

## طراحی، ساخت و نصب لایسیمترهای وزنی به منظور تعیین نیاز آبی درختان و درختچه‌ها در مناطق خشک.

محمد هادی راد<sup>۱</sup>، سید رضا میرحسینی<sup>۲</sup>، محمد علی مشکوه<sup>۳</sup> و مهدی سلطانی<sup>۴</sup>

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد. Mohammadhadirad@gmail.com

۲- عضو هیئت علمی سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی

۳- عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری کشور

۴- کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۷/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۹/۲۱

### چکیده

به منظور برآورد آب مورد نیاز درختان و درختچه‌ها در مناطق خشک از روش مستقیم و همچنین بررسی روابط آب، خاک و گیاه، نسبت به طراحی، ساخت و نصب ده عدد لایسیمتر وزنی در ایستگاه تحقیقات بیابان زدایی شهید صدوقی یزد اقدام گردید. لایسیمترها استوانه‌ای شکل (قطر ۱/۲ متر و ارتفاع ۱/۷ متر) بوده و از ورق‌های فولادی طراحی و ساخته شده و در مقابل نیروهای وارده کاملاً مقاوم سازی گردیدند. با هدف مطالعه دقیق وضعیت رطوبت خاک در اعماق مختلف بوسیله نمونه‌برداری مستقیم و یا استفاده از TDR و همچنین انجام مطالعات مربوط به ریشه و تزریق آب به اعماق مختلف خاک، در اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متری و بر روی بدنه لایسیمترها دریچه‌هایی نصب گردید. بدنه خارجی لایسیمترها برای به حداقل رساندن اثرات جانبی دما با یک لایه پشم شیشه عایق‌بندی شد. پس از قرار گرفتن لایسیمترها در مکان اصلی با خاک دست خورده پر گردیدند. عملیات توزین بوسیله یک دستگاه جرثقیل و یک دستگاه ترازوی دیجیتال ۵۰۰۰ کیلوگرمی با دقت ۰/۱ درصد که به یک خرک متحرک اتصال دارند، انجام می‌شود. سیستم زهکش استفاده شده در لایسیمترها آزاد بوده و هرز آب هر لایسیمتر بطور جداگانه قابل جمع‌آوری می‌باشد. نتایج بررسی‌ها در استفاده از لایسیمترها برای مطالعه روابط آبی گیاه تاغ (*Haloxylon Spp.*) نشان داد که از کارایی خوبی برخوردار بوده، بگونه‌ای که با استفاده از آنها، اهداف از پیش تعیین شده به خوبی تحقق یافت. همچنین می‌توان با تغییر در سیستم توزین آنها نسبت به ذخیره سازی و پردازش اطلاعات بوسیله کامپیوتر نیز اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: لایسیمتر، تبخیر و تعرق، نیاز آبی، مناطق خشک، درختان و درختچه‌ها.

## مقدمه

اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق گیاهان از روشهای مستقیم و غیر مستقیم معمول می‌باشد. در روش مستقیم از اصل بیلان جرمی در یک حجم کنترل شده خاک استفاده می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸۳). مناسبترین وسیله برای اندازه میزان تبخیر و تعرق از روش مستقیم، استفاده از لایسیمتر<sup>۱</sup> است.

با استفاده از لایسیمترها ضمن اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق، امکان بررسی کارائی مصرف آب در گیاه (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۳) بررسی چگونگی حرکت عوامل آلاینده به عمق خاک (حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۲ ; Xingfa et al., 1999; Fine et al., 2002)، مطالعات مربوط به زهکشی و نوسانهای سطح ایستابی در نیمرخ خاک (زارعی و همکاران، ۱۳۸۲) و مطالعه مربوط به توسعه ریشه (Mirhosseini -Dehabadi, 1994) نیز وجود دارد.

