Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۹/ شماره ۳/ پیاپی ۱۸/ پاییز ۱۳۹۴ (۶۷-۷۷)

بررسی توزیع رطوبت- نیترات و عمق نصب لاترال‌ها در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

بختیار کریمی[۱]، تیمور سهرابی[۲]، فرهاد میرزایی[۳] و بهنام آبابایی[۴*]

چکیده

ارزیابی موقعیت نصب لاترال‌ها در روش آبیاری قطره‌ای یکی از عامل‌های مهم طراحی است که در صورت عدم توجه به آن، ممکن است تلفات نفوذ عمقی و نیترات قابل توجه گردد و متناسب با آن افت شدید عملکرد و اثرات مخرب زیست‌محیطی ایجاد شود. در این پژوهش برای مدیریت مناسب این سیستم‌ها، به بررسی همزمان الگوی توزیع رطوبت و نیترات پرداخته شد. آزمایش‌ها برای سه نوع بافت خاک متفاوت (سبک، متوسط و سنگین) انجام شد. مدت زمان آبیاری ۶ ساعت درنظر گرفته شد. قطره‌چکان‌ها در ۴ عمق مختلف (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر) و مقدار دبی خروجی (۲/۴ و ۴ لیتر در ساعت) ارزیابی شدند. در این پژوهش از کود اوره استفاده و تزریق کود در یک سوم انتهایی زمان آبیاری انجام شد. نتایج نشان داد که با توجه به یکنواختی توزیع رطوبت و نیترات و برای کمینه کردن انتقال رطوبت و نیترات به عمق‌های پایین‌تر، بهترین عمق نصب قطره‌چکان‌ها در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای خاک‌های رسی، لومی و شنی ۳۰ سانتی‌متر است. همچنین در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی توزیع نیترات در اطراف قطره‌چکان و برای خاک‌های رسی، لومی و شنی به‌ترتیب تا عمق ۲۰، ۴۰ و ۴۰ سانتی‌متری پیشروی کرده و مقادیر نیترات از ناحیه مؤثر خاک خارج نمی‌شود. با توجه به توزیع تدریجی رطوبت و نیترات در خاک‌های رسی (در مقایسه با بافت‌های سبک‌تر)، بهتر است در این خاک‌ها مدت تزریق کود بیشتر درنظر گرفته شود ولی برای خاک‌هایی با بافت سبک‌تر، توصیه می‌شود که مدت زمان تزریق کود کم شود تا تلفات نیترات کاهش یابد.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره‌ای سطحی، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، پیاز رطوبتی، توزیع نیترات، توزیع رطوبت.

ارجاع: کریمی ب. سهرابی ت. میرزایی ف. و آبابایی ب. ۱۳۹۴. بررسی توزیع رطوبت- نیترات و عمق نصب لاترال‌ها در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. مجله پژوهش آب ایران. ۱۸: ۶۷-۷۷.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.
۲- استاد دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج.
۳- استادیار دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج.
۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
*** نویسنده مسئول:** Behnam.ab@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه در کشاورزی نوین کاربرد همزمان کودهای ازته و آب، با عنوان کود آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری افزایش پیدا کرده است. این روش امکان مصرف کم و مکرر عناصر غذایی در طول دوره رشد مطابق با نیاز گیاه را فراهم می‌کند. همچنین پخش یکنواخت کود در خاک و توزیع یکنواخت آن در طول دوره رشد امکان‌پذیر است. در کود آبیاری، با تنظیم مقدار کود مصرفی در هر مرحله و تطبیق عمق کود آبیاری براساس عمق توسعه ریشه، می‌توان آبشویی عناصر غذایی را کنترل و با کاهش تلفات عناصر، از آلودگی منابع آب و خاک جلوگیری کرد. به‌دلیل توزیع یکنواخت کود، رشد گیاه یکنواخت و رسیدن محصول در سطح مزرعه همزمان خواهد شد. اجرای یک برنامه‌ریزی آبیاری مناسب برای بیشینه‌کردن جذب نیتروژن با گیاه و همچنین کاهش تلفات نیترات با آبشویی، لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

