تغییرات کیفی رواناب در شالیزارهای گیلان و فومنات

تیمور سهرابی، عطاالله حسینی و خلیل طالبی[۱]

چکیده

مقدار مصرف کود شیمیایی در کشاورزی از نظر مسائل زیست محیطی و مسمومیت انسانی مهم است. هدف از انجام این پژوهش تعیین بار آلودگی از طریق بررسی کیفیت رواناب و تغییر غلظت عواملی بود که در تعیین کیفیت آب آبیاری شالیزارها پارامترهایی مهم هستند. در سال زراعی ۷۵-۷۶، چهار مزرعه برنج با مساحت‌های متغیر (۰/۲۲ تا ۰/۶ هکتار) در شهرستان فومن انتخاب شد. در این مزارع رواناب به طور پشت سر هم در آبیاری کرت‌های پایین دست استفاده می‌شد. کمیت و کیفیت رواناب در خروجی کرت‌ها و مزارع مورد سنجش قرار گرفت.

مقدار رواناب در مزارع، ۲-۶۴ درصد برآورد شد. رواناب و آب آبیاری در طبقه C3S1 قرار داشت. تفاوت میانگین مقادیر SAR، DO، EC و pH و تفاوت میانگین غلظت هر یک از عناصر Cu، Zn، B، P و K در آب ورودی و رواناب معنی‌دار نبود. این عوامل در آب آبیاری و رواناب، در دامنهٔ مطلوب تا مجاز برای آبیاری برنج قرار داشت. غلظت ازت در آب آبیاری از ۰/۰۵ تا ۱۰/۳ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود، و پس از کود دادن مزرعه، غلظت ازت در رواناب افزایش چشم‌گیری نشان داد. میانگین غلظت یون NO_3^- در رواناب، نسبت به میانگین غلظت این یون در آب ورودی دارای تفاوت معنی‌دار بود، به نحوی که در فصل آبیاری از هر هکتار شالیزار ۲۰ کیلوگرم نیترات از طریق رواناب خارج می‌شد. میانگین بار مواد محلول در آب‌های ورودی و خروجی مزارع به ترتیب ۱۶۱۸ و ۱۴۷۶ کیلوگرم در شبانه‌روز از سطح یک هکتار بود. تفاوت میانگین بار مواد ورودی و خروجی (۱۴۲ کیلوگرم در یک هکتار) در سطح یک درصد معنی‌دار بود. از مزرعه پنجم که در لاهیجان قرار داشت، پس از سم‌پاشی با حشره‌کش دیازینون، به مدت ۱۰ روز پی‌درپی نمونه‌برداری شد. غلظت حشره‌کش در آب مزرعه بلافاصله پس از سم‌پاشی ۹۳/۰۸ بود، ولی ۱۰ روز پس از سم‌پاشی به ۰/۹۸ mg/l کاهش یافت. نتایج این بررسی نشان داد که اکثر عوامل کیفی اندازه‌گیری شده در حد مجاز برای آبیاری شالیزار بودند.

واژه‌های کلیدی: رواناب، شالیزار، گیلان، آلودگی

مقدمه

وجود رواناب نشانهٔ پایان آبیاری در آبیاری شیاری و نواری است، زیرا در این دو روش محلی برای ذخیره سطحی در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین، پس از رسیدن جبهه پیشروی به انتهای نوار یا شیار، باید مدتی آب در تماس با خاک باقی بماند تا به

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و استادیار گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

اندازهٔ نیاز آبیاری در خاک نفوذ کند. در این مدت رواناب به طور نسبی از انتهای شیار یا نوار خارج می‌شود، و این باعث کاهش بازده کاربرد آب می‌شود. برای جلوگیری از کاهش بازده کاربرد آب روش‌هایی برای کاهش رواناب و یا استفاده مجدد از آن به کار گرفته می‌شود، که عبارتند از: روش کاهش دبی، آبیاری موجی و بازیافت رواناب.

در روش‌های کاهش دبی و یا آبیاری موجی، رواناب از نظر تأثیری که بر بازده کاربرد آب در مزرعه دارد ارزیابی می‌گردد. در بازیافت، رواناب از جنبهٔ طراحی سازه‌ها و تجهیزات لازم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اما به تغییرات کیفی رواناب از نظر کاربرد آن در آبیاری نیز توجه می‌شود (۴). بررسی کیفیت رواناب، تنها محدود به کاربرد آن نمی‌گردد، بلکه موارد زیر نیز مورد توجه است:

- بررسی امکان فرسایش اراضی بالادست و هدر رفتن مواد غذایی مورد نیاز گیاه.
- تخلیه رواناب حاوی کود به زهکش‌ها و رویش شدید علف هرز.
- راه‌یابی رواناب آلوده به کود و سموم شیمیایی، به منابع آب آشامیدنی.
- تخریب اکوسیستم‌های آبی به علت ورود آب آلوده به کود و سموم شیمیایی.

گرچه بهره‌برداری از رواناب در آبیاری پیشینه‌ای بسیار طولانی دارد، ولی پژوهش در این زمینه از چهار دهه قبل آغاز شده است. مطالعات ابتدا بیشتر در مورد تقسیم‌بندی روش‌ها و اصول طراحی انجام می‌شد. روش بازیافت رواناب بیشتر دربارهٔ اصول طراحی ایستگاه پمپاژ و حجم مخزن یا کانال ذخیره بود.

نخستین بار در سال ۱۹۶۴، دیویس (۶) کیفیت رواناب و آثار استفاده از کود و سموم شیمیایی را بر منابع آب آشامیدنی، فرسایش خاک توسط رواناب و رسوب‌گذاری در تأسیسات و مجاری بازگشت جریان، بررسی کرد. در سال‌های ۶۶-۶۸ بوندورانت (۵) میزان فسفات و نیترات موجود در رواناب را بررسی و آن را با غلظت این یون‌ها در آب آبیاری مقایسه نمود. در سال ۱۹۷۵ استرینگهام و حامد (۱۰) نمودارها و روابطی برای طراحی سیستم‌های بازیافت رواناب در شیارها ارائه نمودند، که مورد استفاده بسیاری از طراحان و مهندسین قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۸۳ ردی و کلیما (۹) روش‌های بهینه‌سازی این سیستم‌ها را با استفاده از روش‌های طراحی استرینگهام ارائه نمودند.

از اوائل دهۀ ۱۹۸۰ آثار زیست محیطی فاضلاب‌های کشاورزی توجه پژوهشگران را جلب نمود. پس از آن منابع آلوده‌ساز، مانند سموم شیمیایی، و فرآیندهای جذب و تجزیه و انتقال آنها توسط رواناب، و نیز کودهای ازتی و اشکال گوناگون آن در ارتباط با سیستم آبیاری، نوع محصول، طرز کشت، و تأثیر نحوهٔ استفاده بر مقدار و غلظت آن در رواناب بررسی شد، و روش‌های جلوگیری از انتقال آلودگی‌ها مورد تحقیق قرار گرفت. در دو دهۀ اخیر، در زمینهٔ انتقال آلودگی‌ها از طریق زه‌آب و رواناب، و نیز برای بازیافت رواناب، از نظر فنی و اقتصادی مدل‌های کامپیوتری بسیاری پرداخته شده است. انتظار می‌رود در آینده این مدل‌ها عمومیت بیشتری یافته، و یا مدل‌های نوینی ارائه گردد (۱، ۷ و ۸).

در سال ۱۹۹۳ گیلدیون (۸) مدلی به نام مدل تصمیم‌گیری[1] را برپایهٔ داده‌های حاصل از مزارع پنبه سن‌ژاکین[2]، برای سیستم‌های بازیافت رواناب ارائه داد. نام برده بازیافت رواناب را به دلیل کاهش مصرف آب، جلوگیری از آثار زیان‌بار زیست محیطی و بالا بردن دقت در مدیریت دارای برتری دانست. برپایهٔ مدل یاد شده، گنجایش مخزن یا کانال ذخیره‌سازی رواناب، و قطر لوله برآورد شده، تحلیل اقتصادی سیستم انجام، و مناسب‌ترین ترکیب هزینه‌ها انتخاب می‌گردد. در این بررسی نشان داده شده که میان راه کارهای ممکن مانند تزریق در اعماق خاک، کاهش مصرف آب و یا تصفیه رواناب، بازیافت بهترین روش می‌باشد.

