نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۸۳-۶۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2020, P. 669-683
ISSN: 2008 - 4730

نقش فرمولاسیون‌های مختلف کودی بر گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا (*Gerbera jamesonii*) در مرحله سازگاری

احمد شریفی[۱]- سیده مهدیه خرازی[۲*] - صبا نجاتی زاده[۳] - آزاده خادم[۴] - مریم مرادیان[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲

چکیده

در کشاورزی سنتی، عموماً غلظت بالایی از عناصر غذایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و بخش اعظمی از آن از طریق آبشویی خارج شده و در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد. چنانچه بتوان با مدیریت صحیح، نیاز تغذیه‌ای گیاه را مشخص نمود، می‌توان کارایی مصرف کود را افزایش و همچنین از آلودگی زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی در کشور جلوگیری نمود. بنابراین پژوهش حاضر با هدف افزایش راندمان مصرف کود از طریق انتخاب تیمار کودی بهینه و سطح مطلوب آن جهت سازگاری و رشد مناسب گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا انجام شد. در آزمایش اول تیمارهای کودی مختلف با نسبت‌های متفاوت فسفر و پتاسیم (PK) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاکی از تاثیر مطلوب تیمار کودی گروه دو (با مقادیر ۷/۹۹ میلی مولار نیتروژن، ۱/۰۶ میلی مولار فسفر و ۴/۷۷ میلی مولار پتاسیم) بر پارامترهای رشدی گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا بود. در آزمایش دوم غلظت‌های مختلف تیمار کودی گروه دوم (۰/۵x، ۱x و ۱/۵x) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت تا سطح بهینه این تیمار کودی تعیین گردد. نتایج نشان داد که گیاهچه‌های رشد یافته تحت تیمار ۱/۵x کود گروه دوم، از شاخص‌های رشدی مطلوب‌تری در مقایسه با دو تیمار دیگر برخوردار بودند و میانگین‌های بالاتری را از لحاظ وزن خشک ریشه و شاخساره به خود اختصاص دادند. لذا به منظور سازگاری و رشد مطلوب گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا، تیمار کودی گروه دو با غلظت ۱/۵x توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رشدی، غلظت‌های مختلف تیمار کودی، نسبت‌های مختلف PK، نیاز تغذیه‌ای گیاه

مقدمه

ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii*، از جمله گیاهان زینتی است که بیشترین سطح زیر کشت را در غرب اروپا دارد و سابقه کشت آن به منظور گل شاخه‌بریده به اوایل قرن بیستم در فرانسه باز می‌گردد. اهمیت تجاری آن روز به روز در حال افزایش است، بنحوی که یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده در بین ۱۰ گل شاخه‌بریده برتر جهان قرار دارد. این گیاه به صورت گل بریدنی و گلدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صنعت گل به دلیل سازگاری با صنعت حمل و نقل، ماندگاری خوب و قیمت مناسب جایگاه ویژه ای دارد (۱۶). سطح زیر کشت این گیاه زینتی در ایران حدود ۲۰ هکتار می‌باشد و به دلیل بازارپسندی مناسبی که دارد، هر روز بر سطح تولید و پرورش آن افزوده می‌شود (۱۵).

از جمله عواملی که تولید و پرورش گیاهان زینتی از جمله ژربرا در کشور را با محدودیت روبه‌رو می‌کند، مصرف بی رویه کودهای شیمیایی وارداتی می‌باشند. بر اساس آمار ارائه شده فائو، میزان واردات کودهای شیمیائی حاوی NPK در سال ۲۰۰۳، ۲۳۱۵ تن برآورد شده است، این درحالی است که میزان واردات در سال ۲۰۱۷، ۹۵۲۷ تن ذکر شده است. در واقع مقایسه میزان واردات کودهای حاوی NPK در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۷ نشان می‌دهد که این میزان به بیش از چهار برابر میزان اولیه افزایش یافته است (فائو) که این آمار نشان‌دهنده مصرف بیش از حد کودهای شیمیائی در کشور می‌باشد (۷). بنابراین چنانچه بتوان با مدیریت صحیح، نیاز تغذیه‌ای گیاه را در هر مرحله رشدی مشخص نمود، می‌توان کارایی مصرف کود را افزایش داد و همچنین از آلودگی زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی در کشور جلوگیری نمود. از سوی دیگر، جهت تولید محصول با کیفیت مطلوب مدیریت شرایط تغذیه‌ای گیاه نقش مهمی را ایفا می کند (۲۲). گیاهان آب و عناصر غذایی مورد

۱، ۲، ۴ و ۵ – استادیاران و مربیان، گروه پژوهشی بیوتکنولوژی گیاهان زینتی، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
۳- دانشجوی مقطع دکتری رشته بیوتکنولوژی در کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: ma_kh230@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i4.78680

نیاز خود را به مقادیر متفاوت در طول دوره رشد جذب می‌کنند (۳۱). بنابراین تغذیه نقش مهمی در رشد و عملکرد گیاه در کشت بدون خاک دارد. در این نوع کشت، تمام عناصر ضروری مورد نیاز گیاه باید از طریق کودهای محلول در آب فراهم گردد (۱۹). اگر غلظت عناصر غذایی مورد نیاز در محلول‌های غذایی در حد بهینه نباشد، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای ایجاد شده و رشد و عملکرد گیاه به طور قابل توجهی کم می‌شود (۲۷ و ۳۰). برای مثال اگر غلظت آمونیوم در محلول غذایی زیاد باشد، رشد ریشه گیاه متوقف می‌شود (۲۸). همچنین اختلال در میزان جذب یک عنصر، می‌تواند جذب سایر عناصر را نیز با مشکل مواجه نماید. به عبارت دیگر این امر نشان می دهد که عناصر غذایی اثرات آنتاگونیستی و سینرژیستی بر روی جذب یکدیگر دارند (۲۸). علاوه براین ارتباط نزدیکی بین pH بستر کشت و محتوای محلول غذایی وجود دارد. فرم و تعامل نمک‌های مورد استفاده در فرمول غذایی نیز میزان رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد (۲۷). یک فرمول غذایی بهینه برای گیاه بستگی به نوع و رقم گیاه، مرحله رشدی، فصل رشد، طول روز و شرایط آب و هوایی دارد. با توجه به اهمیت ترکیب محلول غذایی در تولید اقتصادی محصولات، مطالعات متعددی برای یافتن یک محلول غذایی بهینه برای گیاه انجام شده است. به عنوان مثال خلج و همکاران (۱۴) اثر سه نوع محلول غذایی مختلف را بر رشد و عملکرد گل ژربرا مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد بهترین عملکرد گل، کیفیت و رشد گیاه از گل‌های ژربرای تغذیه شده با محلول مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند بدست آمد. در مطالعه دیگری که توسط مولاسینی و همکاران (۲۱) انجام شد، تاثیر سطوح مختلف محلول جانسون بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه ژربرا مورد بررسی قرار گرفت و به منظور افزایش تعداد گل، غلظت ۱/۵ برابر محلول جانسون به عنوان بهترین تیمار معرفی گردید.

