



## اثر سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی در روش آبیاری قطره‌ای (نواری تیپ)

سیدحسین موسوی فضل<sup>۱\*</sup>، سید حمیدرضا ضیاء الحق<sup>۲</sup>، علیرضا محمدی<sup>۳</sup> و فرامرز فائزنی<sup>۴</sup>

- <sup>۱\*</sup> - نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران. Hmousavifazl@yahoo.com
- <sup>۲</sup> - استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.
- <sup>۳</sup> - عضو هیات علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.
- <sup>۴</sup> - محقق بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۴

بازنگری: ۱۳۹۶/۱۱/۱

دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۵

### چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی در آبیاری قطره‌ای، پژوهشی در اراضی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان سمنان (شاهرود) به مدت دو سال انجام شد. طرح به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و در چهار تکرار انجام شد. فاکتورها عبارت بودند از: ۱- آب آبیاری در چهار سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز) ۲- کود نیتروژن در سه سطح (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز). نیاز آبی گیاه با روش پنمن - مانیتیت محاسبه و با دور آبیاری سه روز به مزرعه داده شد. نتایج نشان داد، اثر جداگانه و اثر متقابل آب و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی میوه از جمله تجمع ازت، بریکس، pH و ویتامین C معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد (۸۹/۴ تن در هکتار) و کارایی مصرف آب (۱۵/۸ کیلوگرم برای هر مترمکعب در هکتار) از تیمار آبی ۸۰ و کودی ۶۰ درصد به دست آمد. متوسط حجم آب مصرفی در تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر ۳۰۰۰، ۴۵۰۰، ۵۵۰۰ و ۶۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود. مقدار کود نیتروژن مصرفی در سطوح کودی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار شد. تیمار آب ۸۰ و کودی ۶۰ درصد به عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

**کلید واژه‌ها:** آب آبیاری، کود نیتروژن، عملکرد، گوجه‌فرنگی، کیفیت گوجه‌فرنگی، نترات.

### مقدمه

نیتروژن مصرفی و تجمع نترات در آن‌ها وجود دارد، این موضوع سبب تهدید سلامت مصرف‌کننده می‌شود (Mousavi Fazl, 2005). آلودگی نترات در محصولات کشاورزی به دلیل استفاده بی‌رویه و غیر علمی کودهای نیتروژن به وجود می‌آید (Jolaini, 2012). در کشورهای پیشرفته جهان در ورودی میداین میوه و تره بار دستگاه‌های نترات‌سنج مستقر است تا از ورود میوه و سبزی‌هایی که نترات آنها بیش از حد مجاز باشد، جلوگیری شود (Mousavi Fazl, 2005).

Latif et al. (2005) در تحقیقی به بررسی آلودگی نترات و منشأیابی آن در آب‌های زیرزمینی دشت مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت نترات در آب‌های زیرزمینی برخی مناطق مورد مطالعه از حد استاندارد (۴۵ میلی‌گرم بر لیتر) بیشتر است. در آزمایش‌هایی که روی گوجه‌فرنگی انجام شد، مشخص شد که

گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های مهمی است که دارای ویتامین‌های A و C است و نقش زیادی در سلامت انسان دارد. این گیاه در ایران به علت تنوع آب و هوایی و سازگاری با شرایط آب و هوایی مختلف تقریباً در تمام فصول سال و در اکثر مناطق کشور تولید می‌شود (Khoorgh, 2000). گوجه‌فرنگی به کمبود مواد غذایی حساس است و از بین مواد مغذی، کود نیتروژن نقش مهم‌تری در رشد و نمو آن دارد و عملکرد محصول را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (Zomorrodi and Nourjo, 2006). آلودگی محصولات کشاورزی به نترات، سبب شده که مراکز علمی زیادی در سطح جهان توجه خود را به این موضوع متمرکز نمایند. در محصولاتی که غده، ساقه و برگ آن‌ها به‌صورت مستقیم مصرف می‌شود، رابطه نزدیکی بین مقدار کود

غلظت گلوکز، فروکتوز و محتوی ویتامین C و ترکیبات مؤثر افزایش یافت.

Sabri و Adem (2004) در تحقیقی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن را بر کمیت و کیفیت گوجه‌فرنگی با روش آبیاری قطره‌ای در ترکیه بررسی نمودند. سطوح کودی در این آزمایش شامل صفر، ۲۲، ۴۴، ۶۶ و ۸۸ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر بود. نتایج نشان داد عملکرد محصول از ۴۳ تا ۱۱۱ تن در هکتار متغیر بود. عملکرد تیمار کودی صفر با سایر تیمارها (در سطح یک درصد) معنی‌دار شد. تیمارهای کودی بر پارامترهای کیفی محصول مانند درصد ماده خشک، ویتامین C و کارایی مصرف آب مؤثر بود. درصد ماده خشک با افزایش میزان کود نیتروژن افزایش یافت. با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن، ویتامین C کاهش یافت. سطح بهینه برای کاربرد نیتروژن ۲۲ میلی‌گرم پیشنهاد شد. حداکثر مقدار مجاز غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر حسب وزن تر بیان شده است (Malakuti, et al., 2005) اگر وزن خشک میوه گوجه‌فرنگی را شش درصد در نظر بگیریم، حد مجاز غلظت نیترات در میوه گوجه‌فرنگی برابر با حدود ۶۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر حسب وزن خشک به‌دست می‌آید (Jolaini, 2012).

نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، نشان می‌دهد که ترکیب مناسبی از تیمارهای کود نیتروژن و رژیم آبیاری به‌گونه‌ای که گیاه در یک دوره خاص یا در تمام فصل رشد با سطح معینی از تنش آبی مواجه شود، ممکن است منجر به حصول حداکثر راندمان مصرف آب در گیاه گردد (Shahnazari, et al., 2016; Bagheri et al., 2016; Shock et al., 2013; al., 2007). Errebhi et al. (1998) معتقدند که مدیریت آب و نیتروژن از دو جهت دارای اهمیت زیادی است. یکی از نظر تولید و دیگری از نظر زیست‌محیطی. کاهش کاربرد نیتروژن اگرچه تولید را محدود می‌کند، اما مصرف بی‌رویه آن نیز سبب آلودگی زیست‌محیطی می‌گردد.

پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور، که در آن‌ها عامل آب و کود نیتروژن به‌صورت توأمان برای محصول گوجه‌فرنگی بررسی شده باشد، بسیار محدود است. بنابراین بررسی دو عامل آب و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر رشد، عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی خصوصاً گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی ضروری است. از طرف دیگر کمبود آب در استان سمنان یک تهدید جدی برای کشاورزی محسوب می‌گردد، هر نوع برنامه‌ریزی برای مصرف بهینه آب می‌تواند کمک زیادی به این بخش نماید. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که برخی فعالیت‌های بخش کشاورزی، به‌خصوص کاربرد بیش از حد کودها، از عوامل مهم آلودگی آب و خاک هستند. مصرف زیاد کود نیتروژن، می‌تواند سبب افزایش هزینه‌های تولید، افزایش بیماری‌های گیاهی و مهم‌تر از همه باعث تولید محصولی ناسالم گردد که نتیجه آن به خطر افتادن سلامت مصرف‌کننده است. این پژوهش به‌منظور تعیین سطح بهینه مصرف آب و کود نیتروژن با هدف تولید محصولی سالم و

بین مقدار نیترات در میوه گوجه‌فرنگی با میزان کودهای نیتروژنه مصرف‌شده رابطه مستقیم وجود دارد. تجمع نیترات در میوه‌ی گوجه‌فرنگی تأثیر بسیار منفی در کیفیت آن می‌گذارد و مقدار مواد سمی را در آن به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد (Malakuti, et al., 2005). Rezaian Bajgiran (2006) در تحقیقی به بررسی وضعیت تجمع نیترات در سبزی و صیفی شهرستان‌های مشهد، نیشابور و سبزوار پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت نیترات در نمونه‌های شهرستان‌های مورد نظر در میوه گوجه‌فرنگی، خیار، بادمجان، هندوانه، فلفل سبز و فلفل قرمز پایین‌تر از حد بحرانی بود. اکثر پژوهشگران معتقدند با مدیریت بهینه کود، میزان نیترات کاهش می‌یابد (Malakuti, at al., 2005).

Zomorrodi و Nourjo (2006) تأثیر کم‌آبیاری را بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی بررسی نمود. نتایج نشان داد اثر مقادیر آب آبیاری بر ویتامین C، اسیدپتیک و مواد جامد محلول معنی‌دار است. کم‌آبیاری موجب افزایش مواد جامد محلول، اسیدپتیک و ویتامین C می‌شود.

Sadr Ghaeini, et al. (2010) سه سیستم آبیاری میکرو (آبیاری قطره‌ای نواری تیپ زیر سطح خاک، آبیاری قطره‌ای نواری تیپ روی سطح خاک و آبیاری قطره‌ای با لوله‌های قطره‌چکان‌دار) را برای گوجه‌فرنگی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد، بیشترین عملکرد محصول مربوط به روش آبیاری تیپ در عمق خاک با سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه است. آب مصرفی در این تیمار ۳۹۲۰ مترمکعب آب در هکتار (با تولید ۴۹۰۳۷ کیلوگرم) گوجه‌فرنگی در هکتار بود. Jolaini (2012) در پژوهشی تأثیر خاکپوش پلاستیک و مقادیر آب بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و خصوصیات کیفی گوجه‌فرنگی را در روش آبیاری قطره‌ای بررسی نمود. نتایج نشان داد که اثر میزان آب آبیاری، روش آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب معنی‌دار است. در این پژوهش عملکرد گوجه‌فرنگی در سه سطح آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب ۳۱، ۵۵ و ۶۲ تن در هکتار به‌دست آمد. Khorramian (2015) سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ با تأمین ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری جویچه‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب در گوجه‌فرنگی را مطالعه کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که حداکثر عملکرد (۵۵ تن در هکتار) از تیمار آبیاری قطره‌ای با سطح آبی ۱۰۰ درصد حاصل شد. تیمار سطح آبی ۴۰ درصد دارای بیشترین کارایی مصرف آب بود (۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب). اثر سطوح آبیاری بر خصوصیات کیفی میوه شامل اسیدپتیک، اسید اسکوربیک و اسید سیتریک یکسان بود. کم‌آبیاری شدید (تیمار آبی ۴۰ درصد) مقدار بریکس میوه را افزایش داد.

Veit-Kohler et al (2001) گزارش کردند که کاهش میزان مصرف آب از ۷۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد میوه‌های گوجه‌فرنگی در هر بوته را کاهش داد. ضمن اینکه

کردن آن‌ها با عبور دادن از الک دو میلی‌متری، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری و وزن مخصوص ظاهری خاک با روش پارافین (نمونه‌های دست نخورده) و مقدار رطوبت در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با استفاده از صفحات فشاری (Pressure Plate) در مکش‌های ۰/۳ و ۱۵ بار تعیین شد. با استفاده از گل اشباع تهیه شده از نمونه خاک pH آن توسط دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی خاک به وسیله دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. فسفر خاک به روش اسپکتروفتومتر و نیتروژن کل خاک به روش کج‌لدال تعیین شد. جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه را نشان می‌دهد.

