجرای آزمایش سپاسگزاریم.

منابع References

1. Arefi, A., M. Kafi, H. Khazaei, and M. Banayan Aval. 2012. Effect of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizer levels on yield, photosynthetic rate photosynthetic pigments, chlorophyll content, and nitrogen concentration of plant components of *Allium altissimum* Regel. J. Agroecol. 4(3): 207-214. doi: 10.22067/jag.v4i3.15309 (In Persian).
2. Brewster, J.L. 1994. Onion and Other Vegetable *Alliums.* CAB Int. UK. 334 p.
3. Butt, S.J. 2005. Effect of N, P, K on some flower quality and corm yield characteristics of gladiolus. J. Tekirdag Agr. Fac. 2: 31-42.
4. Cao, W. and, T.W. Tibbitts. 1991. Physiological responses in potato plant under continuous irradiation. J. Am. Soc. Hort. Sci. 116: 3. 525-527.
5. Cheal, W.F. and G.W Winsor. 1986. The effects of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium on the growth of tulips during the second season of treatment and on the chemical composition of the bulbs. Ann. Appl. Biol. 57(2): 287-299.
6. Choi, J.M. and H.G. Kim. 2006. Effect of N, P, K and Ca nutrition on strawberry anthracnose. Plant Pathol. 55: 246-249.

7. El-Bassiony, A.M. 2006. Effect of potassium fertilization on growth, yield and quality of onion plants. J. App. Sci. Res. 2: 780-785.
8. El-Naggar, A.H. 2010. Effect of biofertilizer, organic compost and mineral fertilizers on the growth, flowering and bulbs production of *Narcissus tazetta* L. J. Agr. Env. Sci. Alex. Univ. 9(1): 24-52.
9. El-Rehim, G.H.A. 2000. Effect of phosphorus fertilization on yield and quality of onion bulb under Egypt condition. Assiut J. Agr. Sci. 31: 115-121.
10. Emsweller, S.L., G.O. Randall, , and J.G. Weaver. 1983. Fertilizer for narcissus bulb in North Carolina. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36: 791- 795.
11. Epstin, E. 1972. Mineral nutrition of Plants: Principles and Perspectives. New York: Wiley. 189 p.
12. Estefan, G, R. Sommer, and J. Ryan. 2013. Methods of Soil, Plant, and Water Analysis, A Manual for the West Asia and North Africa Region. ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), Beirut, Lebanon.. 242 p.
13. Faragasova, A. 1994. The effect of the environment and storage on nitrate content in various potato cultivars from two localities. Biologia, 49:6. 917-922.
14. Field, C. and H.A. Mooney. 1986. The photosynthesis–nitrogen relationship in wild plants. In: Givnish T.J. (ed.) On the economy of plant form and function*:* Proceedings of the Sixth Maria Moors Cabot Symposium (Vol. 6). Cambridge University Press. pp. 25-55.
15. Fodor, E. and E. Solymos. 1976. Base Fertilization of Narcissus. Kerteszeti Egyetem Kozlemenyei, 39(7): 261-272 (In Hungarian).
16. Ghasemi Ghehsareh, M. and M. Kafi, 2014. Floriculture, Scientific and Practical (Volume I). Author publication. 313 p. (In Persian).
17. Haadi-e-vincheh, M., D. Naderi, and A. Golparvar. 2013. Growth and physiological characteristics of *Narcissus pseudonarcissus* at different nitrogen levels. Int. J. Food Allied Sci. 2 (2): 1325-1329.
18. Hanks, G.R. 2002. Commercial Production of Narcissus bulbs. In: Hanks, G.R. (ed). Narcissus and Daffodil: The Genus *Narcissus*. CRC Press. pp. 53-130.
19. Hartmann, H.T., D.E. Kester, R.L. Geneve, and F.T. Davies. 2014. Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices. Pearson Educ. limited. 922 p.
20. http://sarafraz-hezarmasjed.ir/2018/02/13. Onion nutrition and fertilizer recommendation of onion farms. (In Persian).
21. Jamil, M.K., M.M. Rahman, M.M. Hossain, M.T. Hossain, and A.S. Karim. 2016. Response of N, P and K on the growth and flowering of hippeastrum (*Hippeastrum hybridum* Hort.). Bangladesh J. Agr. Res. 41(1): 91-101.
22. Kamenetsky, R., and H. Okubo. 2012. Ornamental Geophytes: From Basic Science to Sustainable Production. CRC Press. 578 p.
23. Kazemi M., H. Hassanabadi, and H. Tavakoli. 2011. Potato Production Management. Publication of agricultural education and extension. 156 p. (In Persian).
24. Kazemi, M., S. Zamani, and M. Aran. 2011. Interaction between glutamin and different chemicals on extending the vase life of cut flowers of 'Prato' lily. Am. J. Plant Physiol. 6: 120-125.
25. Khalighi, A., M. Hojjati, M. Babalar, and R. Naderi. 2007. Investigation of the effect of N, P and K ratios on quantitative and qualitative traits of bulbs and bulblet in tulips. Iranian J. Agr. Sci. (J. Agr.**)**. 38(1): 39-45 (In Persian).
26. Khosravifar, S., M. Yarnia, M.B. Khorshidi Benam, and A.H. Hosseinzadeh Moghbeli. 2008. Effect of potassium on drought tolerance in potato cv. Agria. J. Food Agr. Environ. 6: 236-241.
27. Koocheki, A. and A. Soltani. 2011. The Sugar Beet Crop. Mashhad University Jihad, Iran. 200 p. (Translated in Persian).
28. Leeds, R. 2000. The Plant Finder's Guide to Early Bulbs. Timber Press Portland. Oregon.UK. 192 p.
29. Lester, G.E., J.L. Jifon, and D.J. Makus. 2006. Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. Hort. Sci. 41: 741-744.

