Archive of SID

مدیریت آب و آبیاری
دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۱۰۰-۸۵

# تأثیر زهکشی کنترل‌شده با عمق ثابت و متغیر بر کمیت و کیفیت زهاب خروجی (مطالعه موردی: اراضی دشت مغان- اردبیل)

حمیدرضا جوانی[۱]، عبدالمجید لیاقت[۲*]، علیرضا حسن‌اقلی[۳]، بیژن نظری[۴]

۱. دانش‌آموختهٔ دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.
۲. استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.
۳. دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۳۱

## چکیده

زهکشی کنترل‌شده عملیاتی است که از اهداف آن می‌توان به بهبود شرایط محیط رشد ریشه، افزایش عملکرد گیاه و کاهش تلفات کودهای شیمیایی اشاره نمود که باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر زهکشی کنترل شده با عمق ثابت و متغیر، بر تغییرات دبی و شوری زهاب خروجی از زهکش‌ها و همچنین تعیین میزان انتقال نیترات و فسفر به زهاب در طول فصل کشت، در محصولات جو و ذرت، انجام شد. به‌همین منظور سه تیمار مشتمل بر زهکشی آزاد (FD) یا زهکشی مرسوم منطقه، زهکشی کنترل‌شده با کنترل سطح آب زیرزمینی در عمق ۷۰ سانتی‌متر زیر سطح خاک (CD70) و زهکشی کنترل‌شده با سطح کنترل آب زیرزمینی متغیر در طول فصل کشت شامل اعماق ۴۰، ۷۰ و ۹۰ سانتی‌متر (CDch)، هر یک در سه تکرار در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که دبی زهاب خروجی در محصول جو و در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد، به‌ترتیب ۵۵/۰ و ٤٤/۹ درصد و در محصول ذرت، به‌ترتیب ۵۱/۲ و ٤۳/۸ درصد کاهش یافت. میزان تلفات نیترات خروجی نیز در محصول جو و در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد، به‌ترتیب ٤۸/٤ و ٤۲/٤ درصد و در مورد محصول ذرت ۵۰/۸ و ٤٦/۰ درصد کاهش نشان داد. تیمارهای زهکشی کنترل‌شده علاوه بر کاهش حجم زهاب، باعث بهبود وضعیت کیفی زهاب از نظر میزان نیترات، فسفر و شوری آن گردید.

**کلیدواژه‌ها:** آب زیرزمینی، جو، ذرت، سطح ایستابی.

* نویسنده مسئول
Email: aliaghat@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

زهکشی زیرزمینی در نواحی مرطوب با هدف جلوگیری از غرقاب شدن اراضی، ایجاد تهویه مناسب برای رشد گیاه و تسهیل شرایط برای عملیات کشت در مزرعه اجرا می‌شود، در حالی‌که در نواحی خشک، امکان آبشویی املاح و کنترل شوری در ناحیه توسعه ریشه گیاه را نیز فراهم می‌کند. در گذشته، سیستم‌های زهکشی زیرزمینی برای تخلیه مداوم زهاب، بدون توجه به عواقب زیست‌محیطی و پیامدهای آن بر روی تولید محصول طراحی می‌شدند، اما این نگرش در حال حاضر تغییر یافته است (٤). در تعریف جدید، زهکشی فرآیند خارج کردن آب سطحی اضافی و مدیریت سفره آب زیرزمینی کم‌عمق، از طریق نگهداشت و دفع به موقع آب و مدیریت کیفیت آب، برای رسیدن به منافع دلخواه اقتصادی، اجتماعی و حفظ محیط زیست است که به نوعی بیانگر زهکشی کنترل‌شده می‌باشد (۳). زهکشی کنترل‌شده یکی از روش‌های مدیریت سطح ایستابی است که در آن، با کنترل خروجی زهکش‌ها، ذخیرهٔ رطوبت در خاک محفوظ می‌ماند و تلفات نیتروژن و کودهای شیمیایی از طریق زهکش‌ها به حداقل می‌رسد و به این ترتیب، گیاه می‌تواند در فصل کم‌آبی از آب و کود ذخیره شده در زمین استفاده نماید. از مزایای این روش می‌توان به کاهش حجم زهاب تخلیه شده، کاهش تلفات کودهای شیمیایی و در نتیجه آن، کاهش آلودگی محیط زیست، همچنین افزایش تعرق، عملکرد نسبی و کارایی مصرف آب اشاره نمود (۱۳ و ۲۹). در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه پیامدهای دفع زهاب بر محیط زیست و تولید محصول در شرایط زهکشی آزاد، انجام شده است (٤، ۲۱، ۲٦، ۲۹ و ۳۲). نتایج تحقیقی که بر روی میزان جریان خروجی از زهکش‌ها و انتقال نیتروژن و نمک، تحت تأثیر زهکشی کنترل‌شده در محصول برنج در چین انجام شد نشان داد که زهکشی کنترل شده علاوه بر این‌که تخلیه زهکش‌ها را به مقدار ۵۰ تا ٦۰ درصد کاهش می‌دهد، باعث کاهش غلظت نیتروژن زهاب نیز می‌گردد (۲۰). نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که، اثر کاهش حجم آب زهکشی بیش از کاهش غلظت نیترات بوده و همین امر باعث شده است که تلفات نیترات به‌صورت معنی‌داری کاهش یابد (۲۸).

نوری و لیاقت (٢٤) در مطالعه‌ای لایسیمتری، به بررسی اثرات مدیریت سطح ایستابی بر روی توزیع شوری و عملکرد یونجه یکساله پرداختند. در این تحقیق، حجم آب زهکشی‌شده، غلظت نیتروژن نیتراتی، فسفر و میزان شوری زهاب خروجی از زهکش‌ها در طول فصل رشد، در سه سطح کنترل و در مقایسه با زهکشی آزاد، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن نیتراتی و میزان زهاب خروجی در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده، در مقایسه با زهکشی آزاد به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت.

بیش‌تر تحقیقات انجام‌گرفته در داخل کشور، در سطح لایسیمتری بوده و معدود مطالعات میدانی انجام شده نیز در استان خوزستان، با عمق ثابت سطح ایستابی در طول مدت فصل کشت می‌باشد. ازآنجاکه بسته به شرایط آب و هوایی، خاک و نوع گیاه، تأثیر زهکشی کنترل‌شده بر پارامترهای هیدروژئولوژیکی و شیمیایی زهاب خروجی متفاوت است، لذا انجام تحقیقات لازم با توجه به شرایط هر منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی میدانی تأثیر اجرای سیستم زهکشی کنترل‌شده در دو حالت سطح ایستابی ثابت و متغیر در طول فصل کشت، بر میزان دبی زهاب، غلظت نیترات و فسفر و شوری زهاب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی در اراضی دشت مغان، برای گیاهان جو و ذرت بود.



www.SID.ir

Archive of SID



## مواد و روش‌ها

### محدوده مطالعاتی

به‌منظور انجام این تحقیق، مزرعه‌ای در دشت مغان (منطقه پارس‌آباد)، که مجهز به سیستم زهکشی زیرزمینی بود انتخاب شد. دشت مغان در شمال استان اردبیل قرار داشته و پارس‌آباد در مرکز جلگه مغان قرار دارد و بیشتر اراضی در این منطقه به‌صورت هموار می‌باشد. عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در محل اجرای تحقیق ۱/۸ متر از سطح زمین، لوله‌های زهکش از نوع خرطومی پلاستیکی به قطر ۲۰۰ میلی‌متر، فاصله و طول آن‌ها به‌ترتیب ۸۰ و ۱٦۵ متر و شیب زمین ۰/۲ درصد می‌باشد. زهکش‌های جانبی به‌طور مستقیم به زهکش جمع‌کننده از نوع لوله سیمانی به قطر نزدیک به ۵۰۰ میلی‌متر متصل شده و سپس این زهکش به نهر جمع‌کننده اصلی روباز تخلیه می‌شود. کانال‌های زهکش روباز اصلی دارای مقطع ذوزنقه‌ای می‌باشند. خاک مزرعه آزمایشی از نوع لوم رسی سیلتی است. میانگین مشخصات فیزیکی و شیمیایی لایه‌های خاک (از سطح زمین تا عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی) در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

