مجله آبخوان و قنات
جلد ۲ شماره ۲ پاییز و زمستان ۱۴۰۰
شماره صفحه : ۵۵-۴۵
http://dx.doi.org/10.22077/jaaq.2022.2196

افزایش اثربخشی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی با استفاده از شاخص ارزیابی چرخه حیات

۱- عبدالله درزی نفت‌چالی[۱،*]
۲- علی متولی[۲]
۳- مهدی کیخا[۳]
* نویسنده مسئول: abdullahdarzi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱

چکیده

پایداری سیستم‌های زهکشی زیرزمینی وابستگی زیادی به پایداری اکوسیستم‌های پذیرنده زهآب دارد. در این تحقیق، با استفاده از مفهوم ارزیابی چرخه حیات، میزان اثربخشی سیستم‌های مختلف زهکشی زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد نیاز طی دو فصل کشت کلزا از یک مزرعه دارای سه نوع سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی متشکل از عمق ۰/۹ متر و فاصله ۳۰ متر (D0.9L30)، عمق ۰/۶۵ متر و فاصله ۳۰ متر (D0.65L30) و عمق ۰/۶۵ متر و فاصله ۱۵ متر (D0.65L15) و یک سیستم زهکشی زیرزمینی دو عمقی متشکل از چهار خط زهکش به فاصله ۱۵ متر و با اعماق ۰/۶۵ و ۰/۹ متر به‌صورت یک‌درمیان (Bilevel) تهیه شد. همچنین یک کرت فاقد لوله زهکش زیرزمینی نیز به عنوان تیمار (Control) انتخاب شد. پس از برداشت برنج، کلزا به عنوان کشت متناوب با برنج در این اراضی کشت گردید. در مدت مطالعه، میزان مصرف نهاده‌ها و تلفات آنها به همراه سایر عملیات‌های مدیریتی و زراعی ثبت شد. تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی سیستم کشت با استفاده از نرم‌افزار SIMAPRO 9.0 انجام شد. از میان منابع ورودی، انتشار مستقیم از سطح مزرعه، کود اوره و کاربرد ماشین آلات کشاورزی بهترتیب بیشترین سهم را در اثرات زیست‌محیطی ناشی از کشت کلزا داشتند. بررسی اثرات نهایی نشان داد که سیستم زهکشی Bilevel کارایی مناسب‌تری نسبت به تیمار کنترل و سایر تیمارهای زهکشی زیرزمینی داشت به طوریکه باعث کاهش ۱۷/۴ درصدی اثرات زیست‌محیطی نسبت به تیمار کنترل شد. بر اساس نتایج، استفاده از مفهوم ارزیابی چرخه حیات در فرایند طراحی و همچنین ارزیابی سیستم‌های زهکشی به‌جای روش‌های سنتی و متداول می‌تواند در افزایش کارایی هزینه‌های مرتبط با طرح‌های زهکشی و پایداری محیط زیست مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: تناوب زراعی، پایداری محیط زیست، شالیزار، معیارهای طراحی.

[۱] گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
[۲] گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
[۳] گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

مقدمه

به‌منظور بهره‌برداری بهتر از منابع آب و خاک در هزاران هکتار از اراضی شالیزاری دو استان گیلان و مازندران، طرح‌های یکپارچه سازی شالیزارها انجام شد. با این وجود، به دلیل سنگینی بافت خاک، ضریب آبگذری کم، فقدان ساختمان و چسبندگی خاک‌ها، ایجاد لایه غیر قابل نفوذ در عمق کم، توپوگرافی نسبتاً مسطح و عدم قابلیت زهکش‌های سطحی (که در انتهای کرت‌های بزرگ احداث می‌شوند) در تخلیه سریع آب از منطقه ریشه، این طرح‌ها قادر به فراهم کردن شرایط مناسب برای کشت سالانه و تنوع زراعی در مناطق مرطوب و پرباران شمال کشور نبودند (Darzi-Naftchali et al., 2013). با ایجاد سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، رفع مشکلات غرقابی و ماندابی، می‌توان کارایی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده را بهبود داد طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی را تکمیل نمود. سیستم‌های زهکشی زیرزمینی با ایجاد شرایط مناسب برای بهبود قابلیت تردد و حذف آب مازاد در فصل کشت برنج، امکان کشت محصولاتی غیر از برنج را نیز در فصول مرطوب به عنوان کشت دوم فراهم می‌کنند. یکی از محصولات استراتژیکی که در این راستا می‌توان کشت نمود کلزا است. آب بری کم دانه‌های روغنی کلزا، به اهمیت کشت این محصول افزوده است. با توجه به بحران کم‌آبی، کشت محصولاتی با آب بری حداقلی، یک اصل و ضرورت ویژه در شرایط این چنینی محسوب می‌شود. در حال حاضر، بخش قابل توجهی از روغن مورد نیاز جامعه از دانه‌های کلزا تأمین می‌شود. با توجه به اینکه تولیدات داخلی دانه‌های روغنی فقط ۱۰ درصد نیاز را پاسخ‌گو است و ۹۰ درصد نیاز از طریق واردات تأمین می‌گردد، لذا این محصول، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. علی‌رغم افزایش ضریب کلزا در سال‌های اخیر، میزان وابستگی به واردات همچنان بالاست و ارز قابل توجهی، صرف خرید آن می‌شود. ارزش واردات دانه‌های روغنی و روغن، در حدود چهار میلیارد دلار در سال ۹۷ اعلام شده است، که میزان واردات دانه‌های روغنی، ۲ میلیون و ۱۳۳ هزار تن به ارزش یک میلیارد و ۴۱ میلیون دلار ذکر شده است.