### کیفیت آب

آب آبیاری در این پژوهش از یک حلقه چاه عمیق تأمین می‌شد. چون کیفیت آب آن در طول سال تقریباً ثابت بود، برای تعیین کیفیت آب نمونه‌ای بر اساس شرایط استاندارد تهیه و آزمایش شد. نتایج کیفی آب آبیاری در جدول (۲) ارائه شده است.

صرفه‌جویی در مصرف آب، در شرایط آب و هوایی شاهرود بر روی گوجه‌فرنگی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پروژه در اراضی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) واقع در کیلومتر سه جاده‌ی شاهرود به آزاد شهر در مدت دو سال انجام شد. منطقه دارای متوسط بارندگی ۱۷۵ میلی‌متر در سال است. بر اساس آمار درجه حرارت و منحنی آمبروترمیک، دوره‌ی خشک از اواسط اردیبهشت ماه شروع و تا نیمه‌ی آبان ماه ادامه دارد و بقیه‌ی ماه‌های سال جزء دوره‌ی مرطوب منطقه محسوب می‌گردد. اقلیم منطقه مطابق طبقه‌بندی آمبروزه خشک و سرد است.

### خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌هایی تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از خشک کردن نمونه‌ها و خرد

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک مزرعه

Table 1 - Chemical and physical characteristics of Soil

parameters	Depth of soil (cm)	
	30-60	0-30
1. Soil texture	Loam	Loam
a. Sand	45	45
b. silt	34	32
c. clay	21	23
2. Specific gravity (gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	1.46
3. Weight moisture in field capacity (%)	19.7	20.7
4. moisture content at wilting point (%)	9	9.5
5. acidity (pH)	7.8	7.9
6. EC of saturated soil (dS/m)	1.3	1.4
7. Nutrients		
A. Absorbable Potassium (p.p.m)	360	150
b. Absorbable Phosphorus (p.p.m)	12	16
Phosphorus		
c. Total Nitrogen (%)	0.05	0.05

جدول ۲ - خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Chemical characteristics of irrigation water

Ec (ds/m)	pH	SAR	(meq/lit)					
			Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup> +Co <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
1.151	8.1	2.1	5.6	3.5	-	5.2	0.92	2.98

### روش پژوهش

طرح به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و در چهار تکرار انجام شد. فاکتورها شامل: الف- مقادیر مختلف آب آبیاری در چهار سطح ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه ب- مقادیر مختلف کود نیتروژن در سه سطح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز براساس آزمون خاک. در این مقاله فاکتور آب با نماد W و اندیس آن بیانگر سطح آن فاکتور است. کود نیتروژن با نماد N و سطح آن به صورت اندیس آن نشان داده شده است. به عنوان مثال تیمار سطح آب آبیاری ۱۰۰ درصد و کود نیتروژن ۱۰۰ درصد با علامت  $W_{100}N_{100}$  نشان داده شده است. در این پژوهش روش آبیاری، روش قطره‌ای نواری تیپ با فواصل خروجی ۳۰ سانتی‌متر انتخاب شد. مقدار آب آبیاری با روش پنمن-مانتیت محاسبه و براساس سطوح آبی ذکر شده با دور آبیاری سه روز در اختیار گیاه قرار می‌گرفت. فاصله‌ی ردیف‌ها و فاصله‌ی بوته‌ها روی ردیف‌ها به ترتیب ۱۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر (عرف محل) و طول هر خط ۱۰ متر انتخاب شد. در هر کرت آزمایشی سه خط کاشت در نظر گرفته شد.

نیاز آبی گیاه از روش پنمن-مانتیت براساس آمار روزانه هواشناسی (ایستگاه هواشناسی مستقر در اراضی مرکز)، و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Alizadeh, 2006).

$$U_d = ET_o \cdot K_c \quad (1)$$

در این رابطه:

$$U_d = \text{آب مصرفی روزانه گیاه (میلی‌متر)}$$

$$ET_o = \text{میزان تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه}$$

$$K_c = \text{ضریب گیاهی}$$

میزان متوسط تعرق روزانه گیاه در روش آبیاری قطره‌ای از رابطه ۲ محاسبه شد (Alizadeh, 2006).

$$T_d = U_d \cdot \left[ \frac{P_s}{100} + 0.15 \left( 1 - \frac{P_s}{100} \right) \right] \quad (2)$$

در این رابطه:

$$T_d = \text{متوسط تعرق روزانه گیاه}$$

$$U_d = \text{متوسط آب مصرفی روزانه گیاه}$$

$$P_s = \text{سطح سایه‌انداز گیاه یا پوشش هر بوته}$$

سطح سایه‌انداز گیاه (یا پوشش گیاه) در زمان‌های مختلف در طول فصل زراعی اندازه‌گیری می‌شود. به عبارت دیگر سطح سایه‌انداز گیاه براساس سطح پوشش گیاه از فضای خالی مربوط به هر بوته برآورد می‌شود. برای تعیین درصد پوشش یا سطح

