

آماده انتشار

The effect of planting density and variety on onion seedling production under hydroponic and LED cultivation conditions

Seyedeh Neda Mousavi¹, Nasser Alamzadeh Ansari^{2*}

¹ Master's student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

² Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

* Corresponding author: Ansari_n@scu.ac.ir

تأثیر تراکم کشت و رقم بر تولید نشاء پیاز تحت شرایط کشت هیدروپونیک و LED

سیده ندا موسوی^۱، ناصر عالم زاده انصاری^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

^۲ دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

*نویسنده مسئول: Ansari_n@scu.ac.ir

تأثیر تراکم کشت و ژنوتیپ بر تولید نشاء پیاز تحت شرایط کشت هیدروپونیک

چکیده

سابقه و هدف: تولید نشاء پیاز در شرایط آب و هوایی گرم اهواز در اواخر تابستان و اوایل پاییز با چالش‌هایی همراه است. لذا، بکارگیری روش‌های نوین تولید نشاء در سیستم هیدروپونیک یا آب کشت منجر به مطالعه‌هایی در رابطه با پرورش نشاء پیاز در این محیط کشت تحت تأثیر دو فاکتور زراعی ژنوتیپ و تراکم گردید. جهت افزایش امنیت غذایی جامعه و پایداری تولید پیاز، یکی از راهکارهای مناسب تولید نشاء در شرایط کنترل شده با استفاده از لامپ‌های LED می‌باشد. هدف از این مطالعه تعیین ژنوتیپ و تراکم مناسب برای پرورش نشاء زودرس و بازار پسند در زیر نور مصنوعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر تراکم و ژنوتیپ پیاز بر روی نشاء تولیدی در کشت هیدروپونیک زیر نور لامپ‌های LED، آزمایشی در سال ۱۴۰۲ در اطاق پرورش گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول شامل ۱ ژنوتیپ پیاز ایرانی (رامهرمزی) و ارقام وارداتی (پریمورا و انزا) و فاکتور دوم ۴ سطح تراکم {۱، ۲، ۶ و ۱۲ گیاه در یک سلول سینی کشت} بود. بلافاصله پس از سبز شدن بذرها، سینی‌های کشت ۱۰۵ حفره‌ای به اطاقک پرورش (سطح کل آزمایش ۴ متر مربع بود) با نور لامپ‌های ال ای دی (ترکیبی از لامپ آبی و قرمز با نسبت [۵۰: ۵۰]) با شدت نور ۳۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه، منتقل شدند. پس از ۶۰ روز از نشاءها نمونه‌گیری شد و صفاتی نظیر ارتفاع بخش هوایی، طول ریشه، سطح برگ نشاء، قطر سوخ‌چه نشاء، وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، کلروفیل

a, b و کل، کارتنوئید و ویتامین ث پژوهشی در سال زراعی ۱۴۰۲ در دانشگاه شهید چمران اهواز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده با نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر ژنوتیپ، تراکم و اثر متقابل آن‌ها بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بیش‌ترین قطر سوخ‌چه نشاء در تراکم ۱ بوته در سلول و کم‌ترین آن در تراکم ۱۲ بوته در سلول مشاهده شد. بیش‌ترین وزن بخش هوایی و وزن ریشه در رقم انزا مشاهده گردید. بیش‌ترین سطح برگ نشاء (۱۶ سانتی‌متر مربع) در رقم انزا با تراکم ۱ بوته در سلول و کم‌ترین آن (۶/۳ سانتی‌متر مربع) در ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱۲ بوته در سلول ثبت شد. رقم انزا در تراکم ۲ بوته در سلول (۱/۲ میلی‌گرم بر گرم) و رقم پریمورا در تراکم ۲ بوته در سلول (۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل **a** را به خود اختصاص داده‌اند. بیش‌ترین و کم‌ترین آسکوربیک اسید به ترتیب از رقم پریمورا در تراکم ۶ بوته در سلول (۱۵/۹۸ میلی‌گرم بر گرم) و کم‌ترین آن از رقم انزا در تراکم ۶ بوته در سلول (۱۵/۹۴ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: کلیه بذور سبز شده در تمام تیمارها تا انتهای رشد نشاء سالم بودند و قادر به تولید گیاه در مزرعه بودند. نتایج این آزمایش نشان داد امکان تولید نشاء پیاز با استفاده از لامپ‌های **LED** وجود دارد، اما کیفیت و کمیت نشاء تولیدی تحت تأثیر ژنوتیپ و تراکم کاشت قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: تراکم، کارتنوئید، کیفیت، نور ال ای دی

مقدمه

پیاز یکی از مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین سبزیجات ایران و سراسر جهان به شمار می‌رود. این سبزی متعلق به خانواده *Alliaceae* و از جنس *Allium* می‌باشد (۱). در ایران پیاز جزء محصولات استراتژیک به حساب می‌آید که در سه فصل بهار، تابستان و پاییز با توجه به شرایط منطقه کشت می‌گردد. عمر انبارداری پیازهایی که در استان‌های شمالی ایران در تابستان تولید می‌شوند در اواخر زمستان به اتمام می‌رسد. بنابراین، پرورش پیاز زودرس در استان‌های جنوبی یکی از اولویت‌های تولید به شمار می‌رود. اما، تأمین پیازهای زودرس در استان خوزستان با چالش‌های مهمی مواجه است. اولین چالش در استان خوزستان دمای بالا در اواخر تابستان و اوایل پاییز می‌باشد که دما در این مناطق به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و مانع از سبز شدن بذور پیاز می‌گردد (۲). از دیگر مشکلات موجود می‌توان به دوره‌ی بلند مدت خشک‌سالی و بحران شدید کم آبی بویژه در فصل پاییز و کند بودن رشد پیاز در اوایل رشد اشاره نمود. لذا، با گسترش روز افزون جمعیت جهان و نیاز به تولید مواد غذایی بیش‌تر اقدام به رفع این کمبودها با استفاده از فن‌آوری‌های جدید نظیر تولید نشاء گیاهان در شرایط نور مصنوعی به روش هیدروپونیک گردید (۳). پرورش نشاء یکی از مهم‌ترین مراحل در زراعت محصولات زراعی و باغی است. از بارزترین ویژگی‌های نشاء خوب با رشد مطلوب داشتن ۱۵ الی ۲۵ سانتی‌متر طول، ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر قطر سوخ‌چه و ۴ الی ۶ برگ حقیقی فتوسنتزکننده به رنگ سبز روشن (و در برخی منابع ۳ الی ۵ برگ حقیقی) می‌باشد. هم‌چنین، نشاء باید دارای ریشه سالم و عاری از هر گونه آفات و بیماری‌ها باشد (۵ و ۴). تولید نشاء با کیفیت می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد و بهره‌وری داشته باشد (۶). در سال‌های اخیر، تولید نشاء به روش هیدروپونیک در سراسر جهان به ویژه در کشورهای پیشرفته مانند هلند، آمریکا و کانادا گسترش یافته است (۷). نشاءهای تولید شده در این