مرور منابع حاکی از اثرات مثبت زهکشی بر افزایش تولید محصولات مختلف می‌باشد. محققان اثر پروژه‌های زهکشی زیرزمینی بر عملکرد برخی محصولات را در اراضی فاریاب پاکستان بررسی کردند که نشان‌دهنده افزایش قابل توجه عملکرد محصولات در اثر زهکشی می‌باشد (Azhar et al., 2005). براساس نتایج یک تحقیق مشابه در کشور هند (Ritzema et al., 2008)، به‌دلیل اجرای سامانه زهکشی در مزرعه، عملکرد محصولات مختلف افزایش قابل توجهی یافت. گزارش شد که زهکشی زیرزمینی ضمن افزایش عملکرد برنج به مقدار ۱/۳۶ تن در هکتار، سبب شد بیشتر پارامترهای رشد گیاه به‌ویژه عملکرد دانه و وزن هزار دانه به مقدار قابل توجهی افزایش یابد (Mathew et al., 2001). در کلزا نیز دستیابی به عملکرد بالا ارتباط مستقیم با کاهش میزان ماندابی دارد (Zhang et al., 2004)، لذا توانایی زهکش‌ها متناسب با شدت و دوام بارندگی در خروج آب اضافی از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشند (Farzamsefat et al., 2010). به‌طوری‌که سطح ایستابی تا ناحیه تحتانی ریشه گیاه تنزل پیدا کند (Asgari and Darzi-Naftchali, 2018). بررسی تأثیر زهکشی آزاد و کنترل شده بر بیلان آب و نمک در زراعت کلزا نشان داد که مناسب‌ترین عمق و فاصله زهکش در سامانه زهکشی آزاد در شرایط آب و هوایی شمال کشور، به‌ترتیب ۰/۵ و ۳۰ متر می‌باشد (Davoudi et al., 2018). محققان با استفاده از مدل‌های ریاضی نیز، به پیش‌بینی سطح برگ گیاه کلزا در شرایط تنش ماندابی و شرایط مطلوب رشد پرداختند که نتایج آنها حاکی از تأثیر مثبت زهکش‌ها بر شاخص سطح برگ و وزن خشک در کلیه مراحل رشد نسبت به تیمار کنترل بود (Asgari et al., 2019).

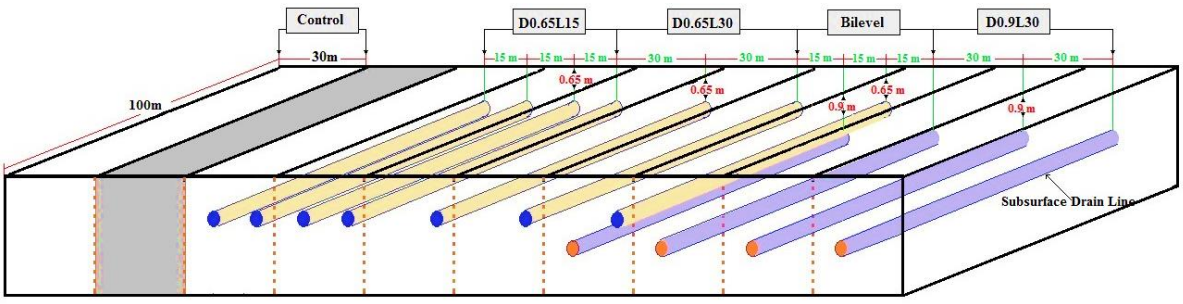
علی‌رغم آثار مثبت زهکشی بر افزایش تولید، در سال‌های اخیر نگرانی‌های زیست‌محیطی مرتبط با آن، افزایش قابل توجهی یافته است. بخش اعظمی از این مشکل ناشی از عدم توجه به اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه زهکشی می-باشد. در این راستا بازنگری و لزوم توجه به تأثیرات زیست‌محیطی

سیستم‌های زهکشی در مرحله طراحی جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار از منظر زیست‌محیطی، بیش از پیش احساس می‌گردد. روش‌های متعددی برای تحلیل آثار زیست‌محیطی پروژه‌های توسعه‌ای ایجاد شده است. مفهوم ارزیابی چرخه حیات (LCA) به عنوان ابزاری مناسب برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در کشاورزی به کار برده شده است. این ابزار روش مناسبی برای مقایسه نظام‌های مختلف تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (Khoshnevisan et al., 2014). با استفاده از این روش، اثرات زیست‌محیطی تولید کلزا در اسپانیا توسط (Gasol et al., 2007) مورد بررسی قرار گرفته است. محققین بیان کردند که استفاده از کودهای شیمیایی در شش اثر زیست‌محیطی تأثیر به سزایی دارد. آنها گزارش دادند که سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی در تراکتورها و وسایل حمل و نقل در تأثیرات زیست‌محیطی بین ۴۸ تا ۷۷ درصد بود. در مطالعه‌ای دیگر، مقدار انتشار اکسید نیتروژن و متان در تناوب زراعی برنج-کلزا در سه سطح مختلف مصرف کود نیتروژن در کشور چین بررسی شد (Zhou et al., 2015). همچنین محققان با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات، روش‌ها و مکان‌های جغرافیایی مختلف تولید زیست سوخت از محصول کلزا را مورد مقایسه قرار دادند (Malça et al., 2014). مرور منابع حاکی از آن است که تاکنون با استفاده از مفهوم LCA اثرات زیست‌محیطی سیستم‌های کشت در مزارع دارای زهکشی زیرزمینی مورد بررسی قرار نگرفت. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کشت کلزا با استفاده از این مفهوم انجام شد تا اثربخشی طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و پایداری محیط زیست بهبود یابد.

مواد و روش‌ها

مزرعه مورد مطالعه

داده‌های مورد نیاز این تحقیق طی دو فصل کشت کلزا (۱۳۹۰ و ۱۳۹۴) به عنوان کشت دوم در تناوب با کشت برنج در حدود ۴/۵ هکتار از اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر ۹ جاده ساری- دریا انجام تهیه گردید. عرض و طول جغرافیایی منطقه به‌ترتیب ۳۶/۳۹ عرض شمالی و ۵۳/۰۴ طول شرقی است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه، ۶۱۶ میلی‌متر و متوسط دمای هوا ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک اراضی مورد مطالعه تا عمق دو متری غالباً از نوع سیلتی رس می‌باشد (Darzi-naftchali et al., 2013). در مزرعه مورد مطالعه، سه نوع سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی متشکل از عمق ۰/۹ متر و فاصله ۳۰ متر (D0.9L30)، عمق ۰/۶۵ متر و فاصله ۳۰ متر (D0.65L30) و عمق ۰/۶۵ متر و فاصله ۱۵ متر (D0.65L15) و یک سیستم زهکشی زیرزمینی دو عمقی متشکل از چهار خط زهکش به فاصله ۱۵ متر و با اعماق ۰/۶۵ و ۰/۹ متر به‌صورت یک‌درمیان (Bilevel) نصب شد. شماتیک سیستم‌های مختلف زهکشی در شکل (۱) ارائه شد. زهاب کلیه خطوط زهکش به درون یک نهر جمع‌کننده به عمق ۱/۲ متر تخلیه می‌شود. کرتی که فقط تحت‌تأثیر نهر جمع‌کننده بود، به‌عنوان تیمار شاهد (Control) در نظر گرفته شد.