نگهداری آب در خاک، جذب نیتروژن به وسیله گیاه را آسان ساخته و سبب می‌شود که جریانات سرشار از مواد نیتروژن‌دار به وسیله گیاه جذب شده و تأثیرات زیست‌محیطی آن‌ها از بین برود. بیشتر ترکیبات نیتروژن به صورت اوره، نیترات و نیتریت هستند و در اکثر خاک‌ها به مقدار زیاد وجود دارند. نیترات، آزادانه در خاک حرکت می‌کند و ممکن است در اثر آبشویی در خاک ناپدید و وارد آب‌های زیرزمینی شود. آبشویی نیترات هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست‌محیطی (در صورتی که این آب در پایین‌دست مصرف شود) خساراتی را به دنبال دارد (لام و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهش ولساک و همکاران (۱۹۹۱)، مقدار آبشویی نیترات در حدود ۷۸ کیلوگرم در هکتار، یعنی ۴۰ درصد از آمونیاک مصرفی گزارش شده است. اما تزریق فضولات حیوانی به داخل خاک، شبیه آنچه که در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به انجام می‌رسد، می‌تواند تلفات تبخیر آمونیاک را به نیم کیلوگرم در هکتار کاهش دهد. کاربرد مستقیم فضولات مایع حیوانات به صورت مستقیم در سطح و همچنین تزریق آن در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح زمین نشان داد که تلفات آمونیاک به صورت تبخیر به مقدار ۲۹ کیلوگرم در هکتار (۳۵ درصد آمونیاک به کار رفته) است. ایشان همچنین نشان دادند که تلفات آمونیاک به‌صورت تبخیر برای روش‌های آبیاری سطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر است (لام و همکاران، ۲۰۰۷). لام و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی که بر روی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و خاک لومی سیلتی انجام دادند، به بررسی تعیین مقدار بهینه کود ازته برای ذرت پرداختند و دریافتند که مقدار بهینه کود بین ۲۲۵ و ۲۷۵ کیلوگرم در هکتار بوده و به ازای آن تلفات نفوذ عمقی نیترات کم است. لام و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای که روی یک خاک لومی- رسی عمیق در کانزاس انجام شد، دریافتند که استفاده از روش‌های مختلف کاربرد نیتروژن برای ذرت تأثیر چندانی بر عملکرد، جذب نیتروژن و راندمان کاربرد مصرف آب ندارد. سورنسون و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای که بر روی پنبه انجام دادند، روش کوددهی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) با عمق نصب ۴۰ تا ۴۵ سانتی‌متر را با آبیاری شیاری مقایسه کردند و نشان دادند با کاهش مقدار نیتروژن کاربردی در روش SDI می‌توان عملکرد گیاه را افزایش داد. تامپسون و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهش‌هایی که در آریزونا و بر روی یک خاک لومی‌شنی انجام دادند، دریافتند که عملکرد بهینه برای کلم مستلزم مدیریت دقیق روش SDI و نیتروژن کاربردی است. همچنین دریافتند که رسیدن به راندمان کاربرد و عملکرد بالا در کلم فقط با یک رژیم آبیاری متعادل (پتانسیل آب در ناحیه توسعه ریشه ۷ کیلوپاسکال) رخ می‌دهد. لی و همکاران (۲۰۰۳) توزیع کود نیترات را در آبیاری قطره‌ای سطحی با دبی‌های مختلف ارزیابی کردند و دریافتند که مقدار نیترات در کناره‌های پیاز رطوبتی حدود پنج برابر بیشتر از مرکز پیاز رطوبتی است. همچنین دریافتند که مدیریت نامناسب آبشویی باعث افزایش عمق حرکت نیترات و آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی می‌شود.

با وجود اینکه مطالعات زیادی در زمینه توزیع رطوبت و نیترات انجام شده است، اما پژوهشی جامع و کامل در زمینه الگوی توزیع رطوبت و نیترات به صورت همزمان در شرایط مختلف عمق نصب قطره‌چکان‌ها انجام نشده است. در این مطالعه، سعی بر آن است که با بررسی الگوی توزیع همزمان رطوبت و نیترات، مناسب‌ترین عمق نصب لاترال که متناسب با آن توزیع رطوبت ونیترات بهینه باشد انتخاب شود.

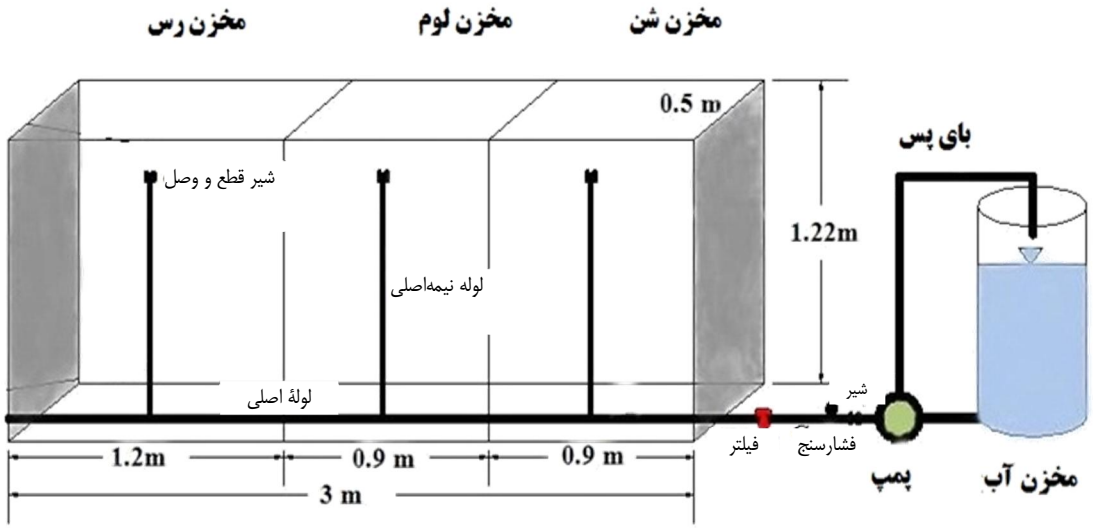
مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در یک مدل پلکسی‌گلاس با ابعاد ۰/۵×۱/۲۲×۳ متر و در آزمایشگاه مرکزی پردیس کشاورزی و منابع