### روش کنترل سطح ایستابی

تیمارهای در نظر گرفته‌شده در این تحقیق شامل دو تیمار زهکشی کنترل‌شده (CD)[1] به تفکیک سطح ایستابی ثابت و متغیر و یک تیمار زهکشی آزاد (FD)[2] بود، هر تیمار مساحتی معادل ۵/۳ هکتار (که دارای پنج زهکش فرعی بود) داشت. دو زهکش کناری هر تیمار به‌عنوان زهکش حائل (حذف‌کننده اثرات محیط اطراف) و سه زهکش میانی به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. در شکل ۱ شمای کلی یکی از تیمارهای مورد استفاده در تحقیق نشان داده شده است. در تیمار اول زهکشی آزاد (FD)، زهکش‌های زیرزمینی به‌صورت معمول منطقه و در عمق ۱/۸ متری به فعالیت خود ادامه دادند. تیمار زهکشی کنترل‌شده با سطح ایستابی ثابت در تمام مدت فصل کشت، عمق سطح ایستابی در عمق ۷۰ سانتی‌متری از سطح خاک (CD70) حفظ شد. در تیمار زهکشی کنترل‌شده با سطح کنترل متغیر (CDch) سطح ایستابی در ابتدای فصل کشت در عمق ٤۰ سانتی‌متری سطح زمین نگه داشته شد. با افزایش طول ریشه گیاه و به‌منظور بهبود وضعیت تهویه ریشه، این سطح به‌صورت یک‌باره به ۷۰ سانتی‌متری از سطح خاک رسانده شد و در نهایت با افزایش بیشتر عمق نفوذ ریشه گیاه، عمق کنترل سطح ایستابی در ۹۰ سانتی‌متری سطح خاک تثبیت‌شده و تا انتهای فصل رشد در همین عمق باقی ماند. با توجه به متفاوت بودن سرعت رشد ریشه محصولات مختلف، زمان تغییر سطح ایستابی در هر محصول متفاوت بود. به‌منظور کنترل سطح ایستابی در هر یک از تیمارهای زهکشی کنترل‌شده، به‌دلیل عدم امکان کنترل سطح ایستابی از طریق زهکش جمع‌کننده (در نتیجه حجم بالای زهاب) و با توجه به شیب بسیار کم زمین و لوله‌های زهکش (لترال‌ها)، از سازه کنترل سطح ایستابی به‌صورت مجزا در انتهای هر لترال استفاده گردید. به‌همین منظور، تجهیزات کنترل سطح ایستابی که قابلیت تنظیم سطح ایستابی با تغییر ارتفاع در طول فصل کشت را دارا باشند ساخته شد و در انتهای هر یک از لترال‌ها در داخل منهول نصب گردید. سازه‌های کنترل مکعب شکل بوده و با ارتفاع ۱٦۰ سانتی‌متر و طول و عرض ٤۰ سانتی‌متر، از جنس آهن ساخته شد. به‌منظور کنترل سطح ایستابی در طول مدت انجام تحقیق، چاهک‌های مشاهداتی با توجه به دستورالعمل FAO 28(۱۲) در هر تیمار احداث شد که آرایش آن‌ها نیز در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

1. Controlled drainage
2. Free drainage



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱. میانگین مشخصات فیزیکی لایه‌های خاک در مزرعه آزمایشی**

| نوع بافت خاک | درصد ذرات خاک (٪) | | | جرم مخصوص ظاهری ($gr/cm^3$) | رطوبت ظرفیت زراعی (٪) | رطوبت پژمردگی دائم (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | رس | سیلت | شن | | | |
| لوم رسی سیلتی | ٤٠ | ٤٣ | ١٧ | ١/٦٦ | ٢٦/٥٥ | ١٦/٣٨ |

**جدول ۲. میانگین مشخصات شیمیایی لایه‌های خاک مزرعه آزمایشی**

| شوری (ECe) (dS/m) | مواد آلی OC(٪) | pH | کاتیون‌ها (Meq/L) | | | | $(Meq/L)^{0.5}$ | آنیون‌ها (Meq/L) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | سدیم | پتاسیم | کلسیم | منیزیم | نسبت جذبی سدیم | بی کربنات | سولفات | کلر |
| ٠/٨٩ | ١/٦٥ | ٧/٥٩ | ٥/٤٦ | ١/٣٧ | ٥/٣٣ | ٤/٥٨ | ٢/٤٥ | ٣/٩٤ | ٦/٣٥ | ٦/٤٦ |

## عملیات کشاورزی و نمونه‌برداری

کشت جو پس از آماده‌سازی زمین و انجام عملیات شخم مناسب، در آذرماه ١٣٩٤ انجام شد و از ١٥٠ کیلوگرم در هر هکتار بذر رقم دشت برای کشت استفاده گردید. پس از برداشت جو در خرداد ماه ١٣٩٥، در تیرماه نسبت به کشت ذرت اقدام شد. برای کشت ذرت علوفه‌ای از ٣٠ کیلوگرم بذر رقم هیبرید دهقان در هر هکتار استفاده به‌عمل آمد. در کشت هر دو محصول، آبیاری به‌صورت سطحی انجام گرفت. عملیات کاشت، داشت و برداشت از جمله زمان آبیاری، میزان آبیاری و میزان کود مصرفی برای جو ٢٠٠ کیلوگرم بر هکتار نیترات آمونیوم و ١٥٠ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و برای ذرت ٣٥٠ کیلوگرم بر هکتار نیترات آمونیوم و ٢٥٠ کیلوگرم فسفات پتاسیم) مطابق با عرف کشاورزان منطقه و در مواردی با تغییرات جزئی و با هماهنگی کشاورزان، در راستای اهداف تحقیق انجام گرفت.

جمع‌آوری داده‌های مورد نظر در این تحقیق از ابتدای فصل کشت جو در آذرماه آغاز شد و تا پایان فصل کشت ذرت در مهرماه ادامه یافت. میزان دبی خروجی از زهکش‌ها به‌صورت روزانه و به روش حجمی، با استفاده از زمان‌سنج و ظرف مدرج اندازه‌گیری و با توجه به میزان مساحت تحت پوشش هر زهکش جانبی، به‌صورت عمق آب زهکشی‌شده در روز محاسبه شد. نمونه‌برداری از زهاب برای اندازه‌گیری متغیرهای کیفی آن، از انتهای زهکش‌های جانبی در محصول جو، به‌صورت متناوب و هر ١٤ روز و برای ذرت، هر هفت روز یک‌بار انجام گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در ظروف مخصوص نمونه‌برداری جمع‌آوری شد و با قرار دادن نمونه‌ها در سردخانه، به آزمایشگاه منتقل گردید. پارامترهای کیفی زهاب خروجی شامل نیترات ($NO_3^-$) و فسفر ($PO_4^-$) با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (SP-7900) و شوری (EC) در هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پارامترهای کیفی بر طبق استاندارد APHA [1] (٣١) انجام شد.

## تجزیه آماری

برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها و بررسی سطوح معنی‌داری آن‌ها، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. با توجه به عدم آرایش تصادفی داده‌ها، از روش تی- استیودنت[2] استفاده و میانگین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، به روش دو به دو مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین از تفاوت‌های معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد بهره گرفته شد. درصد تغییرات داده‌ها با استفاده از رابطه (١) به‌دست آمد.

$$\Delta C(\%) = \frac{(C_{CD} - C_{FD})}{C_{CD}} \times 100 \qquad (1)$$

در این رابطه: $\Delta C$ میزان تغییرات هر پارامتر درصد $C_{FD}$ و $C_{CD}$ به‌ترتیب مقدار هر پارامتر در تیمار زهکشی آزاد و تیمار زهکشی کنترل‌شده است و واحد آن معادل واحد داده‌ها در نظر گرفته شد.