سیستم پس از گذراندن ۵۰ الی ۷۰ روز در سینی های کشت تولید ریشه های قوی، ساقه محکم و توسعه یافته می کنند که برای انتقال به مزرعه آماده می باشند. در مرحله انتقال و پس از انتقال نشاءها به محل کشت اصلی برای بهبود رشد، استقرار بیش تر نشاءها و کاهش تنش جابه جایی آنها وجود آنتی اکسیدان هایی نظیر ویتامین C و مقداری رطوبت در محل کشت ضروری می باشد؛ زیرا خشک شدن نشاء منجر به توقف رشد و یا عدم استقرار نشاء می گردد (۹ و ۸). علاوه بر این، اسید آسکوربیک به عنوان یک مکانیسم محافظتی برای گیاهان تحت شرایط استرس زا عمل می کند (۱۰). هم چنین، اسید آسکوربیک نقش حیاتی در تنظیم تقسیم سلولی، گسترش سلولی و رشد دیواره سلولی گیاهان سبز کوچک پرورش یافته در سیستم هیدروپونیک دارد (۱۱). در ایران نیز استفاده از روش هیدروپونیک برای تولید نشاء در گلخانه ها و مزارع رواج پیدا کرده است. به عنوان مثال، در استان خوزستان که دارای آب و هوای گرم و خشک است، تولید نشای هیدروپونیک برای محصولاتی مانند گوجه فرنگی، فلفل، بادمجان و کلم بروکلی انجام می شود (۱۲). این روش به کشاورزان امکان می دهد تا فصل کاشت را زودتر آغاز کرده و محصول زودرس تری به بازار این منطقه عرضه نمایند. سیستم کشت هیدروپونیک روشی بدون خاک برای پرورش گیاهان است که در آن نیازهای غذایی گیاه از طریق محلول غذایی حاوی مواد مغذی تأمین می گردد (۱۳). این سیستم کشت دارای مزایایی مانند کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد، استفاده بهینه از کودها و عدم نیاز به خاک می باشد. علاوه بر مزایای افزایش عملکرد، تولید هیدروپونیک نشاء موجب کاهش مصرف آب و افزایش بهره وری در مصرف کود نیز می گردد (۱۴). هم چنین، امکان تولید نشاء در شرایط کنترل شده وجود دارد و خطر انتقال بیماری ها و آفات خاکزی را نیز کاهش می دهد (۱۵). تولید نشاء تحت تأثیر فاکتورهای متعددی از جمله رقم و تراکم کشت قرار می گیرد. نشاء ارقام مختلف در تراکم های متفاوت، خصوصیات رشدی و کیفی متنوعی را از خود نشان می دهند (۱۶). افزایش تراکم کشت تا حد مشخصی می تواند موجب افزایش عملکرد شود اما در تراکم های بالا، رقابت گیاهان بر سر جذب نور و مواد غذایی افزایش یافته که سبب کاهش اندازه و کیفیت نشاءها می گردد (۱۷). واسی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند ارقام پیازی که در تراکم های زیاد رشد یافتند حداقل قطر و حداکثر وزن را به خود اختصاص داده اند که دلیل این امر را ژنتیک متغیر ارقام و پاسخ متفاوت آنها را به سطوح مختلف تراکم اعلام کردند (۱۸). از آنجایی که نور یکی از عوامل کلیدی در رشد گیاه است، در سیستم های کشت هیدروپونیک از لامپ های LED به عنوان منبع نور مصنوعی استفاده می شود لامپ های LED می توانند طیف نور، شدت و کیفیت آن را کنترل کنند که این امر بر فرآیندهای متابولیکی، رشد و ترکیبات زیست فعال گیاه تأثیرگذار است (۱۹). بررسی های درو و همکاران (۱۹۷۳) نشان داد استفاده از نور LED در سیستم هیدروپونیک بر بهبود طعم، ارزش غذایی، ترکیبات بیوشیمیایی و به دنبال آن مدت انبارمانی پیاز اثر مثبتی داشت. بر همین اساس هدف این تحقیق، بررسی امکان تولید نشاء ژنوتیپ های مختلف پیاز و تراکم کاشت در شرایط کشت هیدروپونیک و نور مصنوعی می باشد (۲۰).

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر تراکم و ژنوتیپ پیاز بر روی نشاء تولیدی در کشت هیدروپونیک زیر نور لامپ‌های LED، آزمایشی در سال ۱۴۰۲ در اطاق پرورش گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. بلافاصله پس از سبز شدن بذرها، سینی‌های کشت ۱۰۵ حفره‌ای به اطاقک پرورش (سطح کل آزمایش ۴ متر مربع بود) با نور لامپ‌های ال ای دی (ترکیبی از لامپ آبی و قرمز با نسبت [۵۰: ۵۰]) با شدت نور ۳۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه، منتقل شدند. هر یک از لامپ‌ها توانی برابر ۷۲ وات داشت که در شرکت پرتو رشد نوین تولید شده‌اند. محدوده تقریبی طول موج نور قرمز ۶۶۰ نانومتر و نور آبی ۴۵۴ نانومتر بود. سیستم کشت به صورت فلوتینگ بر روی محلول غذایی هوگلند (جدول ۱) بود (۲۲). گیاهچه‌ها در طول دوره ۶۰ روزه رشد با محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. دمای اطاقک پرورش بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۶٪ تا ۶۴٪ تنظیم گردید. در پایان دوره (۶۰ روز پس از کاشت)، برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نشاءها اندازه‌گیری شد. داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل شدند.

جدول ۱- نسبت عناصر غذایی در محلول غذایی هوگلند Ratio of nutrients in Hoagland nutrient solution

میزان عنصر به میلی گرم در لیتر	نام عنصر	میزان عنصر به میلی گرم در لیتر	نام عنصر
0/27	بر	224	نیتروژن
	Boron		Nitrogen
0/11	منگنز	62	فسفر
	Manganese		phosphorus
0/13	روی	235	پتاسیم
	Zinc		potassium
0/03	مس	160	کلسیم
	copper		Calcium
0/05	مولیبدن	24	منیزیم
	molybdenum		Magnesium
3	آهن	32	گوگرد
	iron		sulfur

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه

ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه نشاءها با خط کش میلی متری با دقت ۰/۱ سانتی متر اندازه گیری گردید.

سطح برگ نشاء

سطح برگ نشاءهای پیاز ۶۰ روز پس از کاشت با دستگاه سنجش سطح برگ (مدل Delta-T Devices LTD, UK ساخت انگلستان) اندازه گیری گردید.

قطر سوخچه نشاء

قطر سوخچه نشاء با کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد.

وزن تر و خشک بخش های هوایی و ریشه نشاء

پس از جداسازی بخش های هوایی از ریشه از هر نمونه، وزن تر با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) توزین گردید. سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شده و وزن خشک آنها با ترازوی آزمایشگاهی ۴ رقم اعشار (با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم) اندازه گیری شد.

اندازه گیری صفات بیوشیمیایی

رنگی های فتوسنتزی

نمونه برگ از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و غلظت رنگی های (کلروفیل a، b، کل و کارتنوئیدها) در بافت برگ به روش آرنون (۱۹۶۷) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VIS-1201، ساخت ژاپن) اندازه گیری شد. در انتها با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a {معادله (1)}، کلروفیل b {معادله (2)}، کلروفیل کل {معادله (3)} و کارتنوئید {معادله (4)} محاسبه گردید (۲۳).

$$\text{Chlorophyll a (mg/g tissue)} = ((12.7A_{663} - 2.69A_{645}) \times V) / ((1000 \times W)) \quad \text{معادله (1)}$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g tissue)} = ((22.9A_{645} - 4.68A_{663}) \times V) / ((1000 \times W)) \quad \text{معادله (2)}$$

$$\text{Total Chlorophyll (mg/g tissue)} = ((20.2A_{645} + 8.02A_{663}) \times V) / ((1000 \times W)) \quad \text{معادله (3)}$$

$$\text{Carotenoids (mg/g tissue)} = ((A_{480} + (0.114 A_{663}) - (0.638 A_{645})) \times V) / (1000 \times W) \quad \text{معادله (4)}$$

آسکوربیک اسید

اندازه‌گیری آسکوربیک اسید به روش رنگ سنجی با DCPIP انجام شد. ۰/۱ گرم بافت برگ با ۲ میلی‌لیتر محلول متافسفریک اسید ۱ درصد هموژن شد و پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی، در ۴ درجه سانتی‌گراد و ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول رویی برداشته شد و با ۵۰ میکرولیتر DCPIP مخلوط گردید. جذب نمونه‌ها در ۵۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شد. از محلول متافسفریک ۱ درصد به عنوان بلانک استفاده شد. غلظت آسکوربیک اسید از معادله استاندارد برحسب (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) محاسبه گردید (معادله ۱) (۲۴).

