

## ارزیابی آلودگی نیتراتی خاک بر اثر میزان آب آبیاری و کود نیتروژن

عبدالمجید لیاقت<sup>۱</sup>، علیرضا فرهمند<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/ / تاریخ پذیرش: ۹۰/ /

### چکیده

آب و نیتروژن دو عامل مهم محدود کننده‌ی رشد و عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشند. گرچه نیتروژن از عناصر غذایی ضروری گیاهان به شمار می‌رود، ولی پیامد استفاده‌ی بی‌رویه از کودهای دارای ترکیبات نیتروژنی، به‌منظور تولید بیشتر فراورده‌های کشاورزی، در دهه‌های اخیر، باعث آلودگی محیط زیست شده است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی) و مقادیر مختلف نیتروژن (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و بر همکنش آنها بر تجمع نیترات در خاک ناحیه ریشه‌گاه در کشت گوجه‌فرنگی، صورت گرفت. پژوهش در مزرعه‌ی تحقیقاتی گروه آبیاری و آبادانی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران (منطقه‌ی نیمه خشک واقع در کرج) در یک خاک دارای بافت متوسط رسی و در قالب طرح کرت‌های خردشده با سه تکرار (تیمارهای آبیاری به عنوان کرت‌های اصلی و مقادیر کود نیتروژن به‌عنوان کرت‌های فرعی) انجام شد. نتایج تجزیه‌ی آماری نشان داد که اندازه‌ی آب آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن و همچنین اثر متقابل آنها بر تجمع نیترات در خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. بیشترین تجمع نیترات در خاک در تیمار ۴۰٪ نیاز آبی با ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن در تیمار ۱۲۰٪ نیاز آبی (آبیاری کامل) با ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در شرایط آب و هوایی محل آزمایش و رقم گوجه‌فرنگی مورد بررسی (ارلی اوربانا)، می‌توان کاربرد ۱۰۰٪ نیاز آبی با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را جهت تولید حداکثر عملکرد و بهینه‌ساختن تجمع نیترات در خاک توصیه کرد. دیگر آن که، در صورت نیاز به اعمال کم آبیاری، بایستی کود نیتروژنه‌ی کمتری را به کار برد.

**واژه‌های کلیدی:** آب آبیاری، آلودگی خاک، نیتروژن، گوجه فرنگی، نیترات.

۱- استاد گروه مهندسی آب دانشگاه تهران.

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه سازه های آبی، فارس، ایران.

## مقدمه

بیشترین غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی به وسیله سازمان محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA, ۱۹۹۶) ۴۵ میلی گرم در لیتر تعیین شده است. ورود نیترات از طریق آب آشامیدنی و غذا و غلظت بالاتر از حد مجاز مزبور به بدن انسان و دام موجب اختلالاتی در آنها می شود. مهم ترین بیماری که در انسان و دام به وجود می آید، متهموگلوبینمیما است. در این بیماری، نیترات در معده نوزادان کمتر از ۶ ماهه احیا و به نیتريت تبدیل می شود. حلالیت نیتريت مانند نیترات در آب بسیار بالا بوده، به سهولت از دیواره های دستگاه گوارش گذشته و با ورود به خون، آهن موجود در هموگلوبین را اکسید و به آهن سه ظرفیتی تبدیل کرده و باعث ایجاد رنگدانه های قهوه ای مت هموگلوبین می گردد. این ترکیب قادر به انتقال اکسیژن در خون نبوده، باعث اختلال در رسیدن اکسیژن به بدن شده و در صورت تداوم، خفگی و مرگ را در پی دارد. نیترات موجود در آب آشامیدنی یا مواد غذایی باعث ایجاد اختلالات تنفسی و خونی در نوزادان می گردد و نوعی بیماری را به نام سندرم بچه ای آبی که در نهایت به مرگ آنها منجر می شود، سبب می شود. در بزرگسالان نیز نیترات در بدن تبدیل به نیتريت شده و با ترکیب با آمینها، ترکیب نایروز آمین را به وجود می آورد که از عوامل مهم ایجاد سرطان شناخته شده است. در دامها، نیترات موجب سقط جنین، کاهش تولید شیر و مرگ آنها می شود (فیوتزل، ۲۰۱۰؛ و کنولوج، ۲۰۰۹).

