19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

بررسی اثر غلظت‌های مختلف اکسید آلومینیوم بر آبدهی کپسول‌های رسی متخلخل در سامانه آبیاری زیرسطحی

زهرا شامی نژاد [۱*]، حسینعلی بهرامی [۲]، حجت قربانی واقعی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس (Zahra.shaminezhad@gmail.com)
۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس (bahramih@modares.ac.ir)
۳- استادیار گروه منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس (ghorbani169@yahoo.com)

چکیده

گرفتگی نازل‌های آبیاری زیرسطحی ناشی از تجمع ریشه‌های مویین و بایوفیلم ناشی از فعالیت‌های میکروبی امری اجتناب ناپذیر است. یک راه‌حل پیشنهادی برای مهارریشه در اطراف و دیواره نازل‌های سفالی، ریشه‌گریزکردن نازل‌های آبیاری زیرسطحی با افزودن اکسیدهای فلزی به دیواره این نازل‌ها است. در این تحقیق اکسیدآلومینیوم طی حرارت‌دهی نازل‌های سفالی‌آغشته به سولفات آلومینیوم (غلظت ۱۵،۲۰و۳۰ گرم بر لیتر) دردمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان۴ ساعت درمنافذ دیواره کپسول‌های رسی رسوب داده شدند. در این تحقیق اثر اکسید آلومینیوم ترسیب داده شده بر دیواره کپسول‌های رسی متخلخل بر آبدهی این نازل‌ها، در دو فشار هیدروستاتیکی ۳و۵ متر ستون آب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش غلظت اکسیدآلومینیوم دبی نازل‌ها در تیمار۲۰ گرم بر لیتر نسبت به ۱۵ گرم برلیتر و۱۵ گرم بر لیتر نسبت به شاهد افزایش آماری معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داده است، اما در تیمار۳۰ گرم بر لیتر به طور ناگهانی از میزان دبی نازل‌ها کاسته شده بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش فشار از ۳ به ۵ متر ستون آب دبی نازل‌ها در همه تیمارها افزایشی بود. کاهش دبی‌گرچه در نگاه اول ممکن ا ست به عنوان یک محدودیت تلقی شود، اما از منظر مدیریت منابع آب و افزایش کارایی آبیاری در مناطق خشک، می‌تواند یک مزیت مهم باشد.

واژگان کلیدی: آبدهی، آبیاری زیرسطحی، اکسیدهای فلزی، کپسول رسی متخلخل، اکسیدآلومینیوم