شکل ۱- شماتیک تیمارهای مختلف زهکشی در مزرعه مورد مطالعه.

Fig1- Schematic of different drainage treatments in the studied field.

مدیریت مزرعه

با توجه به کشت متناوب برنج- کلزا در مزرعه، پس از برداشت برنج، بذر کلزا رقم هایولا ۴۰۱ به میزان شش و هشت کیلوگرم در هکتار، در مزرع کشت شد. زمان کشت کلزا در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۴، بهترتیب ۷ و ۱۱ مهر بود. در سال ۱۳۹۰، ۳۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره در روزهای ۱۰۰ و ۱۲۱ پس از کشت، به‌صورت سرک پخش شد. ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در زمان کشت و ۵۰ کیلوگرم اوره در روز ۵۰ پس از کشت در سال ۱۳۹۴، در تیمارهای مختلف توزیع شد.

شاخص ارزیابی چرخه حیات

یکی از جامع‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی، شاخص ارزیابی چرخه حیات (LCA) بر پایه استاندارد14040 ISO می‌باشد. این روش عبارت است از گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و پیامدهای بالقوه محیط زیستی یک محصول در سراسر چرخه حیات آن (ISO 14040, 2006). هر مطالعه ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله می‌باشد. ۱) تعیین هدف و حوزه مطالعه ۲) ممیزی چرخه حیات (3 (LCI) ارزیابی اثر ((LCIA 4) تفسیر (Nabavi-Pelesaraei et al., 2017). بر این اساس، در مرحله اول، محصول نهایی مورد انتظار، مرزهای سیستم مورد مطالعه، واحد کارکردی و در نهایت فرض‌های مطالعه مشخص می‌شود. در این راستا، از دستورالعمل پیشنهادات سیستم داده‌های بین‌المللی چرخه حیات (IRLCDS) استفاده می‌گردد (European Commission, 2010). هدف ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی می‌باشد. در این طرح محدوده از ورودی تا خروجی مزرعه به‌عنوان محدوده ارزیابی انتخاب می‌گردد. واحد کارکردی نیز باید مشخص گردد که نشان دهنده معیاری کمی از عناصر تولید محصول نهایی است که اثرات محیطی بر مبنای آن محاسبه می‌گردد (Rebitzer et al., 2004). واحد کارکردی تولید یک تن کلزا به‌ازای هر هکتار زمین در نظر گرفته می‌شود. مرحله دوم، جمع‌آوری کلیه ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم تحت بررسی که شامل داده‌های مربوط به مصرف منابع، انرژی و انتشار آلاینده‌های حاصل از هر یک از فعالیت‌های مرتبط با تولید نهایی محصول می‌باشد. در این مرحله هر یک از اجزای زنجیره تولید تفکیک شده و عواملی که باید در محاسبات مورد توجه قرار گیرند تعریف می‌شوند. میزان مصرف نهاده‌های سوخت دیزل، برق، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و مقادیر آلاینده‌های انتشار یافته ناشی از کاربرد آنها بر مبنای واحد عملکردی محاسبه می‌شوند. در مرحله سوم ارزیابی، تأثیر چرخه حیات با هدف تجزیه و تحلیل کمی نتایج بخش ممیزی چرخه حیات می‌باشد، که به سه زیربخش طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن دهی تقسیم بندی می‌شود (Roy et al., 2009).

در مرحله طبقه‌بندی، هر کدام از مقادیر به‌دست آمده از بخش دو، یعنی مصرف منابع فسیلی، الکتریکی، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و مصرف آب به اثرات زیست‌محیطی آن مرتبط می‌گردد. در این مطالعه، گروه‌های تأثیر در قالب گروه‌های گرمایش جهانی، اسیدیته، یوتریفیکاسیون آبی، تخریب لایه ازن، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع آبی، سمیت انسانی، سمیت خاک و سمیت آب در نظر گرفته شده‌اند. ارتباط بین میزان مصرف سوخت، آب، کود و آفت‌کش‌ها و همین طور میزان انتشار آلاینده‌ها به آب، خاک و اتمسفر برای تولید یک تن از محصولات مورد نظر برآورد می‌گردد (Brentrup et al., 2004). برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی محصولات زراعی از نرم‌افزار SIMAPRO 9.0 استفاده شد. این نرم‌افزار می‌تواند اثرات زیست‌محیطی محصولات و خدمات را در سراسر مراحل چرخه زندگی آنها اندازه‌گیری کرده و همچنین اثرات همه مراحل از استخراج مواد خام تا تولید، توزیع، استفاده و دفع را شناسایی نماید و ابزارهای حرفه‌ای را برای جمع‌آوری، ارزیابی و پایش کارایی زیست‌محیطی محصولات، فرآیندها و خدمات مهیا می‌کند. برخی از ورودی‌های مورد استفاده (سوخت‌ها، کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات شیمیایی و...) به‌ازای تولید یک تن محصول کلزا در جدول (۱) ارائه شد.

جدول ۱- منابع ورودی برای تولید یک تن کلزا در هر هکتار در استان مازندران.

Table 1- Input sources for the production of one ton of Canola per hectare in Mazandaran province.