در حال حاضر منابع آب در برخی نقاط کشور دارای نیترات بیش از حد معیار بوده و این روند با سرعت رو به افزایش است. بدین ترتیب، خطر آلودگی نیترات دیگر نقاط را در آینده ای بسیار نزدیک تهدید جدی خواهد کرد.

نیترات از طریق تجزیه و فساد پسماندهای انسانی و حیوانی، تولیدات صنعتی و بخش کشاورزی وارد آب های زیرزمینی شده و از آن جا نیز به آب های سطحی وارد می شود (دی و کامرون، ۲۰۰۲؛ کرافت و استیتس، ۲۰۰۳). یکی از مهمترین منابع ورود بیش از حد نیترات به منابع آب، بخش کشاورزی است. مصرف بی رویه ی

کودهای نیتروژنی در بخش مزبور باعث افزایش غلظت نیترات در ریشه گاه، سپس آبشویی آن به سمت آبخوانها سبب افزایش غلظت ماده مزبور در آب می شود (بایبکر، ۲۰۰۴؛ کلادیوکو، ۲۰۰۸). بنابراین، باید در رابطه با مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت صحیح صورت پذیرد تا بدین وسیله از افزایش غیر مجاز غلظت این یون در خاک و حرکت آن به سوی سفره ی آب زیرزمینی که در نهایت آلودگی آبها را به همراه دارد، جلوگیری شود.

حد مورد نیاز از هر عنصر غذایی برای گیاه به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها، میزان آب است. نیاز به استفاده از آب با افزایش جمعیت بیشتر می شود؛ لذا، منابع آب بطور فزاینده ای مورد تهدید قرار گرفته است. از آن جا که بخش کشاورزی در ایران با مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب، عمده ترین مصرف کننده ی آن به شمار می رود، هرگونه صرفه جویی در این بخش کمک مؤثری به پایداری منابع آب می شود. نیتروژن نقشی چشمگیر را در تولید فراورده های کشاورزی ایفا می کند؛ بنابراین، گزینش مقدار کود حاوی این عنصر برای رسیدن به بالاترین سطح تولید الزامی است.

در ایران، به دلایل متعدد، از جمله عدم ترویج مبنای صحیح تغذیه ی گیاهی و حاکمیت غلط نحوه ی مصرف کود نیتروژن، بازده مصرف کود نیتروژن بسیار پایین است. با نگاهی به بازده مصرف آب<sup>۱</sup> (WUE)، که در ایران حدود ۶۰۰ ولی در آمریکا متجاوز از ۲۰۰۰ گرم محصول به ازاء هر متر مکعب آب می باشد، ملاحظه می شود که در هر دو بعد بازده مصرف آب و بازده مصرف کود<sup>۲</sup> (FE)، با وضع نامطلوبی مواجه هستیم. به عبارت دیگر نه از آب و نه از کود نیتروژن استفاده بهینه نمی شود. لازم است همراه با توسعه ی راهکارهای کاهش مصرف آب، در کاربرد کود نیتروژن نیز صرفه جویی شود.

تحقیقات متعددی در خارج از ایران در رابطه با اثر میزان آب و نیتروژن بر عملکرد گوجه فرنگی شده

<sup>۱</sup>. Water Use Efficiency

<sup>۲</sup>. Fertilizer Efficiency

گوجه فرنگی، که نیاز آبی و نیتروژن آن بسیار زیاد است، انجام گرفت.