$$y = -0.0006x + 0.16 \quad \text{معادله ۱-}$$

روش آماری

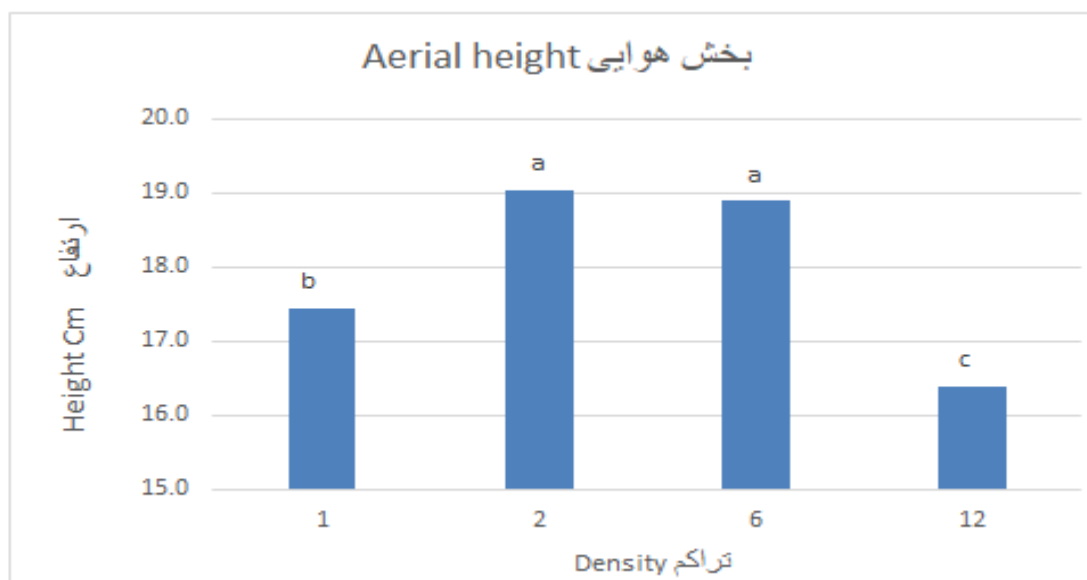
این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد فاکتور اول شامل ۱ ژنوتیپ پیاز ایرانی (رامهرمزی، یک ژنوتیپ ایرانی قدیمی به حساب می‌آید. در استان خوزستان بیش‌تر در شهرستان رامهرمز کشت و تولید می‌شود. رامهرمزی به عنوان یک ژنوتیپ مقاوم به شوری معرفی شده است (۲۱). و دو رقم وارداتی (پریمورا و انزا) پریمورا رقم وارداتی است، که نسبت به ژنوتیپ‌های ایرانی مزه تند کم‌تری دارد. این رقم معمولاً در استان خوزستان در شهر دزفول کشت می‌گردد اما در بهبهان حداکثر تولید محصول را به خود اختصاص داد. انزا یک رقم زودرس وارداتی است که در شهر دزفول کشت و کار می‌شود} و فاکتور دوم شامل ۴ سطح تراکم {۱، ۲، ۶ و ۱۲ بذر جوانه زده در یک سلول سینی کشت} بود.

نتایج و بحث

ارتفاع بخش هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر ارتفاع بخش هوایی اثر معنی‌داری نداشت اما اثر ساده تراکم بر این صفت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده تراکم بر ارتفاع بخش هوایی نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بخش هوایی در تراکم ۲ بوته در سلول (۱۹ سانتی‌متر) مشاهده گردید که با تراکم ۶ بوته در سلول تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کم‌ترین آن را تراکم ۱۲ بوته در سلول (۱۶/۴ سانتی‌متر) به خود اختصاص داد (شکل ۱). احتمالاً این امر به سبب افزایش رقابت داخل گونه‌ای جهت جذب عوامل رشدی نظیر دریافت نور و مواد غذایی کافی در تراکم ۱۲ بوته در سلول باشد. از طرفی دیگر، بوته‌ها در تراکم‌های ۶ و ۲ بوته در سلول از فضای رشدی بیش‌تری نسبت به تراکم ۱۲ بوته در سلول برخوردار بودند و این امر سبب افزایش ارتفاع گیاه در تراکم‌های متوسط گردید. تراکم مطلوب بوته رقابت بین گیاهان را کاهش می‌دهد و در نتیجه جذب نور و مواد مغذی کافی می‌تواند منجر به کمیت و کیفیت بالاتر شود. ال تنسوان و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی تأثیر محلول غذایی و سه تراکم کاشت مختلف (۱۲ و ۸ و ۴ بوته در هر سلول) بر عملکرد میکروگرین براسیکا در محیط‌های کشت بدون خاک گزارش نمودند که بیش‌ترین ارتفاع گیاه در

پایین‌ترین تراکم کاشت بوته در واحد سطح (۴ بوته) به دست آمد، و با افزایش تراکم ارتفاع بوته کاهش یافت. ممکن است این امر به دلیل سایه‌اندازی کم‌تر در تراکم‌های پایین‌تر باشد (۲۵).



شکل ۱: اثر تراکم بر ارتفاع بخش هوایی نشاء پیاز

Figure 1. The effect of density on Aerial Height of onion seedling

طول ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و تراکم بر طول ریشه در سطح یک درصد معنی دار شد هم چنین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر این صفت در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر طول ریشه نشان داد بیشترین طول ریشه در ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱ بوته در سلول (۶/۵ سانتی متر) مشاهده گردید که با رقم انزا در تراکم ۲ و ۱ بوته در سلول تفاوت معنی داری نداشت. کمترین طول ریشه در ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱۲ بوته در سلول (۲/۸ سانتی متر) مشاهده گردید (جدول ۳). یافته‌های آنتونی سامی (۲۰۲۳) بر بررسی اثر تراکم کاشت بر رشد و کیفیت کاهوی روما در یک محیط هیدروپونیک کنترل شده نشان داد که تراکم کم بوته‌ها نسبت به تراکم کاشت بیشتر بوته‌ها طول ریشه بالاتری داشتند. علت افزایش طول ریشه در تراکم کم کاشت ممکن است به دلیل جذب آسان رطوبت و مواد رشدی مورد نیاز خود باشد. اگرچه در هیدروپونیک مواد مغذی کنترل می‌شوند، اما تراکم بالای ریشه‌ها ممکن است جذب عناصر را مختل کند (۲۶).

سطح برگ نشاء

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و تراکم و اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر سطح برگ نشاء در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر سطح برگ نشاء نشان داد رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول (۱۶ سانتی متر مربع) و ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱۲ بوته در سلول (۶/۳ سانتی متر مربع) به ترتیب بیشترین و کمترین سطح برگ نشاء را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). پژوهشی با هدف مطالعه تأثیر دو رقم ریحان (سبز و عقیق) و سه سطح تراکم کاشت (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع) بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و صفات کیفی آن در سیستم هیدروپونیک توسط بدخشان و همکاران (۲۰۱۸) بررسی گردید. نتایج آنان نشان داد که سطح برگ به طور معنی داری تحت تأثیر تراکم و رقم کاشت قرار گرفت. به طوری که در تراکم ۱۵۰ گیاه در متر مربع بیشترین سطح برگ مشاهده شد. آنان دریافتند بوته‌هایی که در تراکم کم کاشت رشد کرده‌اند، توسعه یافته‌تر بودند و دارای سطح برگ بیش‌تری نسبت به گیاهان رشد یافته در تراکم‌های بالا بودند. این نتایج با پژوهش ما مطابقت داشت. در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش دسترسی به نور، سطح برگ گیاه‌چه‌ها کاهش می‌یابد (۲۷).