سایه‌انداز کوادراتی (قالب مستطیلی به ابعاد  $120 \times 50$  سانتی‌متر) تهیه شد. برای این کار بعد از محکم کردن پایه‌های کوادرات، قسمت پایه کوادرات با تکه چوبی اندازه‌گیری و قسمت‌هایی که به وسیله کانوپی گیاه پوشش داده شده بودند، شمارش و به عنوان درصد پوشش (سطح سایه‌انداز) منظور می‌شد. این کار در تمام کرت‌ها انجام می‌شد (Alimohammadi, et al., 2003). با توجه به فواصل بوته‌ها روی ردیف، فاصله ردیف‌ها و راندمان آبیاری (راندمان آبیاری ۹۰ درصد، پنج درصد تلفات تبخیر سطحی و ۵ درصد تلفات نفوذ عمقی احتمالی)، عمق ناخالص آبیاری از رابطه (۳) به دست آمد.

$$I_g = \frac{T_d}{E} = \frac{T_d}{0.90} \quad (3)$$

مقدار آب مورد نیاز هر بوته گوجه‌فرنگی از رابطه‌ی (۴) محاسبه شد:

$$G = I_g \times S_p \times S_r \quad (4)$$

در این رابطه:

$S_r$  و  $S_p$  به ترتیب فاصله بوته‌ها روی ردیف و فاصله ردیف‌ها (متر) و  $G$  حجم آب (لیتر) و عمق ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر) می‌باشد.

اولین آبیاری همراه با نشاء (۱۸ اردیبهشت ماه) در تمام تیمارها به طور یکسان و پس از آن آبیاری مطابق تیمارها، انجام شد. برداشت محصول (در هفت نوبت) از اواسط تیر ماه شروع و تا آخر شهریور ادامه داشت. برداشت‌ها به صورت دستی انجام شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، از دو خط وسط ردیف‌های هر کرت یک متر از ابتدا و انتهای آن حذف و برداشت از قسمت وسط کرت‌ها انجام شد. برای بررسی اثر تیمارها بر ویژگی‌های کیفی، مقدار pH، بریکس، نسبت آب به گوشت، وزن میوه، مقدار تجمع نیترات و ویتامین C نمونه‌هایی تهیه شد. برای اندازه‌گیری pH از یک دستگاه pH متر (مدل مترهم) و برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول یا بریکس نمونه‌ها از یک دستگاه رفاکتومتر دستی استفاده شد. مقدار نیترات با استفاده از روش کج‌جدال جهت اندازه‌گیری نیتروژن کل Parvaneh (2013) و مقدار ویتامین C با استفاده از روش تیتراسیون با دی‌کلروایندوفنل به دست آمد (Shakouri, et al., 2015).

### بهره‌وری مصرف آب (Water Productivity)

بهره‌وری مصرف آب، مقدار تولید محصول به ازای هر مترمکعب آب مصرفی در یک هکتار است و بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار بیان می‌گردد. بهره‌وری مصرف آب از تقسیم

نسبت به کود نیتروژن دارد. از طرف دیگر عدم وجود اختلاف معنی دار در تیمارهای کودی حکایت از آن دارد که مصرف بیشتر کود نیتروژن تاثیری در افزایش عملکرد ندارد، بنابراین چنانچه کود نیتروژن اضافی به گیاه داده شود، با آب آبیاری شسته می شود و از منطقه ریشه گیاه خارج می گردد. ضمن آنکه مصرف زیاد کودها سبب آلودگی آب های زیرزمینی و افزایش هزینه های تولید نیز می شود. در این پژوهش سطح کودی ۶۰ درصد به عنوان سطح بهینه برای کود نیتروژن جدول (۵) در روش آبیاری قطره ای توصیه شد و تیمار W80N60 به عنوان تیمار برتر معرفی شد. نتایج پژوهش های Sabri و Adem (2004) نیز نشان داد که مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن در روش آبیاری قطره ای برای گوجه فرنگی، اختلاف معنی داری بر عملکرد محصول نداشت. آن ها سطح کودی ۲۲ میلی گرم برای هر بوته (پایین ترین سطح مصرف نیتروژن) را سطح بهینه پیشنهاد کردند.

### بهره وری مصرف آب

با توجه به عملکرد و آب مصرفی هر تیمار (جدول ۶) در طول فصل زراعی (با لحاظ نمودن بارندگی های موثر و آب مصرفی برای تولید نشا)، بهره وری مصرف آب محاسبه و در جدول (۷) ارائه شده است. بیشترین بهره وری مصرف آب از تیمار W80N60 و کمترین مقدار آن از تیمار W60N80 به ترتیب برابر ۱۵/۸ و ۹/۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب در هکتار به دست آمد.

عملکرد محصول بر مقدار آب مصرفی در یک هکتار به دست آمد (رابطه ۵).

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (5)$$

در این رابطه WUE بهره وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y، عملکرد (کیلوگرم) و W حجم آب مصرفی (مترمکعب) می باشد.

### نتایج و بحث

پس از اتمام آزمایش و جمع آوری داده ها و انجام آزمایش های کیفی محصول، داده های برداشت شده با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C تجزیه و تحلیل آماری شد. نتایج به شرح زیر است.