### مواد و روشها

این پژوهش در مزرعه‌ی تحقیقاتی گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام گردید. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

است(مالک و اشکر، ۲۰۰۷؛ سینگاندهوپ و همکاران، ۲۰۰۳؛ دومینگوز و همکاران، ۲۰۰۳؛ زورتارلی و همکاران، ۲۰۰۹)؛ بنابراین، نیاز است که به دلیل تاثیر میزان آب آبیاری و کود نیتروژن و همچنین برهمکنش آنها بر کمیت و کیفیت محصول، محدودیت منابع آب، اهمیت مسائل زیست محیطی، بازده کم آب آبیاری و کود نیتروژن تحقیق مستمری در ایران نیز صورت گیرد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن و تأثیر متقابل آنها بر میزان آلودگی نیتراتی خاک ناحیه‌ی ریشه در کشت

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتیمتر)			خصوصیات خاک
۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰	
متوسط رسی	متوسط رسی	متوسط رسی	بافت خاک
۰/۸۹	۱/۳۳	۱/۳۱	EC (dS/m)
۸/۲۳	۷/۹۲	۷/۸۶	pH
۰/۴۱	۰/۸۵	۰/۸۳	SAR
۰/۰۸۲	۰/۰۵۸	۰/۰۴۹	N (%)
۸/۲	۶/۴	۴/۱	P (ppm)
۱۶۲	۱۳۳	۱۰۲	K (ppm)

خاک‌ورزی و همراه با کودهای پایه(فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار و پتاسیم به میزان ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم خالص در هکتار) داده شد. در گام‌های بعدی، نیتروژن متناسب با رشد گیاه به کار برده شد، به طوری که قسمت دوم نیتروژن، در زمان گلدهی و قسمت سوم بعد از اولین برداشت مصرف شد. نحوه‌ی کوددهی نیتروژن به این صورت انجام گرفت که به فاصله‌ی حدود ۱۰ سانتیمتر از بوته ها شیاری ایجاد گردید، کود اوره را در آن ریخته و شیار را از خاک پر کردیم(شکل ۱ و ۲).

فراسنجهای کیفی آب آبیاری در جدول ۲ آورده شده است.

نیاز آبی گیاه در هر مرحله بر اساس تبخیر و تعرق بالقوه، دور آبیاری و ضریب گیاهی مربوطه تعیین شد. برای تعیین تبخیر و تعرق بالقوه در منطقه، از رابطه‌ی تبخیر از تشتک و تبخیر و تعرق بالقوه، بهره‌وری گردید. در این

این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده با سه تکرار انجام گردید؛ تیمارهای آبیاری به‌عنوان کرت‌های اصلی و مقادیر مختلف نیتروژن به عنوان کرت‌های فرعی انتخاب شد. کرت‌های اصلی شامل پنج تیمار آبیاری ۴۰(W40)، ۶۰(W60)، ۸۰(W80)، ۱۰۰(W100) و ۲۰(W120) درصد نیاز آبی و کرت‌های فرعی شامل مقادیر ۶۰(N60)، ۱۲۰(N120) و ۱۸۰(N180) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به صورت کود اوره بودند. کرت‌های فرعی به ابعاد ۳×۴ متر و هر یک دارای سه ردیف کاشت بودند، به طوری که عرض پشته‌ها ۷۰ سانتیمتر، عرض جویچه‌ها ۳۰ سانتیمتر و طول جویچه‌ها ۴ متر بود. فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و کرت‌های فرعی ۱ متر در نظر گرفته شد. نشاء‌های گوجه‌فرنگی به فاصله‌ی ۲۵ سانتیمتری از هم در یک طرف جویچه‌ها کاشته شدند. هر یک از سطوح نیتروژن به سه قسمت مساوی تقسیم شد. قسمت اول همزمان با

۱۰۰٪ نیاز آبی)، جهت تعیین تیمارهای مختلف آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰٪ نیاز آبی)، نیاز آبیاری کامل در اعداد ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱/۰ و ۱/۲ ضرب شد. در ضمن، میزان رطوبت خاک در اعماق مختلف ریشه قبل و بعد از هر آبیاری اندازه‌گیری شد. ارتفاع آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای مختلف آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است.

