نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۲۱۵-۲۰۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 205-215

مقاله علمی-پژوهشی

امکان‌سنجی ساخت لوله‌های تیپ آبیاری قطره‌ای از مواد زیست‌تخریب‌پذیر

محمدهادی محمدی[۱]، محمدرضا خالدیان[۲*]، جمالعلی الفتی چیرانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۹

چکیده

در پی کمبود منابع آبی در جهان و کشورمان، صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن به‌خصوص در بخش کشاورزی بیش از پیش موردتوجه قرارگرفته است. آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به روش‌های آبیاری سنتی موجب بهبود بهره‌وری و صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. ولی معمولاً از نوارهای آبیاری قطره‌ای برای یک یا دو فصل زراعی استفاده می‌شود و بعد از اتمام عمر مفید مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تجمع پسماند آن‌ها در مزارع به وجود می‌آید. برای حل این مشکل می‌توان آن‌ها از و یا همراه با مواد زیست‌تخریب‌پذیر تولید کرد. هدف پژوهش حاضر امکان‌سنجی استفاده از مواد زیست‌تخریب‌پذیر در تولید نوار آبیاری قطره‌ای است. برای دستیابی به این هدف، پژوهشی شامل دو بخش انجام شد. در بخش اول استخراج نشاسته سیب‌زمینی به‌عنوان ماده زیست‌تخریب‌پذیر انجام شد. در بخش دوم پژوهش، ساخت فیلم از دو ماده نشاسته ذرت و سیب‌زمینی و ترکیب آن‌ها انجام شد. در ادامه خصوصیات مکانیکی فیلم‌های تولیدشده با فیلم پلی‌اتیلن مقایسه شدند. فیلم نشاسته سیب‌زمینی و پلی‌اتیلن از نظر شاخص‌های ازدیاد طول در نقطه پارگی، مدول یانگ و چقرمگی با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. از طرفی استحکام کششی در نقطه پارگی و استحکام کششی در نقطه تسلیم این دو با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. نتایج مقایسه آزمون‌های مکانیکی فیلم نشاسته و مقایسه با پلی‌اتیلن نشان داد که استفاده از نشاسته به‌تنهایی نمی‌تواند منجر به ساخت لوله تیپ شود و برای تولید تیپ از نشاسته باید استفاده از آن‌ها همراه با سایر مواد و یا بعد از اصلاح آن باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی زیست¬محیطی، تخریب پلیمری، پلی¬اتیلن، فیلم نشاسته

مقدمه

منشأ و عامل اصلی آلودگی و تخریب محیط‌زیست، انسان و عملکرد وی می‌باشد که متأسفانه امروزه به‌عنوان معضلی زیست‌محیطی، از روندی روبه رشد برخوردار است (امینی، ۱۳۹۵). افزایش تولید و حجم مصرف پلاستیک‌ها و کامپوزیت‌های نفتی در زندگی روزمره بشر، منجر به تجمع حجم عظیمی از ضایعات پلاستیکی غیرقابل تجزیه گشته و این امر باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی زیادی شده است (قیصری و همکاران، ۱۳۹۶). استفاده از پلاستیک در کشاورزی منجر به افزایش عملکرد، پیش رس کردن محصول، وابستگی کمتر به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، حفاظت بهتر محصولات در برابر تهدیدات آلودگی هوا، آفات و بیماری‌ها و صرفه-جویی در مصرف آب می‌شود. از طرفی استفاده گسترده از پلاستیک در کشاورزی در قالب خاک‌پوش، تور، لوله و غیره، سبب افزایش انباشت زباله‌های پلاستیکی در زمین‌های کشاورزی و تأثیرات زیست محیطی آن است. امروزه در دنیا تنها درصد کمی از زباله‌های پلاستیکی بازیافت می‌شود و بخش بزرگی از این مواد روی زمین (با توجه به هزینه بالای جمع‌آوری) باقی می‌ماند و یا توسط کشاورزان با مواد شیمیایی و یا سوزاندن از بین می‌رود که منجر به پیامدهای منفی ناشی از آن امنیت محیط‌زیست و سلامتی مواد غذایی تولیدشده و در نتیجه سلامت انسان و دیگر موجودات زنده را تحت تأثیر قرار دهد (Briassoulis et al., 2011). بدون شک آلودگی‌های زیست-محیطی، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع امروزی است (عربستانی و همکاران، ۱۳۹۴). قوانین متعددی برای حفاظت از محیط‌زیست در کشورهای مختلف تصویب و اجرا شده است. همچنین معاهدات مختلف بین‌المللی برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه آبی دریای خزر، رشت، ایران
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: khaledian@guilan.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.16.3

منعقد و اجرا شده است (Khaledian et al., 2012a).