کلمه لایسیمتر از واژه یونانی Lysis به معنی سست کردن گرفته شده است (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۴). سابقه استفاده از لایسیمتر برای تعیین نیاز آبی گیاهان، به بیش از سیصد سال پیش بر می‌گردد. اما تنها از پنجاه سال گذشته است که امکان استفاده از لایسیمترهای دقیق برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق فراهم شده است. فنآوریهای جدید کمک کرده است تا طراحی و ساخت لایسیمترها متناسب با نیازهای تحقیقاتی روزافزون صورت گیرد (زارعی و همکاران، ۱۳۸۲ ; Howell et al., 1991). لایسیمترها جعبه‌های کشت بزرگی هستند که با خاک پر شده و در مزرعه، باغ و یا جنگل قرار می‌گیرند تا نماینده‌ای باشند که در آن موقعیت آب، خاک و گیاه به

آسانی و بسیار دقیق تر از محیط طبیعی خاک تنظیم و بررسی گردد (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۴ به نقل از et al., 1969; Ming, 1995).

به‌طور کلی، لایسیمترها از نظر روش کار به دو نوع وزنی و غیر وزنی یا زهکش‌دار تقسیم می‌شوند. لایسیمترهای وزنی می‌توانند مستقیماً اطلاعات دقیقی را در مورد تغییرات رطوبتی در نیمرخ خاک فراهم کنند. این نوع لایسیمترها، درون فضایی که دیواره‌های آن با خاک مزرعه در تماس است قرار می‌گیرد. برای توزین لایسیمترهای وزنی تکنیکهای متعددی از جمله روشهای مکانیکی، الکترونیکی، بالشتکی و هیدرولیکی به کار گرفته میشود (زارعی و همکاران، ۱۳۸۲ ; Hagan et al., 1967 ; Xingfa et al., 1999).

عمق خاک در لایسیمترها بستگی به اهداف تحقیق دارد. تعداد کمی از لایسیمترها دارای عمقی بیش از ۱/۵ متر هستند که این عمق ارتباط کامل با توسعه ریشه دارد. بنابراین در بسیاری از مطالعات برای ریشه‌دهی عمیق‌تر و طبیعی نیاز به لایسیمترهایی با عمق بیشتر است (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۴ به نقل از Mared, et al., 1986). برای اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق گیاهانی که شرایط تنش آبی را تجربه می‌کنند، کسب اطلاعات دقیق از عمق پروفیل خاک، از اهمیت بسزایی برخوردار است (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۴ به نقل از Burnett & Ritchie, 1968).

دیوار لایسیمترها از مواد مختلفی نظیر بتن مسلح، پلی‌استر، پلاستیک و فولاد ساخته می‌شود. جعبه‌های کشت فولادی، توسط یکسری تیرک‌هایی به اشکال مختلف، مثلاً S, W, U در مقابل بارهای وارده مقاوم سازی می‌شوند (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۴ به نقل از Mared, et al., 1986).

تپه‌های ماسه‌ای تشکیل شده در اثر فرسایش بادی، بوسیله عوامل بیولوژیک و غیر بیولوژیک تثبیت گردیده‌اند. از نظر اقلیمی، ایستگاه یاد شده بر اساس روش دومارتن اصلاح شده در رده مناطق فرا خشک سرد است. میانگین بارندگی سالانه ۷۰ میلیمتر، بیشینه سرعت باد ۱۲۰ کیلومتر در ساعت، میانگین تبخیر سالانه از تشتک تبخیر کلاس A ۴۰۰۰ میلیمتر، میانگین دمای سالانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد، کمینه مطلق دمای سالانه ۱۳/۵- و بیشینه مطلق دمای سالانه ۴۵/۵ درجه سانتیگراد گزارش شده است. اراضی مجاور ایستگاه سالیان پیش با استفاده از گیاهانی چون تاغ (*Haloxylon spp.*)، گز (*Tamarix sp.*)، اترپلکس (*Atriplex sp.*) با هدف تثبیت شنهای روان جنگلکاری شده است (راد و همکاران، ۱۳۷۷).