### عملکرد

تجزیه مرکب داده های دو سال نشان داد که اثر جداگانه آب و اثر متقابل آب و کود نیتروژن بر عملکرد محصول معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد از سطح آبی ۱۰۰ درصد (۸۳/۶ تن در هکتار) و کمترین عملکرد از تیمار آبی ۴۰ درصد (۳۳/۸ تن در هکتار) حاصل شد (جدول ۴). بیشترین عملکرد در تاثیر متقابل فاکتورها از تیمار W80N60 (۸۹/۴ تن در هکتار) به دست آمد. معنی دار شدن تیمارهای آبی نشان می دهد که آب نقش مهم تری

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (نتایج دو سال)  
Table 3- Variance analysis (two year results)

parameters	Degree of freedom	average of squares							
		yield	pH	BRX	Water ratio	Vitamin C	Fruit nitrate	Number of fruits	Fruit Weight
year (y)	1	42.29**	222.2**	2.22	46.4**	1.93*	2.8	180**	11.1**
Error	6	2.91	1.59	2.46	3.27**	5.23	10.8	4.6**	2.1
water	3	113.4**	0.84	18**	7.1**	0.93*	4.8**	24.6**	12.23**
treatment (A)									
year * water (A*y)	3	16.40**	2.1	1.1	4.60**	23.3	1.4*	3.1	1.22
nitrogen									
treatment (B)									
year * nitrogen (A*y)	2	7.51	1.52	0.28	0.33	1.9*	8.5**	2.83	0.27
(A*B)									
year * nitrogen (A*y)	2	0.98	0.60	2.09	0.24	21.3	42.8	0.11	0.28
(A*B)									
(A*B)*y	6	4.28**	1.01	1.81	1.95	2.83*	8.2*	2.56	1.01
Error	66	2.62*	0.47	1.21	1.35	6.33	1.8	0.72	0.26
Coefficient of variation (CV)		16.57	3.83	12.43		27.5	29	23.8	25.5

\*\* : Significant difference at 1%

\* : Significant difference at 5%

جدول ۴ - اثر آب آبیاری بر عملکرد محصول

Table 5 - Effect of irrigation water on the yield

rank	irrigation water	yield(ton/ha)
1	W <sub>100</sub>	83.6 a
2	W <sub>80</sub>	74.1 b
3	W <sub>60</sub>	54.1 c
4	W <sub>40</sub>	33.8 d

جدول ۵ - اثر متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد محصول

Table 6 - Interaction of irrigation water and nitrogen fertilizer on the yield

rank	Treatment	yield(ton/ha)
1	W <sub>80</sub> N <sub>60</sub>	89.4 a
2	W <sub>100</sub> N <sub>80</sub>	84 ab
3	W <sub>100</sub> N <sub>100</sub>	83.6 ab
4	W <sub>100</sub> N <sub>60</sub>	83.3 ab
5	W <sub>80</sub> N <sub>100</sub>	70.7 bc
6	W <sub>80</sub> N <sub>80</sub>	62.4 cd
7	W <sub>60</sub> N <sub>100</sub>	62 cd
8	W <sub>60</sub> N <sub>60</sub>	54.7 de
9	W <sub>60</sub> N <sub>80</sub>	45.7 ef
10	W <sub>40</sub> N <sub>100</sub>	36.1 f
11	W <sub>40</sub> N <sub>60</sub>	33.9 f
12	W <sub>40</sub> N <sub>80</sub>	31.5 f

#### تعداد میوه در بوته

میزان آب مصرفی تعداد میوه‌های هر بوته افزایش یافت (جدول ۸). نتایج مطالعه‌های Veit-Kohler, et al. (2001) نیز نشان داد که کاهش میزان آب مصرفی گوجه فرنگی، تعداد میوه در هر بوته را کاهش می‌دهد.

در برداشت‌های مختلف در هر فصل زراعی، تعدادی از بوته‌های هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد میوه‌های هر بوته شمارش شد. نتایج نشان داد فقط اثر فاکتور آب بر تعداد میوه‌های هر بوته (سطح یک درصد) معنی‌دار است. با افزایش میزان آب مصرفی تعداد میوه‌های هر بوته افزایش یافت (جدول ۸). نتایج مطالعه‌های Veit-Kohler, et al. (2001) نیز نشان داد که کاهش میزان آب مصرفی گوجه فرنگی، تعداد میوه در هر بوته را کاهش می‌دهد.

#### بهره‌وری مصرف آب

با توجه به عملکرد و آب مصرفی هر تیمار (جدول ۶) در طول فصل زراعی (با لحاظ نمودن بارندگی‌های موثر و آب مصرفی برای تولید نشا)، بهره‌وری مصرف آب محاسبه و در جدول (۷) ارائه شده است. بیشترین بهره‌وری مصرف آب از تیمار W80N60 و کمترین مقدار آن از تیمار W60N80 به ترتیب برابر ۱۵/۸ و ۹/۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب در هکتار به‌دست آمد.

#### بهره‌وری مصرف آب

با توجه به عملکرد و آب مصرفی هر تیمار (جدول ۶) در طول فصل زراعی (با لحاظ نمودن بارندگی‌های موثر و آب مصرفی برای تولید نشا)، بهره‌وری مصرف آب محاسبه و در جدول (۷) ارائه شده است. بیشترین بهره‌وری مصرف آب از تیمار W80N60 و کمترین مقدار آن از تیمار W60N80 به ترتیب برابر ۱۵/۸ و ۹/۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب در هکتار به‌دست آمد.

#### تعداد میوه در بوته

در برداشت‌های مختلف در هر فصل زراعی، تعدادی از بوته‌های هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد میوه‌های هر بوته شمارش شد. نتایج نشان داد فقط اثر فاکتور آب بر تعداد میوه‌های هر بوته (سطح یک درصد) معنی‌دار است. با افزایش میزان آب مصرفی تعداد میوه‌های هر بوته افزایش یافت (جدول ۸). نتایج مطالعه‌های Veit-Kohler, et al. (2001) نیز نشان داد که کاهش میزان آب مصرفی گوجه فرنگی، تعداد میوه در هر بوته را کاهش می‌دهد.