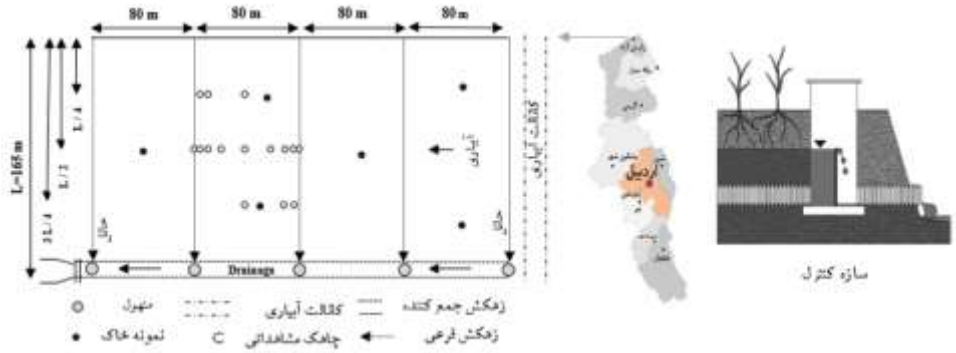
1. American Public Health Association
2. T-student



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱. شمای کلی و آرایش چاهک‌های مشاهداتی در هریک از تیمارهای زهکشی و تصویر شماتیک کنترل سطح ایستابی**

## نتایج و بحث

### تغییرات دبی زهاب خروجی

در جدول ۳ میزان زهاب خروجی روزانه و آنالیز آماری مربوط به آن، در دو محصول جو و ذرت و در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. میانگین زهاب خروجی روزانه در محصول جو در تیمارهای FD، CD70 و CDch به‌ترتیب به میزان ۲/۵۸، ۱/۱٦ و ۱/٤۲ میلی‌متر بر روز اندازه‌گیری شد، که این مقادیر در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد به‌ترتیب۵۵/۰ درصد (از ۲/۵۸ به ۱/۱٦) و ٤٤/۹ درصد (از ۲/۵۸ به ۱/٤۲) و همچنین تیمار CD70 نسبت به تیمار CDch به میزان ۱۸/۳ درصد (از ۱/٤۲ به ۱/۱٦) کاهش داشت. این کاهش در سطح یک درصد، در تمامی موارد معنی‌دار ارزیابی گردید. در محصول ذرت، مقدار زهاب خروجی روزانه در تیمارهای CD70 و CDch در مقایسه با زهکشی آزاد (FD) به‌ترتیب به میزان ۵۱/۲ درصد و ٤۳/۸ درصد کاهش داشت، که این کاهش نیز در سطح یک درصد در هر دو تیمار معنی‌دار ارزیابی شد. این در حالی است که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای CD70 و CDch در سطح پنج درصد مشاهده شد. همان‌طورکه در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، زهاب خروجی در تیمار زهکشی آزاد در هر دو محصول، همواره و در تمام مدت فصل کشت وجود داشته و هیچ‌گاه به صفر نرسید، درحالی‌که در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده و در هر دو محصول، مدتی پس از آبیاری، جریان زهاب قطع می‌گردید.

**جدول ۳. نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقادیر زهاب خروجی روزانه در تیمارهای مختلف**

| تیمار | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | تفاوت معنی‌دار |
|---|---|---|---|---|---|
| مقادیر زهاب خروجی روزانه در محصول جو (mm/day) | | | | | |
| FD | ۲/۵۸ | ۰/۵۳ | ٦/۲۵ | ۱/۷۱ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۱/۱٦ | ۰/۰۰ | ۵/۰٦ | ۱/۳۲ | FD** CDch** |
| CDch | ۱/٤۲ | ۰/۰۰ | ٤/۸۲ | ۱/۲٤ | FD** CD70** |
| مقادیر زهاب خروجی روزانه در محصول ذرت (mm/day) | | | | | |
| FD | ۵/۰۹ | ۰/۵۰ | ۱۳/۲۰ | ۰/۲۸ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۲/٤۸ | ۰/۰۰ | ۹/۳۰ | ۰/۲۵ | FD** CDch* |
| CDch | ۲/۸٦ | ۰/۰۰ | ۹/۱۰ | ۰/۲٤ | FD** CD70* |

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد  * تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد  ns تفاوت غیر معنی‌دار

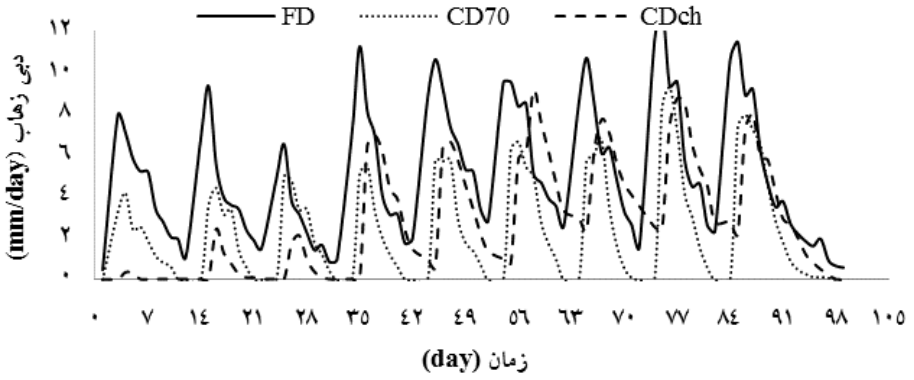


www.SID.ir

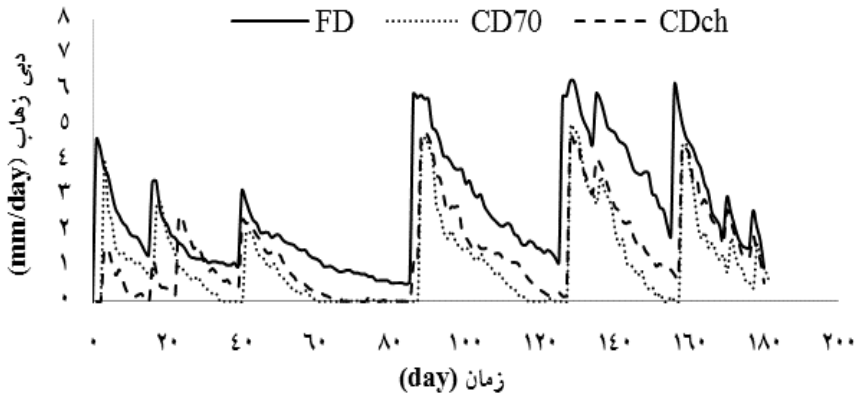
Archive of SID



در شکل‌های ۲ و ۳، هیدروگراف زهکشی در طول مدت اجرای تحقیق، برای دو محصول جو و ذرت نشان داده شده است. میزان دبی خروجی از زهکش‌ها در تیمار FD همواره بیش از سایر تیمارها بوده است. بیش‌ترین میزان زهاب خروجی در تیمار FD برای جو ٦/٢٥ و برای ذرت ١٣/٢٠ میلی‌متر در روز بوده است. این در حالی است که بیش‌ترین میزان دبی زهاب در تیمارهای CD70 و CDch برای جو به‌ترتیب ٥/٠٦ و ٤/٨٢ میلی‌متر در روز و برای ذرت ٩/٣٠ و ٩/١٠ میلی‌متر در روز بوده است. بالا بودن دبی زهاب خروجی در تیمار زهکشی آزاد می‌تواند به دو دلیل باشد؛ زهکشی عمق بیشتری از نیمرخ خاک نسبت به دو تیمار دیگر و نیز وجود درز و ترک و جریانات ترجیحی در برخی از نواحی مزرعه که باعث می‌شود مقدار قابل‌توجهی از آب آبیاری بلافاصله و بدون اثر بخشی در تیمار زهکشی آزاد از دسترس گیاه خارج شود. همین امر باعث می‌شود آب از محدوده عمق توسعه ریشه گیاه خارج شده و علاوه بر خروج مقادیر بیش‌تر زهاب، تا حدودی به گیاه تنش وارد شود. نگهداشت آب در بالای لوله زهکش در تیمارهای کنترل سطح ایستابی از بروز دو مسئله فوق جلوگیری می‌کند.




