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

عبدالمجید لیاقت[۱] ، علیرضا فرهمند[۲]

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 می رود، 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 و۱۲۰درصد نیاز آبی) و مقادیر مختلف نیتروژن(۶۰،۱۲۰ و۱۸۰کیلوگرم 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 نیتروژنه 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 ۱۲۰کیلوگرم 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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بیشترین غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی به وسیله‌ی سازمان محیط زیست ایالات متحده‌ی آمریکا (USEPA، ۱۹۹۶) ۴۵ میلی‌گرم 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 می‌شود. مهم‌ترین بیماری که در انسان و دام به‌وجود می‌آید، متهموگلوبینمیا است. در این بیماری، نیترات در معده‌ی نوزادان کمتر از ۶ ماهه احیا و به نیتریت تبدیل می‌شود. حلالیت نیتریت مانند نیترات در آب بسیار بالا بوده، به سهولت از دیواره‌های دستگاه گوارش گذشته و با ورود به خون، آهن موجود در هموگلوبین را اکسید و به آهن سه ظرفیتی تبدیل کرده و باعث ایجاد رنگدانه‌های قهوه‌ای مت هموگلوبین می‌گردد. 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 می‌گردد و نوعی بیماری را به نام سندرم بچه‌ی آبی که در نهایت به مرگ آنها منجر می‌شود، سبب می شود. در بزرگسالان نیز نیترات در بدن تبدیل به نیتریت شده و با ترکیب با آمینها، ترکیب نایروز آمین را به وجود می‌آورد که از عوامل مهم ایجاد سرطان شناخته شده است. در دام‌ها، نیترات موجب سقط جنین، کاهش تولید شیر و مرگ آنها می‌شود(فیوترل،۲۰۱۰؛ و کنوبلوچ، 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 پسمانده‌های انسانی و حیوانی، تولیدات صنعتی و بخش کشاورزی وارد آب‌های زیرزمینی شده و از آن جا نیز به آب‌های سطحی وارد می‌شود(دی و کامرون، ۲۰۰۲؛ کرافت و استیتس، ۲۰۰۳). یکی از مهمترین منابع ورود بیش از حد نیترات به منابع آب، بخش کشاورزی است. مصرف بی‌رویه‌ی کودهای نیتروژنی در بخش مزبور باعث افزایش غلظت نیترات در ریشه‌گاه، سپس آب‌شویی آن به سمت آبخوان‌ها سبب افزایش غلظت ماده مزبور در آب می‌شود (بابیکر، 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 سفره‌ی 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 فزاینده‌ای مورد تهدید قرار گرفته است. از آن جا که بخش کشاورزی در ایران با مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب، عمده‌ترین مصرف کننده‌ی آن به شمار می‌رود، هرگونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به پایداری منابع آب می شود. نیتروژن نقشی چشمگیر را در تولید فراورده‌های کشاورزی ایفا می‌کند؛ 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 تغذیه‌ی گیاهی و حاکمیت غلط نحوه‌ی مصرف کود نیتروژن، بازده مصرف کود نیتروژن بسیار پایین است. با نگاهی به بازده مصرف آب[1] (WUE)، که در ایران حدود ۶۰۰ ولی در آمریکا متجاوز از ۲۰۰۰ گرم محصول به ازاء هر متر مکعب آب می باشد، ملاحظه می‌شود که در هر دو بعد بازده مصرف آب و بازده مصرف کود[2](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 توسعه‌ی راهکارهای کاهش مصرف آب، در کاربرد کود نیتروژن نیز صرفه‌جویی شود.

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

[1]. Water Use Efficiency
[2] . Fertilizer Efficiency

Archive of SID

www.SID.ir

است(مالک و اشکر، ۲۰۰۷؛ سینگاندهوپ و همکاران، ۲۰۰۳؛ دومینگوز و همکاران، ۲۰۰۳؛ زورتارلی و همکاران، ۲۰۰۹)؛ بنابراین، نیاز است که به‌دلیل تاثیر میزان آب آبیاری و کود نیتروژن و همچنین برهمکنش آنها بر کمیت و کیفیت محصول، محدودیت منابع آب، اهمیت مسائل زیست محیطی، بازده کم‌آب 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 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.

جدول ۱- برخي خصوصيات فيزيكي و شيميايي خاک محل آزمايش

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

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 ۴×۳ متر و هر یک دارای سه ردیف کاشت بودند، به‌طوری‌که 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. نشاء های 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 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 به‌کار برده شد، به‌طوری 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 می توان از رابطه‌ی $ETo= Kp.Epan$ به‌دست آورد که در آن Epan، تبخیر از تشتک برحسب میلیمتر بر روز که نشان دهنده‌ی مقدار متوسط روزانه‌ی تبخیر در دوره‌ی مورد نظر است و Kp، ضریب تشتک تبخیر می باشند.