www.SID.ir

Archive of SID

طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. در این پژوهش کلیه لوازم و تجهیزات یک سیستم آبیاری قطره‌ای متناسب با شرایط واقعی مزرعه شبیه‌سازی شد. آب با پمپ و از طریق لوله‌های پلی‌اتیلن (لوله اصلی با قطر ۵۰mm و نیمه‌اصلی و لاترال به‌ترتیب با قطرهای ۲۰mm و ۱۶mm) از یک مخزن ۲۵۰ لیتری به قطره‌چکان‌ها منتقل می‌شد و در داخل مخزن آب، از شناور (برای ثابت نگهداشتن سطح آب در داخل مخزن) و در مسیر انتقال آب از شیر فلکه (برای هدایت جریان)، فیلتر توری (برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها و عدم یکنواختی توزیع)، فشارسنج (برای اعمال فشار ثابت در کلیه آزمایش‌ها) و شیر قطع و وصل جریان (برای کنترل جریان به داخل هر محفظه) استفاده شد. همه آزمایش‌ها در فشار ثابت ۲ بار به انجام رسید و با توجه به اینکه دبی خروجی خیلی کم بود، برای کاهش فشار وارده بر سیستم، یک سیستم گذرگاه فرعی (Bypass) نیز طراحی شد. با توجه به اینکه توزیع افقی آب در خاک‌های سنگین بیشتر است، محفظه مربوط به خاک سنگین (۱/۲ متر) بزرگتر از خاک‌های با بافت سبک و متوسط (هر کدام ۰/۹ متر) طراحی شد. نمای کاملی از موقعیت نصب تجهزات در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین برای جلوگیری از ایجاد جریان ترجیحی در هنگام آزمایش، با استفاده از چسب و پاشیدن شن، یک سطح به نسبت زبر ایجاد شد، به گونه‌ای این چسب شفافیت بدنه مدل را حفظ نمود (کندلوس و سیمونک، ۲۰۱۰a و ۲۰۱۰b). مشخصات فیزیکی خاک‌ها در جدول ۱ آمده است. همچنین پس از پایان آزمایش‌ها و در هنگام تخلیه خاک از محفظه‌ها، از نقاط مشخص شده در شکل ۲ نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل شد تا رطوبت وزنی و نیترات خاک اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری نیترات، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزمایشگاه قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس با تهیه نسبت‌های مشخص عصاره اشباع و قراردادن در داخل شیکر، نمونه‌ها به طور کامل مخلوط شدند. این عصاره با عبور از کاغذ صافی در داخل ظرف‌های مخصوص قرار گرفته و آماده اندازه‌گیری شد. پس از آن، برای اندازه‌گیری نیترات از دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۴۱۰ و اسیدسولفوریک استفاده شد. قطره‌چکان‌ها در چهار عمق (صفر، ۱۵cm (H_1)، ۳۰cm (H_2) و ۴۵cm (H_3)) و دبی ۲/۴ (Q_1)، ۴ (Q_2) لیتربرساعت مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مطالعه از دو نوع قطره‌چکان سویس‌دریپ و نتافین استفاده شد. تیمارهای کود آبیاری شامل دو تیمار بودند که کود آبیاری اول و دوم به‌ترتیب با غلظت نیترات ۱۲۵ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شد. برای اعمال تیمارهای کودآبیاری، از کود اوره (CH_4N_2O) (۴۶ درصد ازت) استفاده شد، زیرا استفاده از این کود در بین کشاورزان مرسوم است و به عنوان یک ترکیب مطمئن با حلالیت کامل شناخته می‌شود. خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در جدول ۲ آمده است.



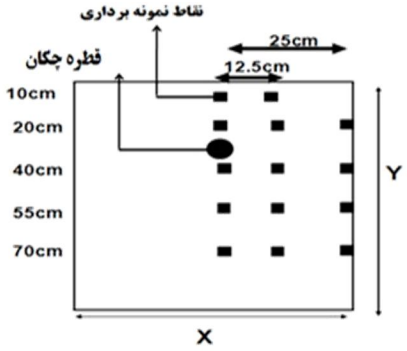
شکل ۱- لایسیمتر آزمایشگاهی و اتصال‌های مربوط به آزمایش

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه

نمونه خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	چگالی ظاهری (gr/cm^3)	چگالی حقیقی ($gr/cm3$)	درصد وزنی رطوبت مزرعه	درصد وزنی رطوبت اشباع
بافت سنگین	۴۶	۱۸	۳۶	رسی- شنی	۱/۲	۲/۶۵	۲۱/۶	۳۷/۵
بافت متوسط	۵۵	۲۲	۲۳	لومی- رسی- شنی	۱/۳۵	۲/۶۵	۱۸/۷	۳۴/۵
بافت سبک	۷۶	۱۳	۱۱	شنی- لومی	۱/۴۵	۲/۵۹	۱۴/۱	۳۰/۱



شکل ۲- نقاط اندازه‌گیری رطوبت و نیترات در هر محفظه و نمایی از نمونه‌برداری خاک در نقاط مشخص شده پس از انجام آزمایش

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب و تیمارهای مختلف کود آبیاری

نمونه آب	PH	EC (ds/m)	TDS (mgr/lit)	Na^+ (meq/lit)	Ca^{2+} (meq/lit)	Mg^{2+} (meq/lit)	Cl^- (meq/lit)	K^+ (meq/lit)	SAR	NO3-Nc (mg/lit)
آب معمولی	۷/۶۲	۰/۸۸۶	۵۶۷/۰۴	۶/۰۸	۵/۷	۲/۳	۲/۶	۰/۱۰۲	۳/۰۴	۶۳
کود آبیاری اول	۷/۷۷	۰/۸۷۳	۵۵۸/۷۲	۵/۳	۵/۹	۱/۸	۲/۴	۰/۰۷۷	۲/۷	۱۲۵
کود آبیاری دوم	۷/۶۸	۰/۸۹	۵۶۹/۶	۵/۵۶	۳/۶	۴/۱۵	۳	۰/۰۷۷	۲/۸۲۵	۲۵۰

نتایج و بحث

با توجه به اینکه توزیع نیترات در داخل خاک متأثر از توزیع رطوبت است (عباسی، ۱۳۸۶)، توزیع این دو پارامتر به‌صورت همزمان در خاک بررسی شد. در این پژوهش برای مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت و نیترات از نرم‌افزار SigmaPlot استفاده شد (شکل‌های ۳ تا ۶). در این شکل‌ها، سطح تیره رنگ مربوط به درصد حجمی رطوبت و سطح‌های خاکستری رنگ مربوط مقدار نیترات (mg/cm^3) اندازه‌گیری شده است. محور z مربوط به مقادیر رطوبت و نیترات اندازه‌گیری شده، محور x مربوط به مختصات افقی و محور y مربوط به مختصات عمودی نقاط در پیاز رطوبتی است. با توجه به اینکه تیمارهای کود آبیاری در یک سوم انتهای زمان آبیاری اعمال شدند (براساس توصیه لام و همکاران، ۲۰۰۷)، نتایج حاصله از این پژوهش برای این شکل از کود آبیاری صادق است.