لازم به ذکر است که جهت استقرار نشاها سه نوبت اول آبیاری بدون اعمال تیمارهای یاد شده (آبیاری کامل)، صورت گرفت و از چهارمین آبیاری، انجام تیمارها آغاز گردید. ارتفاع آب مصرفی در تیمارهای مختلف، مجموع تمام آبیاری‌ها می‌باشد. نمونه‌های گیاهی جهت تعیین عملکرد از ردیف میانی هر کرت با حفظ اثر حاشیه‌ای برداشت شدند. نمونه‌های خاک نیز به همین ترتیب از ریشه‌گاه در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتیمتر جهت اندازه‌گیری میزان تجمع نترات در خاک تهیه شدند. اطلاعات جمع آوری شده در قالب طرح کرت‌های خردشده با سه تکرار و با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

تحقیق، با توجه به قرار داشتن زمین مورد آزمایش (مزرعه‌ی تحقیقاتی گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران) در مجاورت ایستگاه هواشناسی واقع در آن مکان و آمار موجود، از روش تشتک تبخیر، که جزء روشهای تجربی تعیین تبخیر و تعرق بالقوه می‌باشد، برای محاسبه‌ی پدیده مزبور استفاده شد. تبخیر و تعرق بالقوه را می‌توان از رابطه‌ی  $E_{To} = K_p \cdot E_{pan}$  به‌دست آورد که در آن  $E_{pan}$  تبخیر از تشتک برحسب میلیمتر بر روز که نشان دهنده‌ی مقدار متوسط روزانه‌ی تبخیر در دوره‌ی مورد نظر است و  $K_p$  ضریب تشتک تبخیر می‌باشند.

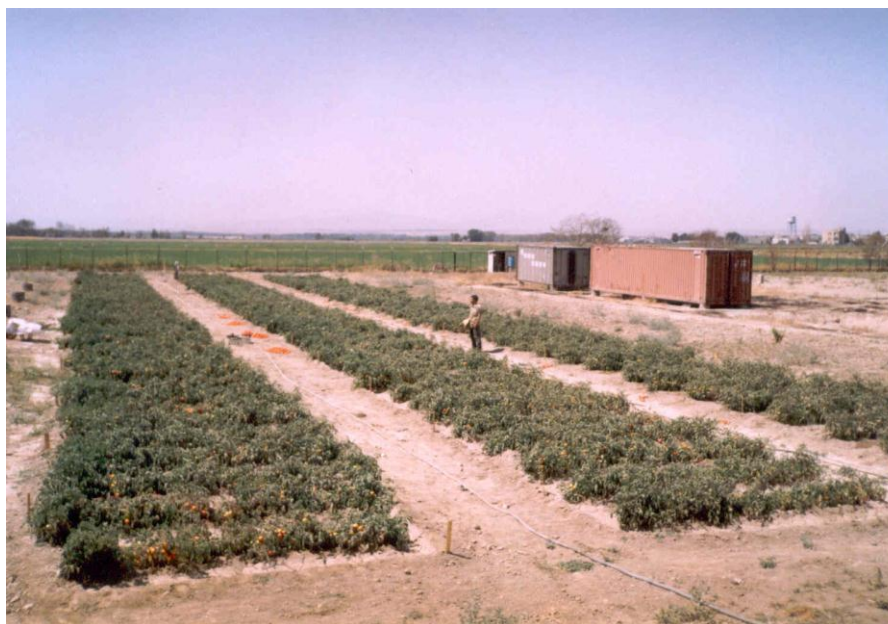
برای برآورد آب مورد نیاز گیاه، ابتدا از روی آمار موجود  $E_{pan}$  مشخص، سپس با مراجعه به جداول موجود مربوط به تشتک طبقه‌ی A و با توجه به عوامل اقلیمی و محل استقرار تشتک، ضریب  $K_p$  تعیین و  $E_{To}$  محاسبه شد. از طرف دیگر، پس از تعیین ضریب  $K_c$ ،  $E_{Tc}$  نیز تعیین گردید. با توجه به این که در این تحقیق نحوه‌ی توزیع آب در کرت‌های آزمایشی از طریق کنتور آب شمار حجمی و لوله‌ی پلاستیکی صورت می‌گرفت، برای تعیین نیاز آبیاری، بازده‌ی آبیاری بطور متوسط ۹۰٪ در نظر گرفته شد. پس از محاسبه‌ی نیاز آبیاری کامل (تیمار