با توجه به اهمیت جدی آب و آبیاری در کشاورزی، در سال‌های اخیر روش‌های متنوعی برای آبیاری محصولات مختلف با بازدهی بالا ارائه شده است. آبیاری قطره‌ای روشی از آبیاری با بازدهی بیش از ۹۰ درصد می‌باشد که بیش‌تر برای گیاهان ردیفی و درختان کاربرد داشته و به انواع سطحی و زیرسطحی تقسیم می‌شود (خالدیان و همکاران، ۱۳۹۴). روش آبیاری قطره‌ای نواری، علاوه بر کاهش مصرف آب باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود، در نتیجه بهره‌وری مصرف آب در این سامانه افزایش می‌یابد (Khaledian et al., 2012b). در این روش آبیاری برای رساندن آب به پای گیاه از نوار آبیاری قطره‌ای (تیپ) استفاده می‌شود (قربانی نصرآباد، ۱۳۹۴). روبرت و همکاران بیان داشتند که بسیاری از مطالعات، عملکرد بهتر تیپ را نسبت به قطره‌چکان تائید کرده‌اند (Robert et al., 2008). استفاده از تیپ با این واقعیت همراه است که بعد از هر فصل زراعی و برداشت محصول بقایای این لوله‌ها روی زمین می‌مانند و انجام عملیات زراعی را برای فصل بعد مشکل می‌سازند. نتایج مطالعات نشان دادند که پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر جایگزین بهتری برای پلاستیک‌های معمولی می‌باشند (عسکری فرد و همکاران، ۱۳۹۵). پلاستیک زیست‌تخریب‌پذیر، پلاستیکی است که تغییرات قابل‌توجهی در ساختار شیمیایی خود و تحت شرایط محیطی خاص متحمل شده که منجر به از دست دادن برخی خواص آن می‌شود. این پلاستیک‌ها از طریق فرآیند طبیعی و یا هر فرآیند دیگری تخریب‌شده و همیشه از آن‌ها بقایایی به‌جا می‌ماند. تولید پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر طبیعی از منابع تجدید پذیر انجام می‌شود (جلیلی و جعفری، ۱۳۹۰). از منابع مختلف برای تولید بیوپلیمرها به‌عنوان یک فیلم زیست‌تخریب‌پذیر می‌توان استفاده نمود که شامل پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها می‌باشند (مولوی و همکاران، ۱۳۹۲). تخریب زیست‌محیطی، تخریب ناشی از فعالیت بیولوژیکی است، به‌ویژه با اثر آنزیمی که موجب تغییرات قابل‌توجهی در ساختار شیمیایی مواد می‌شود. تخریب زیستی پلاستیک‌ها بستگی به ساختار شیمیایی مواد دارد و به‌طور فعال تحت شرایط مختلف خاک مطابق با خواص آن‌ها ادامه می‌یابد (Mostafa et al., 2010).

آزمون‌های مکانیکی نقش مهمی در ارزیابی، توسعه و کنترل کیفیت مواد مهندسی دارند. آزمون کشش که در دسته آزمون‌های تخریبی قرار دارد، معروف‌ترین آزمون خواص مکانیکی است که اطلاعات مهمی در خصوص خواص استحکامی ماده فراهم می‌کند. تست کشش که با عنوان تست تنش نیز شناخته می‌شود، اساسی‌ترین نوع آزمون مکانیکی است که می‌توان روی یک ماده انجام داد. به زبان ساده در این آزمون با کشیدن ماده توسط فک‌های دستگاه کشش، می‌توان واکنش آن را در برابر نیروهای اعمالی تعیین نمود. خروجی‌های به‌دست‌آمده در این آزمون برای تعیین خواص مکانیکی ماده استفاده می‌شوند و کمیت‌های زیر به دست می‌آید (تویسرکانی، ۱۳۹۲):

استحکام کششی در نقطه تسلیم[1]: تنشی است که در آن تغییر شکل دائم یا پلاستیک ماده شروع می‌شود. درواقع نقطه تسلیم نشانگر پایان منطقه الاستیک ماده است.