شکل ۳ نشان می‌دهد که برای وضعیتی که قطره‌چکان‌ها در سطح خاک قرار می‌گیرند، بیشترین توزیع رطوبت در اطراف قطره‌چکان قرار گرفته و توزیع نیترات به حواشی پیاز رطوبتی منتقل می‌شود زیرا یون نیترات تحرک زیادی دارد و با کوچکترین جریان آب منتقل می‌شود. با توجه به اینکه کود آبیاری در یک سوم انتهای زمان آبیاری انجام شده است، توزیع نیترات در پیاز رطوبتی و برای خاک‌های رسی، لومی و شنی به‌ترتیب تا عمق ۲۰، ۴۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوده و مقادیر نیترات از ناحیه مؤثر خاک خارج نشده است. با توجه به اینکه توزیع رطوبت در خاک‌هایی با بافت سنگین (رسی) کندتر بوده و متناسب با آن توزیع نیترات در داخل خاک نیز تدریجی‌تر است، بهتر است در

www.SID.ir

Archive of SID

این خاک‌ها مدت تزریق کود بیشتر شود. ولی برای خاک‌هایی با بافت سبک‌تر، توصیه می‌شود که مدت زمان تزریق کود کم شود تا تلفات نیترات کاهش یابد.

با توجه به شکل ۳ می‌توان دریافت که مناسب‌ترین خاک برای روش آبیاری قطره‌ای سطحی، خاک‌هایی با بافت سبک هستند. زیرا در این حالت، توزیع رطوبت و نیترات در خاک یکنواخت بوده و گیاه می‌تواند در عمق‌های مختلف رطوبت و نیترات مورد نیاز خود را تأمین کند. اما در خاک‌هایی با بافت سنگین توزیع نیترات یکنواخت نیست. شکل ۴ برای حالتی که قطره‌چکان‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری قرار دارند نشان می‌دهد که در نقاطی که رطوبت خاک زیاد است، غلظت نیترات کم بوده و به‌دلیل حلالیت زیاد، این یون از نواحی مرطوب فاصله گرفته و به حواشی پیاز رطوبتی که رطوبت کمتری دارند منتقل می‌شود. با توجه به حرکت آب در خاک شنی، نیترات تا عمق ۷۰ سانتی‌متری منتقل می‌شود (شکل ۴) و بیشترین غلظت نیترات در همین عمق جمع می‌شود و با توجه به قانون جذب آب با ریشه (۴۰ درصد جذب در یک چهارم اولیه عمق توسعه ریشه)، مقدار زیادی از نیترات قابل استفاده از دسترس مستقیم گیاه خارج می‌شود.

نتایج حاصل از شکل‌های ۵ و ۶ که به‌ترتیب مربوط به عمق نصب ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متری هستند نشان می‌دهد که برای عمق نصب ۳۰ سانتی‌متری، بیشترین یکنواختی توزیع رطوبت و نیترات حاصل شده و بخش زیادی از رطوبت و نیترات به راحتی به سطح خاک رسیده و در ناحیه فعال ریشه گیاه قرار می‌گیرند. اما در حالتی که قطره‌چکان‌ها در عمق ۴۵ سانتی‌متری قرار می‌گیرند، بیشترین مقادیر رطوبت و نیترات به عمق ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متری خاک منتقل شده که جزء ناحیه فعال ریشه گیاه محسوب شود. این نتایج با برخی مطالعات دیگر همخوانی دارد. به عنوان نمونه، استیل و همکاران (۱۹۹۶) عمق نصب بهینه قطره‌چکان را براساس فاکتور عمق یخ زدگی، ۳۰ سانتی‌متر پیشنهاد کردند. اورون و همکاران (۱۹۹۹) نیز عمق نصب قطره‌چکان را براساس الگوی توزیع رطوبت و شوری ۳۰ سانتی‌متر پیشنهاد کردند. النابولسی و همکارن (۲۰۰۰) عملکرد محصول گلرنگ را برای عمق‌های مختلف نصب قطره‌چکان ارزیابی کردند و دریافتند که بیشترین عملکرد گلرنگ مربوط به قطره‌چکان‌هایی با عمق نصب ۲۵ و ۳۵ سانتی‌متر است. این نتایج، یافته‌های پژوهش حاضر را مورد تأیید قرار می‌دهند. درنهایت برای اجرای یک سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی متغیرهای تصمیم براساس توابع هدف مورد نظر بهینه شدند. در این پژوهش به‌دلیل کارایی بالای الگوریتم‌های تکاملی در آبیاری، از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. بدین منظور یک بار براساس یک تابع هدف (کمینه‌کردن تلفات رطوبت در خارج از ناحیه توسعه ریشه) مقادیر متغیرهای تصمیم بهینه شدند (جدول ۳) و بار دیگر بهینه‌سازی براساس دو تابع هدف (کمینه‌کردن هم‌زمان تلفات رطوبت و نیترات در خارج از ناحیه توسعه ریشه) صورت پذیرفت (جدول ۴). در این مرحله، ناحیه فعال خاک یک متر درنظر گرفته شد و متناسب با آن مقادیر خارج شده رطوبت و نیترات در خارج از ناحیه فعال خاک به عنوان تلفات محسوب گردید و متناسب با آن متغیرهای تصمیم، یعنی Q (دبی خروجی از قطره‌چکان بر حسب لیتر در ساعت)، V (حجم آب کاربردی بر حسب لیتر) و F (غلظت نیترات در کودآبیاری بر حسب میلی‌گرم در لیتر) برای تیمارهای مختلف بهینه شدند (در خاک رسی و برای سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی مقادیر بهینه یافت نشدند). نتایج ارائه‌شده در جدول‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند که با اعمال متغیرهای بهینه، کمترین تلفات رطوبت و نیترات در سطح مزرعه حاصل شده و این مقادیر می‌توانند به عنوان یک دستورالعمل کلی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی مورد استفاده قرار گیرند.