برای برآورد آب مورد نیاز گیاه، ابتدا از روی آمار موجود، Epan مشخص، سپس با مراجعه به جداول موجود مربوط به تشتک طبقه‌ی A و با توجه به عوامل اقلیمی و محل استقرار تشتک، ضریب Kp تعیین و ETo محاسبه شد. از طرف دیگر، پس از تعیین ضریب Kc، ETc 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 می گرفت، برای تعیین نیاز آبیاری، بازده‌ی آبیاری بطور متوسط ۹۰٪ در نظر گرفته شد. پس از محاسبه‌ی نیاز آبیاری کامل(تیمار 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 نیترات 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.

جدول۲- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

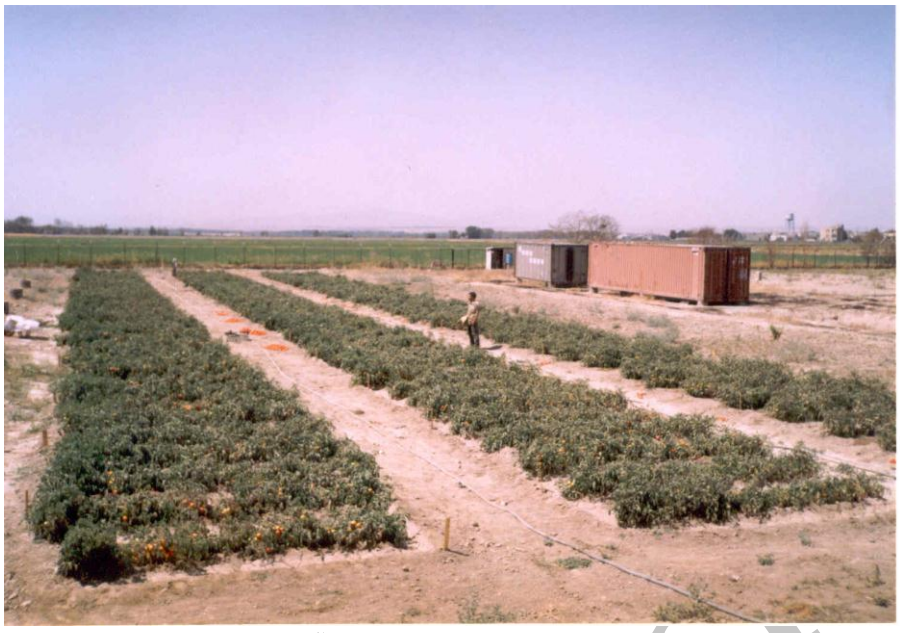
pH	EC (dS/m)	CO_3^{2-} (meq/lit)	HCO_3^- (meq/lit)	Cl^- (meq/lit)	SO_4^{2-} (meq/lit)	$Mg^{2+}+Ca^{2+}$ (meq/lit)	K^+ (meq/lit)	Na^+ (meq/lit)	NO_3^- (mg/lit)
۷/۸	۰/۶۵	۰/۳	۲/۹	۱/۱	۴/۲	۷/۱	۰/۱	۱/۳	۴۲

جدول۳- اندازه‌ی آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای مختلف آبیاری