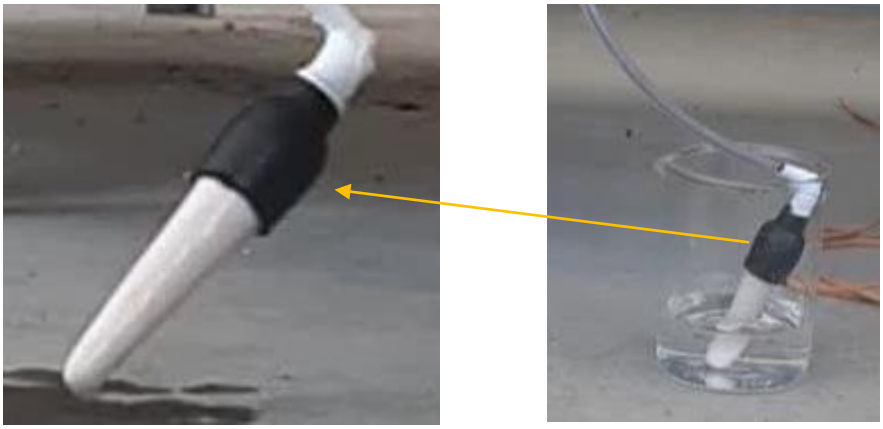
مقدمه

ایران در کمربند خ شک و نیمه خ شک جهان واقع شده ا ست و همواره مدیران برای مواجه با کم آبی و یا کاهش اثرات آن به دنبال ارائه راه حل‌های مدرن و کاربردی می‌با شند. روش تأمین رطوبت خاک با کپ سول‌های ر سی متخلخل یکی از روش‌های کاربردی در مواجه با مساله کم آبی در تامین رطوبت گیاهان زراعی و باغی در مزارع کوچک و متوسط مقیاس مناطق خشک و نیمه خشک است، اما گرفتگی نازل‌های آبیاری زیرسطحی ناشی از فعالیت‌های میکروبی و نیز حمله ریشه‌های مویین دو م شکل عمده ا ستفاده از آنها ست که میل و رغبت عمومی به ا ستفاده از این سامانه آبیاری را تحت تاثیر قرار داده ا ست که قربانی و همکاران (۱۳۹۵) و Vaghei *et al.*, (2023)به آن پرداخته‌اند. Palaci و همکاران (2004) گزارش کردند که افزودن اکسیدهای فلزی از نوع اکسید تیتانیوم، کروم و منگنز با کاهش حجم منافذ یا تخلخل جسم سرامیکی همراه بود (Palaci et al., 2004). چنین نتیجه‌ای توسط Zhao و همکاران (2016) در مورد یک جسم متخلخل سرامیکی حاوی زیرکونیوم مورد تایید مجدد قرار گرفته است. آنها گزارش کردند که اکسید زیرکونیوم توانسته بود باعث افزایش مقاومت ساختار مکانیکی جسم متخلخل شود اما این عمل با کاهش تخلخل جسم سرامیکی همراه بود(Zhao et al., 2016). محققین گزارش دادند که دبی خروجی قطره‌چکان‌ها با فشار آب رابطه خطی مستقیم دارد در حالی که دبی نازل‌های سفالی با افزایش فشار آب رابطه نمایی دارد(قربانی و همکاران ، ۱۳۹۵). قربانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که افزایش آبدهی نازل‌های سفالی در فشارهای هیدرو ستاتیکی ۵۰ کیلوپا سکال و بیش از آن از روند ت صاعدی برخوردار ا ست. البته از نازل‌های سفالی در ف شارهای بیش از ۱۰۰ کیلوپاسکال استفاده نمی‌شود (قربانی و همکاران ، ۱۳۹۵). Liu و همکاران (2023) به اهمیت استفاده از نازل‌های سرامیکی در آبیاری گیاهان بدون ا ستفاده از پمپ برای زمین‌های کوچک مقیاس مناطق خ شک و نیمه خ شک شمال غربی چین ا شاره کردند و در این را ستا به برر سی دبی نازل‌های سرامیکی در دو حالت هوای آزاد و خاک در آزمای شگاه هیدرولیک آبیاری دانشگاه ای اند اف چین پرداختند. آنها گزارش کردند که رابطه بین دبی و فشار ثقلی آب در هوای آزاد از نوع خطی افزایشی بود و این رابطه در حالتی که قطعه در خاک قرارداده شد، از حالت خطی به غیرخطی تبدیل شده بود. مزیت اقتصادی این فناوری آن ا ست که نیاز به پمپ را حذف کرده و هزینه اولیه و نگهداری سیستم آبیاری را برای کشاورزان خرد به حداقل می‌ر ساند(Liu *et al.*, 2023). یکی از دلایل کاهش دبی قطره‌چکان‌های سرامیکی ر سوب مواد معدنی و ت شکیل لایه پلیمری زیستی (بایو فیلم) در سطح منافذ نازل‌های سرامیکی است. این گرفتگی قطره‌چکان‌ها علاوه بر کاهش دبی با کاهش یکنواختی توزیع آب، افزایش هزینه نگهداری و کاهش عمر سامانه همراه خواهد بود(Liu et al., 2023; Tong et al., 2024). نتایج آزمایش‌های میدانی شووان یو تانگ و همکاران نشان می‌دهد که دبی قطره‌چکان‌های سفالی قبل از کارگذاری در زمین حدود ۰/۱۵ لیتر بر ساعت بود و با گذ شت زمان این مقدار کاهش یافت(Tong et al., 2024). به طوری که دبی نسبی (Discharge Ratio Variation, Dra) پس از ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ سال ا ستفاده به ترتیب ۹۰٪، ۶۳٪، ۵۱٪، ۴۳٪ و ۳۴٪ مقدار اولیه ثبت شد. این داده‌ها نشان می‌دهد که گرفتگی تدریجی منافذ سفالی باعث کاهش محسوس دبی در طول زمان شده بود. بر این ا ساس، آستانه عمر مفید قطعات سفالی به میزانی از دبی نسبی تعریف می‌شود که پایین‌تر از آن، عملکرد گیاه به طور معنی‌داری کاهش یابد(Tong et al., 2024). Yaoو همکاران (2021) گزارش دادند، شست‌و شوی قطره‌چکان‌ها با آب ا سیدی (PH=6) به مدت ۱۵ دقیقه در فشار ۱۰۰ کیلوپا سکال، دبی را تا ۷۵٪ بازیابی می‌کند، همچنین بیان کردند افزایش زمان شست‌و شو تأثیر قابل توجهی بر افزایش باز یابی دبی ندارد (Yao *et al.*, 2021). Liu و همکاران (2023) گزارش کردند که در ساختار قطره‌چکان‌های سرامیکی از آلومینیوم اکسید (Al_2O_3) و کائولن استفاده می‌کنند. این ترکیبات در مواد اولیه باعث ایجاد ساختار متخلخل، ا ستحکام مکانیکی بالا و مقاومت شیمیایی منا سب برای کاربرد در آبیاری زیر سطحی می شود (Liu et al., 2022;
Liu et al., 2023) . He و همکاران (2023) به بررسی میزان درصد جرمی اکسید مس بر فعالیت ضد باکتریایی و هدایت هیدرولیکی نازل‌های سرامیکی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش فشار هیدرو ستاتیکی از ۵ به ۲۵ سانتی‌متر ستون آب، دبی همه نازل‌ها افزایش دا شت. این افزایش در نازل‌های سرامیکی آغ شته به اک سید مس ۸٪ جرمی بی شتر از نازل‌های شاهد فاقد اکسید مس بود (He et al., 2023). گزارش‌های مختلف اثرات منفی سمیت نانو ذرات فلزی در گیاهان را بیان