استحکام کششی یا استحکام نهایی کشش[2]: بیشینه تنش کششی است که نمونه تحمل می‌کند و نسبت نیروی بیشینه (بار) به سطح مقطع اولیه نمونه تعریف می‌شود.

ازدیاد طول تا نقطه پارگی[3] **(کرنش):** می‌توان مقدار تغییر طول نمونه‌ای که در آزمون کشش مورد آزمایش قرار می‌گیرد را به دست آورد. این مقدار را می‌توان به‌صورت تغییر طول مطلق یا به‌صورت تغییر نسبی (کرنش) گزارش کرد.

مدول الاستیسیته[4] **یا مدول یانگ**[5]**:** شیب بخش خطی ابتدای منحنی تنش-کرنش مدول الاستیسیته می‌باشد. این پارامتر معیاری برای سفتی ماده است که همان مقاومت در برابر تغییر شکل می‌باشد.

چقرمگی (سختی)[6]: میزان توانایی جذب انرژی ماده تا مرحله شکست می‌باشد و آن را برابر با سطح زیر منحنی تنش-کرنش می‌دانند.

طبشی و همکاران (۱۳۹۳) اثر نشاسته بر پلی‌اتیلن سبک و سنگین را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تخریب پذیری در بهترین تیمار در مدت سه ماه حدوداً ۱۰ درصد بوده است. در مسئله جایگزینی فیلم‌های نشاسته در مقیاس کاربردی به‌جای فیلم‌های پلی‌اتیلن، چهاردهی سیرتی و همکاران (۱۳۹۶) خصوصیات مکانیکی فیلم نشاسته سیب‌زمینی را با نانو ذرات اکسید روی بهبود بخشیدند. در پژوهش دیگری که توسط حسینی و همکاران (۱۳۹۲) برای بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم نشاسته ذرت انجام شد، نتایج نشان داد، فیلم نشاسته به دلیل ظاهر مطلوب و شفافیت بالا مناسب بوده، اما حلالیت زیاد و نفوذپذیری بالا به بخار آب و خواص مکانیکی ضعیف از مطلوبیت آن می‌کاهد. خرم نژادیان و خرم نژادیان (۱۳۹۷) در پژوهش خود عنوان داشتند بهترین روش برای اندازه‌گیری تخریب پذیری پلیمر استفاده از محیط‌هایی است که پلاستیک‌ها بعد از دور ریز به آن‌ها وارد می‌شوند. آن‌ها همچنان نتیجه گرفتند پس از سه ماه در معرض نور قرار گرفتن پلاستیک زیست تخریب‌شده

1- Yield Stress
2- Ultimate Tensile Stress
3- Elongation to break
4- Elastic Modulus
5- Young's Modulus
6- Toughness

مقاومت مکانیکی و مدول یانگ به‌مراتب کاهش یافت و همچنین مقایسه وزن نمونه‌ها قبل و بعد از دفن در خاک نشانگر تخریب زیستی نمونه‌ها به مقدار مناسب بود و با افزایش زمان‌ماند نمونه‌ها در خاک ریز جانداران و آنزیم‌های آن‌ها به قسمت‌های درونی ماتریس پلیمری نفوذ کرده و سبب تجزیه کل پلیمر شد. جلیلی و جعفری (۱۳۹۰) با مطالعه کلی روی پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته عنوان داشتند پلیمرهای زیستی نگرانی‌های زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند، اما آن‌ها برخی محدودیت‌ها از نظر کارایی مانند مقاومت حرارتی، خواص مکانیکی و هزینه بالا را دارند؛ بنابراین لازم است تا پژوهش‌های بیشتری روی این مواد به‌منظور ارتقاء خواص آن‌ها صورت پذیرد.

امروزه استفاده از نوارهای آبیاری در کشاورزی رو به افزایش است. یکی از مشکلات عمده این نوارها، تولید پسماند در زمین‌های کشاورزی است. جمع‌آوری مکانیکی این نوارها، مخصوصاً در آبیاری زیرسطحی بسیار مشکل بوده و با صرف هزینه و از بین رفتن توان و انرژی کشاورز همراه است؛ بنابراین تولید این نوع نوارها از مواد زیست‌تخریب‌پذیر ضروری به نظر می‌رسد، به‌طوری‌که این لوله‌ها با گذشت زمان به‌صورت طبیعی تخریب شوند تا مشکلات زیستی و همچنین جمع‌آوری آن‌ها تا حدودی حل شود. هدف پژوهش حاضر بررسی امکان تولید نوار آبیاری قطره‌ای از سه نوع ماده شامل نشاسته ذرت، نشاسته سیب‌زمینی و ترکیب این دو با بررسی خواص مکانیکی آن‌ها در مقایسه با ماده پلی‌اتیلن است.