**موقعیت لایسیمترها در ایستگاه:** با توجه به اینکه هدف اولیه از طراحی، ساخت و نصب لایسیمترها، مطالعه روابط آبی گیاه تاغ بوده است؛ لایسیمترها در مجاور تپه‌های شنی که بر روی آنها درختان یادشده با عمر تقریبی ۲۵ سال استقرار یافته‌اند، نصب گردیده‌اند. موقعیت قرارگیری لایسیمترها در ایستگاه به نحوی است که بادهای غالب مسافت طولانی را از روی پوشش گیاهی منطقه که عمدتاً "جنگلهای تاغ می باشد، طی می‌نمایند.

**ساخت لایسیمترها:** لایسیمترها با استفاده از ورقهای فولادی به ضخامت سه میلیمتر ساخته شده است. به منظور مقابله با نیروهای وارده، بدنه و کف لایسیمترها بوسیله یکسری تیرکهای فلزی مقاوم سازی شده‌اند. برای تسریع در عملیات زهکشی، شیبی معادل پنج درصد در کف لایسیمترها به طرف نقطه خروجی منظور گردید. ارتفاع و قطر لایسیمترها به گونه‌ای در نظر گرفته شد که امکان

از نکات حائز اهمیت در طراحی لایسیمترها، توجه به زهکش آنها است. به این منظور در بسیاری از لایسیمترها با هدف جلوگیری از ورود ذرات خاک و شستشوی آن توسط جریان آب به درون لوله‌های زهکش (بویره در خاکهای سست و ناپایدار) از صافی یا فیلتر مناسب در اطراف لوله زهکش استفاده می‌شود (حسن‌اقلی و همکاران، ۱۳۸۲؛ Ming, 1995).

به منظور تعیین نیاز آبی گیاهان در مناطق خشک و همچنین انجام مطالعات مربوط به واکنش آنها به تنشهای خشکی، به‌ویژه درختان و درختچه‌هایی که در برنامه‌های جنگل‌کاری و بیابان‌زدایی استفاده می‌شوند، طراحی، ساخت و استقرار لایسیمترهایی که جوابگوی نیازهای تحقیقاتی مربوطه باشند، ضروری به نظر می‌رسد. در این رابطه به منظور پاسخگویی به سئوالات مطرح شده در خصوص گیاه تاغ (*Haloxylon Spp.*) که از سالیان پیش تاکنون در برنامه‌های تثبیت شن مورد استفاده قرار گرفته است، نسبت به انجام این مهم اقدام گردید.

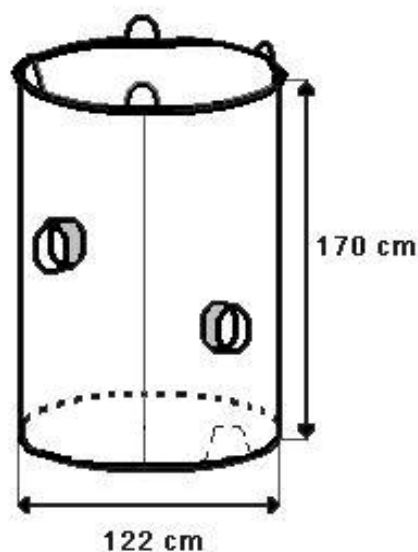
## مواد و روشها

**مشخصات محل نصب لایسیمترها:** محل نصب لایسیمترها در ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی یزد واقع در دشت یزد - اردکان و در کیلومتر ۲۰ جاده یزد - میبد می‌باشد. این ایستگاه تحقیقاتی در سال ۱۳۷۰ تاسیس و دارای امکاناتی از قبیل مخازن آب متعارف و غیر متعارف (شور)، ایستگاه هواشناسی، آزمایشگاه و کلکسیون گیاهان کویری و بیابانی است. بافت خاک عمدتاً "شنی لومی بوده که در اعماق از بافت سنگین تری برخوردار می‌باشد.