30. Lichtenthaler, H.K. and A.R. Wellburn. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions. https://doi.org/10.1042/bst0110591.
31. Lin, D., D. Huang, and S. Wang. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. Sci. Hort. 102: 53-60.
32. Mahmoodinezhade dezfully, S.H., A. Gholami, A.A. Moezi, and M. Hosseinpour. 2012. Effects of Nitrogen, Potassium and Phosphorus on Quantitative and Qualitative Characteristics of Tuberose cv. Double (*Polianthes tuberosa* L.). J. Appl. Environ. Biol. Sci. 2(9): 485-491.
33. Malakouti, M.J. and M. Homaei. 2004. Fertility of Soils in Arid and Semi-arid Regions. Trabiat Modares University, Tehran. 508 p. (In Persian).
34. Malakouti, M.J. and M.M. Tehrani. 1999. The Role of Micronutrients in Increasing Yield and Improving the Quality of Agricultural Products (Microelements with Macro Impact). Tarbiat Modares University Pub. Tehran, Iran. 328 p. (In Persian).
35. Maness, N. 2010. Extraction and Analysis of Soluble Carbohydrates. In: Sunkar R. (eds) Plant Stress Tolerance, Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols), vol 639. Humana Press. pp 341-370. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-702-0_22.
36. Marschner, H. 2011. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3nd Ed. Acad. Press, London. 672 p.
37. Mengel, K. and W.W. Arneke. 1982. Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*. Plant Physiol. 54: 402-408.
38. Miller, W.B. 1993. *Lilium longiflorum*. In: De Hertogh A., and M. Le Nard (eds.) The Physiology of Flower Bulbs, Elsevier, Amsterdam. pp 391–422.
39. Mortazavi, S.N. and S.F. Talebi. 2009. The effect of silver nitrate and sucrose treatments on the maintenance of cut flowers of ordinary *Lilium* cultivar, 6th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Rasht. https://civilica.com/doc/99841 (In Persian).
40. Muchow, R.C. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of Maize and Sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf Growth and Leaf Nitrogen. Field Crops Res. 18: 393-401.
41. Niedziela, C.E., S.H. Kim, P.V. Nelson, and A.A. De Hertogh. 2008. Effects of N–P–K deficiency and temperature regime on the growth and development of *Lilium longiflorum* 'Nellie White'during bulb production under phytotron conditions. Sci. Hortic. 116(4): 430-436.
42. Rani, N., R. Kumar, and K.K. Dhatt. 2005. Effect of nitrogen levels and growing media on growth, flowering and bulb production of Lilium cultivars. J. Ornam. Hort. 8(1):36-40.
43. Ruamrungsri, S., W. Bumphenyoo, R. Sriwichai, and P. Apavatjrut. 2007. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium deficiencies on growth and development of *Globba rosea* Gagnep. Agr. Nat. Resour. 41: 72-83.
44. Salo, T., T. Suojala, and M. Kallela. 2002. The effect of fertigation on yield and nutrient uptake of cabbage, carrot and onion. Acta. Hort. 571: 235-241.
45. Sarmadnia, Gh. and A. Koocheki. 2012. Physiology of Crop Plants. Mashhad University Pub, Iran. 400 p. (In Persian).
46. Shah, A., S.D. Lal, and J.N. Seth. 1984. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus on growth, flowering and corm yield of *gladiolus* cv. Vinks Glory. Prog. Hort. 16(3-4): 305-307.
47. Sharma, R.P. 1992. Effect of planting material, nitrogen and potash on bulb yield of rainy-season onion (*Allium cepa*). Indian J. Agron. 37(4): 868-869.
48. Sheikh Babaei, M. and M. Esna-ashari, and F. Dashti. 1388. The effect of urea and two biofertilizers of azotobacter and nitroxin on some quantitative and qualitative properties of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.). 6th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Rasht. https://civilica.com/doc/100259 (In Persian).
49. Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Inc, Sunderland, MA. 764p.
50. Varshney, A., P.S. Srivastava, and V. Dhawan. 2001. Effect of doses of nitrogen, phosphorus and potassium on the performance of *In vitro* propagated bulblets of *Lilium* sp. (Asiatic hybrids). Curr. Sci. 81(10): 1296-1298.