شرکت‌های معتبر گل و گیاهان زینتی از جمله شرکت‌های ترا نیگرا، ساکاتا و فلوریست دستورالعمل‌های متفاوتی برای پرورش گیاه ژربرا ارائه نموده‌اند. از آنجایی‌که سیستم‌های نوین گلخانه‌داری توسط کشورهای اروپایی از جمله هلند وارد کشور شده است، لذا با توجه به متفاوت بودن اقلیم ایران نسبت به کشورهای اروپایی، بومی سازی تکنولوژی های وارداتی با شرایط خاص کشور به منظور افزایش بازده تولید اهمیت ویژه‌ای دارد. از سوی دیگر، لازمه رشد صحیح گیاهان در شرایط گلخانه ، فراهم آوردن شرایط مطلوب از نظر دما، شدت نور، رطوبت، عناصر غذایی و ... است و کمبود یکی از آن ها سبب وقفه در رشد می شود. به عنوان مثال جهت افزایش میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه، شرایط نوری و دمایی خاصی مورد نیاز است و توصیه های کودی انجام شده توسط شرکت های خارجی منطبق با شرایط اقلیمی خاص منطقه آن‌ها می‌باشد که تعدیل فرمول‌های ارائه شده با توجه به شرایط خاص کشور، جهت افزایش بهره وری این نهاده ها ضروری است. از سوی دیگر توجه به این نکته ضروری است که یکی از حساس‌ترین مراحل در فرایند کشت بافت گیاهی، مرحله سازگاری می‌باشد. در این مرحله گیاه با تنش‌های محیطی شدیدی مواجه می‌شود و بیشترین درصد مرگ و میر گیاهچه‌های کشت بافتی در این مرحله اتفاق می‌افتد. زیرا برگ‌های ایجاد شده در گیاهچه‌های کشت بافتی از نظر واکس‌های کوتیکولی فقیر یا فاقد آن می‌باشند. علاوه بر این برگ‌ها نازک و دارای مزوفیل توسعه نیافته با میزان کلروفیل کم و تشکیلات کلروپلاستی ضعیف می‌باشند. روزنه‌ها غیر عملکردی و میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی پایین و در نتیجه بازده فتوسنتزی گیاهچه‌ها کم می‌باشد. سیستم ریشه‌ای ناقص و توسعه ریشه‌های موئین ضعیف است. ارتباط آوندی بین ریشه و ساقه ناقص می‌باشد و در نتیجه باعث کاهش جذب عناصر غذایی، رطوبت و کاهش مقاومت گیاه در برابر شوک ناشی از انتقال و در نتیجه کاهش استقرار گیاهچه‌ها می‌شود (۵ و ۶). بنابراین مدیریت تغذیه صحیح و فراهم کردن شرایط بهینه رشد می‌تواند درصد زنده مانی گیاهچه‌ها را افزایش دهد. لذا پژوهش حاضر با هدف افزایش راندمان مصرف کود از طریق انتخاب تیمار کودی بهینه و سطح مطلوب آن جهت سازگاری و رشد مناسب گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: تاثیر تیمارهای کودی بر پارامترهای رشدی گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا در مرحله سازگاری

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۶ در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه بیوتکنولوژی گیاهان زینتی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی اجرا گردید. جهت اجرای آزمایش از گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا رقم Sunway تولید شده در جهاد دانشگاهی خراسان رضوی استفاده گردید. پس از سازگاری اولیه گیاهچه‌ها با شرایط برون شیشه‌ای به مدت ۲ هفته، به منظور بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف تیمار کودی بر رشد گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا در مرحله سازگاری، تیمارهای کودی مختلف به شرح جدول ذیل مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱).

با توجه به اینکه کودهای تجاری آماده عموماً مقداری ناخالصی دارند، بنابراین برای کاهش میزان خطای وارده و افزایش دقت آزمایش، نمونه‌های کودی با استفاده از غلظت‌های مختلف نمک‌های K_2SO_4، KNO_3، KH_2PO_4، $Ca(NO_3)_2,4H_2O$، NH_4NO_3، $MgSO_4, 7H_2O$، $NH_4H_2PO_4$، $CO(NH_2)_2$، $Mg(NO_3)_2$ به همراه عناصر کم مصرف و آهن ($FeSO_4$) تهیه شدند (جدول ۲ و ۳). مواد شیمیائی جهت تهیه محلول های غذایی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

جدول ۱- نسبت‌های مختلف کود مورد استفاده جهت تغذیه گیاهچه‌های ژربرا

Table 1 - Fertilizer treatments used for fertigation of plant samples

تیمار کودی Fertigation treatment		نسبت بین عناصر معدنی پر مصرف Elements ratio (weight percent)	EC محلول غذایی EC of Nutrient solution (mS/cm)	منبع Reference
First group	گروه یک	15(N), 5(P_2O_5), 30(K_2O), 10.10(CaO), 2.16(MgO)	1.10	Kacperska (11)
Second group	گروه دو	15(N), 10(P_2O_5), 30(K_2O), 11.10(CaO), 2.10(MgO)	1.13	Bres et al (3)
Third group	گروه سه	15(N), 10(P_2O_5), 15(K_2O), 11.10(CaO), 2.50(MgO)	0.92	Modified Bres et al (3)
Fourth group	گروه چهار	15(N), 8(P_2O_5), 12(K_2O), 11.10(CaO), 2.50(MgO)	1.06	Modified Mota et al (23)
Fifth group	گروه پنج	15(N), 5(P_2O_5), 20(K_2O), 11.10(CaO), 2.50(MgO)	0.96	Modified Kacperska (11)
Sixth group	گروه شش	15(N), 15(P_2O_5), 15(K_2O), 11.10(CaO), 2.50(MgO)	0.97	Modified Florance Flora (8)

جدول ۲- مقادیر عناصر غذایی پر مصرف مورد استفاده جهت تغذیه نمونه‌های گیاهی ژربرا رقم Sunway

Table 2- The amounts of nutrients used for fertigation of gerbera cv. Sunway samples

عناصر پر مصرف Macro elements (mM)						
نام نمک Salt name	گروه یک Group 1	گروه دو Group 2	گروه سه Group 3	گروه چهار Group 4	گروه پنج Group 5	گروه شش Group 6
K_2SO_4	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
KNO_3	3.8	3.62	1.23	2.03	2.21	0.94
KH_2PO_4	0.53	0.71	0.71	0.71	0.53	1
$NH_4H_2PO_4$	-	0.35	0.35	0.75	-	0.59
NH_4NO_3	0.75	0.53	0.85	0.53	0.75	0.85
$Ca(NO_3)_2,4H_2O$	1.35	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
$MgSO_4,7H_2O$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$Mg(No_3)_2,6H_2o$	-	-	0.07	0.07	0.07	0.07
$CO(NH_2)_2$	-	-	0.8	3.25	0.59	0.82

ادامه جدول ۲- مقادیر عناصر غذایی پر مصرف مورد استفاده جهت تغذیه نمونه‌های گیاهی ژربرا رقم Sunway

Continued Table 2- The amounts of element nutrients used for fertigation of gerbera cv. Sunway samples

نام عنصر Element name	گروه یک Group 1	گروه دو Group 2	گروه سه Group 3	گروه چهار Group 4	گروه پنج Group 5	گروه شش Group 6
			(mM)			
N	8	7.99	7.18	10.19	7.4	7.14
P	0.53	1.06	1.06	1.46	0.53	1.59
K	4.77	4.77	2.38	3.18	3.18	2.38
Ca	1.35	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
Mg	0.4	0.4	0.47	0.47	0.47	0.47
S	0.65	0.65	0.65	0.62	0.62	0.62

گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر حاوی بسترهای کشت کوکوپیت: پرلیت (۵۰:۵۰) کشت گردیدند. پس از استقرار گیاهچه‌ها با توجه به نیاز آبی گیاهان، محلول‌دهی به‌طوری‌که محلول غذایی زهکش نگردد انجام گرفت؛ زیرا زهکش محلول غذایی از بستر کشت می‌تواند سبب تغییر غلظت عناصر غذایی به کار رفته در محلول کودی، طی دوره کشت گردد. با این حال به منظور جلوگیری از تجمع نمک در بستر کشت، هفته‌ای یک مرتبه آبشویی کامل بسترهای کشت صورت می‌گرفت. طرح آزمایشی بصورت طرح کاملا تصادفی با ۶ تیمار در ۱۰ تکرار انجام شد. طی یک دوره پنج ماهه پارامترهای رشدی گیاه از جمله تعداد برگ تولیدی، طول دمبرگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد و طول ریشه، حجم ریشه، تعداد ریشه ثانویه، وزن تر و خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۳- مقادیر نمک‌های کم مصرف و آهن مورد استفاده جهت تغذیه نمونه‌های گیاهی

Table 3- The amounts of micro elements and iron used for fertigation of plant samples

عناصر کم مصرف Micro elements	غلظت Concentration (mM)
$MnCL_2, 4H_2O$	0.0049
H_3BO_3	0.020
$ZnSO_4$	0.0061
$CuSO_4, 5H_2O$	0.00048
$NaMoO_4, 2H_2O$	0.00058
آهن Iron	(mM)
$FeSO_4, 7H_2O$	0.0348
Na_2EDTA	0.0384

آزمایش دوم: تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار کودی منتخب بر پارامترهای رشدی گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا در مرحله سازگاری

نتایج آزمایش پیشین بیانگر تاثیر بسیار مطلوب تیمار کودی گروه دو بر پارامترهای رشد رویشی گیاه ژربرا در مرحله سازگاری بود. لذا در این بخش از آزمایش به منظور افزایش کارایی مصرف کود و همچنین کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، غلظت‌های مختلف تیمار کودی گروه دوم شامل ۰/۵ برابر غلظت (۰/۵x)، یک برابر غلظت (۱x) و ۱/۵ برابر غلظت (۱/۵x) مورد ارزیابی قرار گرفت تا سطح بهینه این تیمار کودی تعیین گردد. لازم به ذکر است که EC محلول‌های غذایی مورد استفاده در این بخش از آزمایش به ترتیب برابر با ۰/۶۵، ۱/۱۳ و ۱/۶۴ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر بود. pH محلول‌های غذایی نیز با استفاده از اسید نیتریک و هیدروکسید سدیم در بازه ۶/۱-۵/۸ تنظیم گردید.