تیمار زهکشی	گازوئیل (لیتر)	کود اوره (کیلوگرم)	علف‌کش (لیتر)	حشره‌کش (لیتر)	پی وی سی (کیلوگرم)
کنترل	78.46	53.85	1.03	0.51	0
Bilevel	70.05	48.08	0.92	0.46	271.98
D0.65L15	65.81	45.16	0.86	0.43	255.48
D0.65L30	63.51	45.16	0.83	0.42	123.29
D0.9L30	73.73	50.60	0.96	0.48	143.13

نتایج

نتایج و بحث

اثرات میانی زیست‌محیطی

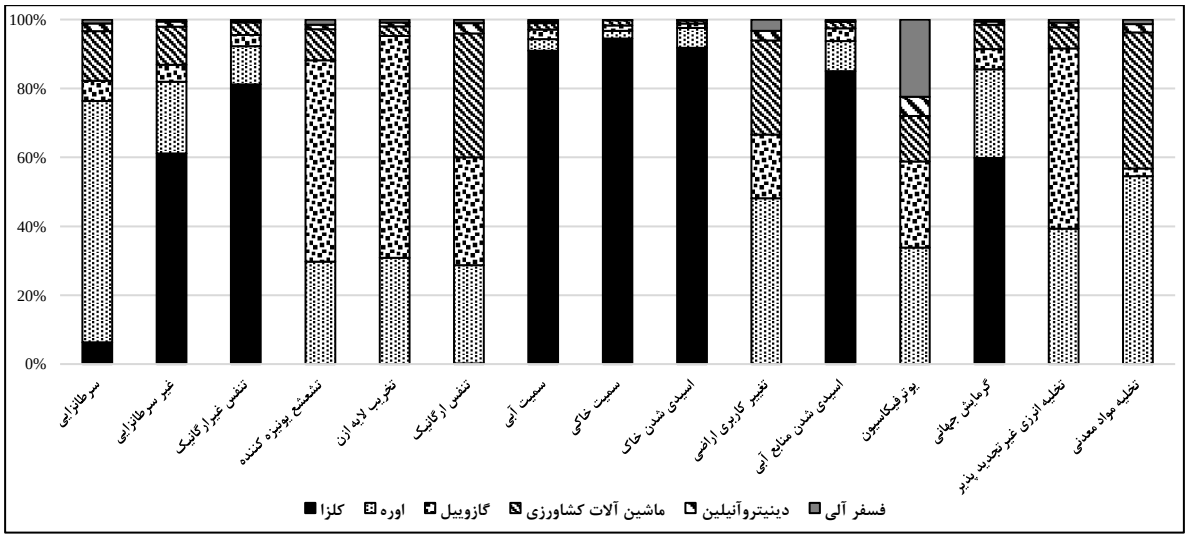
سهم هر یک از ورودی‌های مربوط به کشت کلزا در تیمارهای Control، Bilevel، D0.65L15، D0.65L30 و D0.9L30 بهترتیب در شکل‌ها ۲ تا ۶ نشان داده شد. در تیمار Control، میزان سرطانزایی بیشترین تأثیر را از کود اوره و کاربرد ماشین آلات کشاورزی در سطح مزرعه بهترتیب با ۷۰ و ۱۴/۴ درصد داشته است. همچنین در تخریب لایه ازن، بیشترین سهم مربوط گازوئیل بود. در بحث گرمایش جهانی هم انتشارات مستقیم از سطح مزرعه ناشی از کشت کلزا، سهم ۵۹/۸ درصدی را داشتند. به‌طور کلی، انتشار مستقیم ناشی از فعالیتهای کشاورزی با ۸۹/۹، کاربرد کود اوره با ۳/۷ و سوخت گازوئیل با ۳/۷ درصد بیشترین اثرگذاری زیست‌محیطی را تیمار Control داشتند.

میزان سرطانزایی و بیماری‌های غیر سرطان‌زا در تیمار Bilevel نسبت به کنترل به‌ترتیب ۱۲/۳ و ۷۸/۶ درصد افزایش داشت اما سایر اثرات میانی با کاهش همراه بود. سیستم زهکشی دو عمقی میزان اثرات میانی را نسبت به Control، D0.65L15، D0.65L30 و D0.9L30 بهترتیب به میزان ۱۸/۲، ۹/۷، ۱۳/۷ و ۰/۵ درصد کاهش داد. بیشترین عامل مؤثر از منابع ورودی در آلودگی‌های زیست‌محیطی در این تیمار، انتشار مستقیم از مزرعه با ۸۷/۸ درصد بود. سیستم زهکشی Bilevel بیشترین کاهش اثرات میانی نسبت به کنترل را بر تخریب لایه ازن با کاهش ۱۹/۵ درصدی داشت. در سیستم زهکشی زیرزمینی D0.65L15، کود اوره با ۵۰/۴ درصد، سهم به سزایی در میزان سرطانزایی داشت. اما در بیماریزایی غیر سرطانی، PVC با ۵۴/۹ درصد، بیشترین سهم را در این بخش داشت. این عامل همچنین می‌تواند از طریق آلودگی منابع آب و خاک باعث ایجاد اثرات زیست‌محیطی شود. لذا یکی از عوامل با درجه اهمیت بالا، توجه به بازیافت لوله‌های PVC مدفون در زیر خاک با پایان یافتن عمر مفید این لوله‌ها می‌باشد. دلیل افزایش نسبت سرطانزایی و بیماری-های غیر سرطان‌زا PVC در این تحقیق، عدم به‌کارگیری بازیافت این لوله‌ها در تحلیل نتایج می‌باشد. قطعاً با اعمال بازیافت PVC و اضافه نمودن این نتیجه به نتایج تحقیق، میزان سرطانزایی و بیماریزایی این فاکتور کاهش معنی‌داری خواهد داشت. روند تغییرات سایر اثرات زیست‌محیطی و عوامل تأثیر گذار در بخش‌های پانزده‌گانه اثرات میانی از روند تغییرات سناریو کنترل تبعیت می‌کند. البته این سیستم زهکش با تعدیل این عوامل دخیل در اثرات زیست‌محیطی، باعث کاهش درصد آلودگی منابع ورودی به مزرعه و انتشارات مستقیم سطح مزرعه شده است. به‌طوری‌که علی رغم اضافه شدن PVC به عنوان منبع آلودگی جدید علاوه بر منابع ورودی دیگر، این سیستم موفق به کاهش اثرات زیست محیطی کلیه منابع ورودی و انتشارات مستقیم از سطح مزرعه شد. بیشترین اثر مثبت این سیستم با کاهش ۱۳/۹ درصدی اسیدی شدن زمین نسبت به سیستم کنترل اتفاق افتاده است. به‌طورکلی، بیشترین سهم آلودگی به‌ترتیب مربوط به انتشار مستقیم ناشی از فعالیتهای کشاورزی و مصرف کود اوره، با ۸۹/۸ و ۳/۷ درصد بود.