**شکل ۲. هیدروگراف زهکشی در دوره کشت جو**




**شکل ۳. هیدروگراف زهکشی در دوره کشت ذرت**



www.SID.ir

Archive of SID



نکته دیگر در مورد هیدروگراف زهکشی در هر دو محصول این است که دبی خروجی در تیمار CDch در ابتدا بسیار پایین‌تر از تیمار CD70 بود، اما با تغییر سطح کنترل، دبی این تیمار افزایش یافته و به تیمار CD70 نزدیک شد. با افزایش عمق کنترل سطح ایستابی، میزان دبی تیمار CDch افزایش بیشتری پیدا کرده است. بنابراین زهکشی کنترل‌شده از خروج آب اضافه از ناحیه ریشه گیاه جلوگیری کرده است، زیرا با افزایش تراز آب زیرزمینی (کاهش عمق سطح ایستابی از سطح خاک)، نگهداشت آب در نیمرخ خاک بالای لوله زهکش افزایش می‌یابد. کاهش زهاب خروجی با اجرای زهکشی کنترل شده، در تحقیقات انجام‌شده در مناطق مختلف جهان گزارش شده است (۱۰، ۱٦ و ۲۷).

**غلظت نیترات زهاب و تلفات آن**

میانگین غلظت نیترات در تیمارهای FD، CD70 و CDch برای جو به‌ترتیب ۱۰/٦، ۹/۷ و ۹/٤ میلی‌گرم بر لیتر (جدول ٤) و برای ذرت ۱۲/۲، ۱۱/۲ و ۱۱/٤ میلی‌گرم بر لیتر (جدول ۵) بود. میانگین غلظت نیترات در کشت محصول جو و ذرت در تیمار FD تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد با تیمارهای دیگر داشت، درحالی‌که تیمارهای CD70 و CDch در هر دو محصول با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته است. زمانی‌که کنترل سطح آب صورت می‌گیرد، امکان ایجاد شرایط غیرهوازی رخ می‌دهد و همین عامل باعث انجام عملیات دنیتریفیکاسیون می‌شود. زمانی‌که مواد آلی خاک بالا باشد، دنیتریفیکاسیون شدت می‌گیرد و موجب کاهش انتقال نیترات می‌گردد. کاهش غلظت نیترات زهاب خروجی در اثر انجام دنیتریفیکاسیون در تحقیقات زیادی گزارش شده است (۷، ۱۱، ۱۹، ۲۲ و ۲۳). از دلایل دیگری که باعث کاهش میزان غلظت نیترات خروجی در تیمارهای زهکشی کنترل شده است می‌توان به زمان تأخیر بالاتر نیترات در خاک اشاره کرد که باعث افزایش جذب توسط ریشه گیاه می‌گردد (۳۰ و ۵). برخی از محققین، کاهش غلظت نیترات را به‌دلیل امکان افزایش $N_2O$ که اثرات مخربی بر محیط زیست دارد، فرآیندی خطرناک توصیف کرده‌اند (۷)، درصورتی‌که انتشار گاز $N_2O$ از طریق دنیتریفیکاسیون بسیار اندک می‌باشد. در تحقیقی، میزان $N_2O$ تولیدشده تنها دو درصد دنیتریفیکاسیون برآورد شد و نتایج نشان داد که سطح آب خاک اثری بر درصد $N_2O$ که وارد اتمسفر می‌شود ندارد (۱۷). میانگین تلفات نیترات در تیمارهای FD، CD70 و CDch برای جو به‌ترتیب ۰/۳۳، ۰/۱۷ و ۰/۱۹ کیلوگرم بر هکتار در روز و برای ذرت ۰/٦۳، ۰/۳۱ و ۰/۳٤ کیلوگرم بر هکتار در روز به‌دست آمد. تلفات نیترات در محصول جو در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد به‌ترتیب ٤۸/٤ درصد و ٤۲/٤ درصد کاهش یافت و همچنین در تیمار CD70 نسبت به تیمار CDch به میزان ۱۰/۵ درصد افزایش داشت. در محصول ذرت نیز تلفات نیترات در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد به‌ترتیب ۵۰/۸ درصد و ٤٦/۰ درصد کاهش و در تیمار CD70 نسبت به تیمار CDch به میزان ۸/۸ درصد افزایش یافت.

**جدول ٤. نتایج تجزیه و تحلیل غلظت و تلفات نیترات در زهاب خروجی تیمارهای مختلف در محصول جو**

| تیمار | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | تفاوت معنی‌دار |
|---|---|---|---|---|---|
| غلظت نیترات زهاب خروجی (mg/lit) | | | | | |
| FD | ۱۰/٦ | ٦/۱ | ۱۷/٤ | ۳/۸ | CD70* CDch* |
| CD70 | ۹/۷ | ۵/۷ | ۱۵/۸ | ۳/۳ | FD* |
| CDch | ۹/٤ | ٦/۵ | ۱۳/۵ | ۱/٦ | FD* |
| تلفات نیترات زهاب خروجی (kg/ha) | | | | | |
| FD | ۰/۳۳ | ۰/۰۳۰ | ۱/۰٦ | ۰/۳۷ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۰/۱۷ | ۰/۰۰۳ | ۰/٦۵ | ۰/۱۷ | *FD** CDch |
| CDch | ۰/۱۹ | ۰/۰۰۷ | ۰/۸۳ | ۰/۲٤ | *FD** CD70 |

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

* تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد  ns تفاوت غیر معنی‌دار



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۵. نتایج تجزیه و تحلیل غلظت و تلفات نیترات در زهاب خروجی تیمارهای مختلف در محصول ذرت**

| تیمار | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | تفاوت معنی‌دار |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | غلظت نیترات زهاب خروجی (mg/lit) | | |
| FD | ۱۲/۲ | ۸/۵ | ۱۵/۳ | ۲/۱ | CD70* CDch* |
| CD70 | ۱۱/۲ | ۷/۱ | ۱٤/٦ | ۱/۸ | FD* |
| CDch | ۱۱/٤ | ۸/۷ | ۱٤/٤ | ۱/٤ | FD* |
| | | | تلفات نیترات زهاب خروجی (kg/ha) | | |
| FD | ۰/٦۳ | ۰/۰۵ | ۱/۷۳ | ۰/۳۲ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۰/۳۱ | ۰/۰۱ | ۱/۰۱ | ۰/۲۰ | FD** CDch* |
| CDch | ۰/۳٤ | ۰/۰۲ | ۱/۲۹ | ۰/۲۷ | FD** CD70* |

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد  * تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد  ns تفاوت غیر معنی‌دار

شکل‌های ٤ و ۵، میزان تلفات نیترات ماهانه و مقادیر دبی تجمعی خروجی از زهکش ها را در گیاهان جو و ذرت نشان می‌دهد. با توجه به این شکل‌ها، در ماه‌هایی که میزان بارش و آبیاری بیش‌تر بود (برای مثال اردیبهشت در کشت جو و مرداد و شهریور در کشت ذرت)، میزان تلفات نیترات بسیار بالاتر بوده است. بالا بودن میزان نیترات خروجی از زهاب در تیمار زهکشی آزاد را می‌توان به تحرک بالای نیترات و امکان تخلیه سریع آن از محیط خاک نسبت داد. به‌همین ترتیب، مهم‌ترین عامل کاهش تلفات نیترات در تیمارهای کنترل‌شده را می‌توان کاهش حجم زهاب خروجی، ذخیره مقادیر بیشتری از نیترات در خاک و ایجاد فرصت مناسب برای تجزیه و جذب گیاهی نیترات عنوان کرد. تحقیقات بسیاری، میزان کاهش تلفات نیترات را به کاهش جریان زهاب خروجی مرتبط دانسته و بیان نموده‌اند که اثرات زهکشی کنترل‌شده بر کاهش تلفات نیترات، مانند اثرات آن بر کاهش جریان زهاب خروجی می‌باشد (۱، ٦، ۳۰ و ۳٤).