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

Archive of SID

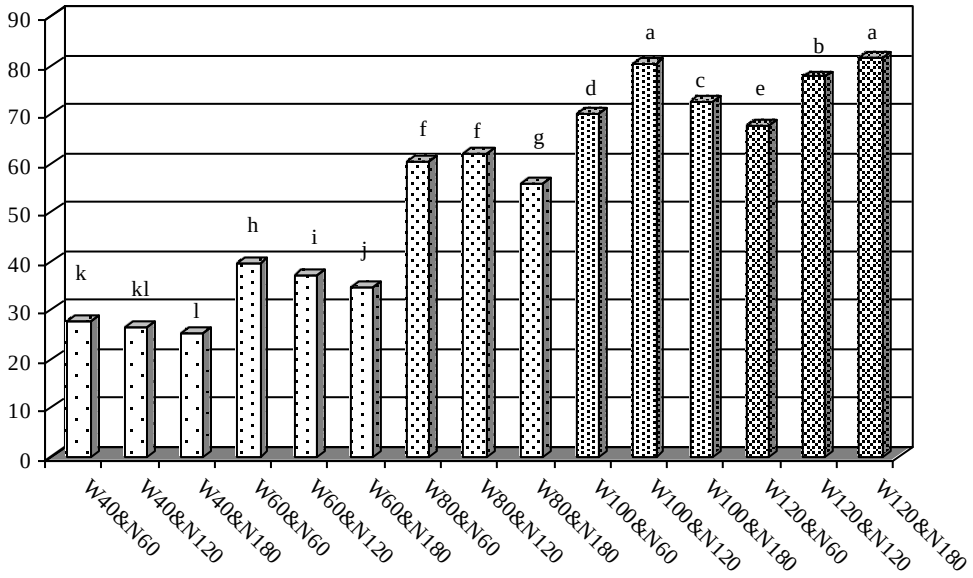
www.SID.ir



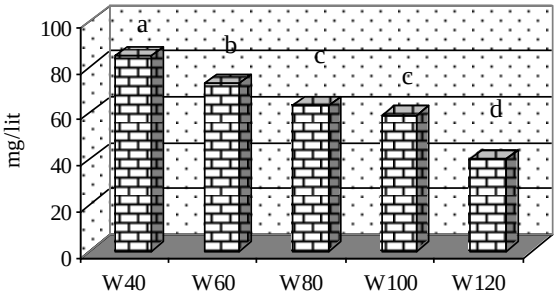
شکل۱- منظره ای از مجموعه کرتهای آزمایشی

شکل۲- منظره ای از یک کرت آزمایشی

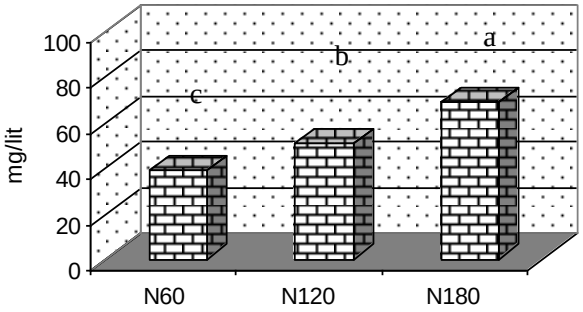
www.SID.ir



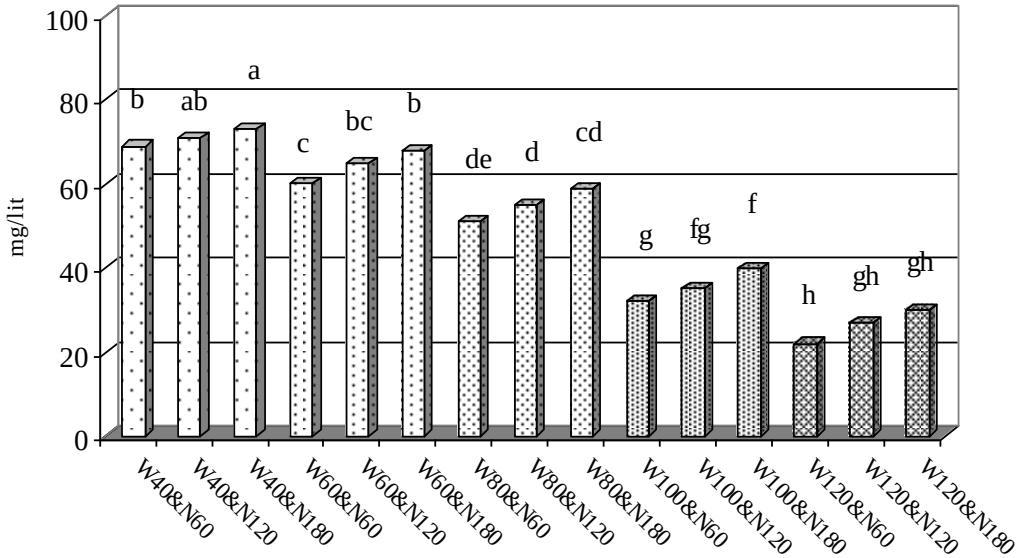
شکل۳- اثر متقابل سطوح مختلف آب و نیتروژن بر عملکرد کل (t/ha)



شکل۴- اثر اندازه‌ی آبیاری بر تجمع نیترات در خاک



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



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

www.SID.ir

نتایج

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر عملکرد میوه در شکل ۳ نشان داده که اختلاف آنها درسطح ۱ درصد معنی‌دار است. بیشترین عملکرد میوه در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی(آبیاری‌کامل)با۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار (W100*N120)به‌دست آمد. این تیمار با تیمار N180 *W120 که در آن بیشترین مصرف آب و نیتروژن صورت گرفت را در برداشت، اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد میوه در تیمار۴۰٪ 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 کلیه‌ی 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. همان طور که مشاهده می شود، 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) و۱۸۰(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 به‌دست 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 اسمزی حاصل از مصرف بیش از اندازه نیترات است که در جذب آب به‌وسیله‌ی ریشه اختلال ایجاد می کند.

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 درسطح 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 تیمار۱۲۰٪ نیاز آبی با ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار(W120*N60)حاصل شد. شکل۶ 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 کلیه‌ی 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 مقدارهای مختلف آب و کود نیتروژن انجام گردید. همان‌طور که مشاهده می شود، 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 کاربرد۱۰۰٪ 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.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

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.
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

Archive of SID

www.SID.ir