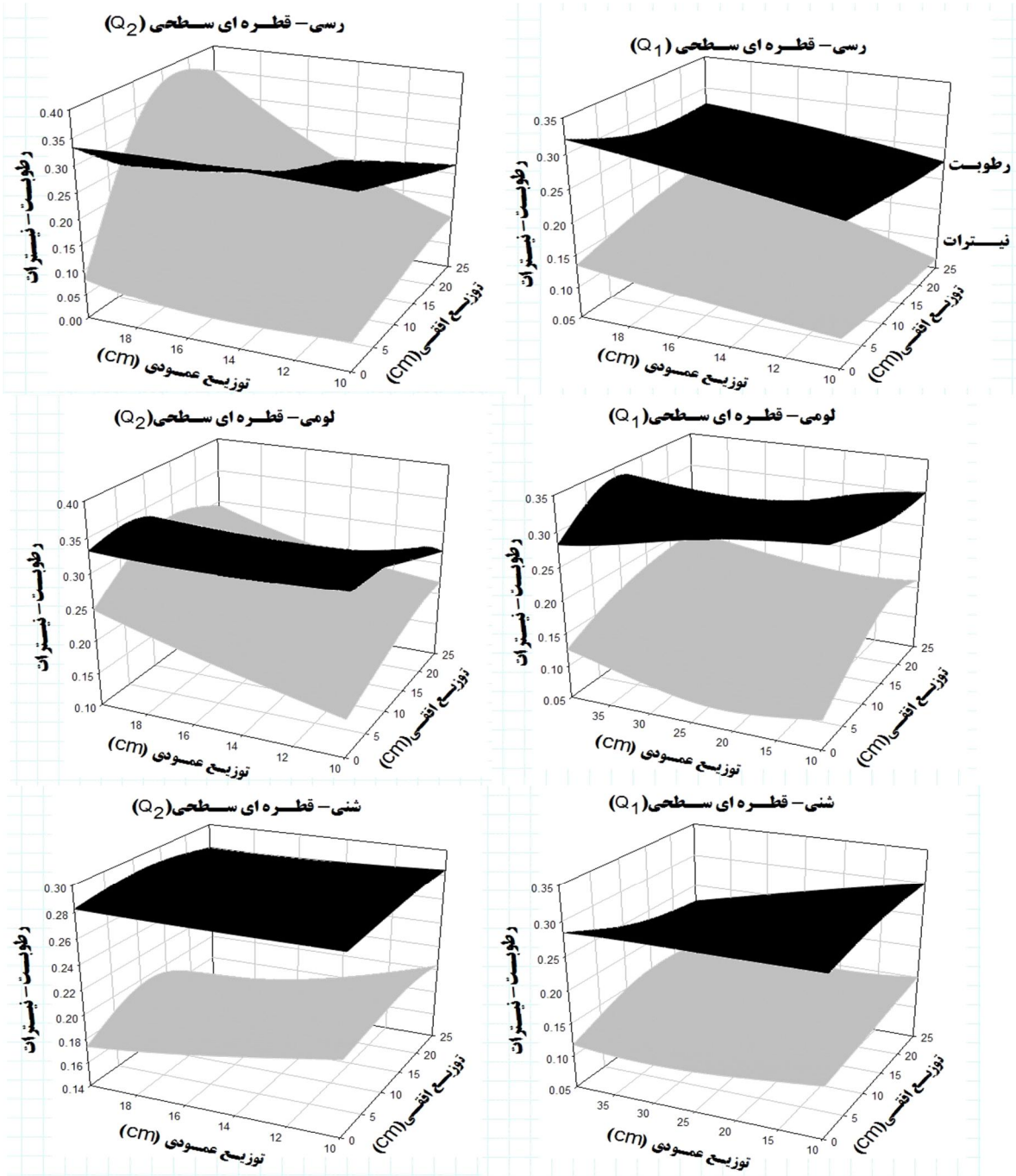
نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، به بررسی الگوی توزیع همزمان رطوبت و نیترات و انتخاب مناسب‌ترین عمق نصب لاترال برای به دست آوردن توزیع بهینه رطوبت و نیترات پرداخته شد. نتایج حاصل از مقایسه توزیع رطوبت و نیترات در خاک‌های مورد مطالعه نشان داد که بهترین عمق نصب قطره‌چکان‌ها در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای خاک‌های رسی و لومی عمق ۳۰ سانتی‌متر و مناسب‌ترین دبی خاک‌ها ۲/۴ (Q_1) لیتر در ساعت است. با توجه به نتایج، بالاترین یکنواختی توزیع رطوبت و نیترات در ناحیه فعال خاک در این شرایط حاصل شده و درصد کمتری از رطوبت و نیترات به عمق‌های خاک منتقل می‌شوند. همچنین مناسب‌ترین عمق نصب برای خاک‌های شنی (با توجه به توزیع رطوبت