مواد و روش‌ها

استخراج نشاسته سیب‌زمینی

برای استخراج نشاسته ابتدا سیب‌زمینی پوست گرفته‌شده و شسته شد. سپس با رنده‌ی دستی سیب‌زمینی‌ها خرد شدند و با آب مقطر مخلوط شد. سوسپانسیون محصول ۱۵ دقیقه هم زده شده و پس از ده دقیقه آبکش شد تا قسمت‌های فیبری و نامحلول آن جدا شوند. در ادامه محلول به‌جامانده به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون رها شد تا نشاسته آن در کف ظرف رسوب کند. نشاسته رسوب‌کرده جمع‌آوری و در دمای محیط طی یک شبانه‌روز خشک شد.

ساخت فیلم زیست‌تخریب‌پذیر نشاسته

این بخش از مطالعه و ساخت نمونه‌ها در آزمایشگاه آبیاری تحت‌فشار گروه مهندسی آب، آزمایشگاه فیزیک خاک گروه علوم خاک و آزمایشگاه باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام پذیرفت. مواد اولیه استفاده‌شده در این تحقیق عبارت‌اند از: نشاسته سیب‌زمینی و ذرت، گلیسیرین (به‌عنوان نرم‌کننده ساخت شرکت مرک آلمان) و آب دیونیزه که همه‌ی لوازم ذکرشده از شرکت زیستاژن تهیه شده است. تجهیزات و دستگاه‌های استفاده‌شده در این پژوهش در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- تجهیزات و دستگاه‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر

نام دستگاه	مدل	شرکت و کشور سازنده
ترازوی دیجیتالی	GF-1000 با دقت ۰/۰۱ گرم	AND – ژاپن
همزن الکتریکی آزمایشگاهی	LM-2	صنعت سرام– ایران
بن‌ماری	WNB14	MEMMERT – آلمان
آون ۸۵ لیتری مدل K.J 85 پلت تفلونی	K.J 85	پارس آزما– ایران گلدیبا– ایران

برای تهیه فیلم مقدار ۹ گرم نشاسته در ۱۶۶ میلی‌لیتر آب دیونیزه و ۱۰ میلی‌لیتر گلیسیرین توسط همزن الکتریکی به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای محیط به هم زده شد تا مخلوط همگن به دست آید. سپس سوسپانسیون حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در حمام بخار با دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. بلافاصله بعد از خارج کردن سوسپانسیون از حمام بخار، مجدداً مخلوط به مدت سه دقیقه توسط همزن با دور تند هم زده شد تا مخلوط یکنواختی حاصل شود. ژل حاصل به مقدار موردنیاز روی صفحات تفلون ریخته شده و با کاردک صاف شد. سپس این صفحات به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای خشک شدن فیلم‌ها گذاشته شد. بعد از یک شبانه‌روز نمونه‌ها از آون خارج شده و چهار شبانه‌روز دیگر در دمای محیط خشک شدند. بعد از خشک شدن، فیلم‌ها از صفحات تفلونی به‌آرامی جدا شدند.

از فیلم‌ها در قطعات ۲/۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. هریک از نمونه‌ها زیر و روی خاک قرار گرفت. بعد از گذشت سه ماه، نمونه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شده و وزن هریک با وزن اولیه آن‌ها مقایسه شد. در آخر زیست‌تخریب‌پذیری نمونه‌ها از فرمول (۱) به دست آمد (خرم نژادیان و خرم نژادیان، ۱۳۹۷):

$$\text{زیست‌تخریب‌پذیری (٪)} = \frac{(\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \qquad (۱)$$