جدول ۲- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

pH	EC (dS/m)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/lit)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/lit)	Cl <sup>-</sup> (meq/lit)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/lit)	Mg <sup>2+</sup> +Ca <sup>2+</sup> (meq/lit)	K <sup>+</sup> (meq/lit)	Na <sup>+</sup> (meq/lit)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/lit)
۷/۸	۰/۶۵	۰/۳	۲/۹	۱/۱	۴/۲	۷/۱	۰/۱	۱/۳	۴۲

جدول ۳- اندازه‌ی آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای مختلف آبیاری

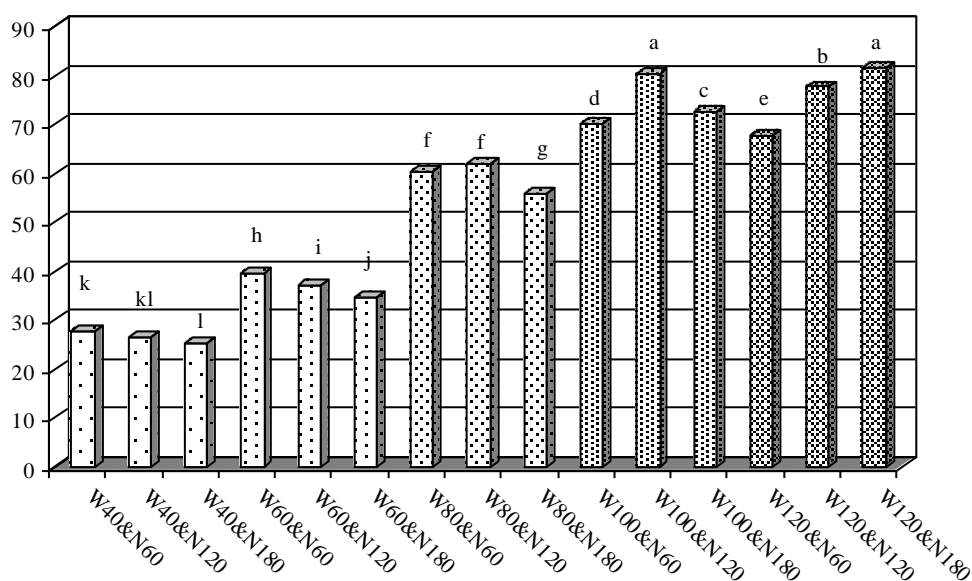
تیمار آبیاری	درصدی از نیاز آبی	اندازه‌ی آب (میلی متر)
W40	٪۴۰	۴۲۴
W60	٪۶۰	۵۹۱
W80	٪۸۰	۷۵۸
W100	٪۱۰۰	۹۲۵
W120	٪۱۲۰	۱۰۸۹



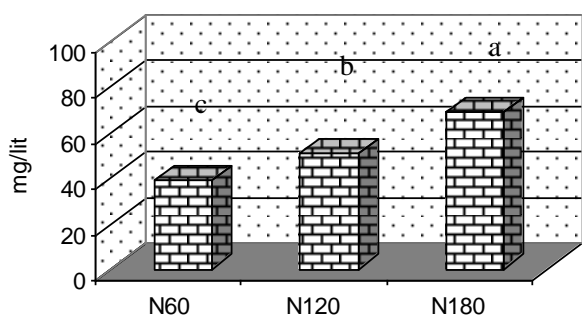
شکل ۱- منظره ای از مجموعه کرت‌های آزمایشی