جهت سازگاری گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا، از سینی‌های نشاء حاوی بسترهای کشت کوکوپیت: پرلیت (۵۰:۵۰) استفاده گردید. جهت پیاده سازی تیمارها از سه سینی نشاء ۱۰۵ خانه‌ای (حجم هر حفره ۳۳ سی‌سی) استفاده گردید. پس از استقرار گیاهچه‌های کشت بافتی، محلول‌های کودی مورد نظر از کف سینی‌های نشاء در اختیار گیاهچه‌ها قرار گرفت، به‌طوری‌که پس از هر مرحله کوددهی، تمامی محلول غذایی توسط بستر کشت جذب می‌گردید. طرح آزمایشی بصورت طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار در ۱۵ تکرار انجام شد. پس از دو ماه، پارامترهای رشدی گیاه از جمله تعداد برگ تولیدی، طول دمبرگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، درصد برگ های سالم، درصد برگ‌های نکروزه شده، تعداد و طول ریشه، حجم ریشه، تعداد ریشه ثانویه، وزن تر و خشک ریشه، میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید کل مورد ارزیابی قرار گرفت.

میزان کلروفیل و کاروتنوئید: برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملا توسعه یافته جدا و استخراج رنگدانه‌ها با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۶ درصد انجام شد. میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (Bio Quest, CE 2502, UK) قرائت شد. در نهایت نیز بر اساس روابط زیر مقدار کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید کل محاسبه شد.

$$CHL\ a = 15.65\ A_{666} - 7.34\ A\ 653$$
$$CHL\ b = 27.05\ A_{653} - 11.21\ A\ 666$$
$$C\ X+C = 1000A_{470} - 2.860\ CHLa - 129.2\ CHLb/245$$
$$CHL\ t = CHL\ a + CHL\ b + C\ X+C$$

CHL a: میزان کلروفیل a

CHL b: میزان کلروفیلb

C X+C :کاروتنوئید

CHL t: کلروفیل کل

تجزیه و تحلیل‌های آماری

آماده سازی داده‌ها در برنامه Excel و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Jump 8 انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

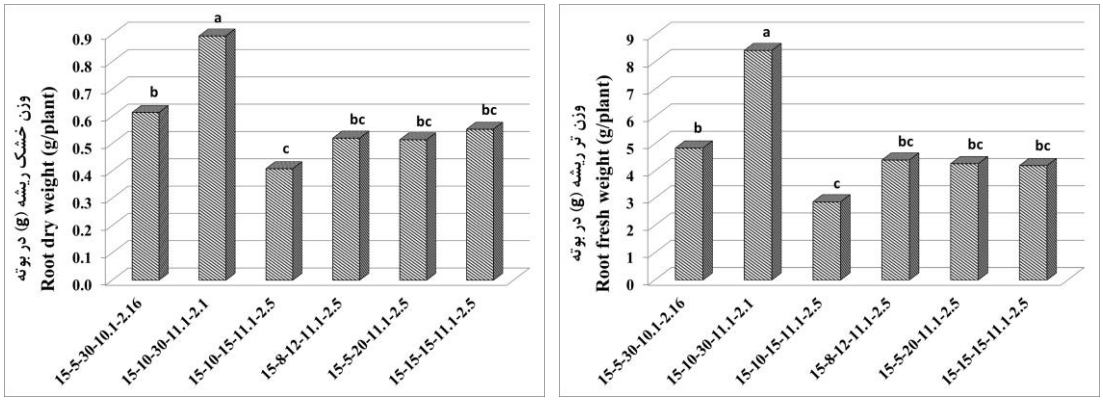
آزمایش اول: تاثیر تیمارهای کودی بر پارامترهای رشدی گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا در مرحله سازگاری

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر وزن تر و خشک ریشه گیاهچه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). گیاهچه‌هایی که با تیمار کودی گروه دو تیمار شده بودند، ریشه‌هایی با وزن بیشتر در مقایسه با سایر گیاهچه‌ها تولید نمودند که اختلاف ایجاد شده از لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود. همچنین کمترین میزان وزن تر و خشک ریشه در تیمار کودی گروه سه مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی مختلف بر میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا رقم Sunway
Table 4- ANOVA for the effects of different fertilizer treatments on the mean square of evaluated traits of gerbera plantlets cv. Sunway

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد برگ Leaf no.	طول دمبرگ Petiole length	تعداد ریشه Root no.	طول ریشه Root length	حجم ریشه Root volume	تعداد ریشه ثانویه Secondary root no.	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
تیمار Treatment	5	2.44^{ns}	3.74**	7.44^{ns}	10.73**	19.74**	1380**	142.17^{ns}	17.65**	1.29^{ns}	0.13**
خطا Error	24	2.01	0.26	4.29	1.46	2.24	270.00	90.68	1.79	1.32	0.02

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی دار.
**, * and ns: significant at 1%, 5% and non-significant, respectively.



شکل ۱- اثر تیمارهای کودی مختلف بر وزن تر و خشک ریشه گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway
Figure 1- Effect of different fertilizer treatments on root fresh and dry weight of gerbera plantlets cv. Sunway

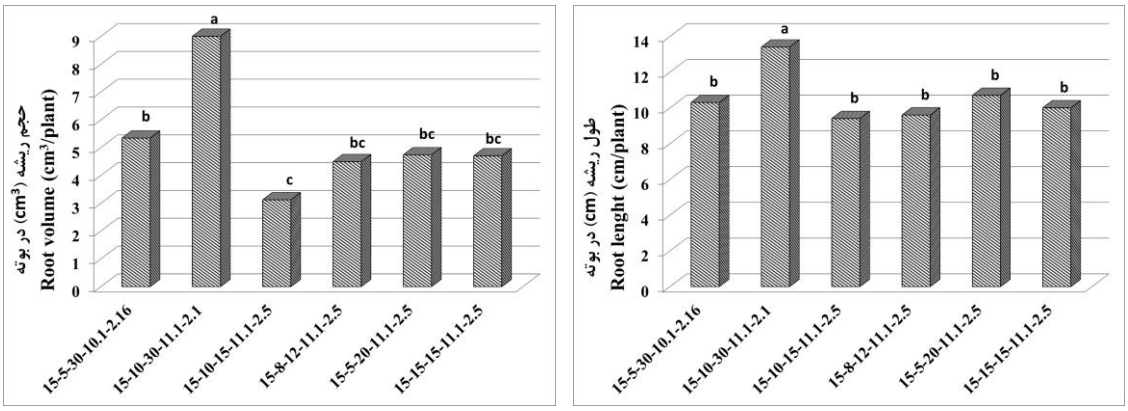
از لحاظ حجم ریشه تولیدی نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی مختلف مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۱). حجم ریشه تولیدی در گیاهچه‌هایی که با تیمار کودی گروه دو تیمار شده بودند، سه برابر بیشتر از گیاهچه‌هایی بود که با تیمار کودی گروه سه تیمار شده بودند. کمترین حجم ریشه تولیدی با میانگین ۳/۱۲ سانتی متر مکعب در تیمار کودی گروه سه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کودی گروه ۴-۶ نداشت (شکل ۲).

طول ریشه تولیدی نیز تحت تاثیر تیمارهای کودی مختلف قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین میانگین این صفت (۱۳/۴ سانتی متر) متعلق به تیمار کودی گروه دو بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی داشت. همچنین بین سایر تیمارهای کودی مورد استفاده از لحاظ طول ریشه تولیدی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۲).

بر اساس نتایج به دست آمده بین تیمارهای کودی مختلف از لحاظ تعداد ریشه اصلی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p\leq$۰/۰۵).