قطر سوخچه نشاء

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و تراکم و اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر قطر سوخچه نشاء در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر قطر سوخچه نشاء نشان داد بیشترین قطر سوخچه نشاء در رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول (۰/۲۰ میلی متر) در ۶۰ روز پس از کاشت مشاهده گردید که با ژنوتیپ انزا در تراکم ۲، ۶ و ۱۲ بوته در سلول، رقم پریمورا در تراکم ۱، ۲ و ۶ بوته در سلول و ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱، ۲، ۶ و ۱۲ بوته در سلول تفاوت معنی داری نداشت. رقم پریمورا در تراکم ۱۲ بوته در سلول (۰/۱۰ میلی متر) کمترین قطر

سوخ چه نشاء را به خود اختصاص داد (جدول ۳). تراکم کاشت تأثیر قابل توجهی بر رشد سوخچه‌های پیاز در سیستم هیدروپونیک دارد. به طور کلی، تراکم بالا جذب مواد معدنی را مختل می‌کند (۲۸). (بروستر ۲۰۰۹ و رومانو و همکاران ۲۰۰۲) نیز دریافتند بیش‌ترین قطر سوخچه در پایین‌ترین تراکم کاشت بوته در واحد سطح مشاهده گردید (۳۰ و ۲۹)، و با افزایش تراکم قطر سوخچه پیاز کاهش یافت که با نتایج آزمایش ما همسو می‌باشد. ممکن است این امر به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها و کاهش دسترسی به نور، کاهش فرآیند فتوسنتز و در نتیجه محدودیت ذخیره‌سازی مواد در سوخچه‌ها در تراکم‌های بالا باشد. از طرفی دیگر، زمانی که جمعیت گیاهی در تراکم‌های کاشت زیاد باشد حتی با وجود مواد مغذی کافی، گیاهچه‌ها انرژی بیش‌تری را صرف رشد برگ‌ها (به دلیل رقابت نوری) نسبت به توسعه سوخچه‌ها می‌کنند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات تراکم و ژنوتیپ بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نشاء پیاز در ۶۰ روز پس از کاشت

Table 2- Variance analysis of density and genotype effects on some morphological and physiological traits of onion seedlings at the 60 days after implant

قطر سوخچه نشاء Diameter of the seedling bulb	سطح برگ نشاء leaf area of the seedling	طول ریشه Root length	ارتفاع بخش هوایی Aerial Height	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variation
0.006**	10.6**	3.5**	0.12 ^{ns}	2	ژنوتیپ Genotype
0.003**	61.3**	10.9**	14.1*	3	تراکم Density
0.001**	25.8**	1.4*	4.6 ^{ns}	6	ژنوتیپ × تراکم Density × Genotype
0.001	8.7	0.49	4.1	22	خطا Error
0.45	0.0009	16.3	11.3		ضریب تغییرات % Coefficient of variance

*, ** و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1 % probability, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات تراکم و ژنوتیپ بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نشاء پیاز در ۶۰ روز پس از کاشت

Table 3-comparison of the mean effects of density and genotype on some morphological and physiological traits of onion seedlings at the 60 days after implant

قطر ساقچه نشاء Diameter of the seedling bulb (mm)	سطح برگ نشاء leaf area of the seedling (cm ²)	طول ریشه Root length (cm)	تیمار Treatment
			ژنوتیپ × تراکم × Genotype×Density
0.20a	14.9b	6.5a	رامهرمزی × ۱ بوته × Ramhormzi × 1 plant
0.20a	9.8e	4.4b	رامهرمزی × ۲ بوته × Ramhormzi × 2 plant
0.20a	8.5f	3.5bcd	رامهرمزی × ۶ بوته × Ramhormzi × 6 plant
0.20a	6.3k	2.8d	رامهرمزی × ۱۲ بوته × Ramhormzi × 12 plant
0.16a	10.3d	4bcd	پریمورا × ۱ بوته × Primavera × 1 plant
0.16a	9.8e	4.2bc	پریمورا × ۲ بوته × Primavera × 2 plant
0.20a	7.1j	3.8bcd	پریمورا × ۶ بوته × Primavera × 6 plant
0.10b	8.2g	2.9cd	پریمورا × ۱۲ بوته × Primavera × 12 plant
0.20a	16a	6a	انزا × ۱ بوته × Anza × 1 plant
0.16a	12.9c	5.7a	انزا × ۲ بوته × Anza × 2 plant
0.20a	7.8h	4.4b	انزا × ۶ بوته × Anza × 6 plant
0.20a	7.2i	3.1bcd	انزا × ۱۲ بوته × Anza × 12 plant

ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The same letters indicate there is no significant difference at $p \leq 0.05$.

وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه نشاء

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و تراکم و اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر وزن تر و خشک بخش هوایی نشاء و وزن تر و خشک ریشه نشاء در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر وزن تر بخش هوایی نشاء نشان داد رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول بیش‌ترین وزن تر بخش هوایی نشاء (۰/۵۷ گرم) و ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱۲ بوته در سلول کم‌ترین (۰/۱۳ گرم) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر بخش هوایی را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر وزن خشک بخش هوایی نشاء نشان داد رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی نشاء (۰/۰۹ گرم) و ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۱۲ بوته در سلول کم‌ترین (۰/۰۵ گرم) آن را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر وزن تر ریشه نشاء نشان داد رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول بیش‌ترین وزن تر ریشه (۰/۰۷۰ گرم) و رقم پریمورا در تراکم ۱۲ بوته در سلول کم‌ترین (۰/۰۱۱ گرم) آن را داشتند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ

در تراکم بر وزن خشک ریشه نشاء نشان داد رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول (۰/۰۰۶ گرم) و رقم پریمورا در تراکم ۱۲ بوته در سلول (۰/۰۰۰۱ گرم) به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه نشاء را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵). احتمالاً این امر به دلیل تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، دسترسی راحت‌تر بوته‌ها به سایر مواد غذایی در تراکم ۴ و تعداد بوته بالا در تراکم ۱ رخ داده است. لی یو شی آنگ و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی واکنش دو رقم برنج معمولی ژاپنی و برنج هیبرید هندی در سطوح تراکم مختلف بر عملکرد آن در سیستم هیدروپونیک نتیجه گرفتند که تراکم بیش‌تر بوته در متر مربع موجب افزایش وزن کلی گیاهان در متر مربع گردید. در عین حال، وزن تک بوته در واحد سطح کاهش یافت (۳۱).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات تراکم و ژنوتیپ بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نشاء پیاز در ۶۰ روز پس از کاشت

Table 4- Variance analysis of density and genotype effects on some morphological and physiological traits of onion seedlings at the 60 days after implant

وزن خشک ریشه نشاء Dry weight of the Root of the seedling	وزن تر ریشه نشاء fresh weight of the Root of the seedling	وزن خشک بخش هوایی نشاء Dry weight of the aerial part of the seedling	وزن تر بخش هوایی نشاء Fresh weight of the aerial part of the seedling	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variation
1**	0**	0.002**	0.01**	2	ژنوتیپ Genotype
5.3**	0.001**	0.001**	0.04**	3	تراکم Density
8.8**	0.001**	0.002**	0.06**	6	ژنوتیپ × تراکم Density × Genotype
4.4	8.5	2.4	0	22	خطا Error
1.8	0.0003	0.001	0.04	ضریب تغییرات % Coefficient of variance	

*, ** و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1 % probability, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثرات تراکم و ژنوتیپ بر برخی صفات وزنی نشاء پیاز در ۶۰ روز پس از کاشت

Table 5- comparison of the mean effects of density and genotype on some weight characteristics of onion seedlings at the 60 days after implant