در سال‌های ۹۱-۹۵ در ژاپن، فوکودا و کورودا (۷) نسبت

1. Decision making model 2. San Joaquin Valley

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

اختلاط آب اصلی و رواناب را برای مزارع برنج، با توجه به محدودیت‌های عوامل کیفی در آبیاری برنج تعیین نموده، و توابع نمایی ارائه کرده‌اند. ایشان نسبت رواناب به آب اصلی را برای منطقه کوبوتا[1] حدود ۰/۴ برآورد نمودند.

در ایران تنها پژوهش در سال ۱۳۷۳ توسط اسدی (۱) در منطقهٔ گرگان و دربارهٔ آبیاری پنبه صورت گرفت، و نشان داده شد که با توجه به دامنه فرساینده و غیرفرساینده بودن دبی شیارها، استفاده از دبی ۱/۱ لیتر در ثانیه شیارها مناسب‌تر بوده، و در این شرایط امکان بهره‌برداری از رواناب وجود دارد. در این حالت، کیفیت رواناب از لحاظ SAR و مواد غذایی مناسب است، ولی مسائلی همچون رسوب در لوله بازگشت افزایش ازت و پتاسیم در رواناب می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی کیفیت رواناب در مزارع برنج گیلان و تغییرات کیفی عواملی بود که در تعیین کیفیت آب شالیزارها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. عوامل مورد سنجش عبارت بودند از pH، EC، TDS، N (شامل شکل‌های مختلف ازت)، P، K، SAR، Cu، Zn، DO و B. افزون بر اینها، تغییرات غلظت ازت و شکل‌های مختلف آن پس از کودپاشی آزمایش گردید. این امر برای آگاهی از میزان خروج کودهای شیمیایی از مزرعه در دورهٔ آبیاری لازم به نظر رسید. ضمناً، غلظت سم در آب مزرعه پس از سم‌پاشی با حشره‌کش دیازینون، به منظور بررسی چگونگی تغییرات غلظت آن نسبت به زمان اندازه‌گیری شد، تا مدت خطرساز بودن ورود آب مزرعه به منابع آبی تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

چهار مزرعه A، B، C و D در واحد عمرانی F_2 در شهرستان فومن انتخاب شد. مزرعه A دارای مساحت کل ۳۰۷۵ متر مربع با پنج کرت پشت سرهم به مساحت‌های ۳۴۰ تا ۸۱۶ متر مربع بود. مزرعه B دارای سه کرت پشت سرهم به مساحت‌های ۱۵۴۰، ۱۸۰۰ و ۲۶۳۰ متر مربع بود. مزرعه C نیز ۳ کرت پشت سرهم به مساحت‌های ۱۰۸۳، ۱۰۰۰ و ۹۵۳ متر مربع داشته و مزرعه D با مساحت کل ۳۱۲۰ متر مربع دارای ۵ کرت به مساحت‌های ۴۶۰ تا ۹۲۰ متر مربع بود. آب‌گیری مزرعه A از زهکش C-۱۶، B از کانال S_9D، C از کانال S_5G-۱۴ و D از زهکش C_9D-۱۴ بود. نقشه ۱ موقعیت مزارع انتخابی را در واحد عمرانی F_2 نشان می‌دهد. معیار انتخاب این مزارع آسانی دسترسی، پشت سر هم بودن کرت‌ها، داشتن کمترین تعداد ورودی و خروجی از کرت‌ها و نداشتن ورودی و خروجی جانبی در مرز کرت‌ها نسبت به مزارع همسایه بود.

در طی فصل آبیاری، دبی ورودی و خروجی مزرعه و کرت‌های آن، با استفاده از فلوم WSC و یا به روش حجمی اندازه‌گیری شد. هم زمان با اندازه‌گیری دبی، ۸۱ نمونه از آب ورودی و خروجی کرت‌ها و مزرعه نمونه‌برداری گردید، و نمونه‌ها برای تعیین پارامترها و عناصر کیفی به آزمایشگاه انتقال یافت.

برای تعیین میزان سم موجود در رواناب، مزرعه‌ای در روستای خالو باغ لاهیجان انتخاب شد. پس از سم‌پاشی علیه کرم ساقه‌خوار با امولسیون ۶۰ درصد دیازینون، به مدت ده روز پی‌درپی، یک نمونه به حجم ۴۰۰-۴۷۵ میلی‌لیتر برداشته و تجزیه گردید.

در تعیین غلظت عناصر و یا پارامترهای کیفی برای تحلیل و تفسیر نتایج، هرگاه کرت‌ها بیش از یک ورودی و یا خروجی داشت از میانگین وزنی استفاده گردید، یعنی به غلظت C اندازه‌گیری شده وزن دبی محل اندازه‌گیری (q) داده شد:

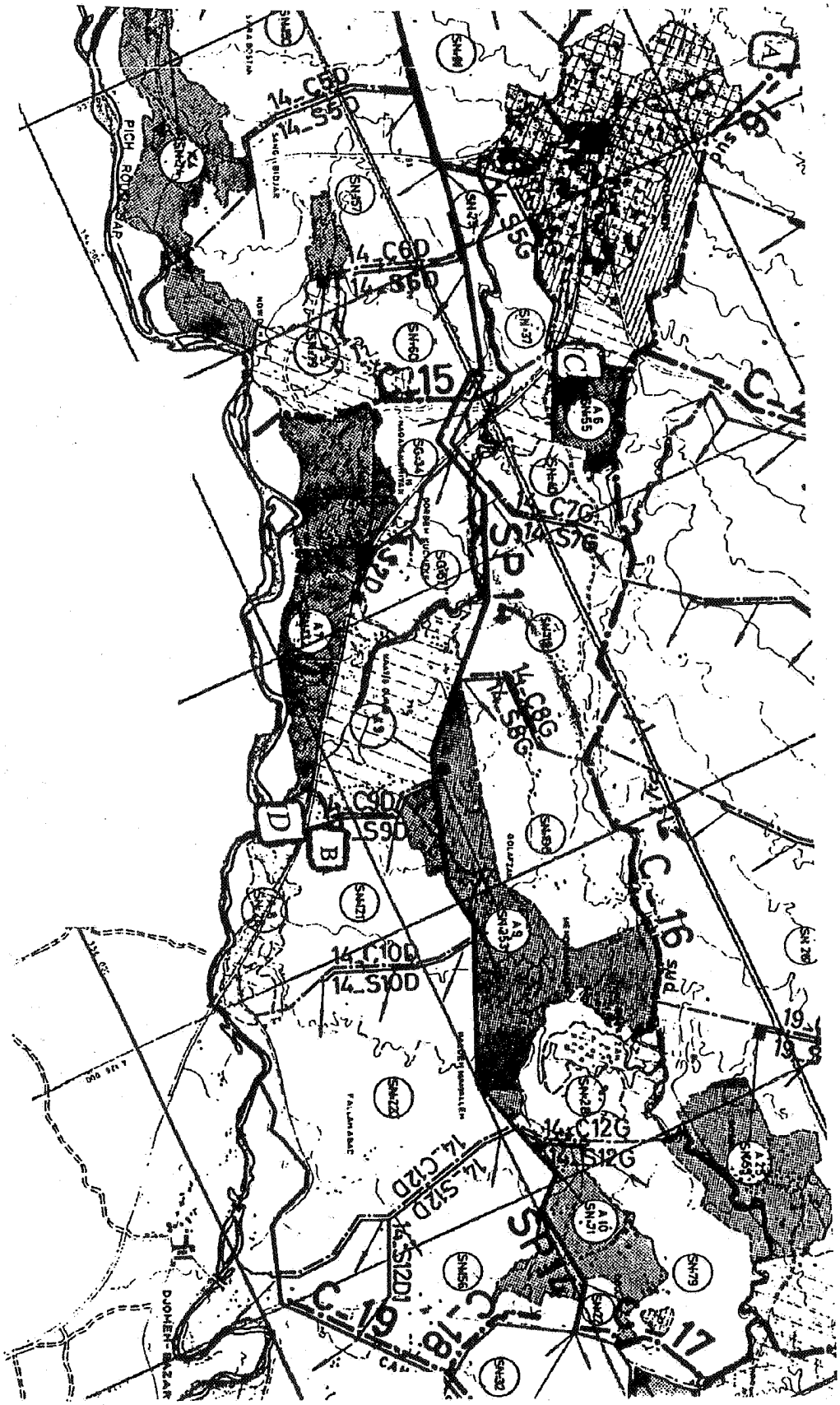
$$\overline{C}=\sum C_i q_i / \sum q_i \qquad [1]$$