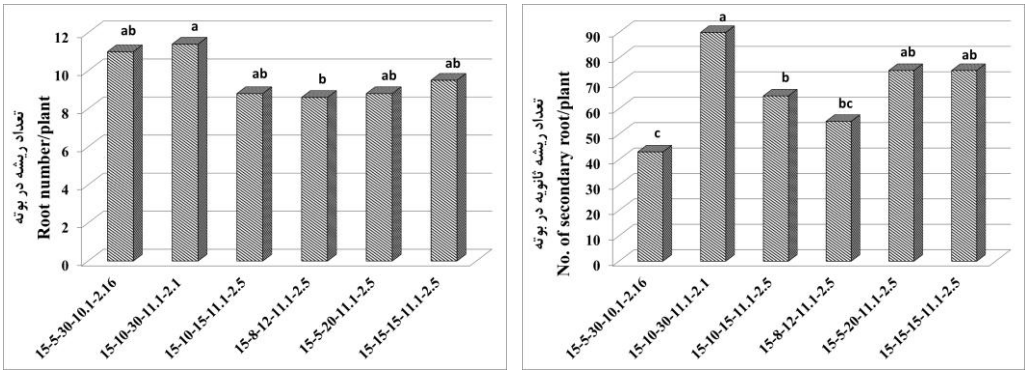
ولی با این حال بیشترین تعداد ریشه به ترتیب در تیمارهای کودی گروه دو و یک حاصل شد. از سوی دیگر تعداد ریشه ثانویه تولید شده به شدت تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد ریشه ثانویه در تیمار کودی گروه دو مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کودی گروه یک، سه و چهار داشت. کمترین میزان ریشه ثانویه نیز در تیمار کودی گروه یک حاصل شد (شکل ۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای کودی مختلف بر تعداد برگ تولیدی، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود ولی با این حال بیشترین میانگین‌ها در تیمار کودی گروه دو مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). همچنین طویل‌ترین دمبرگ‌ها (۱۱/۵ سانتی متر) نیز متعلق به این تیمار کودی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها داشت و کوتاه ترین دمبرگ ها در تیمار کودی گروه چهار با میانگین ۸/۹ سانتی متر مشاهده شد (شکل ۴).



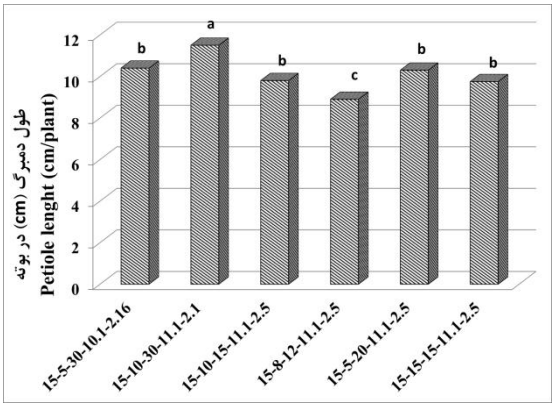
شکل ۲- اثر تیمارهای کودی مختلف بر حجم و طول ریشه گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Figure 2- Effect of different fertilizer treatments on root volume and root length of gerbera plantlets cv. Sunway



شکل ۳- اثر تیمارهای کودی مختلف بر تعداد ریشه اصلی و تعداد ریشه ثانویه در گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Figure 3- Effect of different fertilizer treatments on main root number and secondary root number of gerbera plantlet cv. Sunway



شکل ٤- اثر تیمارهای کودی مختلف بر طول دمبرگ در گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Figure 4- Effect of different fertilizer treatments on petiole length of gerbera plantlet cv. Sunway

کاربرد عناصر غذایی با نسبت‌های مختلف می‌تواند تاثیرات متفاوتی بر گیاه داشته باشد (۳۱). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا نسبت به فرمول‌های کودی مختلف پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دادند و کاربرد فرمول کودی بهینه تاثیر بسزایی بر افزایش رشد و کیفیت گیاهچه‌های مورد آزمایش داشت.

محاسبه میزان نیترات و آمونیوم مورد استفاده در شش تیمار کودی پژوهش حاضر نشان داد که میزان آمونیوم مورد استفاده در

تیمار کودی تاثیر بسزایی در تعداد ریشه و وزن خشک ریشه داشت. در تیمار کودی گروه دو و پس از آن تیمار کودی گروه یک، بیشترین تعداد ریشه و وزن خشک ریشه مشاهده شد. در فرمول کودی این دو تیمار، اوره به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار نگرفته بود، درحالی‌که در سایر تیمارهای کودی مورد مطالعه، علاوه بر دیگر منابع کودی تامین کننده نیتروژن، کود اوره نیز استفاده شده بود. از آنجا که کود اوره قبل از جذب توسط گیاه تبدیل به آمونیوم می‌شود، لذا کاربرد آن در فرمول کودی بر میزان آمونیوم مورد استفاده در ترکیب کودی تاثیرگذار است و باعث افزایش نسبت آمونیوم به نیترات در ترکیب کودی می‌گردد که این امر نیز به نوبه خود بر عملکرد ریشه تاثیرگذار است.

علاوه بر این مقایسه دو تیمار کودی گروه یک و دو نشان می‌دهد که افزایش میزان فسفر در تیمار کودی، تاثیر مثبتی بر میزان رشد اندام زیر زمینی گیاه دارد. به طوری‌که با افزایش میزان فسفر از ۰/۵۳ میلی‌مولار در تیمار کودی گروه یک به ۱/۰۶ میلی‌مولار در تیمار کودی گروه دو، تعداد ریشه ثانویه به بیش از دو برابر افزایش یافت. علاوه بر تعداد ریشه ثانویه، تاثیر مثبت افزایش میزان فسفر بر پارامترهایی نظیر طول ریشه، حجم ریشه تولیدی، وزن تر و خشک ریشه نیز مشهود می‌باشد. تحقیقات متعددی نیز تاثیر مثبت کاربرد کودهای حاوی فسفر را بر میزان رشد ریشه نشان می‌دهد (۱، ۲ و ۴). عنصر فسفر در نقل و انتقال انرژی و تقسیمات سلولی در گیاه نقش موثری دارد و کمبود آن باعث کاهش توده ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب و مواد غذایی در گیاه و کاهش عملکرد می‌گردد (۱۳).

در پژوهشی خلج و همکاران (۱۴) اثر سه نوع محلول غذایی تجاری را بر رشد و عملکرد دو رقم ژربرا در سیستم کشت بدون خاک مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند تاثیر مطلوبی بر گیاهان تحت تیمار داشت و بیشترین تعداد برگ تولیدی نیز در این تیمار کودی (محلول غذایی مرکز تحقیقات باغبانی و سبزی‌های گلخانه‌ای هلند) حاصل شد. نسبت پتاسیم به فسفر در پژوهش خلج و همکاران (۱۴) (۴/۴۰) تقریبا مشابه با نسبت پتاسیم به فسفر مورد استفاده در تیمار کودی گروه دو (۴/۵۰) می‌باشد. همچنین نتایج مشابهی در رابطه با تشابه این نسبت در پژوهش‌های ژنگ و همکاران (۳۶) (۴/۶)، پارادیکوویک و همکاران (۲۶) (۴/۴) و هان و همکاران (۱۰) (۴/۱) با پژوهش حاضر به چشم می‌خورد.

بررسی پنج نوع محلول غذایی مختلف بر روی گیاه ژربرا مشخص نمود که کاربرد محلول‌های غذایی هوگلند، هویت[1]، کولاکوگلو-۱[2] و استینر[3] که برای پرورش بسیاری از گیاهان در سیستم‌های کشت بدون خاک استفاده می‌شود، نتایج مطلوبی را جهت پرورش گیاه ژربرا در پی نداشت و بهترین پاسخ رشدی از لحاظ عملکرد، کیفیت و رشد گیاه در نمونه‌های تغذیه شده با محلول غذایی کولاکوگلو-۲[4] حاصل شد (۳۱) که نسبت نیتروژن به پتاسیم در این محلول غذایی (۱/۸) تقریبا مشابه با نسبت به دست آمده در پژوهش حاضر (۱/۷) می باشد.

نتایج تحقیق سیرین (۳۱) نشان داد که در محلول غذایی با کمترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با سایر محلول‌های غذایی، میزان تشکیل گیاهان دختری و وزن تر گیاه ژربرا بسیار پایین‌تر بود که علت آن می‌تواند غلظت پایین عناصر غذایی در این محلول غذایی باشد. مارشنر (۲۰) نیز گزارش کرد که در شرایط کمبود فسفر، رشد بخش هوایی گیاه در مقایسه با بخش زیرزمینی کاهش بیشتری می‌یابد که این امر می‌تواند باعث کاهش نسبت وزن خشک شاخساره به وزن خشک ریشه گردد.