وزن خشک ریشه نشاء (g) Dry weight of the Root of the seedling	وزن تر ریشه نشاء (g) fresh weight of the Root of the seedling	وزن خشک بخش هوایی نشاء (g) Dry weight of the aerial part of the seedling	وزن تر بخش هوایی نشاء (g) Fresh weight of the aerial part of the seedling	تیمار treatment
				ژنوتیپ × تراکم Genotype×Density
0.0026d	0.040b	0.018c	0.25d	رامهرمزی × ۱ بوته Ramhormzi × 1 plant
0.0035c	0.0250d	0.0117d	0.44b	رامهرمزی × ۲ بوته Ramhormzi × 2 plant
0.0015i	0.016g	0.018c	0.16gh	رامهرمزی × ۶ بوته Ramhormzi × 6 plant
0.0021e	0.015h	0.005g	0.13i	رامهرمزی × ۱۲ بوته Ramhormzi × 12 plant
0.0035c	0.020f	0.0117d	0.21e	پریماورا × ۱ بوته Primavera × 1 plant
0.0038b	0.040b	0.0119d	0.23d	پریماورا × ۲ بوته Primavera × 2 plant
0.0019f	0.016g	0.0101f	0.166g	پریماورا × ۶ بوته Primavera × 6 plant
0.0001k	0.011i	0.0119d	0.28c	پریماورا × ۱۲ بوته Primavera × 12 plant
0.006a	0.070a	0.09a	0.57a	انزا × ۱ بوته Anza × 1 plant
0.0017g	0.015h	0.012d	0.14hi	انزا × ۲ بوته Anza × 2 plant
0.0016h	0.0205c	0.017c	0.28c	انزا × ۶ بوته Anza × 6 plant
0.0015i	0.0208e	0.019b	0.19f	انزا × ۱۲ بوته Anza × 12 plant

ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The same letters indicate there is no significant difference at $p \leq 0.05$.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و تراکم و اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر کلروفیل a، b، کل و کارتنوئیدها در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر کلروفیل a نشان داد رقم انزا در تراکم ۲ بوته در سلول (۱/۲ میلی گرم بر گرم) و رقم پریماورا در تراکم ۲ بوته در سلول (۰/۲۲ میلی گرم بر گرم) به ترتیب

بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل a را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۷). رقم انزا در تراکم ۲ بوته در سلول (۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم) و رقم پریماورا در تراکم ۲ بوته در سلول (۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل b را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۷). رقم انزا در تراکم ۲ بوته در سلول (۱/۶۳ میلی‌گرم بر گرم) و رقم پریماورا در تراکم ۲ بوته در سلول (۰/۳۰ میلی‌گرم بر گرم) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل کل را داشتند (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر کارتنوئید نشان داد رقم انزا در تراکم ۲ بوته در سلول (۰/۰۶۴ میلی‌گرم بر گرم) و ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم ۶ بوته در سلول (۰/۰۱۹ میلی‌گرم بر گرم) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کارتنوئید را داشتند (جدول ۷). تراکم کاشت بر میزان کلروفیل نشای پیاز در سیستم هیدروپونیک تأثیر مستقیم داشت. کلروفیل به عنوان شاخص اصلی فتوسنتز، تحت تأثیر رقابت برای نور و منابع غذایی در برخی ژنوتیپ‌های کاشته شده در تراکم‌های مختلف قرار گرفت. ژنوتیپ‌ها با ساختار ژنتیکی مختلف پاسخ متفاوتی به تراکم کاشت و نور مصنوعی در سیستم هیدروپونیک دادند. اگرچه گیاهچه‌ها برای جبران کمبود نور در سایه اندازی بالای برگ‌ها از نور تکمیلی ال‌ای‌دی استفاده گردیدند اما بر غلظت کارتنوئید ژنوتیپ رامهرمزی در تراکم کاشت زیاد اثر مثبتی نداشت. احتمالاً تراکم‌های بوته بالا منجر به کاهش محتوای کلروفیل به‌ویژه در شرایط کمبود نور می‌گردند. هم‌چنین، ممکن است در تراکم کم بوته در این سیستم کشت (۱ الی ۲ بوته در سلول) به دلیل عدم محدودیت غذایی و کمبود فضای رشد، گیاهچه‌ها کلروفیل بیش‌تری تولید می‌کنند. یان و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر تراکم کاشت بر کلروفیل برگ سبز گیاه در سیستم هیدروپونیک گزارش کردند تراکم کاشت کم بوته بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر مثبتی داشت و در تراکم‌های بالا سایه‌اندازی بین گیاهان، جذب نور را کاهش داد. تنش نوری ممکن است باعث کاهش کلروفیل به‌ویژه کلروفیل a و یا تخریب آن گردد (۳۲).

آسکوربیک اسید

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده ژنوتیپ و تراکم و اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر آسکوربیک اسید در سطح یک درصد معنادار شد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم بر آسکوربیک اسید نشان داد بیش‌ترین میزان آسکوربیک اسید در رقم پریماورا در تراکم ۶ بوته در سلول (۱۵/۹۸ میلی‌گرم بر گرم) و کم‌ترین آن در رقم انزا در تراکم ۶ بوته در سلول (۱۵/۹۴ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید (جدول ۷). تراکم کاشت از طریق تأثیر بر ژنوتیپ‌های مختلف و تغییر محدودیت در دسترسی به نور، مواد مغذی، و ایجاد تنش‌های محیطی، بر محتوای آسکوربیک اسید در نشای پیاز تأثیر می‌گذارد. تراکم بالای ریشه‌ها در سیستم هیدروپونیک با دریافت محدود نور و محلول غذایی، جذب آب و مواد معدنی را مختل کرده و استرس اکسیداتیو را افزایش می‌دهد. در نهایت گیاهچه‌ها ممکن است جهت خشی سازی رایکال‌های آزادهای تولید شده در شرایط تنش (تراکم بالا) مکانیسم دفاعی خود را فعال کرده و سنتز آسکوربیک اسید را به عنوان آنتی اکسیدان تحریک کند. ون کوی و همکاران (۲۰۱۶) یک سیستم هیدروپونیک عمودی با چهار تراکم بوته (۱۰×۱۲، ۱۲×۱۴، ۱۴×۱۶، ۱۶×۱۶ سانتی متر) و تأثیر آن بر رشد و عملکرد کاهو را مورد مطالعه قرار دادند. آنان دریافتند که غلظت آسکوربیک اسید در تراکم ۱۶×۱۶ سانتی متر نسبت به تراکم ۱۰×۱۲ سانتی متر بیش‌تر بود. این ممکن است مربوط به سایه‌اندازی برگ‌های بوته‌ها روی هم باشد که در تراکم‌های بالا میزان دریافت نور برگ‌ها به حداقل می‌رسد (۳۳). هم‌چنین، لوین و همکاران (۲۰۰۹) در