افزون بر این، به علت یکسان نبودن مساحت کرت‌ها، برای حذف اثر مساحت، مدول ورودی به جای دبی ورودی (یا خروجی) در محاسبات منظور گردید. برای حذف نسبت‌هایی از رواناب که امکان خطا در آنها وجود داشت، رابطهٔ نسبت رواناب با انجام عملیاتی به یک رابطهٔ خطی تغییر می‌یابد:

1. Kubota

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]



نقشه ۱. موقعیت مزارع A، B، C و D در واحد عمرانی F_2

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

$$TWR = \frac{Q_o}{Q_i} = \frac{q_o}{q_i} \qquad [۲]$$

که در آن TWR نسبت رواناب، q_i و q_o به ترتیب مدول ورودی و خروجی و Q_i و Q_o دبی ورودی و خروجی است، که به علت غرقاب دائم کرت‌ها و مزارع، رابطه فوق برای هر اندازه‌گیری پذیرفتنی است.

$$q_o = q_i - (D_p + ET_c) \times ۱۰^۴ \qquad [۳]$$

در این رابطه D_P نفوذ عمقی و ET_c تبخیر و تعرق گیاه بر حسب میلی‌متر در ثانیه است. اگر $u = (D_p + ET_c) \times ۱۰^۴$ فرض شود، از قرار دادن رابطه ۲ در رابطه ۳، و لگاریتم گرفتن از طرفین آن، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Log\ (۱ - TWR) + Log\ (q_i) = Log\ u \qquad [۴]$$

از رگرسیون خطی میان مقادیر $Log(q_i)$ و $Log(۱-TWR)$، که در اندازه‌گیری ورودی و خروجی کرت‌های مزرعه حاصل می‌شود، معادله ۴ از طریق اندازه‌گیری به دست می‌آید. البته در شرایط ایده‌آل ضریب زاویه معادله ۴ برابر ۱- است، و $Log(u)$ که مقدار ثابت معادله است در هر بار اندازه‌گیری تغییر می‌کند. سری معادلاتی که در هر اندازه‌گیری، و یا در یک زمان در مزارع مختلف به دست می‌آید، موازی یکدیگرند.

اگر در رابطه ۴ رواناب برابر صفر باشد، مقدار u (مدول متوسط مورد نیاز مزارع) در زمان اندازه‌گیری معین می‌گردد. اگر اندازه‌گیری در زمان حداکثر مصرف گیاه انجام شود، مدول طراحی شبکه آبیاری به دست می‌آید، و اگر دبی‌های اندازه‌گیری شده، که در عملیات رگرسیون دخالت داده می‌شوند، برابر میانگین دبی‌ها طی یک دوره اندازه‌گیری باشد، میانگین مدول مورد نیاز مزرعه در دورهٔ اندازه‌گیری به دست می‌آید.

در این طرح با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری، معادله ۴ برای مزارع A، B، C و D به طور مستقل، و نیز برای تمامی مزارع ترسیم شد. افزون بر این، معادلات مربوط به بیشترین مقدار u (حداکثر مصرف) و کمترین مقدار u (حداقل مصرف)، با توجه به نفوذپذیری و مصرف گیاه ترسیم گردید. غلظت عناصر و عوامل کیفی در آب ورودی نسبت به آب خروجی از مزارع، مورد سنجش قرار گرفت. علاوه بر این، آزمون برابری میانگین غلظت نیز با روش t-Student انجام شد.

برای تعیین میزان ازت کل (Total-N) از روش کجلدال، و برای اندازه‌گیری یون‌های ازت‌دار (NO_3^-، NH_4^+ و NO_2^-) از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. در اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم فلیم فوتومتر و در اندازه‌گیری EC، هدایت‌سنج به کار رفت. برای تعیین کلسیم و منیزیم از روش تیتراسیون و قلیایی کردن محیط، و برای مس و روی از دستگاه جذب اتمی[1] استفاده گردید. بُر و فسفر به ترتیب به کمک روش‌های عصاره‌گیری با آب داغ و سپس روش گورکامین و اولسن اندازه‌گیری شدند. برای تعیین DO از دستگاه اکسیژن‌سنج محلول، و برای تعیین TDS از خشک کردن املاح در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد بهره گرفته شد. استخراج دیارینون از آب و اندازه‌گیری آن براساس روش زوییگ (۱۱)، با تغییراتی انجام گردید. این روش به شرح زیر است:

استخراج. نمونه‌های آب به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر توسط مزور اندازه‌گیری شده، وارد دکانتور استخراج به حجم دو لیتر گردید. نمونه‌ها با ۱۰۰ میلی‌لیتر اتر دوپترول برای مدت ۱-۲ دقیقه به شدت تکان داده و بعد در گیره ساکن گذاشته شد، تا دو لایه از هم جدا شود. بعد از جدا شدن، لایه آبی در یک دکانتور دیگر تخلیه و مجدداً با ۵۰ میلی‌لیتر اتر دوپترول استخراج گردید. عمل استخراج یک بار دیگر هم تکرار شد تا جمعاً ۲۰۰ میلی‌لیتر اتر دوپترول جمع‌آوری گردد. اتر حاصل با سدیم سولفات آب‌گیری و خشک، و حجم آن به کمک دستگاه تبخیرکننده دوار به حدود دو میلی‌لیتر رسانده شد.

خالص‌سازی. محلول فوق دارای ناخالصی است که باید از

1. Atomic Absorbtion

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

آن جدا می‌شد. عمل خالص‌سازی به کمک ستون کروماتوگرافی انجام شد. حدود پنج گرم سیلیکاژل (قطر ۰/۲-۰/۶۳ میلی‌متر) وزن شده، درون یک ستون شیردار وارد، و با ۱۰ میلی‌لیتر هگزان نرمال شسته شد، و سپس عصارهٔ حاصل از مراحل قبل به بالای ستون اضافه گردید. ستون ابتدا با ۲۵ میلی‌لیتر هگزان نرمال شسته شد تا ناخالصی‌ها خارج گردد. بعد عمل شستن با ۲۵ میلی‌لیتر محلول پنج درصد دی اتیل‌اتر در هگزان ادامه داده شد تا دیازینون از روی ستون شسته شود. محلول حاصل تبخیر گردید تا حجم آن به یک میلی‌لیتر برسد. این محلول برای اندازه‌گیری نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری کمی به وسیله دستگاه گازکروماتوگراف در مقایسه با محلول استاندارد انجام شد. دستگاه گازکروماتوگراف مورد استفاده Varian مدل ۲۷۰۰ مجهز به دتکتور AFID بود. درجه حرارت انژکتور حدود ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و درجات حرارت ستون و دتکتور به ترتیب ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. سرعت گاز حاصل (ازت) ۱۷ میلی‌لیتر در دقیقه، و سرعت هوا و ئیدروژن به ترتیب ۱۵۰ و ۴۰ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم شد. در این شرایط دیازینون زمان بازداری حدود ۱۴ دقیقه داشت.

نتایج و بحث

نسبت رواناب

جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری دبی‌ها را در مزارع A، B، C و D نشان می‌دهد. ستون ۴ نشان دهندهٔ مساحت تجمعی کرت‌های مزرعه، از محل ورود آب به مزرعه تا خروجی کرت‌ها برای هر اندازه‌گیری است. در ستون ۷ مدول ورودی به مساحت‌های ستون ۴ محاسبه شده است. بین اعداد ستون‌های ۹ و ۱۰ برای تمامی مزارع رگرسیون انجام شده، و اعداد ستون ۱۱ با استفاده از معادله حاصل از رگرسیون به دست آمده است. این عمل برای هر یک از مزارع به طور مستقل نیز انجام شده و اعداد ستون ۱۲ به دست آمده است. ستون‌های ۱۳ و ۱۴ مقادیر حاصل از کاربرد معادلات مربوط به حداقل و حداکثر مصرف u می‌باشد.

برای مزارع A، B، C و D معادلهٔ ۴، با تقریب برابری پارامتر u در هر یک از مزارع، به صورت زیر می‌باشد:

مزرعه A:

$$\text{Log}(1-\text{TWR})=0/821-0/468\times\text{Log}\,q_i \qquad [5]$$

مزرعه B:

$$\text{Log}(1-\text{TWR})=0/2468-0/615\text{Log}\,q_i \qquad [6]$$

مزرعه C:

$$\text{Log}(1-\text{TWR})=0/1886-0/612\text{Log}\,q_i \qquad [7]$$

مزرعه D:

$$\text{Log}(1-\text{TWR})=0/3513-0/917\text{Log}\,q_i \qquad [8]$$

تمامی مزارع:

$$\text{Log}(1-\text{TWR})=0/1395-0/519\text{Log}\,q_i \qquad [9]$$

در معادلات بالا علت اختلاف ضریب Log(qi) با عدد ۱- مربوط به عدم تساوی احتمالی u در زمان‌های اندازه‌گیری، خطای اندازه‌گیری، وجود خروجی یا ورودی غیر قابل اندازه‌گیری در مرزهای مزارع یا نشت از آنهاست.