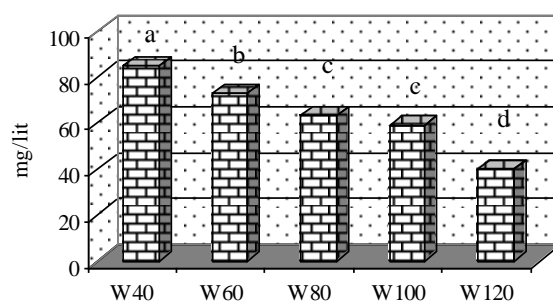
شکل ۲- منظره ای از یک کرت آزمایشی



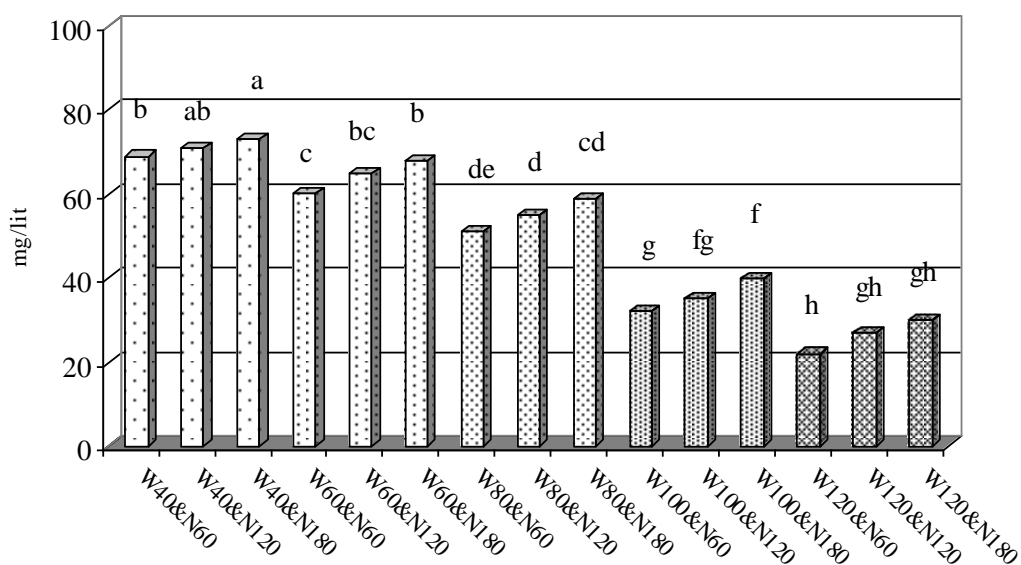
شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف آب و نیتروژن بر عملکرد کل (t/ha)



شکل ۵- اثر اندازه‌ی کود نیتروژن بر تجمع نیترات در خاک



شکل ۴- اثر اندازه‌ی آبیاری بر تجمع نیترات در خاک



شکل ۶- اثر متقابل اندازه‌ی آب آبیاری و کود نیتروژن بر تجمع نیترات در خاک

## نتایج

اسمزی حاصل از مصرف بیش از اندازه نیترات است که در جذب آب به‌وسیله‌ی ریشه اختلال ایجاد می‌کند. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر روی میزان تجمع نیترات در خاک در شکل ۶ نشان داده شده است که اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد دارند. بیشترین تجمع نیترات در خاک در تیمار ۴۰٪ نیاز آبی با ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (W40\*N180) به دست آمد. کمترین تجمع نیترات در خاک در تیمار ۱۲۰٪ نیاز آبی با ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (W120\*N60) حاصل شد. شکل ۶ همچنین نشان می‌دهد که در شرایط تنش آبی، یعنی در صورت محدودیت آب و انجام کم آبیاری، مصرف کمتر کود نیتروژن تجمع نیترات کمتری را در خاک حاصل خواهد کرد. این مسأله در کلیه تیمارهای تنش (W40 تا W80) مشهود است (شکل ۶).

## بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تعیین شدت آلودگی نیتراتی خاک ناحیه ریشه‌گاه گوجه‌فرنگی بر اثر مصرف مقادیرهای مختلف آب و کود نیتروژن انجام گردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان آب و مقادیر مختلف کود نیتروژن و همچنین اثر متقابل آنها بر تجمع نیترات در خاک در سطح یک درصد معنی دار بوده است. در نهایت، در شرایط آب و هوایی محل این آزمایش و رقم گوجه فرنگی مورد بررسی (ارلی اوربانا)، برای تولید بیشترین عملکرد می‌توان کاربرد ۱۰۰٪ نیاز آبی با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن را در هکتار از نظر بهینه ساختن تجمع نیترات در خاک توصیه کرد. همچنین، در صورت نیاز به اعمال کم آبیاری، بایستی کود نیتروژن کمتری مصرف گردد.