#### تعداد میوه در بوته

در برداشت‌های مختلف در هر فصل زراعی، تعدادی از بوته‌های هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد میوه‌های هر بوته شمارش شد. نتایج نشان داد فقط اثر فاکتور آب بر تعداد میوه‌های هر بوته (سطح یک درصد) معنی‌دار است. با افزایش

جدول ۶- مقادیر آب و کود نیتروژن مصرفی

Table 4- Amounts of water and nitrogen fertilizer consumed

Rank	Treatment	Average water consumption (m <sup>3</sup> /ha)	Nitrogen fertilizer (kg/ha)
1	W <sub>40</sub> N <sub>60</sub>	3000	150
2	W <sub>40</sub> N <sub>80</sub>	3000	200
3	W <sub>40</sub> N <sub>100</sub>	3000	250
4	W <sub>60</sub> N <sub>60</sub>	4500	150
5	W <sub>60</sub> N <sub>80</sub>	4500	200
6	W <sub>60</sub> N <sub>100</sub>	4500	250
7	W <sub>80</sub> N <sub>60</sub>	5500	150
8	W <sub>80</sub> N <sub>80</sub>	5500	200
9	W <sub>80</sub> N <sub>100</sub>	5500	250
10	W <sub>100</sub> N <sub>60</sub>	6500	150
11	W <sub>100</sub> N <sub>80</sub>	6500	200
12	W <sub>100</sub> N <sub>100</sub>	6500	250

number of irrigations (35 times) and length of the growing season (130 days) were the same for all treatments.

جدول ۷- اثر تیمارهای آب آبیاری و کود نیتروژن بر بهره‌وری مصرف آب

Table 7- Effect of irrigation water and nitrogen fertilizer on the water use efficiency

Rank	Treatment	Average water consumption (m <sup>3</sup> /ha)	Yield (ton/ha)	water use efficiency (kg/m <sup>3</sup> )
1	W <sub>40</sub> N <sub>60</sub>	3000	33.9	11.5
2	W <sub>40</sub> N <sub>80</sub>	3000	31.5	10.7
3	W <sub>40</sub> N <sub>100</sub>	3000	36.1	12.2
4	W <sub>60</sub> N <sub>60</sub>	4500	54.7	11.9
5	W <sub>60</sub> N <sub>80</sub>	4500	45.7	9.8
6	W <sub>60</sub> N <sub>100</sub>	4500	62	13.6
7	W <sub>80</sub> N <sub>60</sub>	5500	89.4	15.8
8	W <sub>80</sub> N <sub>80</sub>	5500	62.4	11
9	W <sub>80</sub> N <sub>100</sub>	5500	70.7	12.5
10	W <sub>100</sub> N <sub>60</sub>	6500	83.3	12.1
11	W <sub>100</sub> N <sub>80</sub>	6500	84	12.2
12	W <sub>100</sub> N <sub>100</sub>	6500	83.6	12.1

جدول ۸- اثر آب آبیاری بر برخی پارامترهای میوه

Table 8- Effect of irrigation water on the some of fruit parameters

rank	Treatment	BRX (%)	Water to flesh ratio	Number of fruits	Fruit Weight (gr)
1	W <sub>100</sub>	5.4 c	5.8 a	15 a	96 a
2	W <sub>80</sub>	6 b	4.8 ab	14 a	82.3 ab
3	W <sub>60</sub>	6.6 ab	4.2 b	12 b	70.4 bc
4	W <sub>40</sub>	6.88 a	3.4 b	8 c	63.8 c

(2004) در ترکیه نشان داد که اثر مقادیر مصرف کود نیتروژن بر pH میوه گوجه‌فرنگی معنی‌دار نیست. اختلاف در نتایج مطالعات محققین، احتمالاً به دلیل عکس‌العمل‌های متفاوت ارقام مختلف و تفاوت در شرایط آب و هوایی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش است.

#### خصوصیات کیفی محصول pH

اسیدیته یکی از پارامترهای مهم کیفی گوجه‌فرنگی است. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، این پارامتر تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش قرار نگرفت. به عبارت دیگر عوامل آب و کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر اسیدیته موثر نبودند. مطالعات Baghani (2000)، نشان داد، که اثر تنش‌های آبی بر pH میوه گوجه‌فرنگی معنی‌دار نشده است. مطالعه‌ی Sabri و Adem



### بریکس (BRX)

بریکس درصد مواد جامد محلول در میوه است. بریکس شاخصی از مقدار قند موجود در میوه است و یکی از پارامترهای کیفی است. نتایج نشان داد که بریکس در هر دو سال آزمایش تحت تاثیر تیمارهای آب آبیاری قرار گرفت. در تجزیه‌ی مرکب داده‌ها نیز این پارامتر در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش میزان آب مصرفی در تیمارها، بریکس میوه کاهش یافت (جدول ۸). افزایش جذب آب در گیاه باعث کاهش مواد جامد میوه شد.

### نسبت آب به گوشت میوه

یکی دیگر از پارامترهای کیفی میوه، نسبت آب به گوشت است. این پارامتر در هر دو سال آزمایش فقط تحت تاثیر تیمارهای آب قرار گرفت. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای آب آبیاری بر نسبت آب به گوشت میوه در سطح یک درصد معنی‌دار است. با کاهش آب مصرفی، این نسبت کاهش یافت. نتایج مطالعات Zomorodi و Nourjo (2006) نشان داد که ماده خشک میوه با افزایش میزان آب آبیاری کاهش یافت.