نمودارهای ۱ و ۲ نتایج معادلات حاصل را برای مزارع A و D نشان می‌دهد. در نمودار ۳ معادلات مربوط به حداقل u (حداقل مصرف) و حداکثر آن (حداکثر مصرف) ترسیم شده است. با توجه به آمار و اطلاعات موجود، تبخیر و تعرق برنج و نفوذ عمقی، به ترتیب برابر ۳ و ۰/۶ l/s/ha منظور شده است. ملاحظه می‌شود که معادله رگرسیون با زاویه قابل توجهی خطوط مربوط به کمترین و بیشترین مقدار u را قطع می‌کند، و بسیاری از نقاط اندازه‌گیری شده در خارج از محدوده بین دو خط قرار دارند، که بیانگر خطای TWR ناشی از اندازه‌گیری دبی خروجی است. این نقاط در دبی‌های بیش از ۵ l/s/ha (محل برخورد خط رگرسیون با خط بیشترین u) و در بالای خط مذکور قرار دارند، و در واقع مقدار TWR را کمتر از کمترین مقدار ممکن نشان می‌دهد. این امری بدیهی است، زیرا با افزایش دبی ورودی امکان نشت از مرز کرت‌ها و جریان‌های جزئی غیر قابل اندازه‌گیری افزایش می‌یابد.

اگر در معادلهٔ ۹ نسبت رواناب (TWR) برابر صفر باشد،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

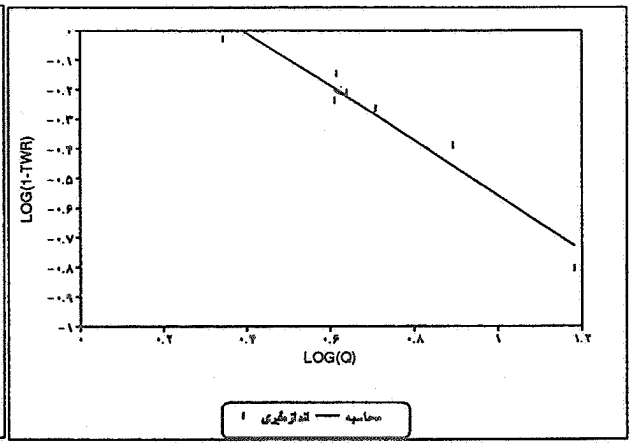
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

جدول ۱. تغییرات رواناب نسبت به دبی جریان ورودی

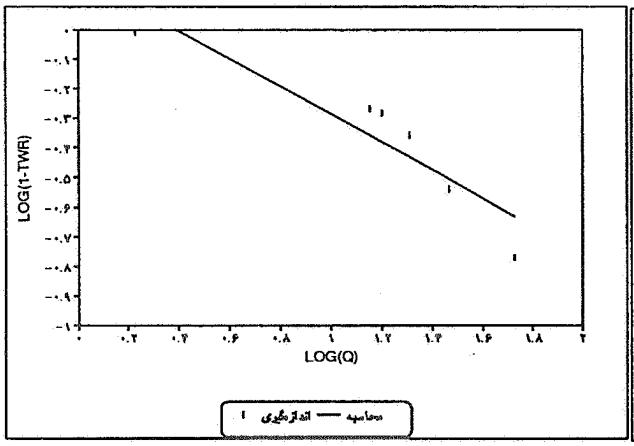
نام مزرعه	تاریخ اندازه‌گیری	مساحت (m^2)	مساحت‌تجمعی (m^2)	دبی‌ورودی (L/S)	دبی‌خروجی (L/S)	مدول‌ورودی L/S/ha	نسبت رواناب	log(۱-TWR)	log(q)#	log(۱-TWR)## تمامی‌مزارع	مزارع مستقل	حداقل مصرف	حداکثر مصرف
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
A	۷۶/۳/۲۸	۸۱۶	۸۱۶	۴/۳۵۴	۳/۶۲۷	۵۳/۳۶	۰/۸۳	-۰/۷۷۰	۱/۷۳	-۰/۷۶	-۰/۶۳	-۱/۹۵	-۱/۲۵
A	۷۶/۳/۲۸	۶۶۸	۱۴۸۴	۳/۶۲۷	۳/۰۹۴	۲۹/۳۰	۰/۷۱	-۰/۵۳۸	۱/۴۷	-۰/۶۲	-۰/۵۰	-۱/۶۹	۰/۹۹
A	۷۶/۳/۲۸	۶۵۱	۲۱۳۵	۳/۰۹۴	۲/۴۳۷	۲۰/۴۰	۰/۵۶	-۰/۳۵۷	۱/۳۱	-۰/۵۴	-۰/۴۳	-۱/۵۳	-۰/۸۳
A	۷۶/۳/۲۸	۶۰۰	۲۷۳۵	۲/۴۳۷	۲/۰۷۷	۱۵/۹۰	۰/۴۸	-۰/۲۸۴	۱/۲۰	-۰/۴۸	-۰/۳۸	-۱/۴۲	-۰/۷۲
A	۷۶/۳/۲۸	۳۴۰	۳۰۷۵	۲/۰۷۷	۱/۹۸۲	۱۴/۲۰	۰/۴۶	-۰/۲۶۸	۱/۱۵	-۰/۴۶	-۰/۳۶	-۱/۳۷	-۰/۶۸
A	۷۶/۴/۲۱	۳۰۷۵	۳۰۷۵	۰/۵۱	۰/۰۰۸	۱/۷۰	۰/۰۲	-۰/۰۰۹	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۷	-۰/۴۵	۰/۲۵
B	۷۶/۳/۲۹	۱۵۴۰	۱۵۴۰	۶/۶۲۶	۵/۴۰۱	۴۳/۰۳	۰/۸۲	-۰/۷۴۵	۱/۶۳	-۰/۷۱	-۰/۷۶	-۱/۸۶	-۱/۱۶
B	۷۶/۳/۲۹	۱۸۰۰	۳۳۴۰	۴/۲۱۸	۳/۴۵۴	۱۹/۸۰	۰/۷۱	-۰/۵۳۸	۱/۳۰	-۰/۵۳	-۰/۵۵	-۱/۵۲	-۰/۸۲
B	۷۶/۳/۲۹	۲۶۳۰	۵۹۷۰	۳/۴۵۴	۳/۰۳۶	۱۱/۱۰	۰/۶۴	-۰/۴۴۴	۱/۰۵	-۰/۴۰	-۰/۴۰	-۱/۲۷	-۰/۵۷
B	۷۶/۴/۱۶	۵۹۷۰	۵۹۷۰	۲/۰۲	۰/۲۵۵	۳/۴۰	۰/۱۳	-۰/۰۶۰	۰/۵۳	-۰/۱۴	-۰/۰۸	-۰/۷۵	-۰/۰۵
C	۷۶/۴/۱۸	۳۰۳۶	۳۰۳۶	۰/۴۳	۰/۰۱۰	۱/۴۰	۰/۰۲	-۰/۰۱۰	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۱۰	-۰/۳۷	۰/۳۳
C	۷۶/۵/۱۵	۱۰۸۳	۱۰۸۳	۳/۲۴	۲/۹۱۴	۲۹/۹۰	۰/۹۰	-۱/۰۰۰	۱/۴۸	-۰/۶۳	-۰/۷۲	-۱/۷۰	-۱/۰۰
C	۷۶/۵/۱۵	۱۰۰۰	۲۰۸۳	۲/۹۱۴	۱/۸۰۴	۱۵/۶۰	۰/۵۶	-۰/۳۵۷	۱/۲۰	-۰/۴۸	-۰/۵۴	-۱/۴۲	-۰/۷۲
C	۷۶/۵/۱۵	۹۵۳	۳۰۳۶	۱/۸۰۴	۱/۳۴۷	۱۰/۷۰	۰/۴۲	-۰/۲۳۷	۱/۰۳	-۰/۴۰	-۰/۴۴	-۱/۲۵	-۰/۵۵
D	۷۶/۴/۵	۵۸۰	۵۸۰	۰/۸۸۲	۰/۷۴۳	۱۵/۲۰	۰/۸۴	-۰/۸۰۲	۱/۱۸	-۰/۴۷	-۰/۷۳	-۱/۴۰	-۰/۷۰
D	۷۶/۴/۵	۵۴۵	۱۱۲۵	۰/۷۴۳	۰/۵۲۲	۷/۸۰	۰/۵۹	-۰/۳۸۹	۰/۸۹	-۰/۳۲	-۰/۴۶	-۱/۱۱	-۰/۴۱
D	۷۶/۴/۵	۶۰۳	۱۷۲۸	۰/۵۲۲	۰/۴۰۲	۵/۱۰	۰/۴۶	-۰/۲۶۴	۰/۷۱	-۰/۲۳	-۰/۲۹	-۰/۹۳	-۰/۲۳
D	۷۶/۴/۵	۴۸۰	۲۱۸۸	۰/۴۰۲	۰/۳۷۱	۴/۰۳	۰/۴۲	-۰/۲۳۷	۰/۶۱	-۰/۱۸	-۰/۲۰	-۰/۸۳	-۰/۱۶
D	۷۶/۴/۲۸	۲۱۸۸	۲۱۸۸	۰/۹۰۳	۰/۲۵۹	۴/۱۳	۰/۲۹	-۰/۱۴۷	۰/۶۲	-۰/۱۸	-۰/۲۱	-۰/۸۴	-۰/۱۴
D	۷۶/۴/۳۱	۱۱۲۵	۱۱۲۵	۰/۴۹۱	۰/۱۸۹	۴/۳۶	۰/۳۸	-۰/۲۱۱	۰/۶۴	-۰/۱۹	-۰/۲۲	-۰/۸۶	-۰/۱۶
D	۷۶/۴/۳۱	۱۰۶۳	۲۱۸۸	۰/۱۸۹	۰/۰۳۱	۲/۲۰	۰/۰۶	-۰/۰۲۸	۰/۳۴	-۰/۰۴	۰/۰۴	-۰/۵۶	۰/۱۳