www.SID.ir

Archive of SID

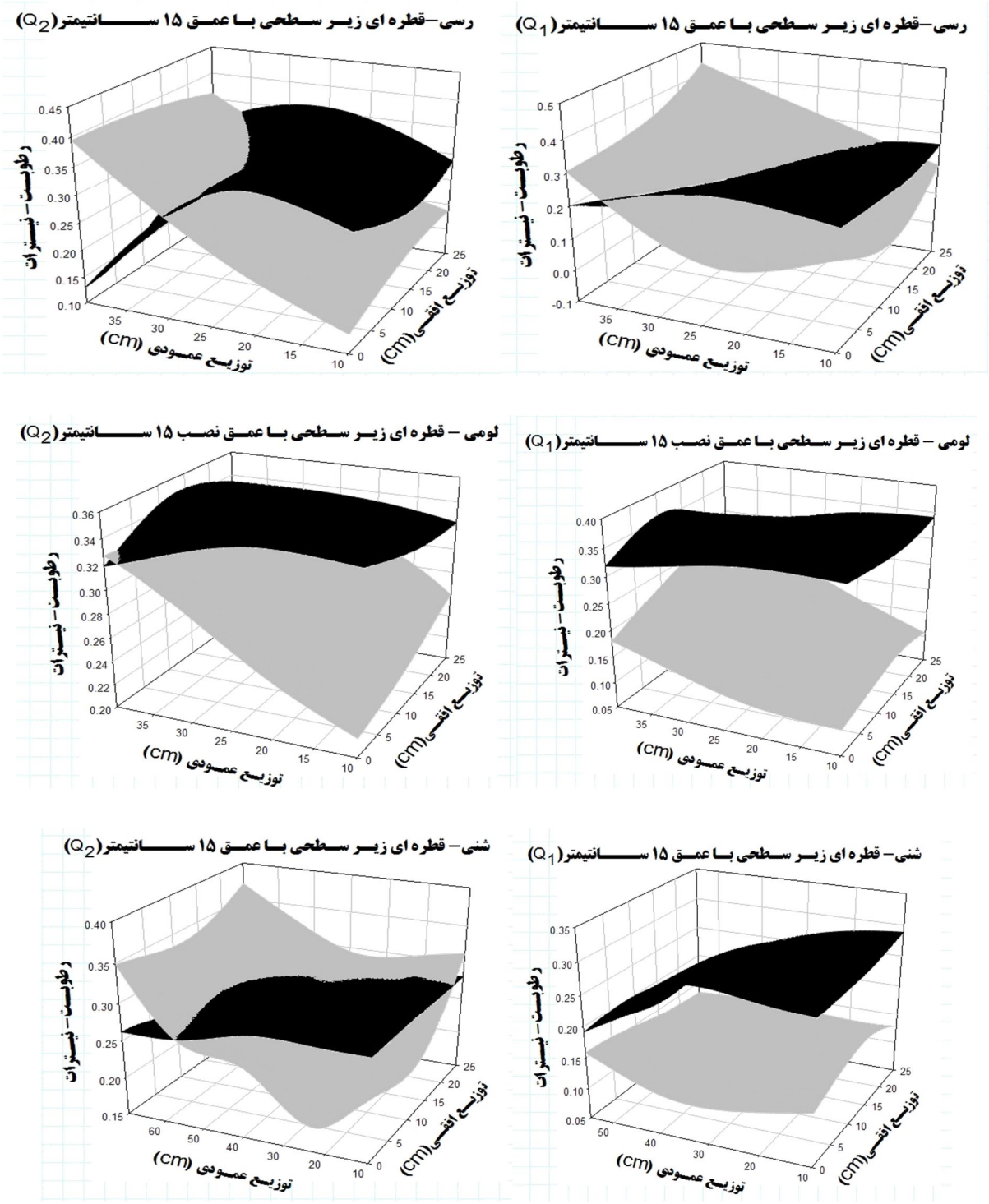
و نیترات خاک)، عمق نصب ۱۵ سانتی‌متر با دبی ۴ (Q_2) لیتر در ساعت است. با طراحی و اجرای عمق نصب بهینهٔ لاترال‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، توزیع رطوبت و نیترات در سرتاسر ناحیه مؤثر خاک به‌صورت یکنواخت حاصل شده و گیاه می‌تواند رطوبت و نیترات مورد نیاز خود را از همه عمق خاک فراهم کند.



شکل ۳- مقادیر رطوبت و نیترات اندازه‌گیری شده برای سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی برای سه بافت خاک مورد مطالعه (سطح سیاه، درصد حجمی رطوبت و سطح‌های خاکستری، مقادیر نیترات، mg/cm^3)