از نظر میزان سرطانزایی در سیستم زهکشی D0.65L30، کود اوره، PVC و ماشین آلات کشاورزی به‌ترتیب با ۵۸/۶، ۱۶/۲ و ۱۲ درصد دارای بیشترین اثرگذاری بودند. سایر بخش‌ها نیز روند یکسانی با تیمار کنترل داشتند. این سیستم زهکشی نیز باعث تعدیل اثرات سوء محیط زیستی حاصل از کشت نسبت به

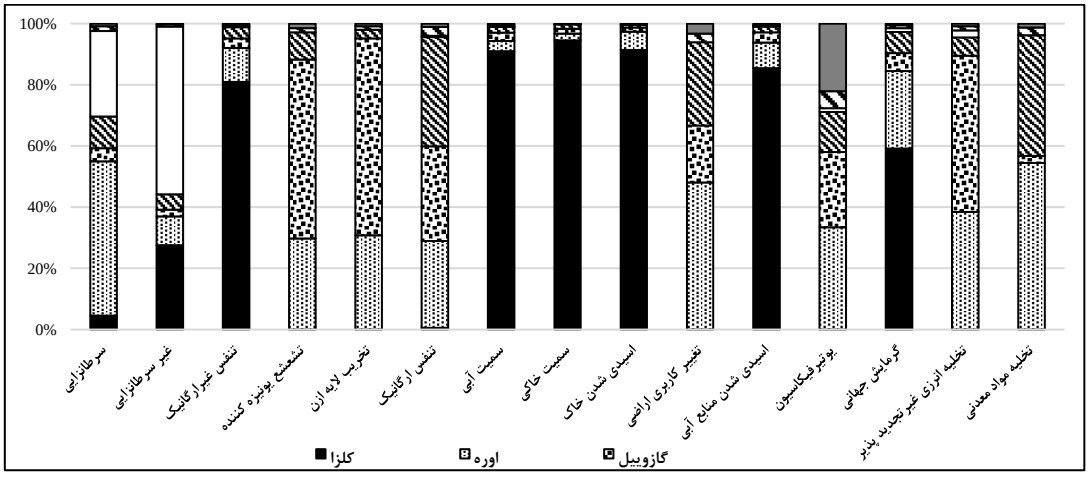
کنترل شد. بیشترین کاهش اثرات منفی در مقایسه با کنترل مربوط به اسیدی شدن زمین از سطح مزرعه به مقدار ۱۹/۵ درصد بود. کاهش مشابهی در مورد همه منابع ورودی اتفاق افتاده به‌استثنای فسفر آلی که با افزایش ۰/۱۵ درصدی روبه‌رو بود. سیستم زهکشی D0.65L30 در مجموع ۶ درصد اثرات زیست محیطی را نسبت به یک زمین فاقد زهکش زیرزمینی کاهش داد، اما نسبت به سیستم زهکشی D0.65L15 این اثرات با افزایش ۴/۹ درصدی همراه بود. سیستم زهکشی D0.9L30 نیز باعث تعدیل اثرات سوء محیط زیستی حاصل از کشت نسبت به کنترل شد. بیشترین کاهش اثرات منفی در مقایسه با کنترل، مربوط به اثرات سمیت از سطح مزرعه به میزان ۱۸/۷ درصد بود. سیستم زهکشی D0.9L30 در مجموع ۱۸/۵ درصد اثرات زیست محیطی را نسبت به کنترل و ۸/۷ درصد نسبت به D0.65L15 کاهش داد.

تیمارهای زهکش با عمق کم دارای بیشترین میزان انتشار N2O به عنوان یکی از تاثیرگذارترین گازهای گرمایش جهانی، نسبت به زهکش‌های عمیق می‌باشند. در این شرایط مقادیر زیاد N2O بر اثر نیتریفیکاسیون به هوا متصاعد می‌گردد. در مقابل تیمارهای با عمق و فاصله زهکش بیشتر، سبب انتشار کمتری N2O می‌شوند که مسیر اصلی انتشار آن، دنیتریفیکاسیون است CO2. (Hou et al., 2012) نیز یکی دیگر از گازهای مؤثر بر گرمایش جهانی، متأثر از کربن آلی خاک است به‌طوری‌که در شرایط غرقاب غلظت کربن آلی بیشتر از شرایط زهکشی است (He et al., 2017). در این باره، رس زیاد نیز که باعث زهکشی کمتر در خاک‌های سنگین می‌شود، باعث آب‌شویی کمتر کربن آلی خواهد شد (Said-Pullicino et al., 2016). همچنین زهکشی باعث ایجاد مسیرهای جریان ترجیحی پایدار و در نتیجه حرکت بالای فلزات و کاهش جذب آنها به سطوح ذرات خاک شده (Asgharzadeh et al., 2011) که سمیت منابع خاک را در پی داشته است. زهکش‌های عمیق‌تر در تعدیل اثرات منفی این عامل نسبت به زهکش‌های با عمق کمتر، موفق‌تر عمل کرده‌اند. علاوه بر سمیت منابع خاک، منابع آبی نیز در اثر زهکشی و آب‌شویی نیترات و فسفات (Charles et al., 2006) و سموم ارگانوفسفره (El-Kabbany et al., 2000) دچار مشکل می‌شوند. سیستم‌های زهکشی کم عمق بهترتیب، باعث آب‌شویی کمتر نیترات (Toriyama and Ando., 2011) و آب‌شویی بیشتر فسفر (Beauchemin et al., 1998) نسبت به زهکش‌های عمیق می‌شوند (Poole, 2006).