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

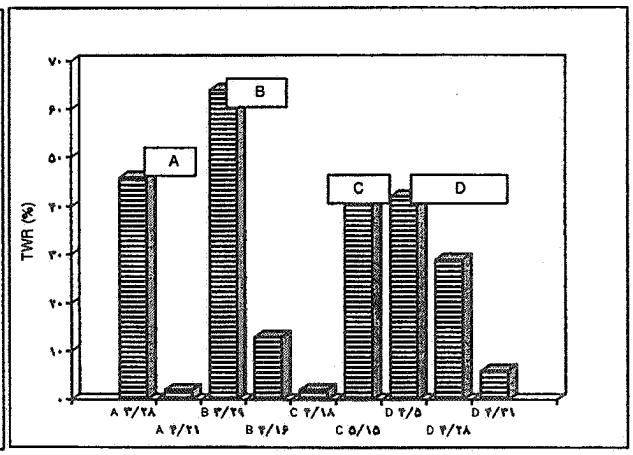
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]



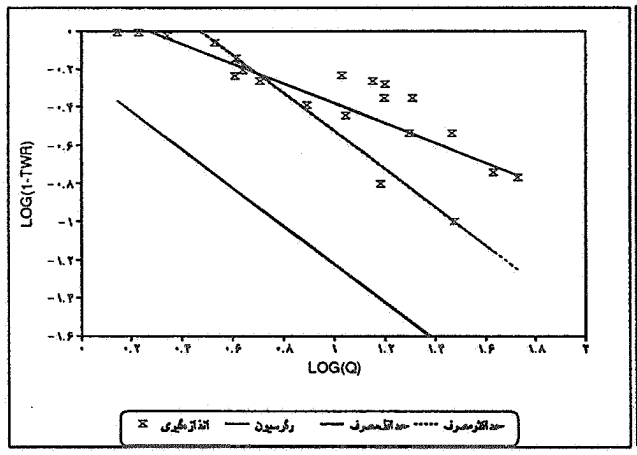
نمودار ۱. تغییرات رواناب نسبت به دبی در مزرعه D



نمودار ۲. تغییرات رواناب نسبت به دبی در مزرعه A



نمودار ۳. تغییرات رواناب در مزارع A، B، C و D



نمودار ۴. تغییرات رواناب نسبت به دبی در مزارع A، B، C و D

میانگین مدول مورد نیاز مزارع ۱/۹ l/s/ha است. در چنین شرایطی با توجه به نفوذ عمقی (۰/۱۲ mm/hr)، بیشترین بازده کاربرد آب برابر ۸۰ درصد می‌باشد.

در نمودار ۴ تغییرات رواناب در مزارع نشان داده شده است. با استفاده از میانگین مقادیر رواناب در هر مزرعه و مقدار نفوذ عمقی (D_p)، بازده کاربرد آب در هر یک از مزارع محاسبه شده، سپس این نتایج با مقادیر حاصل از به کارگیری معادله ۴ مقایسه و در جدول ۲ درج شده است. بازده کاربرد نیز با مقادیر حاصل از کاربرد معادله ۴ مقایسه شده است. این جدول نشان می‌دهد که هرچه در استخراج معادله ۴ از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری، ضریب هم‌بستگی (r) بزرگ‌تر باشد، بازده کاربرد آب که از معادله ۴ و اندازه‌گیری نتیجه می‌شود، دارای اختلاف کمتری است. اما اگر رواناب جزو تلفات منظور نشود (Ea_0)، میان ضرایب هم‌بستگی و تفاوت بازده‌های حاصل از اندازه‌گیری و به کارگیری معادله ۴ رابطهٔ مشخصی وجود ندارد.

تجزیه شیمیایی رواناب

شوری آب آبیاری و رواناب کرت‌ها از ۰/۴۸ تا ۱/۷

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

جدول ۲. بازده کاربرد آب و نسبت رواناب در مزارع

مزرعه	نفوذ عمقی (%)	نسب رواناب (%)		بازده (%)		بازده[1] (%)		ضریب هم‌بستگی
		اندازه‌گیری	معادله(۴)	اندازه‌گیری	معادله(۴)	اندازه‌گیری	معادله(۴)	
A	۱۱	۲۴	۲۸	۶۵	۶۱	۸۹	۸۶	۰/۹۲۱
B	۶/۵	۳۸/۵	۳۸/۵	۵۵	۵۵	۹۳/۵	۸۷	۰/۹۹۴
C	۱۱/۵	۲۲	۳۶/۵	۶۶/۵	۵۷	۸۸/۵	۸۶	۰/۸۲۸
D	۱۰	۲۶	۲۵	۶۴	۶۵	۹۰	۸۶	۰/۹۷۰
میانگین	۹/۸	۲۷/۵	۳۳/۲	۶۲/۵	۵۷	۹۰/۲	۸۰	۰/۸۵۱

۱. بازده وقتی که رواناب جزو تلفات محسوب نشود.

دسی‌زیمنس بر متر (نمودار ۵[1]) و ضریب جذب سدیم (SAR) از ۰/۴۱ تا ۴/۹۸ (نمودار ۶) بود. با توجه به ضریب جذب سدیم و هدایت الکتریکی، ۹۱/۷ درصد نمونه‌های مورد آزمایش در کلاس C_3S_1 قرار داشتند، که نشان دهندهٔ شوری زیاد و سدیم کم می‌باشد، ولی چون برنج از گیاهان نسبتاً مقاوم در برابر شوری است، چنین آبی برای آبیاری برنج پذیرفتنی است (۲).

pH در دامنهٔ قابل قبول ۶/۲-۸/۴ قرار داشت (نمودار ۷). غلظت پتاسیم برابر ۰-۵/۱ mg/l بود (نمودار ۸)، که با توجه به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مصرفی گیاه در سال، و آب‌شویی مداوم و زراعت بدون آیش و همه ساله برنج در اراضی، پتاسیم بیشتری مورد نیاز بوده، و کشاورزان اقدام به مصرف کود پتاسیم می‌نمایند. غلظت فسفر ۰-۱/۵ mg/l (نمودار ۹)، و روی ۰-۰/۲۷ mg/l (نمودار ۱۰) بوده، و از این نظر جزو آب‌های با کیفیت مناسب محسوب می‌گردد. مس دارای غلظت ۰-۰/۹ mg/l (نمودار ۱۱) بود، که حد بالای آن بیش از غلظت مناسب برای آبیاری برنج است. بُر نیز دارای غلظت ۰-۰/۹۶ mg/l (نمودار ۱۲) بوده و گرچه بیش از غلظت آستانه زیان برای بعضی از گیاهان زراعی است (۳)، ولی برنج چنین غلظتی را به خوبی تحمل می‌کند.