بعد از ساخت فیلم زیستی، برای مقایسه ویژگی‌های مکانیکی آن

و مقایسه با فیلم پلی‌اتیلن و بررسی شرایط ساخت لوله تیپ از این فیلم‌ها، آزمون کشش اعمال‌شده بر لوله‌های تیپ روی این فیلم‌ها نیز انجام پذیرفت. برای این کار نمونه‌ها به نوارهایی به ابعاد ۱×۲۰ سانتی‌متر بریده شد (شکل ۱). فاصله‌ی بین دو فک دستگاه ۵ mm و سرعت کشش ۱۰۰ mm/min تنظیم‌شده و فاکتورهایی شامل استحکام کششی در نقطه‌ی تسلیم (UTS) از روی نمودار کرنش-تنش و پارامترهای استحکام کششی در نقطه‌ی پارگی (σ_y)، ازدیاد طول در نقطه پارگی (ε_b) مدول یانگ و چقرگی به ترتیب از فرمول‌های (۲)، (۳)، (۴) و (۵) به دست آمد (استاندارد شماره ۱-۱۷۱۴۰،گودرزی و شهابی، ۱۳۹۵):

$$\sigma_y = \frac{F}{A} \quad (۲)$$

که در آن σ_y: استحکام کششی در نقطه پارگی بر حسب مگاپاسکال، F: نیرو در نقطه تسلیم بر حسب نیوتن و A: مساحت سطح مقطع اولیه آزمونه بر حسب میلی‌متر مربع می‌باشد.

$$\boldsymbol{\varepsilon_b = \frac{L-L_0}{L_0}} \quad (۳)$$

ε_b: ازدیاد طول در نقطه پارگی برحسب درصد، I: طول اندازه‌گیری تا پارگی برحسب میلی‌متر و I_0 طول اندازه‌گیری اولیه بر حسب میلی‌متر است.

$$\boldsymbol{YM = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_b}} \quad (۴)$$

که در آن YM مدول یانگ برحسب مگا پاسکال، σ_y: استحکام کششی در نقطه پارگی بر حسب مگا پاسکال و ε_b ازدیاد طول در نقطه پارگی برحسب درصد می‌باشد.

$$\boldsymbol{UT = \int_0^{\varepsilon_b} \sigma d\varepsilon} \quad (۵)$$

که در آن UT: چقرمگی برحسب ژول، ε_b: کرنش در زمان شکست، σ: استحکام کششی در نقطه پارگی بر حسب مگا پاسکال و ε : ازدیاد طول برحسب درصد می‌باشد.

شکل ۱- بریدن فیلم‌ها به‌صورت نواری برای آزمون کشش

نتایج و بحث

بررسی وزنی فیلم‌های زیستی ساخته‌شده

نتایج مربوط به مقایسه میانگین وزن نمونه‌های جفت مربوط به سه فیلم ساخته‌شده قبل و بعد از قرارگیری، زیر و روی خاک در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اختلاف بین مقادیر وزن اولیه و وزن ثانویه در فیلم‌های سیب‌زمینی و سیب‌زمینی ذرت در سطح ۱ درصد و در فیلم ذرت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است و این امر نشان‌دهنده‌ی وقوع پدیده‌ی تخریب در هریک از فیلم‌ها می‌باشد. بیشترین اختلاف میانگین، بر اساس ماده اولیه فیلم‌ها به ترتیب مربوط به سیب‌زمینی ذرت، سیب‌زمینی و ذرت با مقادیر ۰/۵۶، ۰/۲۶ و ۰/۱۴ می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین جفت وزن نمونه‌های فیلم نشاسته