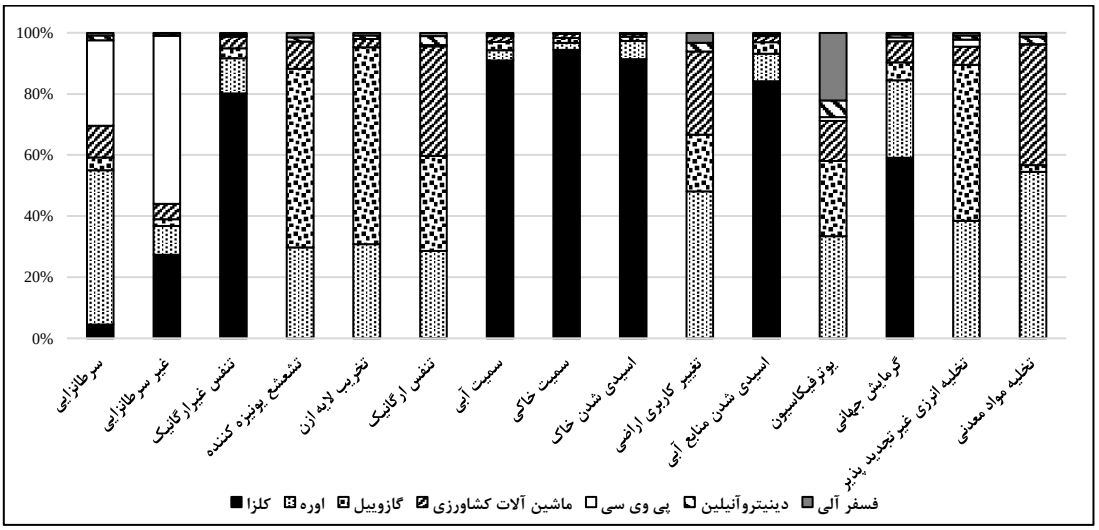
شکل ۲- توزیع اثرات میانی زیست محیطی منابع ورودی در تیمار کنترل.

Fig 2- Distribution of intermediate environmental effects of input sources in the Control treatment.



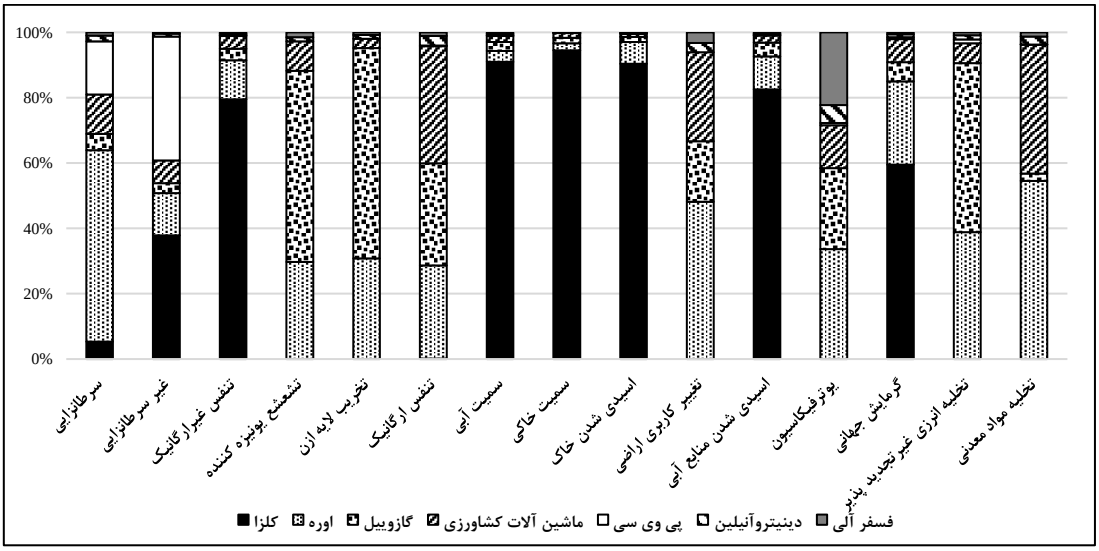
شکل ۳- توزیع اثرات میانی زیست محیطی منابع ورودی در تیمار Bilevel

Fig 3- Distribution of intermediate environmental effects of input sources in Bilevel treatment



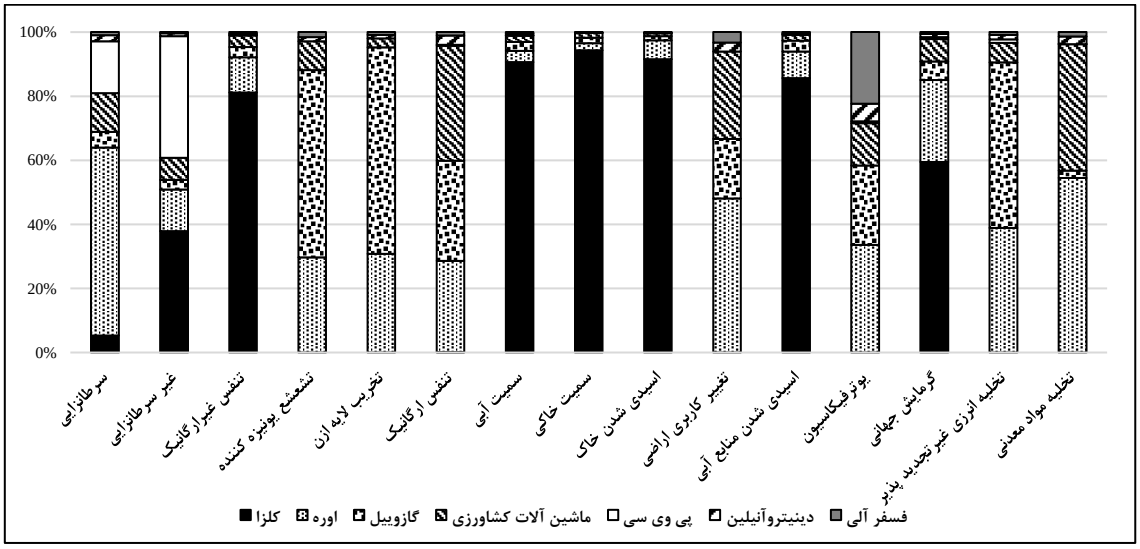
شکل ۴- توزیع اثرات میانی زیست محیطی منابع ورودی در D0.65L15

Fig 4- Distribution of intermediate environmental effects of input sources in D0.65L15



شکل ۵- توزیع اثرات میانی زیست محیطی منابع ورودی در تیمار D0.65L30

Fig 5- Distribution of intermediate environmental effects of input sources in D0.65L30 treatment



شکل ۶- توزیع اثرات میانی زیست محیطی منابع ورودی در تیمار D0.9L30

Fig 6- Distribution of intermediate environmental effects of input sources in D0.9L30 treatment