نمودارهای ۱۳ تا ۱۶ چگونگی تغییر غلظت اجزای تشکیل دهنده ازت کل را در آب ورودی و خروجی مزارع نشان می‌دهند.

غلظت ازت نیتراتی ۰/۰۳-۸/۷۵ mg/l (نمودار ۱۳)، ازت آمونیاکی ۰/۰۱-۱/۶۵ mg/l (نمودار ۱۴) و ازت نیتریتی ۰-۰/۲۵ mg/l (نمودار ۱۵) بود. ازت کل دارای دامنه تغییرات ۰/۰۵ تا ۱۰/۳ mg/l بود (نمودار ۱۶).

زیاد بودن غلظت ازت در رواناب، به ویژه ازت نتیراتی و آمونیاکی، عموماً مربوط به کاربرد کودهای شیمیایی، مانند نیترات آمونیوم، در شالیزارها است. به طور کلی، میانگین غلظت ازت کل ۳/۰۶ mg/l می‌باشد، که ۷۹ درصد آن ازت نیتراتی، ۱۹ درصد ازت آمونیاکی و ۲ درصد ازت نیتریتی بود. حضور ازت به میزان ۳/۰۶ mg/l گرچه برای بسیاری از گیاهان زراعی مناسب است، ولی برای برنج نامناسب بوده و می‌بایست در بازیافت به آن توجه شود.

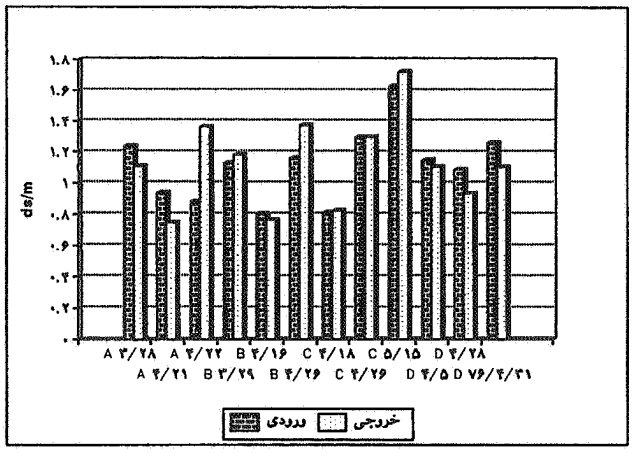
کاهش یا افزایش یون NO_2^- از روند خاصی پیروی نمی‌نماید و تفاوت میانگین غلظت ورودی و خروجی در سطح ۱۰٪ معنی‌دار نبود.

یون NO_3^- دارای میانگین غلظت ۱۰/۱۸ mg/l و ۱۵/۸۳ mg/l، به ترتیب در آب ورودی و خروجی شالیزارهای انتخابی بود، که در سطح احتمال ۹۰ درصد دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد. نمودار ۱۳ نشان می‌دهد که غالباً غلظت نیترات در خروجی بیش از ورودی بوده، و پس از کودپاشی مزارع افزایش بیشتری دارد (مزرعه C، ۷۶/۴/۱۸ و ۷۶/۵/۱۵،

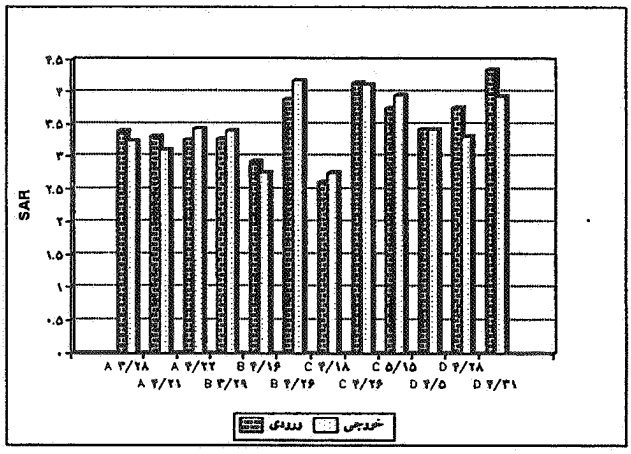
۱. در نمودارها، مقادیر مربوط به ورودی و خروجی مزارع است، ولی حدودی که در متن آمده مقادیر را در تمامی نمونه‌هایی که از کرت‌های متوالی برداشته شد نشان می‌دهد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

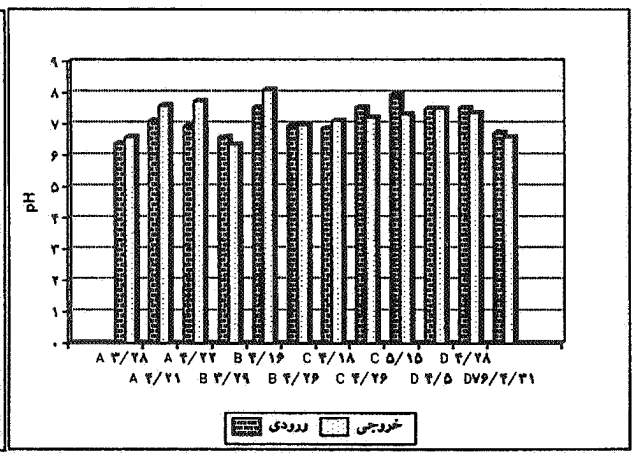
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]



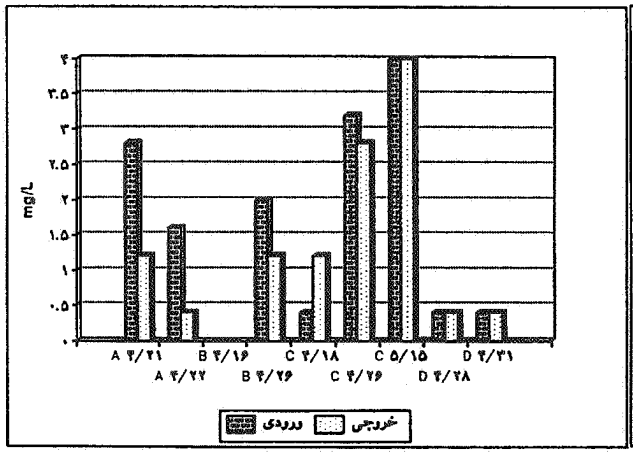
نمودار ۵. تغییرات EC در آب ورودی و خروجی مزارع



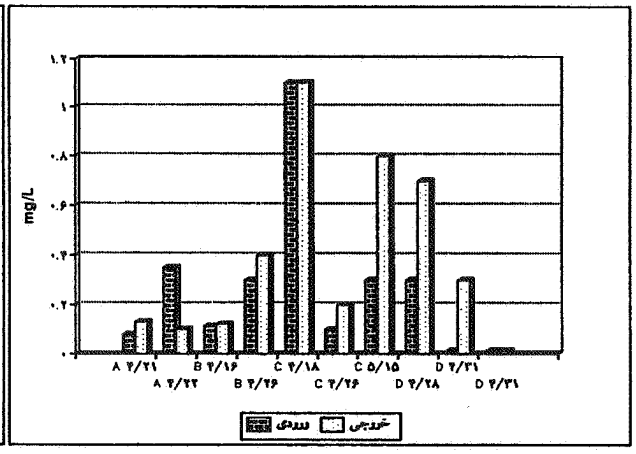
نمودار ۶. تغییرات SAR در آب ورودی و خروجی مزارع



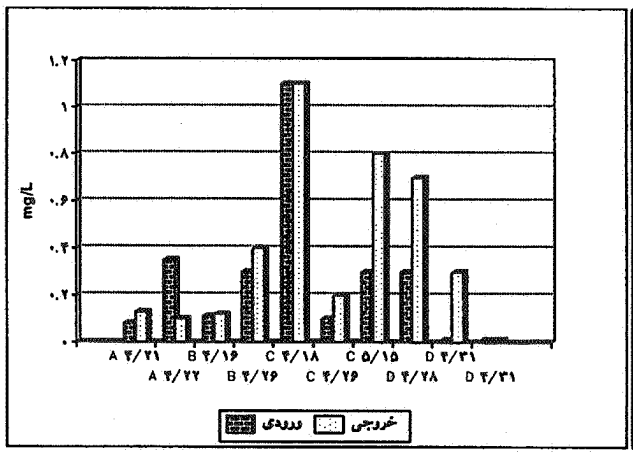
نمودار ۷. تغییرات pH در آب ورودی و خروجی مزارع