به منظور کاهش تبادل حرارتی بین خاک داخل لایسیمترها و محیط بیرون، بدنه آنها با پشم شیشه عایق بندی و لبه‌های مربوطه نیز با فایبرگلاس پوشانده شد. برای توزین لایسیمترها از ۴ حلقه که بر روی لبه آنها جوش داده شده است و هر کدام تحمل حداقل یک تن بار را دارند، استفاده می‌شود.

**تعداد لایسیمترها:** با توجه به هزینه بالای ساخت هر یک از لایسیمترها، در این مرحله امکان ساخت بیش از ده عدد میسر نگردید. با این شرایط میتوان یکی از لایسیمترها را جهت اندازه‌گیریهای مربوط به اتلاف آب شامل تبخیر از سطح خاک، تبخیر احتمالی از دریچه‌ها و آب خروجی از زهکش منظور و مابقی برای اعمال تیمارهای مورد نظر با حداقل سه تکرار به کار گرفت.

رشد و توسعه ریشه برای نهالهای یک تا پنج ساله میسر گردد. با این شرایط ارتفاع لایسیمترها معادل ۱/۷ متر و قطر آنها معادل ۱/۲ متر محاسبه و منظور گردید. برای دسترسی آسان به ریشه و انجام مطالعات مربوطه و همچنین نمونه برداری مستقیم از خاک در اعماق مختلف، دریچه‌هایی در اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتیمتری بدنه لایسیمترها تعبیه گردید. از این دریچه‌ها امکان کنترل رطوبت خاک با دستگاه ( TDR ) Time Domain Reflectometry) نیز میسر است. از مزایای دیگر این دریچه‌ها امکان تخلیه خاک داخل لایسیمترها بوده که از این طریق می‌توان ریشه‌ها را بطور کامل در پایان آزمایش از داخل خاک خارج و مطالعات مربوط به ریشه را پی‌گیری نمود.



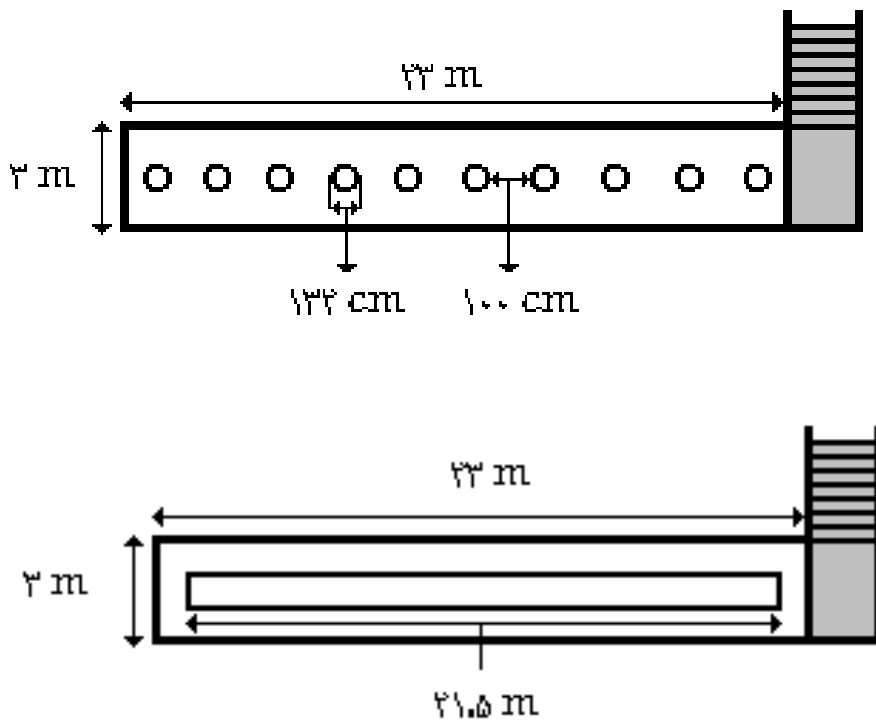
شکل ۱- نمایی از لایسیمتر طراحی شده

دیواره‌های آن و بدنه لایسیمترها باعث می‌گردد که لایسیمترها با آزادی عمل نوسان داشته و امکان توزین آنها وجود داشته باشد. تونل دسترسی به گونه‌ای طراحی شده