ساواس و گیزاز (۲۹) نشان دادند که افزایش در میزان فسفر، پتاسیم و منگنز و متعاقب آن کاهش در میزان عناصر کلسیم، منیزیم و گوگرد به منظور بهینه نمودن شرایط تغذیه‌ای در محیط ریشه گیاه ژربرا در سیستم کشت بسته می‌تواند مناسب باشد. با این حال سیرین (۳۱) گزارش کرد که در محلول های غذایی با مقادیر یکسان پتاسیم و فسفر تفاوت معنی‌داری بین آنها از نظر وزن تر گیاه، وزن تر ریشه، تعداد ریشه، طول ریشه مشاهده شد که اختلاف یاد شده می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع منبع نیتروژن و میزان نیتروژن مورد استفاده باشد.

در مطالعه برس و همکاران (۳) کاربرد محلول غذایی با هدایت الکتریکی ۱/۶ mS/cm جهت پرورش گیاه ژربرا توصیه گردید. قابل ذکر است که در رابطه با نسبت نیتروژن به پتاسیم، نیتروژن به فسفر و پتاسیم به فسفر تشابه نسبی بین نسبت‌های به کار رفته در پژوهش برس و همکاران (۳) (۱/۷، ۷ و ۴) و پژوهش حاضر (۱/۷، ۷/۵ و ۴/۵) دیده می‌شود.

در تحقیق پیش رو کاربرد نسبت‌های مختلف تیمار کودی تاثیر بسزایی بر پارامترهای رشدی مورد ارزیابی داشت. نتایج به دست آمده بیانگر تاثیر بسیار مطلوب تیمار کودی گروه دو بر پارامترهای رشدی گیاهچه‌های ژربرا می‌باشد، لذا تیمار کودی گروه دو جهت سازگاری و رشد رویشی مطلوب‌تر گیاهچه‌های ژربرا توصیه می‌گردد. با این حال به منظور افزایش کارایی مصرف کود و همچنین کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، انتخاب غلظت بهینه این تیمار کودی نیز ضروری می‌باشد تا از این طریق بتوان راندمان مصرف کود را افزایش داد. بنابراین آزمایش دیگری به منظور انتخاب سطح بهینه غلظت نمک‌های گروه دو طراحی گردید.

1 - Hewitt, 1966
2- Çolakoğlu-1 (Kılınç, 2005)
3 - Steiner, 1984
4 - Çolakoğlu-2 (Kılınç, 2005)

آزمایش دوم: تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار کودی منتخب بر پارامترهای رشدی گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا در مرحله سازگاری

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف تیمار کودی منتخب بر طول دمبرگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، حجم و تعداد ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). داده‌های حاصل از اندازه‌گیری طول دمبرگ گیاهچه‌های رشد یافته نشان داد که طویل‌ترین دمبرگ‌ها در غلظت ۱/۵x تیمار کودی گروه دو حاصل شد ولی با این حال تفاوت معنی داری با غلظت ۱x نداشت. کوتاهترین دمبرگ ها نیز در غلظت ۰/۵x تیمار کودی منتخب مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تیمار کودی بر میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Table 5- ANOVA forof the effects of different concentration of fertilizers on the mean square of traits of gerbera platlets cv. Sunway

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول دمبرگ Petiole length	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	حجم ریشه Root volume	طول ریشه Root length	تعداد ریشه Root no.	تعداد برگ Leaf no.	درصدبرگ نکروزه شده Necrotic leaf percentage	درصدبرگ سالم Healthy leaf percentage
تیمار Treatment	2	4.00*	0.31**	16.85**	0.07**	1.69**	304.03**	0.22ns	6.10*	3.10ns	847.64*	955.82*
خطا Error	27	0.93	0.02	0.64	0.009	0.31	44.94	0.65	1.57	2.74	178.86	188.38

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی دار.

**, * and ns: significant at 1%, 5% and non-significant, respectively.

همچنین توزین گیاهچه‌های مورد آزمایش نشان داد که بیشترین و کمترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب در غلظت‌های ۱/۵x و ۰/۵x تیمار کودی گروه دو به دست آمد. به بیان دیگر با افزایش غلظت تیمار کودی گروه دو، وزن تر و خشک اندام هوایی افزایش یافت (جدول ۶).

علاوه بر این نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد که وزن تر و خشک ریشه تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. کاربرد غلظت های ۱x و ۱/۵x تیمار کودی منتخب، تفاوت معنی‌داری را از لحاظ وزن تر ریشه با غلظت ۰/۵ x ایجاد نمود.

بیشترین میزان وزن خشک ریشه در غلظت ۱/۵x تیمار کودی گروه دو مشاهده شد که با سایر تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را از خود نشان داد، به‌طوری‌که وزن خشک ریشه در این تیمار کودی نزدیک به دو برابر بیشتر از میزان اندازه‌گیری شده در غلظت ۰/۵x بود. اندازه‌گیری حجم و تعداد ریشه تولیدی گیاهچه‌های رشد یافته نشان داد که بیشترین میانگین‌های مرتبط با این صفات در غلظت‌های ۱x و ۱/۵x تیمار کودی گروه دو حاصل شد که تفاوت معنی‌داری را با غلظت ۰/۵x از خود نشان دادند (جدول ۶).

در پایان آزمایش پس از شمارش تعداد برگ‌های تولیدی، مشاهده گردید که در برخی از گیاهچه‌های تحت تیمار علائم نکروز برگی دیده می‌شود. لذا این پارامتر نیز از لحاظ آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. گیاهچه‌هایی که تحت تیمار غلظت‌های ۰/۵xو ۱x تیمار کودی گروه دو قرار گرفته بودند، بیشترین میزان نکروز برگی را از خود نشان دادند. کاربرد غلظت ۱/۵x تیمار کودی گروه دو منجر به کاهش ۴۰ درصدی علائم نکروز برگی در مقایسه با غلظت ۰/۵x شد. همچنین بالاترین درصد برگ‌های سالم نیز در غلظت ۱/۵x تیمار کودی گروه دو حاصل شده که تفاوت معنی‌داری با غلظت‌های ۰/۵xو ۱x از خود نشان داد (جدول ۶).

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر میزان کلروفیل a تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). بیشترین میزان کلروفیل a در غلظت ۱x تیمار کودی گروه منتخب مشاهده شد ولی با این حال تفاوت معنی داری با غلظت ۱/۵x تیمار کودی منتخب نداشت. غلظت ۰/۵x نیز کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص داد. بررسی میزان کلروفیل b در نمونه‌های مورد آزمایش نشان داد که بیشترین میانگین این صفت در غلظت ۱x تیمار کودی گروه دو حاصل شد. میزان کلروفیل b در غلظت ۱x تیمار کودی گروه دو به میزان ۶۰ درصد در مقایسه با غلظت ۰/۵x تیمار

کودی منتخب افزایش یافت که این امر نشان دهنده تاثیر مطلوب افزایش غلظت تیمار کودی منتخب می‌باشد. میزان کلروفیل کل که از مجموع کلروفیل a و b حاصل می‌گردد، روند تقریبا مشابهی را از خود نشان داد (شکل ۵).

در رابطه با میزان کاروتنوئید نیز تاثیر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۷). نمونه‌های رشد یافته تحت تاثیر غلظت ۱x تیمار کودی گروه دو بیشترین میانگین کاروتنوئید را به خود اختصاص دادند. با این حال تفاوت معنی‌داری با غلظت ۱/۵x تیمار کودی منتخب نداشت. کمترین میزان این پارامتر نیز در غلظت ۰/۵x مشاهده شد (شکل ۵).

بر اساس تحقیقات سانولد و همکاران (۳۲) ژربرا جزو گیاهانی طبقه‌بندی می‌گردد که به EC محلول غذایی حساس می‌باشد. لذا نیاز است که در رابطه با ارقام متفاوت گیاه ژربرا، با توجه به پتانسیل ژنتیکی هر رقم، مدیریت تغذیه متفاوتی صورت گیرد (۱۸)، که این امر با تنظیم EC محلول غذایی امکان پذیر می‌باشد. در واقع تنظیم EC محلول‌های غذایی به پرورش‌دهندگان محصولات زینتی این امکان را می‌دهد که راندمان مصرف آب را بهبود بخشند. به این ترتیب میزان آب قابل دسترس گیاه به نحوی مطلوب تغییر می‌یابد که جذب عناصر غذایی متعادل شده و این موضوع در نهایت تعادل رشد رویشی و زایشی را به دنبال خواهد داشت (۱۲).