کرده‌اند(Yang et al., 2015; Ogolo et al.,2021). در تحقیقی گزارش شده است که اکسید مس (nCuO) در غلظت‌های ۲۵ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) در دوز ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اثرات سمی بر گیاهانی مانند ذرت و برنج تحمیل کرده‌اند. یافته‌ها نشـــان داده‌اند که نانوذرات Al_2O_3 می‌توانند رشـــد جلبک‌های آبی را مهار کنند و باعث مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی در سلول‌های گیاهی شوند لذا می‌توانند بر رشد گیاهان تأثیر منفی بگذارند (Yang *et al.*, 2015). اثر ضد باکتریایی نانوذرات Al_2O_3 نیز گزارش شده است. اثرات ضد میکروبی و ضد رشدی نانوذره Al_2O_3 بر روی باکتری E. coli، Bacillus Subtilis و Pseudomonas Fluorescens مشاهده شده است(Ogolo *et al.*, 2021). این تحقیق به دنبال ساخت نازل‌های سفالی با خاصیت ریشه‌گریزی است. فرض بر این است که ترسیب اکسیدهای فلزی در منافذ نازل‌های رسی می‌تواند موجب ریشه‌گریزی و تغییر در خصوصیات هیدرولیکی شود. لذا ترسیب اکسیدهای فلزی در درون منافذ نازل‌های سفالی به دلیل خاصیت اکسیدکنندگی بالا و نیز حلالیت پایین شان می‌تواند یک راه حل کاربردی و مدرن برای مهار ریشه در اطراف و دیواره نازل‌های سفالی باشد. در این راه به علت ترسیب اکسیدهای فلزی در مجرای منافذ کپسول‌های رسی با تغییرات خواص هیدرولیکی نازل‌ها همراه خواهد بود. تا به اکنون بررسی خصوصیات هیدرولیکی کپسول‌های رسی متخلخل تحت تاثیر ترسیب اکســـیدهای فلزی در فضـــای منافذ این نازل‌ها مورد مطالعه و بررســـی قرار نگرفته اســـت و این مطالعه به بررســـی تغییرات خصوصیات هیدرولیکی کپسول‌های رسی متخلخل ناشی ترسیب Al_2O_3 می‌پردازد و به نوبه خود کار جدیدی محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