**غلظت فسفر زهاب و تلفات آن**

مقادیر میانگین غلظت فسفر ($PO_4^-$) خروجی و تلفات آن در تیمارهای مختلف، در محصول جو و ذرت در طول مدت کشت، در جدول‌های ٦ و ۷ نشان داده شده است. میانگین غلظت فسفر زهاب در تیمارهای FD، CD70 و CDch برای جو به‌ترتیب ۰/۵۹، ۰/٦۷ و ۰/٦۳ میلی‌گرم بر لیتر و برای ذرت ۱/۰٤، ۱/۱۰ و ۱/۰۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. میانگین غلظت فسفر زهاب در کشت جو در تیمار FD تفاوت معنی‌داری تنها در سطح پنج درصد با تیمار FD70 داشت، درحالی‌که تیمارهای CD70 و CDch با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته و در محصول ذرت، تفاوت معنی‌داری در غلظت فسفر زهاب مابین تیمارها مشاهده نشد. برخلاف انتقال سطحی فسفر، فعالیت‌های کنترل و هدررفت فسفر در زهاب خروجی به‌خوبی شناخته شده نیست. افزایش اندک میزان فسفر خروجی در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده در این تحقیق، ممکن است ناشی از کاهش $Fe^{+2}$ و$Fe^{+3}$ در شرایط کمبود اکسیژن (شرایط غیرهوازی) به‌دلیل افزایش زمان ماندابی باشد که همین امر باعث افزایش میزان فسفر محلول شده و انتقال فسفر به آب‌های سطحی از طریق زهکش‌ها را تشدید نماید. محققان زیادی، افزایش غلظت فسفر در اثر خیز سطح ایستابی و زهکشی کنترل‌شده را گزارش کرده‌اند (۱٤، ۱۸ و ۳۳). میانگین تلفات فسفر در تیمارهای FD، CD70 و CDch برای جو به‌ترتیب ۱۳/۱، ۸/٤ و ۹/٦ گرم

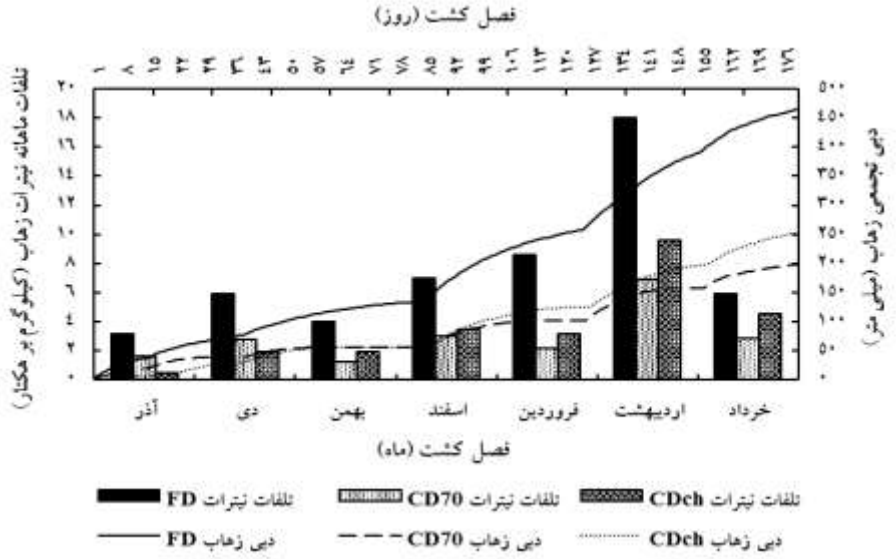


www.SID.ir

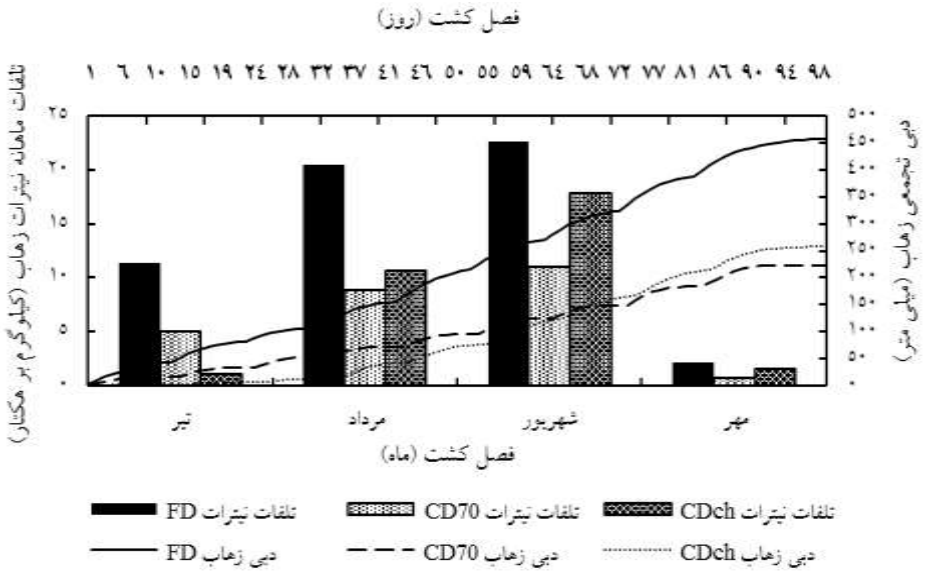
Archive of SID



بر هکتار در روز و برای ذرت ٤٦/٨، ٢٨/٥ و ٣٠/١ گرم بر هکتار در روز به‌دست آمد. تلفات فسفر در محصول جو در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد به‌ترتیب ٣٥/٨ درصد و ٢٦/٧ درصد کاهش و همچنین در تیمار CD70 نسبت به تیمار CDch به میزان ١٢/٥ درصد افزایش داشت. در محصول ذرت نیز هدررفت فسفر در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد به‌ترتیب ٣٩/١ درصد و ٣٥/٦ درصد کاهش و همچنین در تیمار CD70 نسبت به تیمار CDch به میزان ٥/٣ درصد افزایش یافت.




**شکل ٤. تلفات ماهانه نیترات و حجم زهاب تجمعی محصول جو**




**شکل ٥. تلفات ماهانه نیترات و حجم زهاب تجمعی محصول ذرت**



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ٦. نتایج تجزیه و تحلیل میزان فسفر و تلفات آن در زهاب خروجی تیمارهای مختلف در محصول جو**

| تیمار | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | تفاوت معنی‌دار |
|---|---|---|---|---|---|
| غلظت فسفر زهاب خروجی (mg/lit) | | | | | |
| FD | ۰/۵۹ | ۰/۵۳ | ۰/٦٦ | ۰/۰۳۷ | CD70* |
| CD70 | ۰/٦۷ | ۰/۵۸ | ۰/۷۰ | ۰/۰۳۲ | FD* |
| CDch | ۰/٦۳ | ۰/۵٦ | ۰/٦۹ | ۰/۰۳۳ | ns |
| تلفات فسفر زهاب خروجی (g/ha) | | | | | |
| FD | ۱۳/۱ | ۰/۰۰ | ٤۱/۷ | ٦/۱٤ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۸/٤ | ۰/۰۰ | ۳۳/٤ | ٤/۸۷ | FD** CDch* |
| CDch | ۹/٦ | ۰/۰۰ | ۳۲/۵ | ٤/۳٦ | FD** CD70* |

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد  * تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد  ns تفاوت غیر معنی‌دار.