### متوسط وزن میوه

نتایج آزمایش نشان داد، که تیمارهای آب آبیاری در سطح یک درصد بر متوسط وزن میوه‌ها معنی‌دار شد. سطوح آبی ۱۰۰ و ۸۰ درصد، میوه‌های درشت‌تری نسبت به سایر تیمارهای آبیاری داشتند. با کاهش آب مصرفی متوسط وزن میوه کاهش یافت. جدول (۸) ارتباط آب مصرفی و متوسط وزن میوه را نشان می‌دهد.

### تجمع نیترات در میوه

نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌ها در تیمارهای مختلف و بررسی‌های آماری نشان داد که اثر هر دو عامل، مقادیر آب

آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر میزان تجمع نیتروژن میوه‌ها معنی‌دار است. تاثیر تیمارهای آبی نشان داد که با افزایش آب مصرفی تجمع ازت نیتراته در میوه کاهش یافت (جدول ۹). اما در خصوص مصرف کود نیتروژن، وضعیت برعکس شده یعنی با افزایش کود نیتروژن میزان تجمع ازت میوه افزایش یافت (جدول ۱۰). Doosti و Jolaini (2012) هم در پژوهشی در خراسان نتیجه گرفتند که مصرف آب بیشتر در محصول گوجه‌فرنگی، تجمع ازت نیتراته در میوه را کاهش می‌دهد و مصرف زیادتر کود نیتروژن، مقدار ازت نیتراته میوه را افزایش می‌دهد.

حداقل مقدار ازت نیتراته میوه در این تحقیق ۱۰۵/۳ تا ۱۳۸/۸ پی پی ام به‌دست آمد (جدول ۱۱). در کشورهای پیشرفته حد مجاز نیترات برای گوجه‌فرنگی، ۱۲۰-۱۰ پی پی ام تعیین شده است (Koorgh, 2000). بنابراین با توجه به عملکرد محصول، صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش هزینه‌های تولید و حد مجاز نیترات تیمار W80N60 به عنوان تیمار برتر پیشنهاد شد.

نتایج مطالعه‌های Zomorodi و Nourjo (2006) و Malakuti et al. (2005) نشان داد که میزان نیتروژن مصرفی بر تجمع نیتروژن در میوه‌ی گوجه‌فرنگی موثر است. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های دیگران همخوانی داشت.

### ویتامین C

یکی از پارامترهای کیفی گوجه‌فرنگی که نقش مهمی در سلامتی انسان دارد، ویتامین C است. نتایج نشان داد عامل‌های آب و کود نیتروژن به‌طور جداگانه تاثیری بر ویتامین C نداشتند. اما اثر متقابل آن‌ها بر ویتامین C در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. جدول (۱۱) نشان می‌دهد با افزایش مصرف کود نیتروژن در تقابل با آب، مقدار ویتامین C کاهش یافت. این نتیجه با نتایج Sabri و Adem (2004) در ترکیه همخوانی داشت.

جدول ۹- اثر آب آبیاری بر تجمع ازت در میوه

Table 9- Effect of irrigation water on the nitrogen accumulation in fruit

rank	irrigation water	Nitrogen concentration of fruit (ppm)
1	W <sub>40</sub>	207.9 a
2	W <sub>60</sub>	195.1 ab
3	W <sub>80</sub>	148.8 ab
4	W <sub>100</sub>	144.3 b

جدول ۱۰- اثر کود نیتروژن بر تجمع ازت میوه

Table 10 - Effect of nitrogen fertilizer on the nitrogen accumulation in fruit

rank	nitrogen fertilizer	Nitrogen concentration of fruit (ppm)
1	N <sub>100</sub>	216.9 a
2	N <sub>60</sub>	155.8 b
3	N <sub>80</sub>	149.4 b



جدول ۱۱ - اثر متقابل آب و کود نیتروژن بر تجمع ازت و ویتامین C میوه

Table 11 - Interaction of irrigation water and nitrogen fertilizer on the nitrogen and vitamin C content of fruit

rank	Treatment	Nitrogen concentration of fruit (ppm)	vitamin C *
1	W <sub>40</sub> N <sub>100</sub>	332.5 a	25.4 abc
2	W <sub>60</sub> N <sub>60</sub>	238.1 ab	32.6 a
3	W <sub>100</sub> N <sub>100</sub>	231.1 bc	20 c
4	W <sub>60</sub> N <sub>80</sub>	196.6 bc	26.2 abc
5	W <sub>80</sub> N <sub>100</sub>	181.3 bc	30.9 a
6	W <sub>60</sub> N <sub>100</sub>	150.6 bc	22.1 bc
7	W <sub>40</sub> N <sub>80</sub>	150.3 bc	25 abc
8	W <sub>40</sub> N <sub>60</sub>	140.9 bc	28.9 ab
9	W <sub>80</sub> N <sub>60</sub>	138.8 bc	21.9 bc
10	W <sub>80</sub> N <sub>80</sub>	126.6 bc	21.8 bc
11	W <sub>100</sub> N <sub>80</sub>	124.4 c	24.2 abc
12	W <sub>100</sub> N <sub>60</sub>	105.3 c	27 abc

\* Vitamin C in 100 ml of fruit water (mgr)

نیتروژن کودهای دیگری مانند پتاسیم، کلسیم و ریزمغذی‌ها بر عملکرد محصول، کیفیت و بهره‌وری مصرف آب محصول گوجه‌فرنگی تأثیر چشمگیری دارند، پیشنهاد می‌گردد برای اطلاع از حدود بهینه مصرف این کودها، نحوه اختلاط و کارایی مصرف آن‌ها از طریق سیستم‌های آبیاری تحت فشار، پژوهش‌های لازم انجام گردد.