مطالعه خود اثر معنی‌داری سیستم‌های هیدروپونیک با نور کنترل شده LED بر سنتز آسکوربیک اسید را تأیید کردند (۳۴). این پژوهش نشان داد سیستم هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاکی شرایط کشت متفاوتی را برای پیاز فراهم کرد. همچنین، این سیستم طی بازه‌ی زمانی که امکان پرورش نشاء پیاز در محیط باز (مزرعه) وجود ندارد با کمک نور تکمیلی می‌توان شرایط رشد مطلوبی را برای آن فراهم آورد. زیرا تولید نشاء پیاز در شرایط طبیعی مستلزم شناخت زمان دقیق جهت کشت بذور هر ژنوتیپ می‌باشد، که لامپ‌های ال‌ای‌دی این شرایط را فراهم می‌آورند تا در هر زمانی با استفاده از طول روز مصنوعی و دمای اتاق امکان کار میسر باشد. در این آزمایش گیاهان سالم در تراکم‌های بالاتر تولید گردید. به طور کلی می‌توان بیان کرد که تولید نشاء پیاز در محیط‌های کنترل شده امکان‌پذیر است. ژنوتیپ و تراکم گیاه تأثیر معناداری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نشاء پیاز دارند. اثر متقابل ژنوتیپ و تراکم بر صفاتی نظیر ارتفاع بخش هوایی، طول ریشه، سطح برگ نشاء، قطر سوخ‌چه نشاء، و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه معنی‌دار بود. این نتایج با یافته‌های اکثر محققان در این زمینه مطابقت دارد. تراکم زیاد گیاهان سبب گسترش اندام‌های جذب کننده غذا (ریشه‌ها) می‌گردد تا گیاهان بتوانند عناصر مورد نیاز خود را جذب کنند. در این رابطه، بیش‌ترین طول ریشه در تیمارهای رامهرمزی در تراکم ۱ بوته در سلول (۶/۵ سانتی‌متر) و انزا در تراکم ۱ بوته در سلول (۶ سانتی‌متر) مشاهده شد. این موضوع ممکن است ناشی از عدم رقابت برای جذب منابع غذایی و تحریک رشد ریشه باشد (۳۵). کم‌ترین طول ریشه در تیمارهای با تراکم بالا (مانند رامهرمزی در تراکم ۱۲ بوته در سلول و پریمورا ۱۲ بوته در سلول) مشاهده گردید که به دلیل رقابت برای جذب مواد توسط ریشه است. در تراکم بالا گیاهان برای رسیدن به نور رشد سریع‌تری پیدا می‌کنند و گاهی این رقابت در تراکم زیاد سبب کاهش کیفیت نشاء‌ها می‌گردد و نشاء‌ها پس از انتقال از بین بروند اما ژنوتیپ‌های مختلف برای سازگار شدن واکنش متفاوتی را در این رابطه نشان می‌دهند. به عنوان نمونه رقم انزا در تراکم ۱ بوته در سلول بالاترین سطح برگ (16 cm^2) را نشان داد که می‌تواند به دلیل پتانسیل ژنتیکی این ژنوتیپ در جذب نور و فتوسنتز کارآمدتر باشد (۳۶)، درحالی‌که پریمورا در تراکم ۱۲ بوته در سلول سطح برگ پایینی ($8/2\text{ cm}^2$) داشت که ممکن است نشان‌دهنده حساسیت این ژنوتیپ به تراکم بالا باشد. بیش‌تر تیمارها دارای قطر سوخ‌چه مشابهی ($0/2\text{ mm}$) داشتند، به جز پریمورا در تراکم ۱۲ بوته در سلول ($0/1\text{ mm}$) که کاهش معنی‌داری را نشان داد (۳۷). نتایج یک آزمایش که بر اثرات رقم و تراکم نشاء را بر روی اندازه گیاه از نظر ارتفاع، وزن تر بخش هوایی و ریشه نشاء و نسبت بخش هوایی و زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت نشان داد که ارقام مختلف بر روی صفات مورد مطالعه موثر بودند جالب است که ارتفاع در آن‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. این آزمایش شباهت زیادی با نتایج آزمایش ما داشت، آن‌ها در این پژوهش که حداکثر ۳ نشاء را در یک سلول تولید کردند ارتفاع در آن‌ها تفاوتی نداشت و ما در یک سلول تا ۱۲ گیاه را پرورش دادیم نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، این تحقیق نتایجی مشابهی با آزمایش ما از نظر وزن تر بخش هوایی و زیر زمینی و نسبت آن‌ها داشت. همچنین، از نظر تراکم تا حدودی شباهتی با آزمایش ما داشتند. آن‌ها در ادامه پژوهش خود نشان دادند که تراکم یک، دو و سه نشاء پیاز بر رشد و عملکرد پیاز موثر بوده و علی‌رغم اینکه عملکرد را افزایش داد اما تعداد سوخ‌های کوچک بیش‌تر از تراکم کم‌تر بودند و زمان بلوغ را در مزرعه به مدت یک هفته کاهش داد (۳۸). این امر می‌تواند برای استان خوزستان که نیاز به پیش‌رسی زیاد دارد یک امر مناسب باشد. از

طرفی، نسبت کلروفیل A به B نشان دهنده نوع واکنش گیاه به تراکم است. بدخشان و همکاران (۲۰۱۸) و نیو و همکاران (۲۰۱۵) پاسخ مورفولوژیکی نشاء اکالیپتوس به تأمین فسفر از طریق سیستم هیدروپونیک را بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که سیستم کشت هیدروپونیک به طور معنی‌داری بر ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن و سطح برگ تأثیر گذاشت. به‌طوری‌که، این سیستم کشت منجر به افزایش قابل توجه جذب مواد غذایی توسط گیاهچه، بهبود کیفیت و رشد ریشه و اندام هوایی نشاء گردید (۳۹) و (۴۰). همچنین مطالعات یان و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد پرورش نشاء کاهو در سیستم کشت بدون خاک و تحت نور ال‌ای‌دی اثر مثبتی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و آسکوربیک اسید آن داشت. ممکن است این امر به دلیل دسترسی راحت‌تر بوته‌ها به منابع آبی، نوری و تغذیه‌ای در سیستم هیدروپونیک باشد. از طرفی، آسکوربیک اسید به عنوان یک آنتی‌اکسیدان کلیدی، اغلب در پاسخ به تنش‌های نوری یا تغذیه‌ای افزایش می‌یابد. اما رقابت شدید ناشی از تراکم بالا ممکن است سنتز آن را محدود کند (۴۱). نتایج رومانا و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی ویژگی‌های نشاءهای گوجه‌فرنگی، بادمجان و فلفل در رابطه با تراکم متفاوت بوته (بین ۹۴ تا ۱۱۲۵ بوته در متر مربع) و حجم سلول‌های ظرف در سیستم هیدروپونیک در یک گلخانه نشان داد که هم حجم سلول و هم تراکم گیاه بر رشد نشاءهای هر سه گیاه رشد یافته در این سیستم اثر معنی‌داری داشت. تراکم بوته پایین می‌تواند صفاتی نظیر وزن، قطر و سطح برگ نشاءهای گیاهان ذکر شده را به طور قابل توجهی بهبود بخشد. به نظر می‌رسد دلیل این امر می‌تواند افزایش میزان غذاسازی تک بوته‌ها همراه با افزایش سطح برگ به سبب دسترسی آسان نشاءها به منابع تغذیه‌ای در تراکم‌های کم باشد (۴۲).

جدول ۶- تجزیه واریانس اثرات تراکم و ژنوتیپ بر برخی صفات بیوشیمیایی پیاز در مرحله تولید نشاء در ۶۰ روز پس از کاشت

Table 6- Variance analysis of the effects of density and genotype on some biochemical traits of onion in the seedlings at the 60 days after implant

آسکوربیک اسید Ascorbic acid	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	درجه آزادی Openness degree	تغییرات Change references
0**	0.002**	0.48**	0.02**	0.29**	2	ژنوتیپ Genotype
1.9**	0.001**	0.25**	0.01**	0.16**	3	تراکم Density
0.001**	0**	0.57**	0.04**	0.30**	6	ژنوتیپ × تراکم Density × Genotype
2.49	3.09	4.49	3.03	4.3	22	خطا Error
0.009	0.07	0.81	2.5	1.09		ضریب تغییرات % Change Coefficient

**, * و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1 % probability, respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثرات تراکم و ژنوتیپ بر برخی صفات بیوشیمیایی نشاء پیاز در ۶۰ روز پس از کاشت

Table 7- comparison of the mean effects of density and variety on some biochemical traits of onion seedlings at the 60 days after implant