www.SID.ir

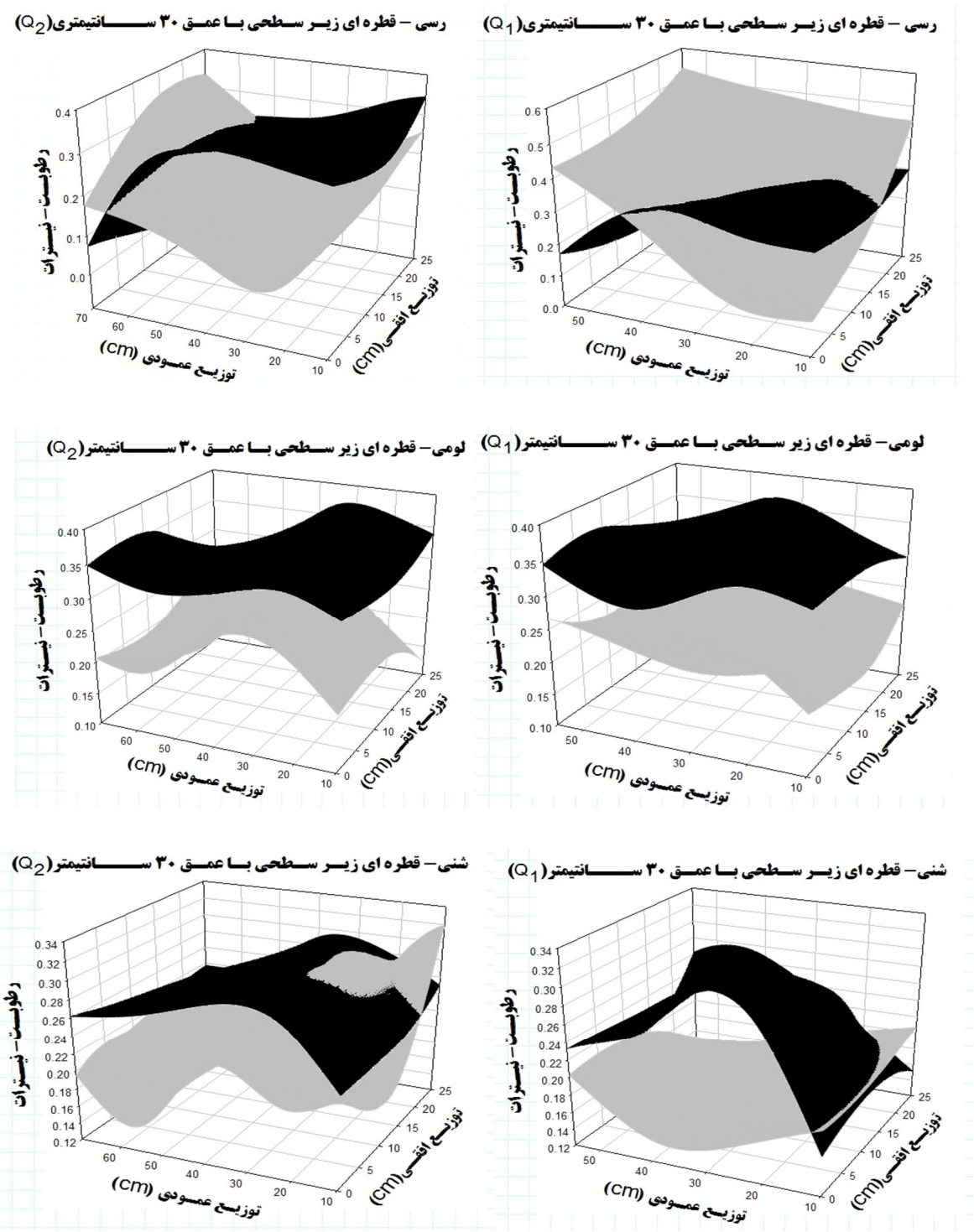
Archive of SID



شکل ۴- مقادیر رطوبت و نیترات اندازه‌گیری شده برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق ۱۵ سانتی‌متر برای سه بافت خاک مورد مطالعه (سطح سیاه، درصد حجمی رطوبت و سطح‌های خاکستری، مقادیر نیترات، mg/cm^3)