### تشکر و قدردانی

از همکاران مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به خاطر همکاری و تأمین هزینه‌های انجام این پژوهش سپاسگزاریم.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، اثر آب و کود نیتروژن بر عملکرد محصول، بهره‌وری مصرف آب و برخی خصوصیات کیفی میوه از جمله تجمع ازت، بریکس، pH و ویتامین C معنی‌دار شد. با توجه به کمبود آب و ارزش آن، سطح آب ۸۰ درصد و کود نیتروژن ۶۰ درصد به‌عنوان تیمار برتر برای تولید پایدار و محصولی سالم پیشنهاد می‌گردد. همچنین در این پژوهش تنش‌های آبی در تیمارها (سطوح آبی ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) به‌طور پیوسته در طول فصل رشد اعمال شد. اعمال تنش‌های آبی در مراحل مختلف رشد گیاه ممکن است، نتایج متفاوتی داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در پژوهش‌های دیگری به اعمال تنش‌های آبی در مراحل مختلف رشد گیاه پرداخته شود. از طرف دیگر با توجه به این‌که علاوه بر کود

### References

- 1- Alimohammadi, R., Imani, A. and Rezaee, A., 2003. Effect of plant density and Cultivation Depth On Growth And Yield Of Potato In Mianeh Region. *Seed and Plant Improvement Journal*, 19(1), pp.58-75. (In Persian).
- 2- Alizadeh, A., 2006. *Irrigation system design. Volume 2*. Imam Reza University Press. p.368. (In Persian).
- 3- Baghani, J. and Alizadeh, A., 2000. Yield and water use efficiency in trickle and forrow irrigation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5(18), pp.1-10. (In Persian).
- 4- Bagheri, h., Gharineh, M., Gracious, a. Taei, J., Mehnatkesh, A. and Andarsian, B., 2016. Effect of low water stress and different levels of nitrogen fertilizer on yield and potato water use efficiency, *Journal of Environmental Tensions in Crop Science*, 9(1), pp.1-14. (In Persian)
- 5- Errebhi, M., C.J. Rosen, S.C. Gupta, and D.E. Birong, 1998. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy. Journal*, 90, pp.10-15.

- 6- Jolaini, M., 2012. Investigation the effect of different water and plastic mulch levels on yield and water use efficiency of tomato in surface and subsurface drip irrigation method. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(5), pp.1025-1032. (In Persian).
- 7- Jolaini, M. and Doosti, F., 2012. Study of nitrate accumulation in potato and tomato products. *Environment Science and Engineering Journal*, 00(50), pp.62-71.(In Persain).
- 8- Khoorgh, Z., 2000. Effects of optimum use of fertilizer on increasing tomato yield. *Agricultural Extension Booklet*, Number 65. (In Persian)
- 9- Khorramian, M., 2015. Effect of tape irrigation levels on yield and quality of tomato in north of khouzesan province. *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 38(2), pp.161-170. (In Persian)
- 10- Latif, M., Mousavi S.F., Afyuni M. and Velayati S.A., 2005. Investigation of nitrate pollution and sources in groundwater in mashhad plain. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12(2), pp.21-32. (In Persian).
- 11- Malakuti, M. Baybordi, M. and Tabatabaei, S.J., 2005. *Optimum use of fertilizer: An effective step in increasing yield, improving quality and reducing pollutants in vegetable and fruit products and promoting community health*. Agricultural Science Publishing, First Edition, p.338. (In Persian)
- 12- Mousavi Fazl, S. H., 2005. Effects of deficit irrigation (water stress) in different stages of growth on yield and quality of two tomato cultivars. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6(22), pp.27-40. (In Persian)
- 13- Parvaneh, V., 2013. *Quality control and chemical tests of food*. Tehran University Press. (In Persian)
- 14- Rezaian Bajgiran, S., 2006. Study of nitrate accumulation in vegetable products of Mashhad, Neyshabur and Sabzevar. Agricultural and Natural Resources Research center of Khorasan Razavi Province. *Technical Rep.* 85/213.
- 15- Sabri, O and I. Adem., 2004. Nitrogen-Water relation of tomato by drip fertigation. In *International soil Congress, June 7-10, 2004, Turkey*.
- 16- Sadr Ghaeini, S.H., Akbari, M., Afshar, H., Nakhjavani, M.M., 2010. Effect of three methods of micro - irrigation and irrigation levels on yield of tomato. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 24(3), pp.574-582.
- 17- Shakouri, S., Ziaolhagh, H., Sharifi-Rad, J., Heydari-Majd, M., Tajali, R., Nezarat, S, and Jaime A. Teixeira da Silva., 2015. The effect of packaging material and storage period on microwave-dried potato (*Solanum tuberosum* L.) cubes. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (6), pp.3899-3910.
- 18- Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E. and Jensen. C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crop Research*, 100, pp.117- 124.
- 19- Shock, C.C., Shock, B.M. and Welch, T., 2013. *Strategies for Efficient Irrigation Water Use*. Oregon State University. Sustainable Agriculture Techniques, pp.1-7.
- 20- Veit-Kohler, U., A. Krumbein and H. Kosegarten., 2001. Different water supply influences growth and fruit quality in tomato, In *plant nutrition-food security and sustainability of agro-ecosystems*. kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, pp.308-309.
- 21- Zomorrodi, S. and Nourjo, A., 2006. Effect of deficit irrigation on quantity, quality and storability of tomato. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 27, pp.19-31. (In Persian).