در مطالعه انجام شده بر روی گیاه ژربرا مشخص گردید گیاهانی که به میزان ۱۰٪ و ۲۵٪ محلول غذایی را دریافت کرده بودند، از لحاظ میزان سبزینگی و شاخص کلروفیل، اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای کودی ۵۰٪ و ۱۰۰٪ از خود نشان دادند. همچنین یک رابطه خطی مثبت بین غلظت محلول غذایی و محتوای آهن برگ مشاهده شد. در برگ‌های جوان گیاهانی که با تیمار کودی ۱۰٪ و ۲۵٪ محلول غذایی تغذیه شده بودند، علائم زردی بین رگبرگی مشاهده شد که احتمالا بروز این علائم بیش از آنکه به دلیل کاهش غلظت عناصر غذایی باشد، به دلیل افزایش pH بستر کشت و به دنبال آن عدم توانایی گیاه در جذب آهن از بستر کشت می‌باشد (۳۶). در مطالعه حاضر نیز کمترین میزان کلروفیل a و b در تیمار کودی ۰/۵x مشاهده شد که کمترین میزان EC (۰/۶۵ ms/cm) را به خود اختصاص داده بود و کاربرد محلول‌های غذایی با EC بالاتر نتایج مطلوبی را در رابطه با صفات مورد ارزیابی در پی داشت. از آنجا که عمده ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی می‌باشند، بنابراین کاربرد نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش میزان آنها در گیاه گردد (۳۵). به عقیده برخی از محققین همبستگی زیادی بین کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن برگ وجود دارد (۳۴). بنابراین افزایش غلظت تیمار کودی از ۰/۵x به ۱x، منجر به افزایش دو برابری غلظت عناصر غذایی از جمله نیتروژن می‌گردد که این امر نیز به نوبه خود تاثیر مثبتی بر افزایش میزان کلروفیل برگ خواهد داشت. در پژوهش حاضر کاهش جزئی در میزان کلروفیل با افزایش غلظت تیمار کودی از ۱x به ۱/۵x نیز مشاهده شد که با نتایج پژوهش وان ایرد و همکاران (۳۳) مطابق می باشد، زیرا نیتروژن اضافی اغلب منجر به افزایش رشد رویشی گیاه شده که فراورده‌های فتوسنتزی گیاه را به مصرف می‌رساند و در نهایت به کاهش عملکرد منجر می‌گردد (۳۳).

در تحقیقی تاثیر کاهش غلظت عناصر محلول غذایی بر پارامترهای رشدی گیاه ژربرای مینیاتور مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد کیفیت گیاهان تحت تاثیر کاهش ۲۰ درصدی غلظت عناصر غذایی قرار نگرفت و کاربرد محلول غذایی با EC پایین‌تر (۱/۶ ms/cm) تغییرات چشم‌گیری را در سیستم ریشه‌ای گیاه ایجاد نکرد. همچنین وضعیت تغذیه‌ای گیاه ژربرا نیز رضایت بخش بود (۳).

جدول ٦- تاثیر غلظت های مختلف تیمار کودی گروه دو بر برخی از صفات مورد ارزیابی در گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Table 6- Effect of different concentrations of second group fertilizer on some of the traits of gerbera plantlet cv. Sunway

غلظت تیمار کودی Fertigation treatment concentration	طول دمبرگ Petiole length (cm)	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	حجم ریشه Root volume (cm^3)	تعداد ریشه Root No.	برگ‌های سالم Healthy leaf (%)	برگ های نکروزه شده Necrotic leaf (%)
0.5x	10.30 b	2.27 c	0.44 b	1.95 b	0.20 b	2.31 b	7.2 b	44.38 b	53.95 a
1x	11.10 ab	3.71 b	0.69 a	2.63 a	0.28 b	3.27 a	8.6 a	47.31 b	52.68 a
1.5x	11.55 a	4.86 a	0.78 a	2.68 a	0.38 a	3.26 a	8.5 a	62.59 a	37.41 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letter within each column are not significantly different at probability level of 5% based on LSD test.

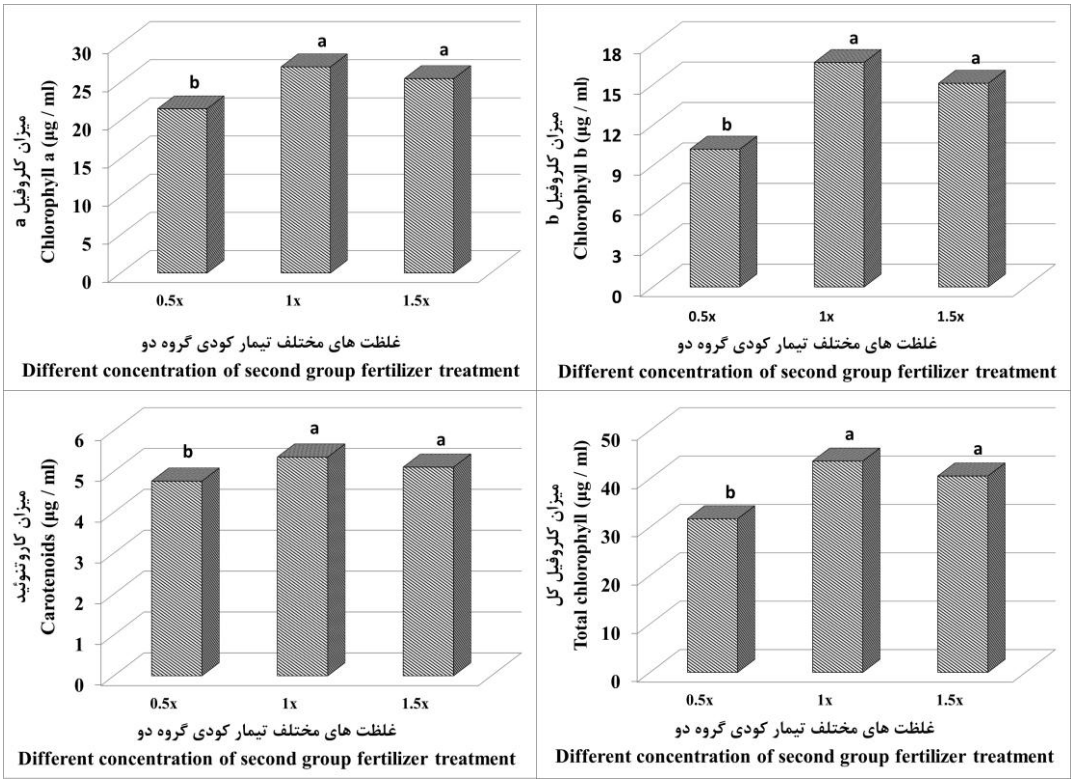
جدول ۷- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تیمار کودی بر میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Table 7- ANOVA for the effects of different concentration of fertilizer on the mean square of traits of gerbera plantlet cv. Sunway

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoids
تیمار Treatment	2	120.16**	169.18**	574.25**	1.30**
خطا Error	27	3.52	2.81	11.78	0.07

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی دار.

**, * and ns: significant at 1%, 5% and non-significant, respectively.



شکل ۵- اثر تیمارهای کودی مختلف بر میزان کلروفیل کل، a، b و کاروتنوئید در گیاهچه کشت بافتی ژربرا رقم Sunway

Figure 5- Effect of different fertilizer treatments on total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid contents in gerbera plantlet cv. Sunway (LSD, $p\leq0.05$)

نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که ژربرای کشت بافتی پرورش یافته در تیمار کودی ۱/۵x با هدایت الکتریکی ۱/۶۴ میلی زیمنس بر سانتی متر از لحاظ پارامترهای رشدی وضعیت مطلوبی را از خود نشان داد که با یافته‌های پژوهش برس و همکاران (۳) منطبق می‌باشد.

بررسی غلظت‌های مختلف محلول هوگلند (۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪ و ۱۲۵٪) بر پارامترهای رشدی گیاه ژربرا نشان داد که بیشترین میزان وزن تر و خشک کل گیاه و وزن خشک برگ در غلظت ۲۵٪ محلول هوگلند حاصل شد که هدایت الکتریکی آن برابر با ۰/۹۹ میلی زیمنس بر سانتی‌متر بود (۲۴). از آنجا که غلظت نمک‌های موجود در محلول غذایی هوگلند بسیار بالا می‌باشد (۹)، لذا طبیعی به نظر می‌رسد که غلظت‌های بالای این محلول تاثیر مطلوبی بر پارامترهای رشدی گیاه ژربرا نخواهد داشت.