www.SID.ir

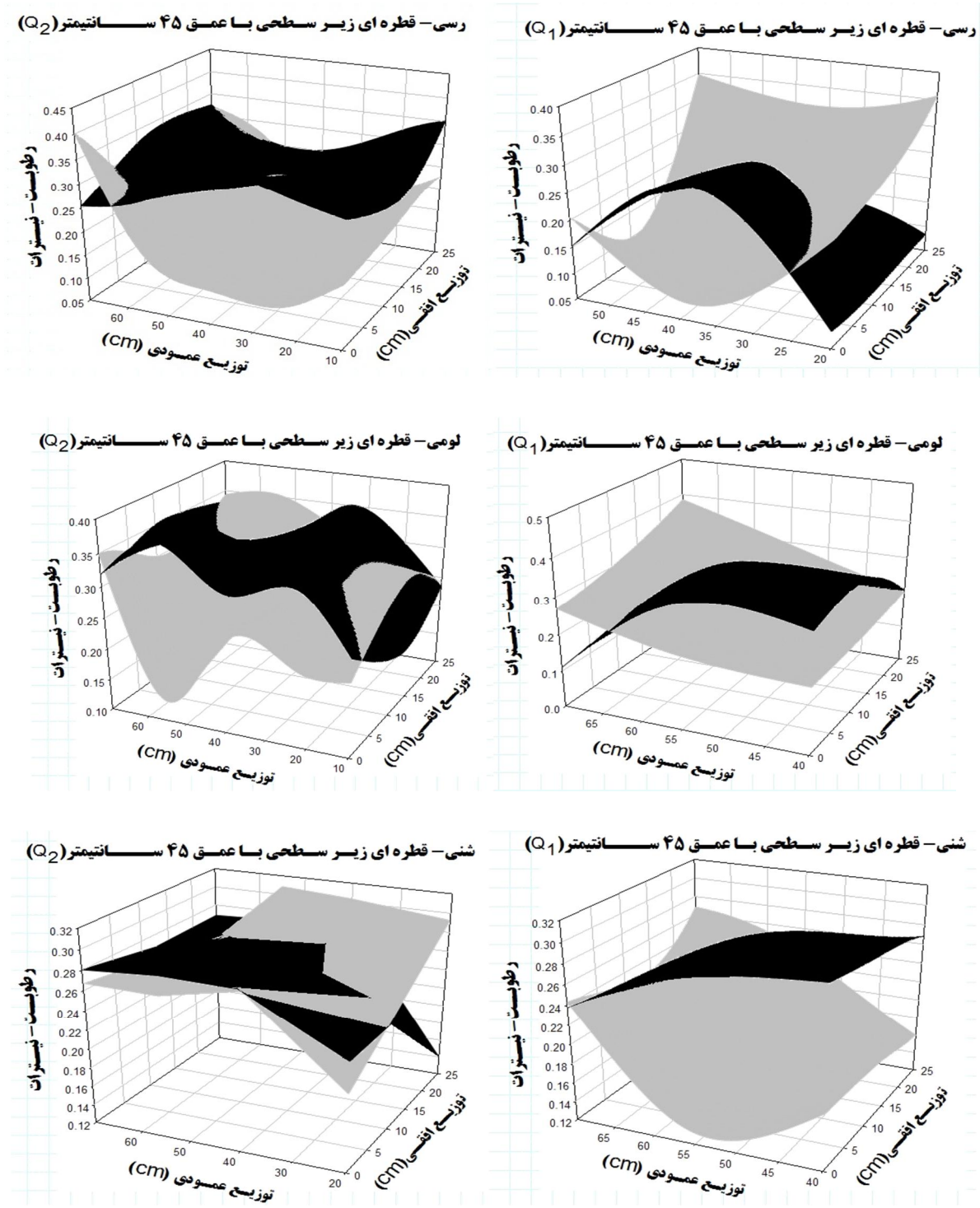
Archive of SID



شکل ۵- مقادیر رطوبت و نیترات اندازه‌گیری شده برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق ۳۰ سانتی‌متر برای سه بافت خاک مورد مطالعه (سطح سیاه، درصد حجمی رطوبت و سطح‌های خاکستری، مقادیر نیترات، mg/cm^3)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- مقادیر رطوبت و نیترات اندازه‌گیری شده برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق ۴۵ سانتی‌متر برای سه بافت خاک مورد مطالعه (سطح سیاه، درصد حجمی رطوبت و سطح‌های خاکستری، مقادیر نیترات، mg/cm^3)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی براساس تابع هدف رطوبت

خاک‌های مورد بررسی	متغیرهای تصمیم‌گیری	سطحی	۱۵ سانتی‌متر	۳۰ سانتی‌متر	۴۵ سانتی‌متر
رسی	Q	-	۳/۴۶	۴/۲۹	۳/۶۵
	V	-	۱۳/۷۴	۲۶/۸۴	۲۴/۶
لومی	Q	۳/۷۴	۳/۴	۴/۴۷	۳/۹۵
	V	۲۸/۸۸	۲۱/۹۹	۳۲/۴۱	۲۲/۴۴
شنی	Q	۳/۲۲	۶/۳۸	۳/۱۴	۲/۸۴
	V	۱۴/۶	۲۴/۳	۱۷/۶۷	۱۳/۸۹

Q: دبی خروجی از قطره‌چکان بر حسب لیتر در ساعت، V: حجم آب کاربردی بر حسب لیتر

جدول ۴- مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی براساس توابع هدف رطوبت و نیترات

خاک‌های مورد بررسی	متغیرهای تصمیم‌گیری	سطحی	۱۵ سانتی‌متر	۳۰ سانتی‌متر	۴۵ سانتی‌متر
رسی	Q	-	۳/۷۲	۴/۹۹	۴/۴۸
	F	-	۱۰۴	۱۰۴	۱۰۲
	V	-	۱۲/۳	۲۰/۹	۱۹/۵۶
لومی	Q	۴/۸۴	۴/۲۶	۵/۳۵	۶/۹۱
	F	۱۰۰	۱۰۶	۱۰۴	۱۰۶
	V	۱۹/۳۴	۱۴/۷۶	۲۴/۶۸	۳۸/۹۹
شنی	Q	۶/۲۷	۶/۶۹	۶/۸۱	۶/۳۵
	F	۱۰۲	۱۰۰	۱۰۶	۱۰۲
	V	۲۳/۰۶	۱۸/۲۲	۱۴/۴۹	۳۴/۶۵

Q: دبی خروجی از قطره‌چکان بر حسب لیتر در ساعت، V: حجم آب کاربردی بر حسب لیتر، F: غلظت نیترات در کودآبیاری بر حسب میلی‌گرم در لیتر.

منابع

۱. عباسی ف. ۱۳۸۶. فیزیک خاک پیشرفته، انتشارات دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ. ۲۵۰ ص.

2. Al-Nabulsi Y. A. Hilalia A. M. Al-Tahir O. A. Mahmoud S. H. Al-Jasim A. A. and Al-Arfaj A. H. 2000. Subsurface drip irrigation technology for safflower production and water Subsurface drip irrigation technology for safflower production. Proceedings of the 4th Decennial Symposium, Phoenix, Arizona, USA, November 14-16, 2000. pp. 647-653
3. Kandelous M. M. and Simunek J. 2010a. Comparison of numerical, analytical, and empirical models to estimate wetting patterns for surface and subsurface drip irrigation. Journal of Irrigation Science. 28: 435-444.
4. Kandelous M. M. and Simunek J. 2010b. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. Journal of Agricultural Water Management. 97: 1070-1076.
5. Lamm F. R. Ayars J. E. Nakayama F. S. 2007. Micro irrigation for crop production (Design, Operation and Management). Elsevier book. 642 p.
6. Lamm F.R. Schlege A. J. and Clark G. A. 2004. Development of a best management practice for nitrogen fertigation of corn using SDI. Applied Engineering in Agriculture. 20(2): 211-220.
7. Lamm F. R. Trooien T. P. Manges H. L. and Sunderman H. D. 2001. Nitrogen fertilization for subsurface drip- irrigated corn. Transactions of the ASAE. 44(3): 533-542.
8. Li J. Zhang J. and Ren L. 2003. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. Journal of Irrigation Science. 22: 19-30.
9. Oron G. DeMalach Y. Gillerman L. David I. and Rao V. P. 1999. Improved saline water use under subsurface drip irrigation. Agricultural Water Management. 39: 19-33.
10. Sorensen R. B. Bader M. J. and Wilson E. H. 2004. Cotton yield and grade response to nitrogen applied daily through a subsurface drip irrigation system. Applied Engineering in Agriculture. 20(1): 13-16.
11. Steele D. D. Greenland R. G. and Gregor B. L. 1996. Subsurface drip irrigation systems for specialty crop production in North Dakota. Applied Engineering in Agriculture. 12(6): 671-679.
12. Thompson T. L. Doerge A. and Godin R. E. 2002. Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: I. Yield, quality, and nitrogen

www.SID.ir

Archive of SID

13. uptake. Soil Science Society of America Journal. 66: 186-192.

14. Vlassak K. Bomans H. and Van den Abbeel R. 1991. Ammonia emission and control after land spreading livestock waste. In: Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming. Nielsen V. C. Voorburg J. H. and Hermite P. L. (Eds.), London: Elsevier Applied Science. pp. 116-125.

www.SID.ir