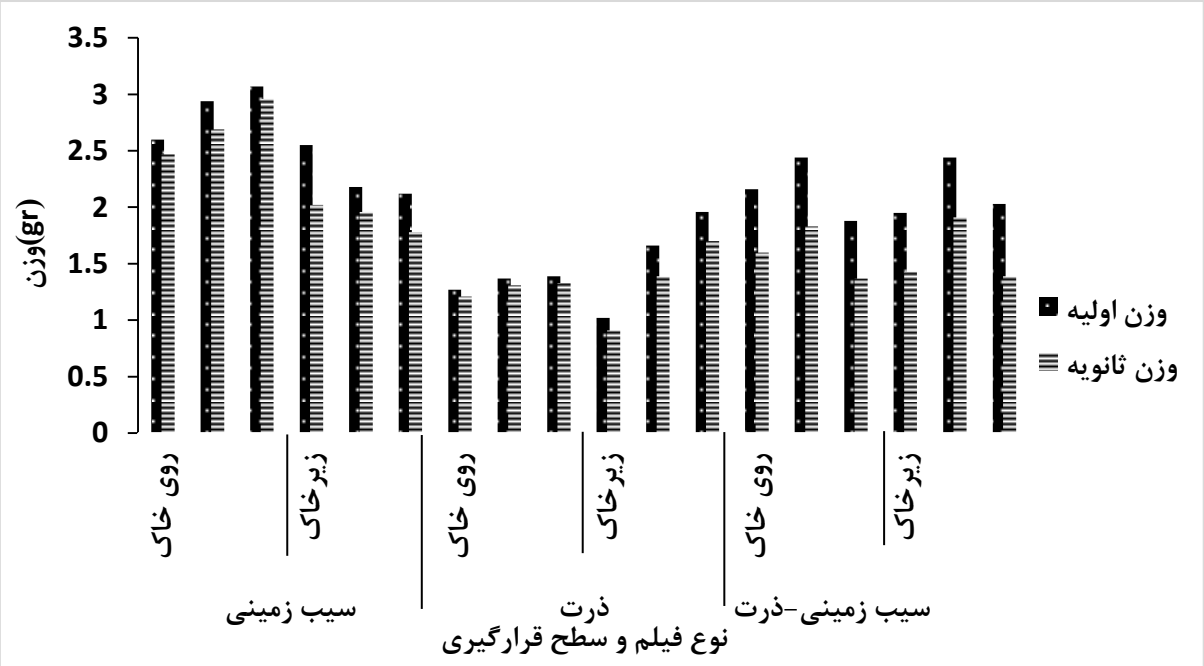
نوع فیلم	اختلاف میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	مقدار احتمال
سیب‌زمینی	۰/۲۶	۰/۱۵	۴/۱۶	۵	۰/۰۰۹
ذرت	۰/۱۴	۰/۱	۳/۳	۵	۰/۰۲۱
سیب‌زمینی-ذرت	۰/۵۶	۰/۰۵	۲۶/۱	۵	۰/۰۰۰

شکل ۲ تغییر وزن فیلم‌های ساخته‌شده طی ۳ ماه بعد از قرارگیری در خاک را نشان می‌دهد. طبق این نمودار نیز بیشترین مقدار تغییر وزن در تیمار فیلم سیب‌زمینی-ذرت بوده است. همچنین کاهش وزن تیمارهای زیرسطحی بیشتر از تیمارهای سطحی بوده است. دلیل این امر شاید فعالیت بهتر ریز جانداران در زیرخاک است. شکل ۳ نیز تخریب فیلم‌ها را نشان می‌دهد. فیلم‌هایی که زیرخاک قرار داشته‌اند دچار تخریب بیشتر شده‌اند و رویش قارچ روی این فیلم‌ها با چشم غیرمسلح نیز قابل‌مشاهده بود. فیلم‌های روی خاک به دلیل اکسیداسیون تخریب فیزیکی را تجربه کردند که در شکل ۳ نشان داده شده است. ذرات نشاسته‌ای که در سطح نمونه قرار دارند، زودتر در معرض تخریب زیستی قرار می‌گیرند. با افزایش زمان‌ماند نمونه‌ها در خاک میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های آن‌ها به قسمت‌های درونی ماتریس پلیمری نفوذ کرده و سبب تجزیه کل پلیمر می‌شوند (خرم نژادیان و خرم نژادیان، ۱۳۹۷).

جدول ۳ بیانگر مقایسه آماری فیلم‌های ساخته‌شده و شکل ۴ درصد تخریب هریک از فیلم‌ها در زیر و روی خاک نشان می‌دهند.

طبق جدول ۳ تفاوت درصد تخریب بین فیلم‌ها با یکدیگر در سطح ۱ درصد معنادار بوده و بیانگر خصوصیات مکانیکی متفاوت فیلم‌ها با یکدیگر می‌باشد. بیشترین تخریب مربوط به فیلم سیب‌زمینی-ذرت و کمترین آن مربوط به فیلم ذرت می‌باشد. این امر به دلیل استفاده از منبع متفاوت است، زیرا نشاسته به‌دست‌آمده از منابع مختلف گیاهی دارای نسبت‌های مختلف آمیلوز به آمیلوپکتین است که این امر باعث تولید فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر نشاسته ترموپلاستیک با ویژگی‌های مکانیکی متفاوت می‌شود (گودرزی و عبداله‌زاده، ۱۳۹۸؛ مولوی و صداقت، ۱۳۹۲).