آسکوربیک اسید Ascorbic acid (mg/100g-l)	کارتنوئید Carotenoid(mg/g)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g)	تیمار treatment
ژنوتیپ × تراکم Genotype×Density					
15.972d	0.029d	0.59i	0.17g	0.42h	رامهرمزی × ۱ بوته Ramhormzi × 1 plant
15.9787b	0.031d	0.69h	0.189f	0.50g	رامهرمزی × ۲ بوته Ramhormzi × 2 plant
15.977c	0.019e	0.51j	0.14h	0.36i	رامهرمزی × ۶ بوته Ramhormzi × 6 plant
15.966g	0.022de	0.74g	0.186f	0.55f	رامهرمزی × ۱۲ بوته Ramhormzi × 12 plant
15.967f	0.050bc	0.43k	0.13i	0.30j	پریماورا × ۱ بوته Primavera × 1 plant
15.963h	0.056ab	0.30l	0.08j	0.22k	پریماورا × ۲ بوته Primavera × 2 plant
15.98a	0.049bc	1.08c	0.29c	0.78c	پریماورا × ۶ بوته Primavera × 6 plant
15.962i	0.045c	1.39b	0.38b	1b	پریماورا × ۱۲ بوته Primavera × 12 plant
15.97e	0.045c	0.80e	0.24d	0.56f	انزا × ۱ بوته Anza × 1 plant
15.95j	0.064a	1.63a	0.41a	1.2a	انزا × ۲ بوته Anza × 2 plant
15.94k	0.03c	0.76f	0.173g	0.58e	انزا × ۶ بوته Anza × 6 plant
15.9786b	0.032d	0.88d	0.21e	0.66d	انزا × ۱۲ بوته Anza × 12 plant

ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. The same letters indicate there is no significant difference at $p \leq 0.05$.

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان می‌دهد که چگونه تراکم کاشت می‌تواند بر پارامترهای رشد نشاء پیاز و رقابت گیاهان برای دسترسی به منابع نوری، تغذیه‌ای و فضای ریشه هم‌چنین، عملکرد و کیفیت محصول رشد یافته تحت سیستم هیدروپونیک تأثیر بگذارد. تراکم‌های کم‌تر (۱-۲ بوته در سلول) افزایش ارتفاع بخش هوایی، طول ریشه، قطر سوخ‌چه نشاء و رنگیزه‌های فتوسنتزی، سطح برگ نشاء، وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه نشاء را به همراه داشت. ارقام پریماورا و انزا در اکثر تراکم‌ها واکنش بهتری نسبت به توده رامهرمزی داشتند. این برتری در کل صفات مورد بررسی نظیر ارتفاع بخش هوایی، طول ریشه، قطر سوخ‌چه نشاء، وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه نشاء، غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و آسکوربیک اسید مشاهده گردید. تفاوت در پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها به تراکم احتمالاً ناشی از پتانسیل ژنتیکی متفاوت آن‌ها در سازگاری با شرایط تراکم است. باتوجه به نتایج این پژوهش تولیدکنندگان می‌توانند با انتخاب تراکم مناسب و ژنوتیپ سازگار، کیفیت نشاءهای تولیدی را افزایش دهند.

References

1. Zhao, X. X., Lin, F. J., Li, H. Li, H. B., Wu, D. T., Geng., & F. Gan, R. Y. (2021). Recent advances in bioactive compounds, health functions, and safety concerns of onion (*Allium cepa* L.). *Frontiers in Nutrition*, 8: 669805. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.669805/full>
2. Foukaraa, M., Najjari, A., & Mars, M. (2003). Effect of temperature on bulb dormancy release and sprouting in onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Horticulturae*, 100(1-4): 13-23. <https://www.google.com>
3. Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Di Gioia, F., Pannico, A., & Colla, G. (2022). Vegetable seedlings production: from traditional propagation techniques to innovative systems. *Frontiers in Plant Science*, 13, 844406 <https://www.google.com>
4. Brewster, J. (2008). Onions and Other Vegetable Alliums. *CABI*. 413. ISBN: 978-1-84593-399-9.
5. Hassanzadeh Khankadani, H., Khodadadi, M., & Shahriari, A. (2019). First edition, Guide to Edible Onions. *Agricultural Education Publication*, 216 pages (Translated in Persian).
6. Gallegos-Cedillo, V. M., Nájera, C., Signore, A., Ochoa, J., Gallegos, J., Egea-Gilabert, C., & Fernández, J. A. (2024). Analysis of global research on vegetable seedlings and transplants and their impacts on product quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(9), 4950-4965. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.13309>
7. Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Di Gioia, F., Pannico, A., & Colla, G. (2022). Vegetable seedlings production: from traditional propagation techniques to innovative systems. *Frontiers in Plant Science*, 13, 844406 <https://www.google.com>
8. Gao, S., Liu, X., Liu, Y., Cao, B., Chen, Z., & Xu, K. (2021). Response of growth, photosynthetic electron transfer, and chloroplast ultrastructure to different LED light combination in green onion (*Allium fistulosum* L.). *Physiologia plantarum*, 172(3), 1662-1672. <https://doi.org/10.1111/ppl.13381>
9. Hassan, S. A., Maharik, Z. Y., Mohammed, M. H., Sadek, I. I., & Heggi, M. A. M. (2024). Assessing the response of green onion to nitrogen rate and plant density on yield and quality. *Agriculture Extension in Developing Countries (AEDC)* 2(1): (2024) 33-40. <http://doi.org/10.26480/aedc.01.2024.33.40>

10. Kasim, R., & Kasim, M.U. (2014). Biochemical and colour changes of fresh-cut treated with UV-C. *Journal of the Science of Food and Technology*. 34, 547–551. [Google Scholar] [CrossRef]
11. Renna, M., Di Gioia, F., Leoni, B., Mininni, C., & Santamaria, P. (2017). Culinary assessment of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. *Journal of the Science of Culinary and Technology*. 15, 126–142. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15428052.2016.1225534>
12. Oktapodas Feiler, M., Kulick, E., Holtz, S., Sinclair, K., & Given Castello, O. (2022). Heavy Metals and Pediatric Immunosuppression Scoping Review Search Strategy. <https://scholarshare.temple.edu/handle/20.500.12613/7934>
13. Silipour, M. (2019). A guide to the preparation and use of nutrient solutions for growing greenhouse vegetables in the hydroponic cultivation system. First edition, Soil and Water Research Institute, 75 pages. (Translated in Persian). <http://www.swri.ir>
14. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., & Lucht, C. (2003). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, 47(5-6), 731-744 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003140560500017X>
15. Spadaro, D., & Gullino, M. L. (2005). Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. *Crop protection*, 24(7), 601-613. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219404002820>
16. Akshay, K., Janga, K. K., Kumar, S., Choudhary, M., Bhatt, B. P., & Patra, S. S. (2021). Influence of planting density on growth, bulb yield, and quality of onion (*Allium cepa* L.). *Biological Forum*, 13(2): 329-335. <https://www.google.com>
17. Ahmad, S., Hussain, S., Akbar, F., Kousar, R., Hussain, Z., Ahmad, N., & Fahad, S. (2020). Onion (*Allium cepa* L.) germination, growth, and yield influenced by different plant spacing under arid climate. *Agronomy*, 10(9): 1297. <https://www.google.com>
18. Wassie, W. A., Assegahegn, G. F., Tsegaye, B. A., & Mekonnen, A. B. (2022). Evaluation of Intrarow Spacing on Growth and Yield Performance of Four Onion (*Allium cepa* L.) Varieties in Beyeda District, North Gondar, Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2022(1), 9408607. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2022/940860>
19. Lochab, S., & Yadav, C. N. (2022). LED lighting for urban agriculture: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(17): 24932-24951. <https://books.google.com>
20. Drew, M.C., Saker, L. R., & Ashley, T. W. (1973). Nutrient supply and the Growth of the seminal root system in barley. I. The effect of Nitrate concentration on the growth of axes and laterals. *Journal ExpBot* 24:1189–1202.
21. Kasim, R., & Kasim, M. U. (2014). Biochemical and colour changes of fresh-cut treated with UV-C. *Journal of the Science of Food and Technology* 34, 547–551.
22. Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. *California agricultural experiment station*, 347 (2nd edit) <https://sayurankita.com/wp-content/uploads/2016/04/the-water-culture-method-for-growing-plants-without-soil.pdf>
23. Arnon, A. N. (1967) . Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23: 112-121.
24. Bor, J. Y., Chen, H. Y., & Yen, G. C. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54 (5): 1680-1686. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0527448>
25. LL Ntsoane, M. E., Manhivi, V., Shoko, T., Seke, F. M., Maboko, M., & Sivakumar, D. (2023). The phytonutrient content and yield of Brassica microgreens grown in soilless media with different seed densities. *Horticulturae*, 9(11), 1218. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111218>