نازل‌های سرامیکی مخروطی شکل به طول ۶ سانتی‌متر و قطر ۱/۵ سانتی‌متر با نام تجاری مینی آب بانک (شکل ۱) از شرکت اندیشاب تهیه شد. این قطعات همگی در دمای ۹۸۰ درجه سانتی‌گراد پخته شده‌اند. عملیات تولید اکسیدآلومینیوم با حرارت دهی سولفات آلومینیوم در دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد در درون کوره انجام شد. به طوری که ابتدا سولفات آلومنیوم در تیمارهای ۱۵، ۲۰ و ۳۰ گرم بر لیتر تهیه شد و در هر تیمار ۴ نازل سرامیکی به مدت ۲۴ ساعت در محلول مورد نظر غوطه‌ور شدند و پس از آن برای تولید سولفات آلومینیوم مهار شده در منافذ نازل‌ها از تکنیک حرارت دهی در دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت انجام شد. در نهایت دبی نازل‌های تیمار شده تحت تاثیر فشار هیدروستاتیکی ۳ و ۵ متر ستون آب مورد ارزیابی قرار گرفت.

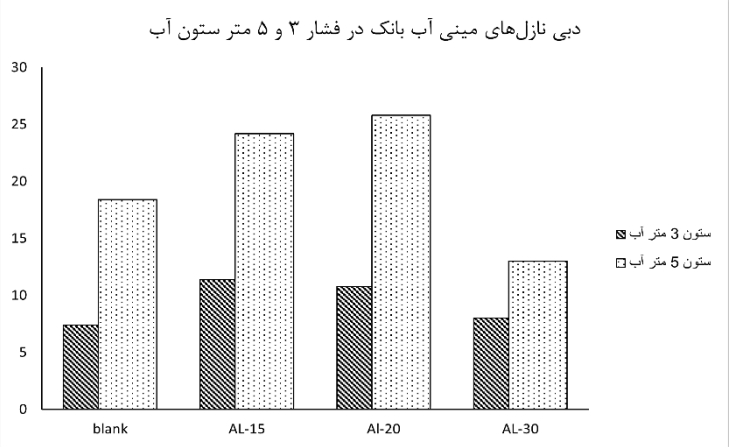


شکل ۱- تعیین دبی نازل سفالی در هوای آزاد

نتایج و بحث

در این پژوهش، اثر سطوح مختلف سولفات آلومینیوم بر ویژگی‌های هیدرولیکی نازل‌های سفالی آبیاری زیرسطحی بررسی شد و دبی خروجی نازل‌ها تحت فشارهای هیدروستاتیکی ۳ و ۵ متر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت سولفات آلومینیوم، میانگین دبی خروجی تیمار ۲۰ گرم بر لیتر نسبت به شاهد در فشار ۳ متر از ۷/۴به ۱۰/۸ لیتر برساعت و در ۵ متر از ۱۸/۴ به ۲۵/۸ لیتر بر ساعت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین افزایش دبی در تیمار ۲۰ گرم بر لیتر مشاهده شد

(شکل ۲). همچنین کاهش ارتفاع ستون آب از ۵ متر به ۳ متر باعث کاهش دبی در همه تیمارها شد. همچنین، با کاهش ارتفاع ستون آب از ۵ متر به ۳ متر، دبی خروجی نازل‌ها در همه تیمارها به‌طور چشمگیری کاهش یافت. به عبارت دیگر این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار بود و تفاوت معنی‌داری بین دبی خروجی در این دو ارتفاع مشاهده شد.



شکل ۲- مقایسه دبی نازلها در دو فشار هیدروستاتیکی

اکسیدهای آلومینیوم در تیمار غلظت ۲۰ گرم بر لیتر سولفات آلومینیوم؛ میزان دبی کپسول رسی متخلخل را نسبت به شاهد افزایش داده است، اما در غلظت‌های بیش‌تر رسوب زیاد اکسید آلومنیوم در منافذ نازلهای سفالی؛ دبی نازلها را کاهش داده است که این نتایج با پژوهش He و همکاران (2023) و همچنین Liu و همکاران (2023) همخوانی دارد. آنها گزارش کرده بودند که با افزایش درصد جرمی اکسید مس تا ۸ درصد وزنی بر میزان دبی قطره چکانهای سرامیکی افزوده شده بود و در مقادیر بیش از این مقدار روند دبی کاهشی گزارش شده بود. شایان ذکر است اکسیدهای فلزی در غلظت‌های بالا، هنگام رسوب تشکیل رسوبات دانه درشت‌تر می‌دهندکه خود به عنوان مانعی برای تردد آب در فضای بین منافذ محسوب می‌شود. لذا این امر را می‌توان علت کاهش دبی در غلظتهای بالاتر از ۲۰ گرم بر لیتر گزارش کرد.