**جدول ۷. نتایج تجزیه و تحلیل میزان فسفر و تلفات آن در زهاب خروجی تیمارهای مختلف در محصول ذرت**

| تیمار | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | تفاوت معنی‌دار |
|---|---|---|---|---|---|
| غلظت فسفر زهاب خروجی (mg/lit) | | | | | |
| FD | ۱/۰٤ | ۰/۹٤ | ۱/۱٤ | ۰/۰۵٦ | ns |
| CD70 | ۱/۱۰ | ۰/۹۹ | ۱/۲۰ | ۰/۰٤٦ | ns |
| CDch | ۱/۰۸ | ۱/۰۳ | ۱/۱۵ | ۰/۰۲۸ | ns |
| تلفات فسفر زهاب خروجی (g/ha) | | | | | |
| FD | ٤٦/۸ | ٦/۸۰ | ۱٤۰/۲ | ۲۹/۷٤ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۲۸/۵ | ۰/۰۰ | ۱۰۵/۰۱ | ۲۵/۱۱ | FD** |
| CDch | ۳۰/۱ | ۰/۰۰ | ۹٤/۰ | ۲۳/۳۳ | FD** |

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد  * تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد  ns تفاوت غیر معنی‌دار

هدررفت فسفر در مقابل میزان دبی تجمعی خروجی از زهکش‌ها در شکل ٦ برای جو، و در شکل ۷ برای ذرت نشان داده شده است. با توجه به این شکل‌ها، نسبت مستقیم بین میزان دبی زهاب و میزان هدررفت فسفر وجود دارد، به‌گونه‌ای که با افزایش میزان زهاب خروجی، بر هدررفت فسفر نیز افزوده می‌شود. روند انتقال فسفر در خاک غالباً بیوشیمیایی است و جذب فسفر به ذرات ریز خاک و رسوبات، یکی از اصلی‌ترین مکانیزم‌های انتقال آن به زهاب می‌باشد. فسفر در صورت حضور اکسید آهن و آلومینیوم کافی، می‌تواند جذب ذرات خاک شده و ترسیب گردد (۸، ۹، ۲۵ و۳۵). با افزایش میزان حجم زهاب خروجی، ممکن است میزان بار رسوبات و ذرات خارج‌شده از خاک در تیمار زهکشی آزاد نسبت به زهکشی کنترل‌شده افزایش یابد و همین امر باعث افزایش تلفات و هدررفت فسفر گردد. از طرف دیگر کاربرد بیش از حد کودهای فسفره منجر به افزایش سطح اشباع خاک از فسفر شده و خطر هدررفت فسفر از سیستم زهکشی را افزایش می‌دهد (۱۵ و ۳۰).



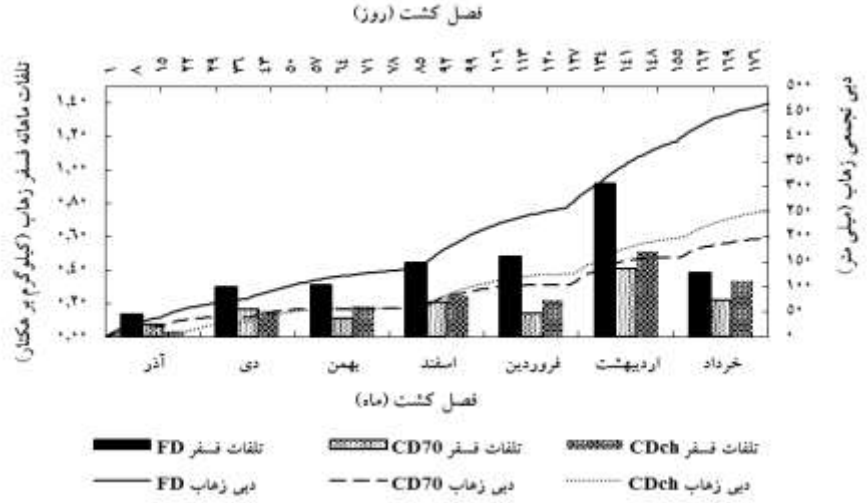
www.SID.ir

Archive of SID

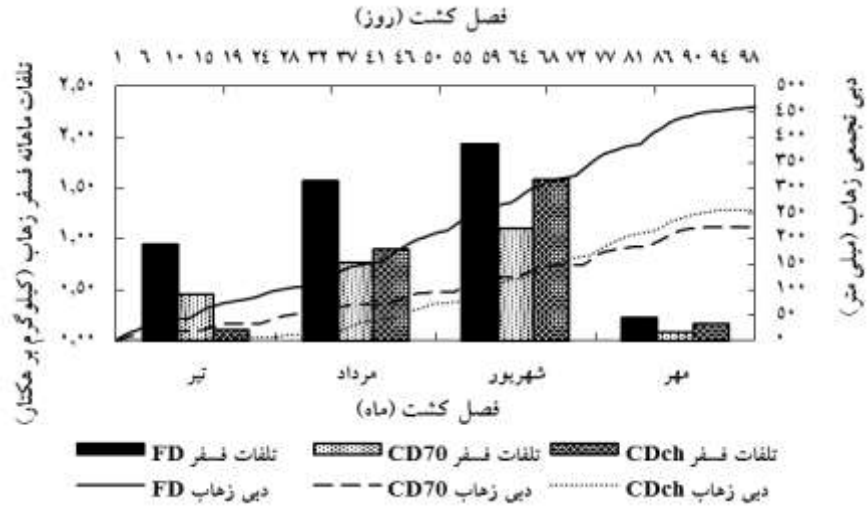


**تغییرات شوری (EC) زهاب خروجی**

بین مقادیر میانگین شوری (EC) در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده با مقادیر آن در تیمار زهکشی آزاد، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد، درحالی‌که بین تیمارهای زهکشی کنترل‌شده با یکدیگر، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. حداکثر مقادیر شوری زهاب خروجی در طول دوره تحقیق در تیمارهای FD، CD70 و CDch، برای محصول جو به‌ترتیب برابر با ٤/٨٢، ٣/٧٢ و ٤/٣٤ دسی‌زیمنس بر متر و در محصول ذرت ٦/٥٤، ٥/٢١ و ٥/٩٣ دسی‌زیمنس بر متر بود. حداقل مقادیر شوری نیز در محصول جو به‌ترتیب ٢/٠٨، ١/٩٦ و ٢/٢١ دسی‌زیمنس بر متر و در محصول ذرت ٣/١٤، ٢/١٥ و ٢/٨٧ دسی‌زیمنس بر متر، در تیمارهای FD، CD70 و CDch اندازه‌گیری گردید (جدول ٨).




**شکل ٦. تلفات ماهانه فسفر و حجم زهاب تجمعی محصول جو**




**شکل ٧. تلفات ماهانه فسفر و حجم زهاب تجمعی محصول ذرت**



www.SID.ir

Archive of SID

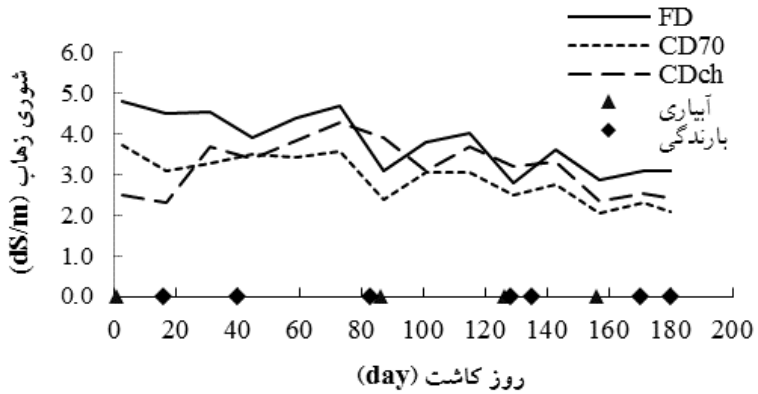


**جدول ۸. نتایج تجزیه و تحلیل مقادیر شوری (EC) در زهاب خروجی تیمارهای مختلف، برای محصولات جو و ذرت**

| تیمار | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | تفاوت معنی‌دار |
|---|---|---|---|---|---|
| شوری (EC) زهاب خروجی در محصول جو (dS/m) | | | | | |
| FD | ۳/۸۵ | ۲/۰۸ | ٤/۸۲ | ۰/۷۳ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۲/۹٦ | ۱/۹٦ | ۳/۷۲ | ۰/۳۹ | FD** |
| CDch | ۳/۱۳ | ۲/۲۱ | ٤/۳٤ | ۰/۵۵ | FD** |
| شوری (EC) زهاب خروجی در محصول ذرت (dS/m) | | | | | |
| FD | ٤/۸۸ | ۳/۱٤ | ٦/۵٤ | ۱/۰۷ | CD70** CDch** |
| CD70 | ۳/٤٦ | ۲/۱۵ | ۵/۲۱ | ۰/۷۲ | FD** |
| CDch | ۳/۷۷ | ۲/۸۷ | ۵/۹۳ | ۰/۸۲ | FD** |

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد  * تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد  ns تفاوت غیر معنی‌دار

تغییرات شوری زهاب در طول فصل کشت جو و ذرت، در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است میزان شوری زهاب در ابتدای فصل کشت بالاتر از بقیه زمان‌ها بوده و در طول فصل و در هر سه تیمار و در هر دو محصول، روند نزولی داشته است. با انجام هر آبیاری، میزان شوری زهاب کاهش یافته و به‌عبارت دیگر، از غلظت نمک موجود در زهاب کاسته شده است. در عمق تثبیت اولیه سطح ایستابی در تیمار CDch، میزان شوری زهاب کمتر از تیمار CD70 بوده است، اما پس از افزایش عمق سطح کنترل از ٤۰ به ۷۰ سانتی‌متر، میزان شوری زهاب با وجود سطح کنترل یکسان در هر دو تیمار، بیش از شوری زهاب در تیمار CD70 شد. با افزایش عمق کنترل به ۹۰ سانتی‌متر، مجدداً شوری زهاب خروجی در این تیمار افزایش یافت. از دلایل این امر می‌توان به تجمع نمک در زیر سطح ایستابی اشاره کرد که با افزایش عمق کنترل باعث شسته شدن آن شده و شوری زهاب را به یکباره افزایش می‌دهد.