51. Wissuwa, M., G. Gamat and A.M. Ismail. 2005. Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation? J. Exp. Bot. 56: 1943-1950.
52. Youssef, A.S.M. and M.A. El-Aabdel. 2014. Effect of kinetin and mineral fertilization on growth, flowering, bulbs productivity, chemical compositions and histological features of *Hippeastrum vittatum* plant. J. Plant Prod. Mansoura Univ. 5(3): 357.
53. Zadebagheri, M., A. Sohrabnejad, A. Abutalebi Jahromi, and S. Sharafzadeh. 2011. The Effects of nitrogen and phosphor on some physico-chemical characteristics and postharvest life of narcissus flower. New Findings In Agriculture, 6 ((1 (21)): 35-47 (In Persian).
54. Zaharah, A., P. Vimala, R. Siti Zainab, and H. Salbiah. 1994. Response of onion and shallot to organic fertilizer on bris (rudua series) soil in Malaysia. Acta. Hort. 358: 429-433.
55. Zahedi Aval., M.H. 1996. Effect of plant density and different amounts of potash fertilizer on the quantity and quality of two potato cultivars. Master Thesis in Agriculture. Mashhad Ferdowsi University. (In Persian).
56. Zeinali; H., A. Moslehi Yazddeli, L. Safaei, Z. Jaberalansar, A. Akhondi, and Z. Skanderi. 2014. Effects of different N.P.K fertilizer levels on quantitative and qualitative traits of *Matricaria chamomilla* L. Iranian J. Med. Arom. Plants Res., 30 (4): 511-518. doi: 10.22092/ijmapr.2014.9831 (In Persian).
57. Zgallai, H., K. Steppe and R. Lemeur. 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in Tomato plants. J. Integr. Plant Biol. 48(6): 679-685.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 23 (3): 539-554 (2022)
Research article

Effect of Different Concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Growth Indices of Oriental Lily Bulblet

Z. Zarifianfard, M. Ghasemi Ghehsareh*, R. Barzegar[1]

Bulblets require suitabale environmental conditions and particularly fertilization to obtain flower size. For this purpose, in a CRD-based factorial experiment with four replications and 6 plants per replication, the effect of different concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on the growth of oriental lily bulbs of cultivar 'Candy club' was investigated. Treatments included different concentrations of nitrogen (100 and 160 mg L^{-1}), phosphorus (40 and 80 mg L^{-1}) and potassium (150, 225 and 300 mg L^{-1}). Solutions containing elements with the desired concentrations were added to the hydroponic culture medium and after 10 months, growth indices were measured. The results showed that the highest number of leaves, shoot fresh weight, root fresh and dry weight, leaf potassium content and amount of soluble sugar and starch of bulbs were related to N: P: K treatment equal to 160: 80: 300. The highest leaf nitrogen content was observed in 160 mg L^{-1} treatment, the highest leaf phosphorus content in 80 mg L^{-1} phosphorus treatment and the highest leaf potassium content was observed in the interaction of nitrogen and phosphorus with concentrations of 160 and 80 mg L^{-1}, respectively. The interaction of nitrogen and phosphorus with a ratio of 160: 80 also caused the highest leaf area, shoot dry weight, bulb fresh weight, bulb diameter, chlorophyll content of the leaf at the active growth stage and at harvest time (onset of dormancy symptoms). The highest bulb weight was observed in nitrogen and potassium treatments with concentrations of 160 and 300 and phosphorus and potassium with concentrations of 80 and 300 mg L^{-1}, respectively. In general, the largest bulbs were produced at the highest levels of nitrogen, phosphorus and potassium used in the experiment.

Keywords: Soluble sugar, Chlorophyll, Fertilizer, Bulb weight, *Lilium*.

1. M.Sc. Student and Assistant Professors, Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, respectively.
* Corresponding Author, Email: (mghasemi1352@gmail.com).