نتیجه‌گیری

افزودن اکسید آلومینیوم با علم به این انجام می‌شود که بتواند از رشد میکروارگانیسم‌ها و نزدیک شدن ریشه گیاهان به جداره نازل‌ها جلوگیری کند، اما تغییرات خصوصیات هیدرولیکی ناشی از این کار برای برآورد شعاع و عمق خیسیدگی این نازل‌ها در طراحی سیستم‌های آبیاری بسیار مهم است. به طور کلی، افزودن اکسید آلومینیوم موجب افزایش قابل توجه دبی در غلظت‌های کمتر از ۳۰ گرم بر لیتر شده بود. در این بین دبی نازل‌های سفالی تیمار شده با اکسید آلومینیوم با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر از همه کمتر بود. کاهش دبی خروجی نازل‌های سفالی در غلظت ۳۰ گرم بر لیتر به رسوب تجمیعی اکسید آلومینیوم در درون منافذ نازلهای سفالی ربط داده می‌شود. این رسوب به قدری هست که خود به عنوان جسم مزاحم مانعی برای تردد آب در فضای بین منافذ نقش ایفا کند. کاهش دبی در غلظت های بالا در نگاه اول ممکن است به‌عنوان یک محدودیت تلقی شود، اما از منظر مدیریت منابع آب و افزایش کارایی آبیاری در مناطق خشک، می‌تواند یک مزیت مهم باشد. کاهش دبی به معنای توزیع آهسته‌تر و تدریجی آب در خاک است که نه تنها از هدررفت آب به‌صورت رواناب یا تبخیر جلوگیری می‌کند، بلکه امکان جذب بهتر و یکنواخت‌تر رطوبت توسط ریشه گیاهان را فراهم می‌سازد. با علم به این که نازلهای تیمار شده با اکسید آلومینیوم می‌توانند از خاصیت ریشه گریزی برخوردار باشند لذا آبدهی کمتر آنها نگرانی از بابت حمله ریشه ایجاد نخواهد کرد. ریشه گریز بودن و خاصیت تراوایی آهسته دو فاکتور موثر در آبیاری زیرسطحی محسوب می‌شود و استفاده از این تکنیک برای مناطق کم آب و برای کشت‌های حساس به تنش آبی، اهمیت بالایی دارد و می‌تواند به بهبود بهره‌وری آب و افزایش راندمان آبیاری منجر شود.

شایان ذکر است که این تحقیق نیاز به استمرار بیشتر برای بررسی عناصری همچون روی و مس و در تلفیق با آلومینیوم برای بررسی خاصیت ریشه گریزی و میزان تغییرات آبدهی ناشی از این عناصر دارد.

فهرست منابع

(۱) قربانی واقعی، ح.، بهرامی ، ح.ع.، نصیری صالح، ف. (۱۳۹۵). آنالیز ابعادی الگوی خیسیدگی خاک از کپسول‌های رسی متخلخل. پژوهش آب ایران،۱۰(۱):۷۷-۸۵.

(2) He, X., Liu, X., Wu, P., Zhang, L., Zhou, W., Zhang, Q., & Zhang, J. (2023). Reduction of Pathogenic Bacteria from Irrigation Water Through a Copper-loaded Porous Ceramic Emitter. Environmental Pollution, 330, 121776.

(3) Liu, X., Han, M., Zhang, L. (2023). A New Subsurface Ceramic Emitter for Smallholders without Pumps: Design, Hydraulic performance, and Field application. Irrigation Science, 41(6),835-45.