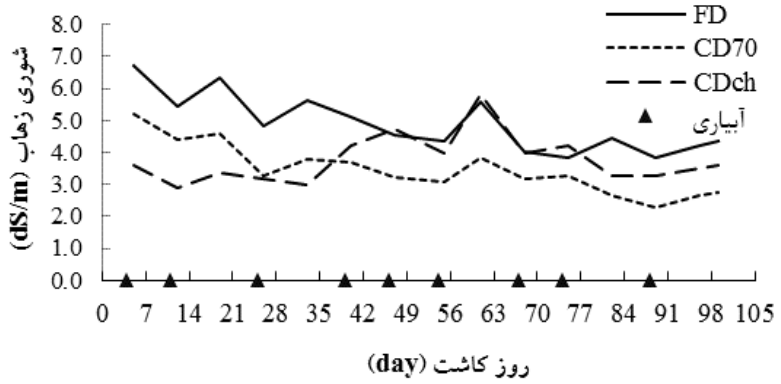

**شکل ۸. مقادیر شوری (EC) زهاب خروجی در محصول جو**



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۹. مقادیر شوری (EC) زهاب خروجی در محصول ذرت**

در زهکشی کنترل‌شده، گرادیان هیدرولیکی کاهش می‌یابد و پتانسیل جریان موئینگی بیش‌تر می‌گردد و در نتیجه، نفوذ عمقی به زیر ناحیه ریشه کاهش می‌یابد (۱). در این حالت، خطوط جریان کم‌عمق‌تر از سیستم زهکشی آزاد می‌باشد و بیش‌تر نزدیک به سطح خاک متمرکز می‌شوند که همین امر، باعث کاهش شوری زهاب خروجی نسبت به زهکشی آزاد (در نواحی با شوری پایین‌تر در سطح خاک) خواهد شد. بنابراین کاهش جریان و شوری زهاب خروجی در سیستم زهکشی کنترل‌شده سبب کاهش بسیار زیادی در بار نمک خروجی از زهکش‌ها می‌گردد، اما در سیستم زهکشی آزاد، مسیرهای جریان در نیمرخ خاک، عمیق‌تر بوده و در شرایط افزایش شوری با عمق، بار نمک نیز در جریان خروجی زهکش افزایش می‌یابد (٤). کاهش شوری زهاب در زهکشی کنترل‌شده نسبت به زهکشی آزاد، در تحقیقات محجوبی و همکاران (۲) نیز گزارش شده است. مقادیر شوری به‌دست‌آمده در کشت دو محصول جو و ذرت نشان می‌دهد که شوری زهاب خروجی در دشت مغان پایین بوده و محدودیتی در کشت گیاهان ایجاد نمی‌کند. از طرف دیگر، کیفیت زهاب خروجی در این منطقه، امکان استفاده مجدد از زهاب در پایین دست را نیز فراهم می‌کند.

## نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثرات زهکشی کنترل‌شده با عمق ثابت و متغیر، بر تغییرات دبی، شوری وغلظت عناصر کودی زهاب، در کشت جو و ذرت (محصولات غالب دشت مغان) و در اراضی مجهز به سیستم زهکشی زیرزمینی انجام شد. سه تیمار زهکشی آزاد، زهکشی کنترل‌شده با عمق ثابت ۷۰ سانتی‌متر و زهکشی کنترل‌شده با اعماق متغیر (ابتدا ٤۰ سانتی‌متر، سپس ۷۰ سانتی‌متر و در نهایت ۹۰ سانتی‌متر، با توجه به افزایش عمق ریشه گیاه در طول فصل کشت و به‌صورت متوالی) به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان دبی زهاب خروجی در محصول جو در تیمارهای CD70 و CDch نسبت به زهکشی آزاد به‌ترتیب ۵۵/۰ و ٤٤/۹ درصد و در محصول ذرت به‌ترتیب به میزان ۵۱/۲ و ٤۳/۸ درصد کاهش داشت. غلظت نیترات و فسفر زهاب خروجی نیز در روش‌های زهکشی کنترل‌شده، به‌شدت کاهش یافت که از عمده‌ترین دلایل آن می‌توان به کاهش حجم زهاب خروجی در این تیمارها نسبت به زهکشی آزاد اشاره نمود. در بررسی تغییرات شوری زهاب نیز تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای زهکشی کنترل‌شده و زهکشی آزاد در سطح یک درصد وجود داشت، درصورتی‌که بین تیمارهای زهکشی کنترل‌شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



www.SID.ir

Archive of SID



به‌طورکلی تیمارهای زهکشی کنترل‌شده نسبت به زهکشی آزاد عملکرد بسیار بهتری در کاهش تولید و ورود زهاب و آلاینده‌های موجود در آن نظیر نیترات و فسفر به محیط زیست داشته و همچنین باعث کاهش شوری زهاب خروجی نیز شده است. در بین تیمارهای زهکشی کنترل‌شده نیز تیمار زهکشی کنترل‌شده با عمق متغیر عملکرد بهتری نسبت به زهکشی کنترل‌شده با عمق ثابت داشت. در نهایت می‌توان به این نتیجه رسید که امکان اجرای زهکشی کنترل‌شده در دشت مغان وجود دارد و به‌دلیل بالا بودن کیفیت زهاب خروجی، برنامه‌ریزی برای استفاده مجدد و مدیریت‌شده از زهاب نیز در این منطقه، امکان‌پذیر است.

## تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از دفتر بهبود بهره‌وری و اقتصاد آب و آبفای وزارت نیرو به‌خاطر حمایت مالی، جناب آقای دکتر Henk Ritzema عضو هیئت علمی دانشگاه واخنینگن هلند و همچنین از مسئولین محترم دفتر فنی و مهندسی شرکت کشت و صنعت مغان به‌خاطر همکاری‌های ایشان در انجام تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع


۱. صادقی‌لاری ع.، معاضد ه.، ناصری ع.، محجوبی آ. و لیاقت ع (۱۳۹۲). نوسانات سطح ایستابی، شدت زهکشی و دینامیک نیتروژن در اراضی نیشکر با سیستم زهکشی کنترل‌شده. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(٦): ۱۰۸۹-۱۰۷۷.

۲. محجوبی آ.، هوشمند ع.، ناصری ع. و جعفری س (۱۳۹۲) اثر زهکشی کنترل‌شده بر روی کاهش ضریب زهکشی و حجم زهاب خروجی در مزارع نیشکر کشت و صنعت امام خمینی. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(٦): ۱۱٤٤-۱۱۳۳.