محفظه قرارگیری لایسیمترها و تونل دسترسی: این محفظه برای تثبیت خاکهای مجاور لایسیمترها ساخته شده است. وجود این محفظه و فضای خالی بین

قسمت بیرونی حدود پنج سانتیمتر با سطح زمین اختلاف ارتفاع داشته تا از ورود روان آبهای سطحی به داخل لایسیمترها جلوگیری شود. در قسمت بیرونی محفظه و بر روی دیوارهای آن، برای حرکت آسان سیستم توزین، معبرهایی نصب شده است. این معبرهای آهنی کمک خواهند نمود تا خرک و سیستم توزین به راحتی در طول محفظه حرکت نموده و توزین هر یک از لایسیمترها را میسر نماید. تونل دسترسی دارای یک ورودی بوده که دسترسی از سطح زمین به قسمت افقی تونل و آزمایشگاه مجاور آن را میسر می نماید. محفظه دارای سیستم روشنایی و تهویه مناسب است.

است که دسترسی به هر یک از لایسیمترها از چهار جهت امکان پذیر باشد. کف تونل دسترسی دارای شیبی معادل سه درصد بوده تا جمع آوری هرزآبها میسر گردد. در بخش انتهایی تونل، چاهی برای جمع آوری هرز آب منظور شده است. در بخش میانی تونل، سکویی با ارتفاع ۵۰ سانتیمتر جهت استقرار لایسیمترها با آجر و سیمان ساخته شده، به گونه ای که برای افزایش استحکام و تحمل فشارهای وارده از سوی لایسیمترها روی آن با بتن به ضخامت ده سانتیمتر مستحکم گردید. قرار گرفتن لایسیمترها بر روی سکو، جمع آوری آب ناشی از زهکش را میسر می سازد. لایسیمترها به گونه ای بر روی سکو قرار گرفته اند که در

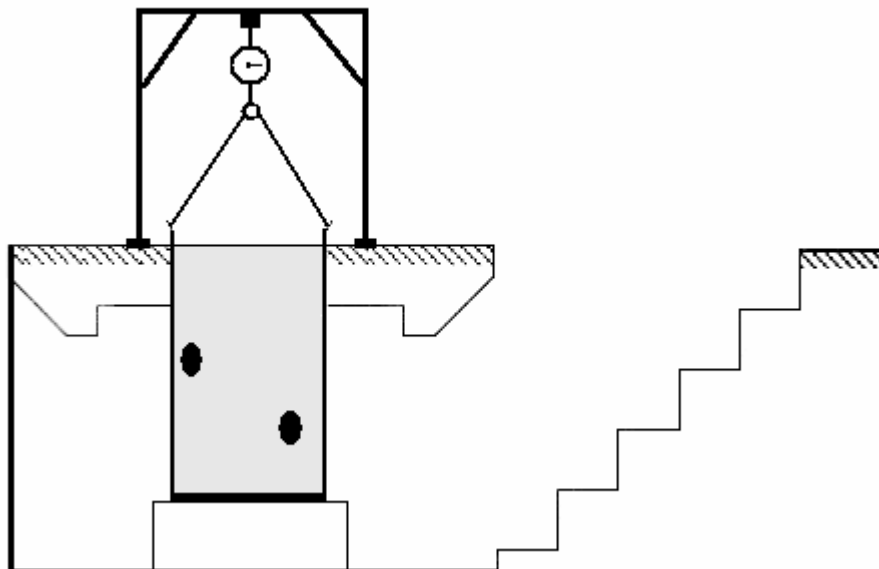


شکل ۳- وضعیت شماتیکی بیرون و داخل محفظه استقرار لایسیمترها

لایسیمترها از جراثیل پنج تنی که در حد واسط خرک و باسکول قرار دارد استفاده می شود. برای توزین لایسیمترها از یک دستگاه باسکول دیجیتالی استفاده می شود که