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر عملکرد میوه در شکل ۳ نشان داده که اختلاف آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. بیشترین عملکرد میوه در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی (آبیاری کامل) با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (W100\*N120) به دست آمد. این تیمار با تیمار W120\*N180 که در آن بیشترین مصرف آب و نیتروژن صورت گرفت را در برداشت، اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد میوه در تیمار ۴۰٪ نیاز آبی با ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (W40\*N180) حاصل شد. به‌نظر می‌رسد که مسأله‌ی تنش اسمزی حاصل از مصرف زیاد نیتروژن و کمبود آب، در این تیمار بیشتر خود را نشان داده است. شکل ۳ همچنین نشان می‌دهد که در شرایط تنش آبی یعنی در جایی که محدودیت آب وجود داشته باشد و آب کمتری مصرف کنیم، کود نیتروژن کمتر عملکرد بیشتری را حاصل خواهد کرد. این مسأله در کلیه تیمارهای تنش (W40 تا W80) مشهود است (شکل ۳).

اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان تجمع نیترات در خاک در شکل ۴ نشان داده شده است. شاخصهای W40، W60، W80، W100 و W120 به ترتیب مصرف تیمارهای آبی ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی واقعی می‌باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر تیمارهای مختلف آب بر تجمع نیترات در خاک در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. به‌طوری که بیشترین میزان تجمع نیترات در خاک در تیمار W40 و کمترین میزان تجمع نیترات در تیمار W120 رخ داده است.

اثر تیمارهای مختلف نیتروژن که شامل ۶۰ (N60)، ۱۲۰ (N120) و ۱۸۰ (N180) کیلوگرم بر هکتار بود، نیز بر میزان تجمع نیترات در خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (شکل ۵). بیشترین مقدار تجمع نیترات در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. تیمار N180 نه تنها افزایش عملکرد نداشته، بلکه نسبت به تیمار N120 کاهش عملکرد را نیز سبب شده است. دلیل این امر، علاوه بر دلایل فیزیولوژیکی، به خاطر تنش



## منابع

- 7- Malak, A.E.R. and E.A. Al-Ashkar. 2007. The effect of different fertilizers on the heavy metals in soil and tomato plant, Aust. J. Basic Appli. Sci. 1: 300-306.
- 8- Singandhupe, R.B., G.G.S.N. Rao, N.G. Patial, and P.S. Brahmanand. 2003. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.), Europ. J. Agron. 19:327-340.
- 9- US-EPA. 1996. Drinking water regulations and health advisories. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, 822-B-96-002, 11 p.
- 10- Zegbe- Dominguez, J.A., M.H. Behboudian, A. Lang, and B.E. Clothier. 2003. Water relation, growth, and yield of processing tomatoes under partial root zone drying. Sci. Hortic. 98: 505-510.
- 11- Zotarelli, L., J.M. Scholberg, M.D. Dukes, R.M. Carpena, and J. Icerman. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agric. Water Manag. 96: 23- 34
1. Babiker, I.S. 2004. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. Environ. Int. 29: 1009- 1017.
- 2- Di H.J., and K.C. Cameron. 2002. Nitrate leaching and pasture production from different nitrogen sources on a shallow stony soil under flood-irrigated dairy pasture. Aust. J. Soil Res. 40: 317-334.
- 3- Fewtrell, L. 2010. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: A discussion. Environ. Health Perspective 112: 1371-1374.
- 4- Kladivko, E.J. 2008. Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system, J. Environ. Qual. 33: 1803- 1813.
- 5- Knobeloch, L. 2009. Blue babies and nitratecontaminated well water. Environ. Health Perspective 108: 675-678.
- 6- Kraft, G. J. and W. Stites. 2003. Nitrate impacts on groundwater from irrigated-vegetable systems in a humid north-central US Sand Plain. Agric. Ecosyst. Environ. 100: 63-74.