در مطالعه انجام شده توسط پالانیسامی و همکاران (۲۵) بر روی گیاه ژربرا، تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار کودی ۱۵:۱۰:۳۰ grNPK/m^2/month به همراه اسپری برگی عناصر ریزمغذی (٪ ۰/۰۰۴) و اسید هیومیک (٪ ۰/۲) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که صفات مورفولوژیکی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، کانوپی گیاه، تعداد پاجوش و تراکم گیاه در مراحل مختلف رشد، در غلظت ۱۰۰٪ تیمار کودی به همراه اسپری برگی

عناصر ریزمغذی و اسید هیومیک افزایش یافت که البته در این پژوهش اشاره ای به EC محلول غذایی نشده است.

ارزیابی سطوح مختلف هدایت الکتریکی (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ میلی زیمنس بر سانتی متر) بر پارامترهای رشدی گیاه ژربرا نشان داد که سطوح مختلف EC تاثیر معنی‌داری بر تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی نداشت. یک رابطه همبستگی منفی (۰/۸۵-) بین تعداد برگ و سطوح EC مشاهده شد که نشان می‌دهد با افزایش میزان EC، تعداد برگ کاهش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند تاثیر منفی غلظت‌های بسیار بالای عناصر غذایی بر گیاه باشد. به طور کلی، پارامترهای رشدی به میزان اندک تحت تاثیر غلظت محلول غذایی قرار گرفت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش در محتوای عناصر غذایی به عنوان تابعی از افزایش میزان EC، جذب لوکس مواد غذایی بدون ایجاد تغییرات محسوس در صفات کیفی رخ می‌دهد (۲۳) که جهت تولید اقتصادی توصیه نمی‌گردد. البته باید این نکته را در نظر گرفت که در این پژوهش از غلظت‌های بسیار بالای محلول غذایی با هدف ردیابی عناصر غذایی در گیاه استفاده شده است که با جستجو در منابع اطلاعاتی می‌توان دریافت که کاربرد چنین غلظت‌هایی جهت پرورش گیاه ژربرا منطقی به نظر نمی‌رسد.

نتایج پژوهش لودویگ و همکاران (۱۷) بر روی گیاه ژربرا نشان داد کاربرد محلول غذایی با EC بالاتر (۲/۰۴ ms/cm) منجر به تجمع نمک در بستر کشت گردید ولی علائمی از سمیت در گیاه دیده نشد. غلظت نمک‌های موجود در این محلول غذایی بیشتر از سطح نیاز گیاه بود و در نتیجه تمامی آن توسط گیاه جذب نگردید. نتایج این پژوهش نشان داد که کوددهی روزانه منجر به افزایش تجمع نمک در بستر کشت گردید که به دنبال آن EC بستر نیز افزایش یافت ولی در محلول غذایی با EC پایین‌تر (۱/۰۷ ms/cm) تجمع نمک مشاهده نشد، چرا که غلظت نمک‌های موجود در این محلول غذایی پایین‌تر بود و گیاه تقریبا تمامی محلول غذایی که به صورت روزانه در اختیارش قرار گرفته بود را جذب می‌کرد. در پژوهش حاضر نیز کاربرد غلظت‌های مختلف تیمار کودی گروه دو منجر به تجمع نمک در بستر کشت نگردید. کمترین میزان کلروفیل و بیشترین درصد نکروز برگی در گیاهان تیمار شده با غلظت ۰/۵x تیمار کودی گروه دو مشاهده شد. لذا به نظر می‌رسد غلظت نمک‌های موجود در این تیمار کودی کمتر از میزان نیاز گیاه می‌باشد که منجر به بروز این علائم گردیده است، درحالی‌که گیاهان تیمار شده با غلظت ۱/۵x تیمار کودی گروه دو، بیشترین میانگین تعداد برگ سالم و کمترین درصد نکروز برگی را به خود اختصاص دادند که این امر نشان دهنده تاثیر بسیار مطلوب این تیمار کودی می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نسبت‌های متفاوت PK تاثیرات متفاوتی بر پارامترهای رشدی مورد ارزیابی در گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا داشت. گیاهچه‌های رشد یافته تحت تیمار کودی گروه دو بهترین پاسخ رشدی را از لحاظ صفات رشدی مورد ارزیابی از خود نشان دادند. لذا تیمار کودی گروه دو (با مقادیر ۷/۹۹ میلی‌مولار نیتروژن، ۱/۰۶ میلی‌مولار فسفر و ۴/۷۷ میلی‌مولار پتاسیم) جهت سازگاری مطلوب‌تر گیاهچه‌های ژربرا توصیه می‌گردد. نتایج مرحله دوم آزمایش نشان داد که غلظت ۱/۵x تیمار کودی گروه دو غلظتی مناسب برای تغذیه گیاهچه‌های کشت بافتی ژربرا می‌باشد تا از این طریق بتوان کارایی مصرف کود را افزایش داد و همچنین آلودگی زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی را کاهش داد.

منابع

1. Amin, N., Sajid, M., Sajid, M., Qayyum, M.M., Shah, S.T. and Fazl-i-Wahid, R.S.H., 2015. Response of gerbera (Gerbera jamesonii) to different levels of phosphorus and potassium. *International Journal of Biosciences*, *7*(4), pp.1-11.
2. Bellubbi, S.B., Kulkarni, B.S. and Patil, C.P., 2015. Effect of integrated nutrient management on growth and flowering of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) under naturally ventilated polyhouse condition. International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, 1(1): 69-74.
3. Bres, W., Kozlowska, A. and Walczak, T., 2013. Effect of nutrient solution concentration on yield and quality of gerbera grown in perlite. Journal of Elementology, 18(4): 577-588.
4. CH, S.R.S. and Prabhakar, N., 2018. Effect of nutrient deficiencies on growth of gerbera through solution culture. International Journal of Agricultural Science and Research, 7(3): 247-252.
5. Chandra, S., Bandopadhyay, R., Kumar, R., and Chandra, R. (2010). Acclimatization of tissue cultured plantlets: from laboratory to land. Biotechnol Lett, 32:1199–1205.
6. Darwesh, R, S, S. (2015). Morphology, physiology and anatomy in vitro affected acclimatization ex vitro date palm plantlets: A Review. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences, 3(2): 183-190.
7. FAOSTAT: Fertilizers by Product. https://knoema.com/FAORFBFP/faostat-fertilizers-by-product. Published by