سیستم توزین لایسیمترها: برای توزین لایسیمترها از یک خرک با چهار غلطک که توانایی تحمل باری معادل پنج تن را دارد، استفاده می گردد. برای بلند نمودن

توانایی توزین پنج تن با دقت ۰/۱ درصد را دارا می‌باشد. توسط تسمه‌هایی به لایسیمترها متصل می‌گردد. باسکول در حد واسط جرتقیل و لایسیمترها قرار گرفته و



شکل ۴- نمایی از چگونگی توزین و قرار گرفتن لایسیمترها در داخل محفظه

پر نمود که حدود ۲۰ سانتیمتر از بخش فوقانی آنها خالی بماند. در صورتی که خاک مورد استفاده نامناسب و دارای املاح زیادی باشد شستشوی آن با وجود زهکش مناسب امکان پذیر است.

### بحث

نتایج بدست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی مطالعه فیزیولوژیکی روابط آبی گیاه تاغ نشان داد که طراحی، ساخت و نصب لایسیمترهای وزنی در ایستگاه بیابان زدایی شهید صدوقی یزد از کارایی خوبی برخوردار بوده و جدا از تعیین نیاز آبی درختان و درختچه‌ها، مطالعه روابط آب، خاک و گیاه نیز به خوبی میسر است. مهمترین ویژگی لایسیمترهای طراحی شده دسترسی آسان به ریشه و خاک اطراف آن در اعماق مختلف است. لایسیمترهای

پر نمودن لایسیمترها از خاک: بسته به نوع گیاه، امکان تعویض و تغییر نوع خاک وجود دارد. با توجه به اینکه جابجایی و خارج نمودن لایسیمترها از محل استقرار امکان پذیر است، می‌توان بر حسب نیاز نسبت به تغییر نوع خاک داخل لایسیمترها اقدام کرد. برای پرکردن لایسیمترها، لازم است ابتدا سیستم زهکشی آن را کامل نمود. برای این امر از دو لایه زهکش ( یک لایه شن درشت با ضخامت ۲۰ سانتیمتر و یک لایه ماسه شسته به ضخامت ۵ سانتیمتر) استفاده می‌گردد. برای جلوگیری از ورود هر گونه مواد زائد به داخل لوله زهکش در محل خروجی از صافی مناسب استفاده می‌شود.

بر حسب نوع بافت و ساختمان خاک از مقادیر مختلف خاک برای پر کردن لایسیمترها استفاده می‌شود. در هر صورت می‌بایست به گونه‌ای لایسیمترها را از خاک

انجام مطالعات مربوط به زهکشی و نوسانات سطح ایستایی در نیمرخ خاک. مجموعه مقالات اولین سمینار سراسری لایسیمتر، جهاد دانشگاهی استان کرمان: ۵۵-۴۳.

۳- سهرابی، ت.، ابراهیمی، ع. ر.، رحیمی، ح و خلیلی، ع.، ۱۳۸۴. طراحی، ساخت و نصب لایسیمتر وزنی به منظور تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۲): ۴۲-۳۳.

۴- علیزاده، ا.، ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه، چاپ چهارم. دانشگاه امام رضا، مشهد، ۴۷۰ صفحه.

5-Fine, P., Hass,A,P. and Atzmon,N.,2002. Organic carbon leaching from effluent irrigation lysimeter as affected by residence time. Soil . Sci. Am. J.66:1531-1539.

6-Hagan, M. R., Haise, R. H. and Edminster, T. W.,1967. Irrigation of agricultural lands. Part III PP.481 to 768. Number 11 in the series Agronomy. American Society Of Agronomy.

7-Howell, T. A., Schneider, A.D and Jensen, M.E.,1991. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements. The International Symposium on Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements, Honolulu, HI, USA, 07/23-25/91; pp:1-9.