نمودار ۸. تغییرات پتاسیم در آب ورودی و خروجی مزارع



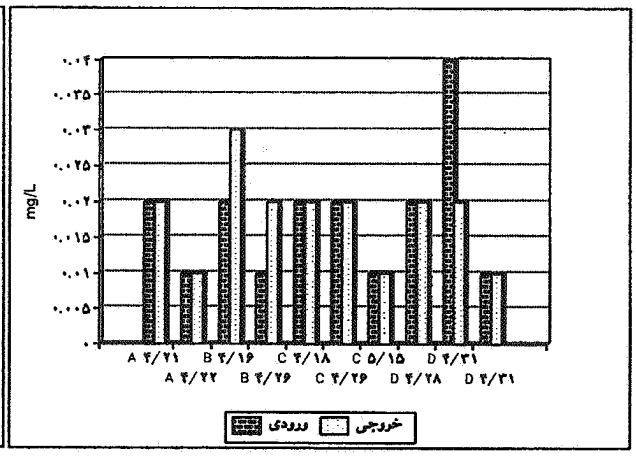
نمودار ۹. تغییرات فسفر در آب ورودی و خروجی مزارع



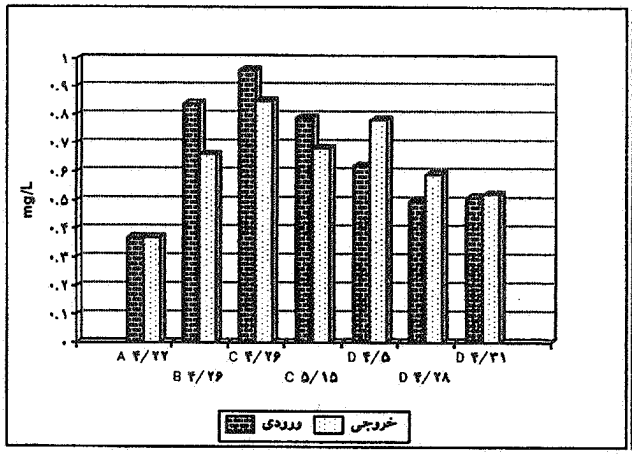
نمودار ۱۰. تغییرات روی در آب ورودی و خروجی مزارع

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

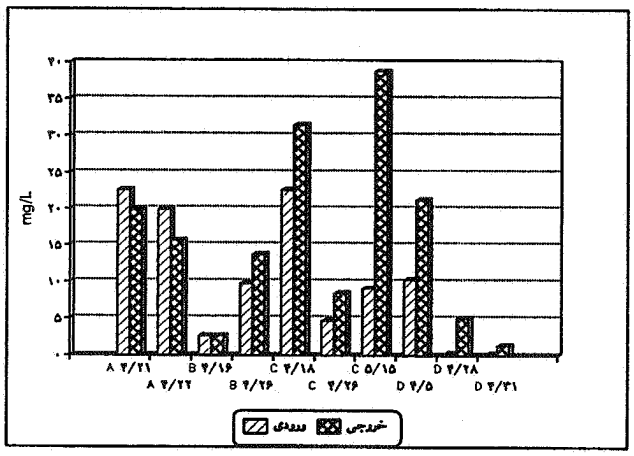
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]



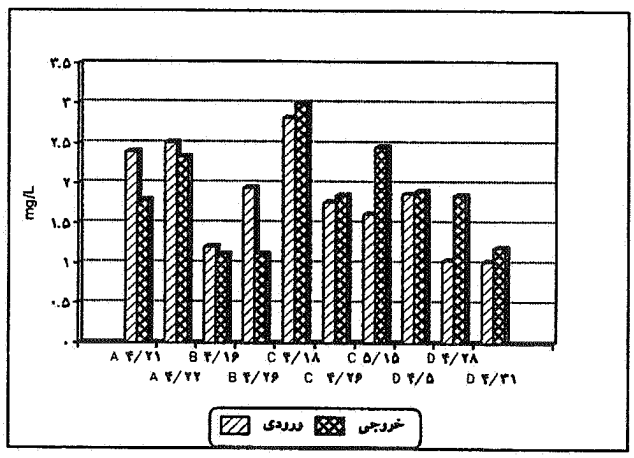
نمودار ۱۱. تغییرات غلظت مس در آب ورودی و خروجی مزارع



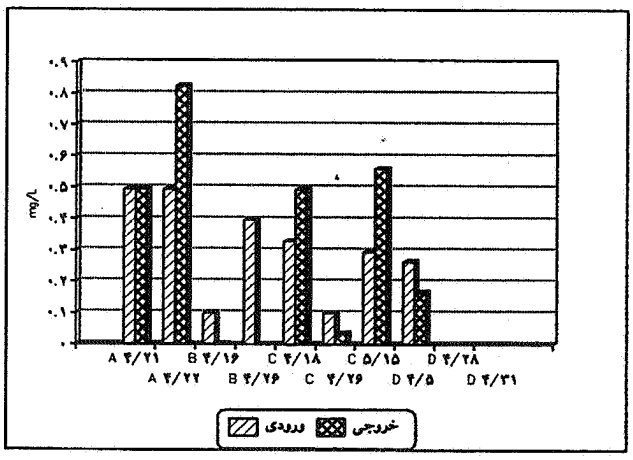
نمودار ۱۲. تغییرات غلظت بُر در آب ورودی و خروجی مزارع



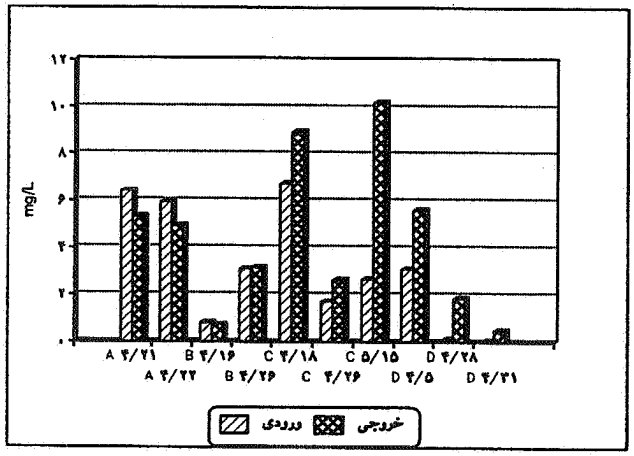
نمودار ۱۳. تغییرات غلظت NO_3 در آب ورودی و خروجی مزارع



نمودار ۱۴. تغییرات غلظت NH_4 در آب ورودی و خروجی مزارع



نمودار ۱۵. تغییرات غلظت NO_2 در آب ورودی و خروجی مزارع



نمودار ۱۶. تغییرات غلظت ازت در آب ورودی و خروجی مزارع

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

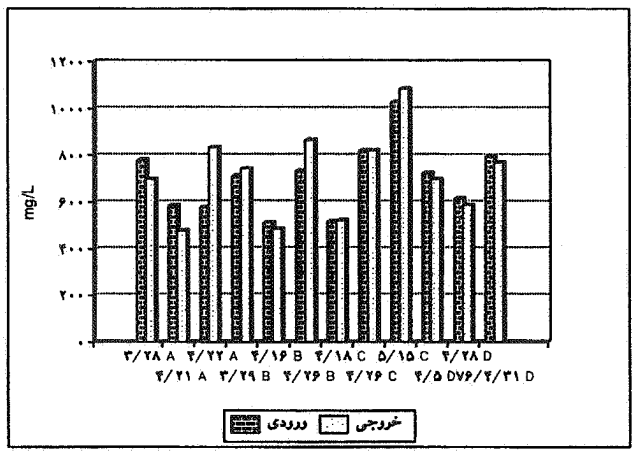
مزرعه D، ۷۶/۴/۵). میانگین دبی رواناب در دوره اندازه‌گیری ۰/۳۴ l/s/ha بوده و با توجه به غلظت خروجی نیترات، محاسبه تقریبی نشان می‌دهد که در فصل آبیاری از هر هکتار شالیزار ۲۰ kg نیترات از طریق رواناب وارد زهکش‌ها و رودخانه‌های منطقه می‌شود.