source: 28 March 2019.
8. floranceflora.com/wp-content/themes/codewave/GerberaGrowingManual.pdf.
9. Forde, B.G. and Clarkson, D.T., 1999. Nitrate and ammonium nutrition of plants: physiological and molecular perspectives. In Advances in botanical research, 30: 1-90. Academic Press.
10. Hahn, E.J., Jeon, M.W., and Paek, K.Y. 1999, August. Culture method and growing medium affect growth and flower quality of several Gerbera cultivars. In International Symposium on Growing Media and Hydroponics 548 (385-392).
11. Kacperska, I., 1985. Effect of quantity of NPK fertilizer doses on the yield of gerbera cv. Peter. *Experimental* Work of the Institute of Pomology and Floriculture. Ser. B-Ornamental Plants.
12. Karimi Afshar, A., Delshad, M., and Bablar, M. 2009. Study on the possibility of substituting nutrient solution with variable EC instead of nutrient solution with fixed EC in tomato aquaculture. Journal of Iranian Horticultural Science, 40 (2): 37-44 (In Persian).
13. Kavanová, M., Lattanzi, F.A., Grimoldi, A.A. and Schnyder, H., 2006. Phosphorus deficiency decreases cell division and elongation in grass leaves. Plant Physiology, 141(2): 766-775.
14. Khalaj, M., Kiani, Sh., Khosh Goftar Manesh, A., and Amoo Aghaei A., R. 2016. The effect of different commercial nutrient solutions on yield and quality of two gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cut flower cultivars grown in soilless culture system. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology, 7 (4): 135-147 (In Persian).
15. Khalaj, M.A., M. Amiri and S.S. Sindhu. 2011. Response of different growing media on the growth and yield of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) in hydroponic open system. Indian journal of horticulture, 68(4): 583-586.
16. Kumar, S. and Kanwar, J.K. 2006. Regeneration ability of petiole, leaf and petal explants in gerbera cut flower cultures *in vitro*. Folia Horticulturae, 18: 57-64.
17. Ludwig, F., Fernandes, D.M., Mota, P.R. and Boas, R.L.V., 2013. Electrical conductivity and pH of the substrate solution in gerbera cultivars under fertigation. Horticultura Brasileira, 31(3): 356-360.
18. Ludwig, F., Fernandes, D.M., Mota, P.R. and Villas Boas, R.L., 2008. Macronutrientes em cultivares de gerbera sob dois niveis de fertirrigacao. Horticultura Brasileira, 68-73.
19. Maloupa E. and D. Gerasopoulus. 1999. Quality production of four cut gerberas in a hydroponic system of four substrates. Acta Horticulturae, 486: 433-438.
20. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition, Academic Press Inc. San Diego, CA 92101.
21. Mollassini, H., Banayi, A., Abdul Baghi, M., and Seil Seper, M. 2007. Optimal usage of macro elements in hydroponic culture of gerbera. The first technical workshop to improve water use efficiency by cultivating greenhouse crops. Karaj, October 18, 2007 (In Persian).
22. Morgan, L. 2006. Hydroponic strawberry production. Publisher: Suntec Ltd, 118 p.
23. Mota, P.R.D.A., Fernandes, D.M. and Ludwig, F., 2016. Development and mineral nutrition of gerbera plants as a function of electrical conductivity. Ornamental Horticulture, 22(1): 37-42.
24. Nascimento, J.G. 2018. Malhas coloridas de sombreamento e solucoes nutritivas de fertirrigacao na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido (Doctoral dissertation, Universidade de Sao Paulo).
25. Palanisami, l. Kannan, D., Rishu, S., Bhatt, S.S. and Abhay, S., 2015. Fertigation studies on Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker F.) for growth and yield under cover in southern hills (Shevaroy). International Journal of Tropical Agriculture, 33(1): 31-36.
26. Paradikovic, N., Mustapic-Karlic, J., Teklic, T., Cesar, V., Vinkovic, T., Lisjak, M., Spoljarević, M. and Iljkic, D., 2008. The Role of Light Regime and Substrate in Photosynthetic Pigments, free Proline content and Flower Quality of *Gerbera jamesonii* L. Poljoprivreda (Osijek), 14(2),17-22.
27. Resh, H.M. 1991. Hydroponic food production: A Definitive Guidebook of Soilless Food Growing Methods, 3rd ed. Woodbridge Press Publishing Co., ISBN 0-88007-171-0, California, 462 pages.
28. Savvas D., V. Karagianni, A. Kotsiras, V. Demopoulos, I. Karkamisi, and P. Pakou. 2003. Interactions between ammonium and pH of the nutrient solution supplied to gerbera (*Gerbera jamesonii*) grown in pumice. Plant and Soil. 254: 393-402.
29. Savvas, D. and Gizas, G., 2002. Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. Scientia Horticulturae, 96(1): 267-280.
30. Schwarz, D., van Iersel, M.W., Ingram, K.T. and KlAring, H.P., 2001. Nutrient solution concentration effects on growth and photosynthesis of tomato grown hydroponically. In Plant nutrition (pp. 432-433). Springer, Dordrecht.
31. Sirin, U. 2011. Effects of different nutrient solution formulations on yield and cut flower quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) grown in soilless culture system. African Journal of Agricultural Research 6(21): 4910-4919.
32. Sonneveld, C., Baas, R., Nijssen, H.M.C. and De Hoog, J., 1999. Salt tolerance of flower crops grown in soilless culture. Journal of Plant Nutrition, 22(6): 1033-1048.
33. Van Eerd, L. L. and Zanddstra, J. W. 2007. Enhancing sugar beet storage quality. University of Guelph Ridgetown

Campus. Agriculture and Agri -Food Canada.
34. Vidal, I., L. Longeri, and J. M. Hétier. 1999. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat, Nutr. Cycl. Agroecosyst. 55: 1–6.
35. 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. Journal of Integrative Plant Biology, 48(6): 679-685.
36. Zheng, Y., Graham, T., Richard, S. and Dixon, M., 2004. Potted gerbera production in a subirrigation system using low-concentration nutrient solutions. Hort Science, 39(6), 1283-1286.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2020, P. 669-683
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۸۳-۶۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Role of Various Fertilizer Formulations on *in vitro* Derived Gerbera Plantlets (*Gerbera jamesonii*) during Acclimatization Phase

A. Sharifi1[1]- M. Kharrazi[2*]- S. Nejatizadeh[3]- A. Khadem[4]- M. Moradian[5]

Received: 02-02-2019
Accepted: 24-07-2019

Introduction: In traditional agriculture, a high concentration of nutrients is generally available to the plant, and a large amount of it will be leached out and is not available to the plant. But, if properly managed, the nutritional needs of the plant can be identified; it can increase the efficiency of fertilizer use and also prevent the environmental pollution caused by excessive use of chemical fertilizers in the country. Therefore, the aim of this study was to increase the fertilizer utilization efficiency by choosing optimal fertilizer treatment and its optimum level for acclimation and optimum growth of gerbera tissue culture plantlets.

Material and methods: In the first experiment, different fertilizer treatments with different proportions of NPK were evaluated in a completely randomized design with 10 replications. In the second experiment, the different concentrations of the secondary group treatment (0.5x, 1x and 1.5x) were evaluated to determine the optimum level of fertilizer treatment. This experiment also was conducted in a completely randomized design with 15 replications. At the end of each experiment different parameters such as leaf number, petiole length, shoot dry and fresh weight, main root number, root length, secondary root number, root volume, root dry and fresh weight, chlorophyll a, b and total content were measured. Data preparation was done in Excel and data analysis was performed using the Jump 8 software. Mean comparison between treatments was performed with LSD test at 5% probability level and charts were drawn using Excel program.

Results and discussion: The results showed that the maximum root length, root volume, root dry and fresh weight and secondary root number was obtained from plantlets that was treated by the fertilizer treatment of the second group: K_2SO_4 (0.22 mM), KNO_3 (3.62 mM), KH_2PO_4 (0.71 mM), $NH_4H_2PO_4$ (0.35 mM), NH_4NO_3 (0.53 mM), $Ca(NO_3)_2$,$4H_2O$ (1.48 mM), $MgSO_4$, $7H_2O$ (0.4 mM), $MnCl_2$, $4H_2O$ (0.0049 mM), H_3BO_3 (0.020 mM), $ZnSO_4$ (0.0061 mM), $CuSO_4$, $5H_2O$ (0.00048 mM), $NaMoO_4$, $2H_2O$ (0.00058 mM), $FeSO_4$, $7H_2O$ (0.0348 mM), Na_2EDTA (0.0384 mM). So among the different fertilizer treatment, application of the fertilizer treatment of the second group was recommended. Calculation of nitrate and ammonium content used in six fertilizer treatments showed that the amount of ammonium used in fertilizer had a significant effect on root number and root dry weight. The maximum root number and root dry weight were observed in the second fertilizer group and then in the first fertilizer group. Urea was not used as a source of nitrogen in the fertilizer formula of these two treatments, while in other fertilizer treatments; urea fertilizer was used in addition to other sources of nitrogen supply. Since urea is converted into ammonium before its absorption by the plant, its application in the fertilizer formula has an effect on the amount of ammonium used in the fertilizer composition. It increases the ratio of ammonium to nitrate in fertilizer composition, which in turn influences root function. The ratio of potassium to phosphorus in the research of Khalaj et al. (4.40) is approximately as the same as the ratio of potassium to phosphorus used in the second group fertilizer treatment (4.50). The results of this ratio were also corresponded to Zheng et al. (4.6), Paradikovic et al (4.4), Hahn et al (4), Savvas and Gizas (4.8).The results of second experiment showed that plantlets grown under 1.5x concentration of second group fertilizer had better growth indices than two other treatments and had higher means in terms of root and shoot dry weight and petiole length. After counting the number of produced leaves at the end of the experiment, signs of leaf necrosis was observed under some treatments. Plantlets treated with 1 and 0.5 x concentrations of the second group treatment showed the highest incidence of leaf necrosis. Application of 1.5 x concentration of the second group treatment resulted in a 40% decrease in leaf necrosis symptoms compared to the other treatments. Also, the highest percentage of healthy leaves was obtained from 1.5 x concentration of the second group treatment, which showed a significant difference with the other treatments.

1, 2, 4 and 5- Assistant Professors and Instructors, Research group of Ornamntal Plants Biotechnology, Department of Industrial Biotechnology, Khorasan Razavi Branch of Academic Center of Education, Culture and Research
3- PhD Student of Agricultural Biotechnology, Departement of Biotechnology and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: ma_kh230@yahoo.com)

Conclusion: Generally, for the purpose of acclimation and optimal growth of gerbera tissue culture plantlets, fertilizer treatment of the second group {15(N), 10(P_2O_5), 30(K_2O), 11.10(CaO), 2.10(MgO)} at a concentration of 1.5x is recommended.

Keywords: Different concentrations of fertilizer treatment, Growth indices, NPK ratios, Nutrition requirements.