(4) Liu, X., He, X., Zhang, L. (2022). Simplified Method for Estimating Discharge of Microporous Ceramic Emitters for Drip Irrigation. Biosystems Engineering, 219,38-55.

(5) Ogolo, N. A., & Onyekonwu, M. O. (2021). Effect of Aluminum oxide Nanoparticles on Biotic Factors of the Environment-A Review. Arab. J. Chem. Environ. Res, 8, 247-258.

(6) Palaci, Y., Çimenoğlu, H., & Kayali, E. S. (2004). The Effect of Oxide Addition on the Wear Performance of the Alumina Based Nozzles. Key Engineering Materials, 264, 805-808.

(7) Tong, X., Wu, P., Liu, X., & Zhang, L. (2024). Determining Clogging Threshold of Ceramic Emitters to Promote Wolfberry Production in Northwest China. Agricultural Water Management, 303, 109054.

(8) Vaghei, H. G., Bahrami, H. A., & Saleh, F. N. (2023). Optimizing Soil Moisture in Subsurface Irrigation System Based on Porous Clay Capsule Technique. Water Resources Management, 37(8), 3037-3051.

(9) Yang, Z., Chen, J., Dou, R., Gao, X., Mao, C., & Wang, L. (2015). Assessment of the Phytotoxicity of Metal Oxide Nanoparticles on Two Crop Plants, Maize (Zea mays L.) and Rice (Oryza sativa L.). International journal of environmental research and public health, 12(12), 15100-15109.

(10) Yao, C., Zhang, L., Wu, P., Liu, Y., Cai, Y., & Zhou, W. (2021). Clogging Formation and an Anti-clogging Method in Subsurface Irrigation System with Porous Ceramic Emitter. Agricultural Water Management, 250, 106770.

(11) Zhao, L., & Xue, Q. H. (2016, October). Modification Effect of Al2O3–ZrO2 Composite Powder on Fine-particle and Ceramic Type Zirconia Metering Nozzles. In 2016 4th International Conference on Mechanical Materials and Manufacturing Engineering (pp. 452-455). Atlantis Press.

چکیده انگلیسی

Investigating the concentration effect of aluminum oxide on the discharge rate of porous clay capsules

Zahra Shaminezhad [1] , Hossein ali Bahrami [2*] , Hojjat Ghorbani Vaghei

1. Master's student, Department of Soil Science, Tarbiat Modares University (Zahra.shaminezhad@gmail.com)
2. Professor, Department of Soil Science, Tarbiat Modares University (bahramih@modares.ac.ir)
3. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Gonbad Kavous University(ghorbani169@yahoo.com)

Abstract

The clogging of subsurface irrigation nozzles due to the accumulation of hair roots and biofilm resulting from microbial activities is inevitable. A practical solution for inhibiting the effect of root intrusion around the walls of porous clay capsules is the addition of metal oxides to the walls of these capsules. In this research, aluminum sulfate at concentrations of 15, 20, and 30 $g.L^{-1}$ underwent thermal decomposition at a temperature of 900 °C for 4 hours, resulting in the formation of aluminum oxide. In this study, the effect of deposited aluminum oxide into the walls of porous clay capsules on the discharge rate of these nozzles was evaluated under two hydrostatic pressures of 3 and 5 meters of water column. Our findings reveal that as the aluminum oxide concentration increased, the discharge rate in the 20 $g.L^{-1}$ treatment showed a statistically significant increase (at the 1% level), when compared to the 15 $g.L^{-1}$ treatment. Similarly, the 15 $g.L^{-1}$ treatment also demonstrated a significant increase in discharge rate relative to the treated control. However, a notable observation was a sudden decrease in the porous clay capsule discharge rate in the 30 $g.L^{-1}$ aluminum sulfate treatment. Additionally, we found that increasing the hydrostatic pressure from 3 to 5 meters of water column led to an increased discharge rate across all tested treatments. While a reduced discharge rate might initially seem like a drawback, particularly after treatment with higher levels of aluminum oxide, it can be a significant advantage from the perspective of water resource management and enhancing irrigation efficiency in arid regions. A slower discharge rate translates to a more gradual and sustained distribution of water into the soil.

Keywords: Metal oxides, Discharge, Porous clay capsule, Aluminum oxide