غلظت یون آمونیوم در خروجی مزارع نسبت به ورودی تغییر چندانی نداشته، و تفاوت این دو در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار نبود. ازت کل نیز متأثر از زمان کودپاشی بود، و پس از کودپاشی در خروجی افزایش غلظت داشت. غلظت ازت کل در خروجی بیش از ورودی بوده، و با میانگین ۴/۳۴ mg/l، افزایشی برابر ۴۲/۳ درصد نسبت به میانگین ورودی (۳/۰۵ mg/l) نشان می‌دهد، ولی تفاوت این دو میانگین نیز در سطح ۱۰٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

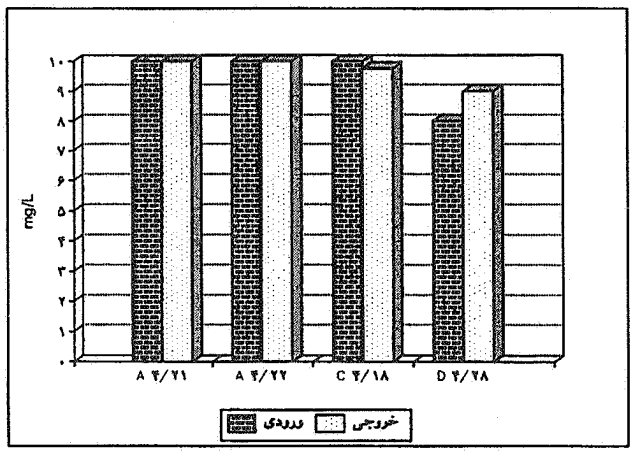
نمودارهای ۱۷ و ۱۸ به ترتیب تغییرات کل مواد محلول (TDS) و DO را در آب خروجی نسبت به ورودی نشان می‌دهند.

میانگین کلیه عوامل و عناصر فوق نیز در سطح ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند. درجه حرارت نیز دارای تغییرات جزئی بود، و بیشترین تغییرات آن ۲/۳ درجه بود. ولی این تغییرات در دامنهٔ درجه حرارت مناسب برای رشد برنج قرار داشت.

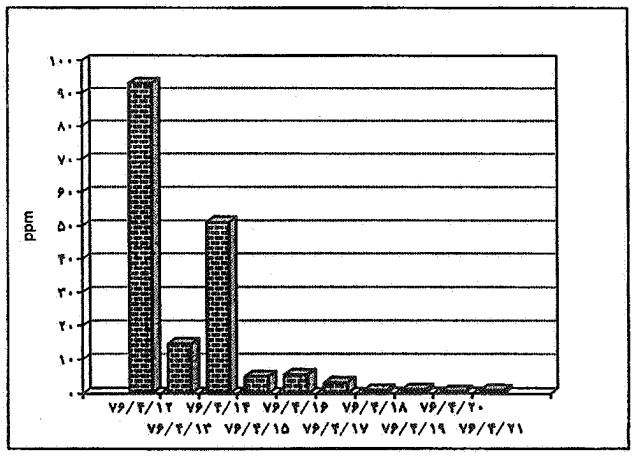
از رایج‌ترین سمومی که برای مبارزه با آفات شالیزار مورد استفاده قرار می‌گیرد دیازینون است، که درجه سمیت آن ۳۰۰-۸۵۰ mg/kg است. تجزیه نمونه‌های آب شالیزار سم‌پاشی شده نشان داده که در نخستین روز پس از سم‌پاشی غلظت دیازینون ۹۳/۰۸ mg/l بود، ولی پس از ده روز با یک روند کاهشی به ۰/۹۸ mg/l رسید (نمودار ۱۹). غلظت سم به ویژه تا سه روز پس از سم‌پاشی نسبتاً زیاد بود. ورود آب چنین مزارعی به منابع آبی، به ویژه هنگامی که سطح وسیعی از مزارع سم‌پاشی شود، خطر مرگ انواع خاصی از جلبک‌ها و آبزیان را در پی دارد. جلبک‌ها خود جاذب و تجزیه‌کننده بسیاری از عوامل سمی و فلزات سنگین می‌باشند. مرگ جلبک‌ها موجب تجمع فلزات و عناصر سمی در بدن آبزیان می‌گردد.



نمودار ۱۷. تغییرات غلظت مواد محلول در آب ورودی و خروجی مزارع



نمودار ۱۸. تغییرات غلظت اکسیژن محلول در آب ورودی و خروجی مزارع



نمودار ۱۹. تغییرات غلظت دیازینون در آب ورودی و خروجی مزارع

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

تغییر بار عوامل کیفی

تغییر بار نمک‌های محلول (TDS) نسبت به آب نفوذی غالباً ثابت و کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در روز بوده، و بار ورودی بیش از بار خروجی بود. تفاوت میانگین بار نمک‌های محلول ورودی و خروجی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بنابراین، می‌توان پذیرفت که طی عمل آبیاری، هر روز ۱۴۲ کیلوگرم نمک محلول در هر هکتار زمین زیرکشت باقی می‌ماند. میانگین بار نمک‌های محلول ورودی و خروجی به ترتیب ۱۶۱۸ و ۱۴۷۶ کیلوگرم در شبانه‌روز از سطح یک هکتار بوده است.

میانگین بار کلسیم و منیزیم در آب ورودی و خروجی مزارع انتخابی به ترتیب ۱۲۷۸۶ و ۱۱۵۷۶ اکی‌والان در شبانه‌روز در هر هکتار بود. تفاوت میانگین مجموع این بارها در آب ورودی و خروجی کرت‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

سموم دفع آفات

نمودار ۱۹ تغییرات غلظت دیازینون را پس از سم‌پاشی مزرعه انتخابی در لاهیجان طی ۱۰ روز نشان می‌دهد. غلظت سم در آب، به ویژه در روزهای اول تا سوم بعد از سم‌پاشی، نسبت به روزهای دیگر زیاد بود.

نتیجه‌گیری

غلظت یون‌های پتاسیم، فسفر، روی، بُر و اکسیژن محلول، pH و درجه حرارت در آب آبیاری و رواناب، در دامنهٔ مجاز تا مناسب برای آبیاری برنج قرار داشت. آب آبیاری و رواناب هر دو در طبقه C_3S_1 قرار داشتند، که برای برنج قابل تحمل است. از کلیه عناصر و عوامل مورد اندازه‌گیری (TDS، K، P، Cu، Zn، B، DO، EC، SAR، NO_3^-، NO_2^-، NH_4^+ و N)، تنها میانگین غلظت ورودی و خروجی یون NO_3^- دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد بود. در فصل آبیاری از هر هکتار شالیزار ۲۰ کیلوگرم نیترات از طریق رواناب وارد زهکش‌ها و رودخانه‌های منطقه می‌شود. میانگین بار نمک‌های محلول در آب آبیاری و رواناب به ترتیب ۱۶۱۸ و ۱۴۷۶ کیلوگرم در شبانه‌روز از سطح یک هکتار بود. غلظت سم دیازینون، ده روز پس از سم‌پاشی به ۰/۹۸ ppm کاهش یافت. بازده کاربرد آب ۶۲/۶ درصد بود.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های این طرح توسط دانشگاه تهران و بخشی دیگر به وسیله شرکت سهامی آب گیلان به صورت در اختیار گذاشتن امکانات تأمین شده است، که بدین وسیله صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اسدی، ا. ۱۳۷۳. ارزیابی کمی و کیفی آب برگشتی در آبیاری نشتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۲. حاج‌رسولیها، ش. ۱۳۶۴. *کیفیت آب برای کشاورزی*. مرکز نشر دانشگاهی.
۳. شریعت‌پناهی، م. ۱۳۷۵. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران.
۴. موسوی، ف. و ب. مصطفی‌زاده. ۱۳۷۵. *آبیاری سطحی*. انتشارات فرهنگ جامع.
5. Bondurant, J. A. 1971. Quality of surface irrigation runoff water. Trans. ASAE 14(2): 1001-1003.
6. Davis, J. R. 1964. Design of irrigation tailwater system. Trans. ASAE 7(3): 336-338.
7. Fukuda, T. and M. Kuroda. 1996. Reuse mechanism of irrigation return flow and water quality maintenance in low lying paddy area. Transaction/Actes Vol. 1C, Question 41, ICID, pp. 167-180.
8. Gildeon, O. 1993. Recycling drainage water in San-Joaquin Valley, California. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 119(2): 256-284.
9. Redy, M. J. and W. Clyma. 1983. Optimizing furrow irrigation runoff recovery systems. Trans. ASAE:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]

1050-1063.

10. Stringham, G. E. and S. N. Hamed. 1975. Design of irrigation of runoff recovery system. ASCE, J. Irrig. and Drain. Div. 101(3): 209-210.

11. Zwieg, G. 1972. Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators. Vol. 6, AP., New York.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.2.7]