اثرات نهایی

اثرات نهایی زیست محیطی در قالب چهار گروه سلامتی انسان، کیفیت اکوسیستم، تغییرات آب و هوایی و تخلیه منابع طبقه‌بندی و نتایج حاصله در جدول ۲ ارائه شد. از لحاظ اثرگذاری کشت کلزا بر سلامت انسان، تیمار Bilevel، دارای اثرات مطلوب‌تری نسبت به تیمارهای دیگر از جمله تیمار کنترل بود. این برتری تیمار زهکشی دو عمقی در کاهش اثرات زیست محیطی نسبت به سایر تیمارها در دیگر بخش‌های اثرات نهایی نیز حاکم می‌باشد. نتایج حاکی از اثرگذاری مثبت این تیمار زهکشی در کاهش اثرات مخرب زیست محیطی نسبت به تیمار کنترل به‌ترتیب به میزان ۱۵/۲۲، ۱۸/۹، ۱۷/۹ و ۱۷/۱ درصد در بخش‌های سلامت انسان، کیفیت اکوسیستم، تغییرات آب و هوا و تخلیه منابع می‌باشد. این تیمار بیشترین اثرگذاری مثبت را در کیفیت اکوسیستم داشته که در نهایت منجر به صرفه‌جویی در مصرف منابع اولیه و عدم اتلاف این منابع ورودی نسبت به کشت سنتی می‌شود. سیستم‌های زهکشی زیرزمینی نسبت به تیمار کنترل اثرات مثبتی در کاهش پیامدهای زیست محیطی کشت کلزا داشته‌اند. سیستم‌های D0.65L15، D0.65L15، D0.65L15 و Bilevel به‌ترتیب ۱۵/۵، ۵/۲، ۸/۹ و ۱۷/۴ درصد این اثرات را نسبت به شرایط کنترل، کاهش دادند. از میان سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، سیستم D0.65L30 دارای کمترین کارایی نسبت به دیگر تیمارهای زهکشی بود. این موضوع اهمیت طراحی بهینه و مناسب این نوع زهکش‌ها متناسب با شرایط موجود اراضی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی سیستم‌های زهکشی اثرات زیست محیطی را ۱۱/۷ درصد نسبت به شرایط سنتی کاهش دادند که حاکی از اثرگذاری مثبت آنها در ایجاد شرایط کشت زمستانه کلزا در شالیزارهای شمال کشور کشت می‌باشد.

جدول ۲- اثرات نهایی زیست محیطی کشت کلزا تحت تأثیر کاربرد پنج تیمار زهکشی.

Table 2- The final environmental effects of rapeseed cultivation under the influence of the application of five drainage treatments.

اثرات نهایی	واحد	تیمارهای زهکشی				
		کنترل	زهکش دو عمقی	D0.65L15	D0.65L30	D0.9L30
سلامت انسان	DALY	0.0013754	0.001166	0.001239	0.001229	0.001182
کیفیت اکوسیستم	PDF×m2×yr	1272.8434	1031.279	1131.578	1183.999	1040.74
تغییرات آب و هوا	kg CO^2 eq	670.97843	550.6566	606.5783	634.41	566.2838
تخلیه منابع	MJ primary	8524.6898	7063.133	7790.705	8105.283	7233.965

نتیجه‌گیری

در سیستم‌های زهکشی، آلودگی زیست محیطی PVC باعث افزایش ریسک سرطانزایی و بیماریزایی غیر سرطانی نسبت به سیستم کنترل شد. اثرگذارترین عامل مخرب زیست محیطی در بین منابع ورودی، انتشار مستقیم از سطح مزرعه بود که بیشترین سهم را از این لحاظ در اثرات میانی زیست محیطی داشت. همچنین، منابع ورودی کود اوره و ماشین آلات کشاورزی نیز بهترتیب بعد از انتشار مستقیم از سطح مزرعه دارای بیشترین اثر منفی بودند. از لحاظ اثرات نهایی نیز تحلیل نتایج نشان داد که تیمار زهکشی Bilevel دارای بیشترین کارایی در مدیریت منابع ورودی و کاهش اثرات منفی زیست محیطی نسبت به شرایط متداول و سایر تیمارهای زهکشی زیرزمینی بود. به‌طور کلی، با توجه به اثرگذاری متفاوت زهکش-های زیرزمینی بر کاهش اثرات زیست محیطی در مقایسه با کنترل، توجه به میزان این اثرگذاری در مرحله طراحی زهکش-ها، از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد. لذا کاربرد ارزیابی چرخه حیات در این راستا در مرحله طراحی، می‌تواند گام مهمی در جهت دستیابی به طراحی بهینه متناسب با اهداف توسعه پایدار از منظر زیست محیطی باشد.

منابع

Asgari, A., Darzi-Naftchali, A., 2018. Analysis of the effect of water table fluctuation on canola leaf area index. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 12, 76-87. [In Persian]

Asgari, A., Darzi-Naftchali, A., Nadi, M., Saberali, S. F., 2019. Investigating the effect of surface and subsurface drainage on canola leaf area and presenting governing mathematical equations. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 13 (6), 1733-1742. [In Persian]

Asgharzadeh, A., Rahimi, Q., Safadoust, A., Mahboubi, A., 2012. Investigation of movement and leaching of heavy metals in soils treated with municipal waste, the sixth national conference and the first international conference on waste management, Mashhad, the organization of municipalities and municipalities. [In Persian]

Azhar, A. H., Alam, M. M., Rafiq, M., 2005. Agricultural impact assessment of subsurface drainage projects in Pakistan– crop yield analysis. Pakistan Journal of Water Resources. 9(1), 1-7.

Beauchemin, S., Simard, R. R., 1999. Soil phosphorus saturation degree: Review of some indices and their suitability for P management in Quebec, Canada. Canadian Journal of Soil Science. 79 (4), 87-98.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., Kuhlmann, H., 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology: II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy 20(3), 265-279.

Charles, R., Jolliet, O., Gaillard, G., Pellet, D., 2006. Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems & Environment. 113(1/4), 216–225 .

Darzi-Naftchali, A., Mirlatifi, S. M., Shahnazari, A., Ejlali, F., Mahdian, M. H., 2013. Effect of subsurface drainage on water balance & water table in poorly drained paddy fields. Agricultural Water Management, 130, 61– 68.