26. Antony Samy, E. R. (2023). Assessing the effect of planting density on romaine lettuce growth and quality in a controlled hydroponic environment. *A thesis submitted to McGill University in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science* 110 page. <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/vm40xz46k>
27. Badakhshan, F., Sedighi Dehkordi, M., & Seyyed Mohammad H. (2018). The effect of planting density and cultivar on morphological characteristics, yield and quality traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) in hydroponic cultivation. *Horticultural Sciences*, 32(2), 263-272. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i2.60911>
28. Jones, J. B. (2016). *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*. 2nd ed, 29–61. Boca Raton, FL, USA: *CRC Press*. <https://doi.org/10.1201/9780849331671>.
29. Brewster, J. (2008). Onions and Other Vegetable Alliums. *CABI*. 413. ISBN: 978-1-84593-399-9.
30. Resh, H. M. (2022). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. *CRC press*. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003133254/hydroponic-food-production-howard-resh>
31. Li YuXiang, L. Y., He ZhiZhou, H. Z., Ding YanFeng, D. Y., Wang ShaoHua, W. S., Liu ZhengHui, L. Z., Tang She, T. S., & Li GangHua, L. G. (2018). Effects of sowing densities on quality and yield formation of hydroponically grown long-mat rice seedlings under mechanical transplanting. *Chinese Journal of Rice Science* 32 (3): 247-256 ref 36.
32. Yan, Z., He, D., Niu, G., & Zhai, H. (2019). Evaluation of growth and quality of hydroponic lettuce at harvest as affected by the light intensity, photoperiod and light quality at seedling stage. *Scientia horticulturae*, 248, 138-144. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819300020>
33. Van Quy, N., Sinsiri, W., Chitchamnong, S., Boontiang, K., & Kaewduangta, W. (2016). Effect of plant densities and supporting materials of the vertical hydroponic system on the growth and yields of lettuce. *Khon Kaen Agr. Journal*, 44, 723-730. https://www.researchgate.net/profile/Wantana-Sinsiri/publication/339353456_Effect_of_plant_densities_and_supporting_materials_of_the_vertical_hydroponic_system_on_the_growth_and_yields_of_lettuce/links/5e4d0e58a6fdccd965b0d88a/Effect-of-plant-densities-and-supporting-materials-of-the-vertical-hydroponic-system-on-the-growth-and-yields-of-lettuce.pdf
34. Levine, L. H., & Paré, P. W. (2009). Antioxidant capacity reduced in scallions grown under elevated CO₂ independent of assayed light intensity. *Advances in space research*, 44(8): 887-894. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2009.06.017>
35. Drew, M.C., Saker, L. R., & Ashley, T. W. (1973). Nutrient supply and the Growth of the seminal root system in barley. I. The effect of Nitrate concentration on the growth of axes and laterals. *Journal ExpBot* 24:1189–1202.
36. Taiz, L., Zeiger, E., Möller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.
37. Brewster, J. (2008). Onions and Other Vegetable Alliums. *CABI*. 413. ISBN: 978-1-84593-399-9.
38. Van Quy, N., Sinsiri, W., Chitchamnong, S., Boontiang, K., & Kaewduangta, W. (2016). Effect of plant densities and supporting materials of the vertical hydroponic system on the growth and yields of lettuce. *Khon Kaen Agr. Journal*, 44, 723-730. https://www.researchgate.net/profile/Wantana-Sinsiri/publication/339353456_Effect_of_plant_densities_and_supporting_materials_of_the_vertical_hydroponic_system_on_the_growth_and_yields_of_lettuce/links/5e4d0e58a6fdccd965b0d88a/Effect-of-plant-densities-and-supporting-materials-of-the-vertical-hydroponic-system-on-the-growth-and-yields-of-lettuce.pdf
39. Badakhshan, F., Sedighi Dehkordi, M., & Seyyed Mohammad H. (2018). The effect of planting density and cultivar on morphological characteristics, yield and quality traits of basil

- (*Ocimum basilicum* L.) in hydroponic cultivation. *Horticultural Sciences*, 32(2), 263-272. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i2.60911>
40. Niu, F., Zhang, D., Li, Z., Van Iersel, M. W., & Alem, P. (2015). Morphological response of eucalypts seedlings to phosphorus supply through hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 194, 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.029>
 41. Yan, Z., He, D., Niu, G., & Zhai, H. (2019). Evaluation of growth and quality of hydroponic lettuce at harvest as affected by the light intensity, photoperiod and light quality at seedling stage. *Scientia horticulturae*, 248, 138-144. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819300020>
 42. Romano, D., Paratore, A., & Rosi, A. L. (2002). Plant density and container cell volume on solanaceous seedling growth. In *VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation* 614 (pp. 247-253). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.614.36>

The Effect of Planting Density and Genotype on Onion Seedling Production under Hydroponic Cultivation Conditions"

Abstract

Background and objectives: The production of onion seedlings in the hot climatic conditions of Ahvaz during late summer and early autumn has faced challenges. To achieve the above goals, a study was conducted to examine onion seedling production. In this experiment, two important factors were investigated: genotype and planting density. One alternative strategy for seedling production in controlled conditions is the use of LED lamps. The aim of this study is to determine the suitable genotype and density for producing marketable seedlings under artificial lighting to enhance community food security and ensure sustainable onion production.

Materials and methods: To investigate the effects of density and onion genotype on seedling production in hydroponic cultivation under LED light, an experiment was conducted in 2023 in the growth chamber of the Horticultural Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. The experiment was carried out in a factorial arrangement within a randomized complete block design with three replications. The first factor included an Iranian onion genotype (Ramhormozi) and imported cultivars (Primavera, and Enza) and the second factor consisted of four density levels (1, 2, 6, and 12 plants per cell in a cultivation tray). Immediately after seed germination, the 105-cell cultivation trays (with a total experimental area of 4 square meters) were transferred to the growth chamber under LED light (a combination of blue and red lamps in a 50:50 ratio) with a light intensity of 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. After 60 days, samples were taken from the seedlings, and traits such as shoot height, root length, leaf area, bulb diameter, fresh and dry weight of shoots and roots, chlorophyll a, b, and total chlorophyll, carotenoids, and vitamin C were calculated during the 2023 growing season at Shahid Chamran University of Ahvaz. The obtained results were analyzed using SPSS version 21 software and Duncan's multiple range test at a 5% probability level.

Results: The results indicated that the effects of genotype, planting density, and their interaction were significant for all examined traits. The highest seedling bulb diameter was observed at a density of 1 plant per cell, while the lowest was recorded at 12 plants per cell. The maximum shoot and root weights were found in the Enza Cultivar. The highest leaf area (16 cm^2) was observed in the Enza Cultivar at 1 plant per cell, and the lowest (6.3 cm^2) in the Ramhormozi genotype at 12 plants per cell. The Enza Cultivar at 2 plants per cell (2.1 mg/g) and the Primavera Cultivar at 2 plants per cell (0.22 mg/g) showed the highest and lowest chlorophyll a content, respectively. The highest ascorbic acid level was obtained from the Primavera Cultivar at 6 plants per cell (15.98 mg/g), and the lowest from the Enza Cultivar at 6 plants per cell (15.94 mg/g).

Conclusion: All germinated seeds across treatments remained healthy until the end of seedling growth and were capable of producing field-ready plants. The results demonstrate that onion seedling production using LED lamps is feasible, but the quality and quantity of seedlings are influenced by genotype and planting density.

Key words: Density, Quality, Carotenoid, LED light