8-Ming, Z.,1995. Water-Balance between sand soil and desert plant. Gansu Desert Control Research Institute.less favourable environments pp:175-191.

9-Mirhosseini-Dehabadi, S. R.,1994. The effects of water stress on water relations,carbon isotope discrimination, and shoot and root growth of sainfoin and lucerne. PhD. Thesis, Science At Massey University.

10-Xingfa, H.,Vonlaya,V. and Dechao,Z.,1999. Design,Construction and Installation of Filled-in Drainage Lysimeter and its Applications.Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering.Beijing,China, pp:162-168.

طراحی شده به دلیل دارا بودن دو ویژگی سیستم توزین و زهکشی، از جمله لایسیمترهایی هستند که می‌توان از سیستم زهکش آنها نیز برای انجام مطالعات مربوط به آبهای غیر متعارف مثل آبهای شور، فاضلاب و آبهای غنی شده به وسیله عناصر غذایی و همچنین حرکت مواد شیمیایی مثل سموم دفع آفات و بیماریهای نباتی در خاک استفاده نمود. به دلیل وجود درپچه‌های متعدد در بدنه لایسیمترها امکان تزریق آب در اعماق مختلف به خوبی فراهم است، در نتیجه میتوان با تزریق آب و همچنین رادیو اکتیوهای فعال، مسیر حرکت آب و عناصر مختلف را در گیاه دنبال نمود.

جهت ثبت دقیق و لحظه‌ای اطلاعات و داده‌ها، امکان مکانیزه و مجهز نمودن سیستم به لودسلهای حساس و اتصال آنها به دیتالاگر فراهم بوده که موضوع در حال پی‌گیری است.

### منابع مورد استفاده

۱- حسن اقلی، ع.ر.، لیاقت، ع.م و میراب زاده، م.، ۱۳۸۲. طراحی، ساخت و به کار گیری لایسیمترهای زهکش دار جهت تحقق بر انتقال عوامل آلاینده به عمق خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب. مجموعه مقالات اولین سمینار سراسری لایسیمتر، جهاد دانشگاهی استان کرمان: ۲۰ - ۸.

۲- زارعی، ق.، لیاقت، ع. م.، همائی، م.، ۱۳۸۲. طراحی و ساخت لایسیمتر برای اندازه‌گیری تبخیر از سطح خاک، تبخیر و تعرق و

## Designing, making and installation of weighted lysimeter for water demand determination of trees and shrubs in arid zones

M.Hadi Rad<sup>1</sup>, S.R MirHosseini<sup>2</sup>, M.A.Meshkat<sup>3</sup> and M.Soltani<sup>4</sup>

1,2,3- Member of Scientific board , Yazd agricultural and natural resources research center

4- Member of Yazd agricultural and natural resources research center

Received:12.12.2006

Accepted:21.10.2007

### Abstract

Weighting lysimeters are good instruments and direct method to plants water needs (evapotranspiration) in arid zones. This research practiced at Yazd Shahid-Sadooghi Desert Research Station. Ten galvanized iron lysimeters (120 cm. diameter & 170 cm. high) were made and constructed after covering with a glass-wool layer to minimize the effect of the environment temperature variation on them. Four hatchways installed at different depths (30, 60, 90 and 120 cm) of lysimeters for root and soil sampling and estimating of soil moisture content by TDR instrument. These containers became full with disturbed local soil (1.s tex.), planted and irrigated respectively at the beginning. Lysimeters weighted by a portable lifract which was linked to a powerful (5000 kg. capacity) and accurate (0.1 % sensitivity degree) balance. Drainage water also collected from outlet tubes below of lysimeters occasionally. Results has shown that this procedure have had a good efficiency because achieving to objectives of this research was available. Saving and analyzing of information by computer and with change of weighting method, would also be probable in the future.

**Key words:** lysimeter, evapotranspiration, arid zone, trees and shrubs, Yazd province.