Davoudi, O., Darzi Naft-chali, A., Aghajani, GH., 2018. The effect of free and controlled drainage on water balance and soil salinity in rainfed rapeseed in paddy lands. Water research in agriculture. 32 (3), 367-382. [In Persian]

El-Kabbany, S., Rashed, M.M., Zayed, M.A., 2000. Monitoring of the pesticide levels in some water supplies and agricultural land, in El-Haram, Giza (A.R.E.). J Hazard Mater. 72 (1), 11-21.

European Commission. 2010. International reference life cycle data system (ILCD) h&book. A general guide for life cycle assessment—detailed guidance. 1st ed. European Commission–Joint

Farzam-Sefat, A., Parsinajad, M., Yazdani, M., Nouri, H., Mousavi, S. F., Ejlali, F., 2010. Effect of drainage intensity on different canola growth periods as the second crop after rice. Journal of Soil and Water Research. 41, 111-119. [In Persian]

Gasol, C. M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., Rieradevall, J., 2007. Life cycle assessment of a Brassica Carinata bioenergy cropping system in southern Europe. Biomass and Bioenergy, 31(8), 543–555.

He, X., Qiao, Y., Liang, L., Knudsen, M., Martin, F., 2017. Environmental life cycle assessment of long-term organic rice production in subtropical China. Journal of Cleaner Production. 176, 880–888.

Hou, H., Peng, S., Xu, J., Yang, S., Mao, Z., 2012. Seasonal variations of CH4 and N2O emissions in response to water management of paddy fields located in Southeast China. Chemosphere. 89, 884–892.

ISO 14040 (International Organization for Standardization). 2006. Environmental management- Life Cycle Assessment.

Khoshnevisan, B., Bol&nazar, E., Barak, S., Shamshirb, S., Maghsoudlou, H., Altameem, T. a., Gani, A., 2014. A clustering model based on an evolutionary algorithm for better energy use in crop production. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment.21, 1–15.

Malça, J., Coelho, A., Freire, F., 2014. Environmental life-cycle assessment of rapeseed-based biodiesel: Alternative cultivation systems and locations. Applied Energy, 114, 837–844.

Mathew, E.K., Panda, R.K. & Nair, M (2001). Influence of subsurface drainage on crop production and soil quality in a low-lying acid sulphate soil. Agricultural Water Management, 47: 191-209.

Nabavi-Pelesaraei, A., Bayat, R., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Afrasyabi, H., Chau, K.W., 2017. Modelling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management - A case study in Tehran Metropolis of Iran. Journal Cleaner Production.148, 427-440.

Poole, C.A., 2006. The effect of shallow subsurface drains on nitrate-n and phosphorus losses from drained agricultural lands, in A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science, 238p.

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Pennington, D. W., 2004. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environ. Int. 30(5), 701-720.

Ritzema, H.P., Satyanarayana, T.V., Raman, S., Boonstra, J., 2008. Subsurface drainage to combat waterlogging and salinity in irrigated lands in India: Lessons learned in farmers' fields. Agricultural Water Management, 95 (3), 179-189.

Roy, P., Nei, D. T., Okadome, Q., Nakamura. H., Shina T., 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. Journal of Food Engineering 90, 1–10.

Said-Pullicino, D., Miniotti, E.F., Sodano, M., Bertora, C., Lerda, C., Chiaradia, E.A., Romani, M., Cesari di Maria, S., Sacco, D., Celi, L., 2016. Linking dissolved organic carbon cycling to organic carbon fluxes in rice paddies under different water management. Plant and Soil .401, 273–290.

Toriyama, K., Ando, H., 2011. Towards an understanding of the high productivity of rice with a System of Rice Intensification (SRI) management from the perspectives of soil and plant physiological processes. Soil Science and Plant Nutrition. 57 (5), 636-649.

Zhang, H., Turner, N.C., Poole Michael, L., 2004. Yield of wheat and canola in the high rainfall zone of southwestern Australia in years with and without a transient perched water table. Australian Journal of Agricultural Research. 55(4), 461 -470.

Zhou, M., Zhu, B., Brüggemann, N., Wang, X., Zheng, X., Butterbach, K., 2015. Agriculture, Ecosystems and Environment Nitrous oxide and methane emissions from a subtropical rice – rapeseed rotation system in China: A 3-year field case study. Agriculture, Ecosystems & Environment. 212, 297–309.

Journal of Aqiufer and Qanat (semi-annual)

Vol 2., No2, Fall & Winter, 2022

p.45-55

http://dx.doi.org/10.22077/jaaq.2022.2196

University of Birjand

Increasing the effectiveness of subsurface drainage systems using the life cycle assessment index

1- Abdullah Darzi Naftchali[1,*]
2- Ali Motevali[2]
3- Mahdi Keikha[3]
*Corresponding author: abdullahdarzi@yahoo.com

Received: 2021/10/31; Accepted: 2021/11/22

Abstract

The sustainability of subsurface drainage systems is highly dependent on the sustainability of drainage water-receiving ecosystems. In this study, using the concept of life cycle assessment, the effectiveness of different subsurface drainage systems was investigated. Required field data were prepared during two canola growing seasons from a field with three types of conventional subsurface drainage systems consisting of 0.9 m depth and 30 m spacing (D0.9L30), 0.65 m depth and 30 m spacing (D0.65L30) and a depth of 0.65 m and a spacing of 15 m (D0.65L15) and a Bilevel subsurface drainage system consisting of four drain lines at a spacing of 15 m and with depths of 0.65 and 0.9 m as alternate (Bilevel). Also, a plot without a subsurface drain pipe was selected as a Control. After the rice harvest, canola was cultivated in the area. During the study period, the consumption of inputs and their losses along with other management and agricultural operations were recorded. The environmental impact analysis of the cropping system was performed using SIMAPRO 9.0 software. Among the input sources, direct emission from the field, urea fertilizer and the use of agricultural machinery had the largest contribution to the environmental impact of canola cropping, respectively. Investigation of the final effects showed that the Bilevel drainage system had a better performance than the Control treatment and other subsurface drainage treatments so it reduced the environmental effects by 17.4% compared to Control. Based on the results, using the life cycle assessment concept in the design process as well as the evaluation of drainage systems instead of traditional methods, can be effective to increase the cost efficiency of drainage projects and environmental sustainability.

Keywords: Crop rotation, Environmental sustainability, Paddy field, Design criteria.

[1] Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Sari, Iran.
[2] Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Sari, Iran.
[3] Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.