3. Abdeldayem S, Hoevenaars J. P., Mollinga P., Scheumann W., Slootweg R. and Van Steenbergen F. (2005) Agricultural drainage. Towards an integrated approach. Irrigation and drainage systems. 19: 71-87.
4. Ayars J. E., Christen E. W. and Hornbuckle J. W. (2006) Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. Agricultural Water Management. 86: 128-139.
5. Bohlen P.J. and Villapando O.R. (2011) Controlling runoff from subtropical pastures has differential effects on nitrogen and phosphorus loads. Environmental Quality. 40: 989-998.
6. Bonati G. and Borin M. (2010) Efficiency of controlled drainage and sub-irrigation in reducing nitrogen losses from agricultural fields. Agricultural Water Management. 98: 343-352.
7. Dalzell B. J., Filley T. R. and Harbor J. M. (2007) The role of hydrology in annual organic carbon loads and terrestrial organic matter export from a mid-western agricultural watershed. Geochemical and Cosmochimical. 71: 1448-1462.
8. Dunne E.J., McKee K.A., Clark M.W., Grunwald S. and Reddy K.R. (2007a) Phosphorus in agricultural ditch soil and potential implications for water quality. Soil and Water Conservation. 62: 244-252.
9. Dunne E. J., Smith J., Perkins D. B., Clark M. W., Jawitz J. W. and Reddy K. R. (2007b) Phosphorus storages in historically isolated wetland ecosystems and surrounding pasture uplands. Ecological Engineering. 31:16-28.
10. El-Ghannam M. K., AboWaly M. E., Gaheen S. A. and Karajeh F. F. (2016) Controlled drainage effects on nitrate leaching, salinity buildup and sugar beet production (Egypt). Agricultural Science and Soil Sciences. 4(2): 023-032.
11. Elmi A.A., Burton D., Gordon R. and Madramootoo C.A. (2005) Impacts of water table management on $N_2O$ and N-2 from a sandy loam soil in southwestern Quebec, Canada. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 72: 229-240.




www.SID.ir

Archive of SID



12. F.A.O. (1984) Drainage testing. Irrigation and Drainage Paper, NO. 28, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
13. Fisher M.J., Fausey N.R., Subler S.E., Brown L.C. and Bierman P.M. (1999) Water table management, nitrogen dynamics and yields of corn and soybean. Soil Science Society American. 63: 1786-1795.
14. Guo J., Zhang M. Q., Zhang L., Deng A. X., Bian X. M., Zhu J. G. and Zhang W. J. (2011) Responses of dissolved organic carbon and dissolved nitrogen in surface water and soil to $CO_2$ enrichment in paddy field. Agriculture Ecosystems and Environment. 140: 273-279.
15. Heathwaite A. L. and Dils R. M. (2000) Characterizing phosphorus loss in surface and subsurface hydrological pathways. Science of the Total Environment. (251-252): 523-538.
16. Hornbuckle J.W., Christen E.W., Ayars J.E. and Faulkner R.D. (2005) Controlled water table management as a strategy for reducing salt loads from subsurface drainage under perennial agriculture in semi-arid Australia. Irrigation and Drainage Systems. 19: 145-159.
17. Kliewer B. A. and Gilliam J. W. (1995) Water table management effects on denitrification and nitrous oxide evolution. Soil Science Society of America. 59:1694-1701.
18. Kroger R., Moore M.T., Farris J.L. and Gopalan M. (2011) Evidence for the use of low-grade weirs in drainage ditches to improve nutrient reductions from agriculture. Water, Air and Soil Pollution. 221: 223-234.
19. Lalonde V., Madramootoo C.A., Trenholm L. and Broughton R.S. (1996) Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. Agricultural Water Management. 29: 187-199.
20. Luo, W., Jia, Z., Fang, S., Wang, N., Liu, J., Wang, L., Tian, S and Zhang, Y., (2008) Outflow reduction and salt and nitrogen dynamics at controlled drainage in Irrigation District, China. Agriculture Water Management. 95: 809-816.
21. Madramootoo C. A., Dodd's G. T. and Papadopoulos A. (1993) Agronomic and environmental benefits of water table management. Irrigation and Drainage Engineering. 119(6):1052-1065.
22. Mejia M. N., Madramootoo C. A. and Broughton R. S. (2000) Influence of water table management on corn and soybean yields. Agricultural Water Management. 46(1): 73-89.
23. Ng H. Y., Tan C. S., Drury C. F. and Gaynor J. (2002) Controlled drainage and subirrigation influences tile nitrate loss and corn yields in sandy loam soil in southwestern Ontario. Agriculture Ecosystems Environment. 90: 81-88.
24. Noory H. and Liaghat A. (2009) Water table management to improve drainage water quality in semiarid climatic conditions of Iran. Irrigation and Drainage Engineering. 135(5): 665-670.
25. Olli G., Darracq A. and Destouni G. (2009). Field study of phosphorous transport and retention in drainage reaches. Hydrology. 365: 46-55.
26. Renfro J. G. (1955) Applying water under the surface of the ground. Yearbook of Agriculture: 273-278.
27. Rozemeijer J. C., Visser A., Borren W., Winegram M., Van der Velde Y., Klein J. and Broers H.P. (2016) High-frequency monitoring of water fluxes and nutrient loads to assess the effects of controlled drainage on water storage and nutrient transport. Hydrology Earth System Science. 20: 347-358.
28. Skaggs R. W. (1981) Methods for design and evaluation of drainage water management systems for soils with high water tables, DRAINMOD. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, United States.
29. Skaggs R. W. (2007) Controlled drainage to reduce nitrogen losses from drained lands. Annual Meeting, New Orleans, United States.
30. Smith E. L. and Kellman L. M. (2011) Nitrate loading and isotopic signatures in subsurface agricultural drainage systems. Environmental Quality. 40: 1257-1265.
31. Standard Anon, Methods for the Examination of Water and Wastewater. (1995). 19th Edition, American Public Health Association, United States.
32. Thomas D. L., Shirmohammadi A., Lowrance R. and Smith M. C. (1991) Drainage sub irrigation effect on water quality in Georgia Flatwoods. Irrigation and Drainage Engineering. 117: 123-137.
33. Valero C. S., Madramootoo C. A. and Stampfli N. (2007) Water table management impacts on phosphorus loads in tile drainage. Agricultural Water Management. 89: 71-80.
34. Weestrom I. and Messing I. (2007) Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand soil with spring crops. Agriculture Water Management. 87(3): 229-240.
35. Zhuan-xi L., Bo Z., Jia-Liang T. and Tao W. (2009) Phosphorus retention capacity of agricultural headwater ditch sediments under alkaline condition in purple soils area, China. Ecological Engineering. 35: 57-64.



www.SID.ir

Archive of SID

**Water and Irrigation Management**
**(Scientific Journal of Agriculture)**
**(*College of Abouraihan – University of Tehran*)**
**Vol. 8 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2018**

# Quantitative and qualitative changes of drain water by installation of controlled drainage in Moghan plain lands

Hamidreza Javani[1], Abdolmajid Liaghat[2*], Alireza Hassanogli[3], Bijan Nazari[4]

1. Ph. D. Student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research and Training Organization, Karaj, Iran.
4. Assistant Professor of Water Engineering, Imam Khomeini University of Qazvin, Qazvin, Iran.

Received: October 29, 2017 Accepted: June 21, 2018

**Abstract**
The controlled drainage is one of drainage methods, which that aim in addition to improve the conditions of the growing space and increase the plant's yield is, reduce the losses of chemical fertilizers and consequently, reduce the pollution of the environment. The present study was conducted to investigate the effect of controlled drainage with constant and variable depth on discharge and salinity changes, as well as transfer of drainage nitrate and phosphorus during the growing season in the dominant products of Moghan plain, barley and corn. For this purpose, three treatment included, Free Drainage (FD) or conventional drainage is used to area, Controlled Drainage with a control level of 70 cm below the soil surface (CD70) and Controlled Drainage with variable control during the growing season (CDch) and each treatment in Three repetitions were considered. The results of the study showed that discharge rate of drainage in barley field in CD70 and CDch treatments was 55.0 and 44.9 percent lower than free drainage respectively, and in corn, decreased by 51.2 and 43.8 percent, respectively. The amount of nitrate losses in barley filed in the CD70 and CDch treatments was 48.4 and 42.4 percent, compared to free drainage and 50.8 and 46.0 percent, respectively. Controlled drainage treatments, in addition to reducing the amount of drainage volume, have improved the quality of drainage in terms of nitrate, phosphorus and salinity.

**Keywords:** Barley, Corn, Nitrate and Phosphorous, Water table.

Corresponding author: aliaghat@ut.ac.ir

www.SID.ir