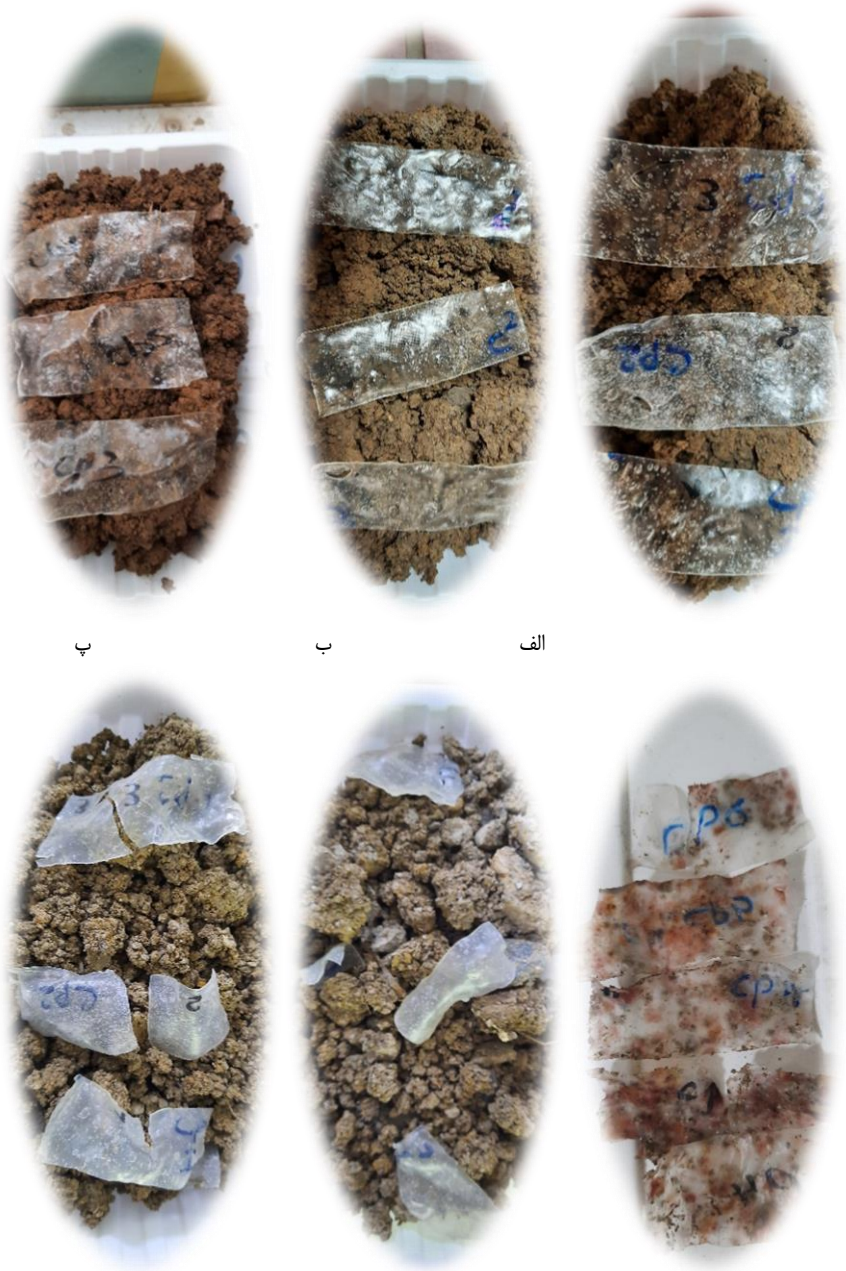
حسینی و همکاران (۱۳۹۲) در نتایج پژوهش خود عنوان کردند فیلم‌ها و ورقه‌هایی که بر پایه نشاسته با میزان آمیلوز بالا می‌باشند عملکرد مکانیکی بهتری را از خود نشان می‌دهند طبق شکل ۴ میزان تخریب فیلم سیب‌زمینی با فیلم ذرت از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشته ولی مقدار آن در فیلم سیب‌زمینی بیشتر از فیلم ذرت می‌باشد که مطابق با نتایج پژوهش حسینی و همکاران (۱۳۹۲) می‌باشد



شکل ۲- نمودار مقایسه وزن فیلم‌ها قبل و بعد از قرار گرفتن در خاک

جدول ۳- آنالیز واریانس درصد تخریب فیلم‌ها و مقایسه بین آن‌ها

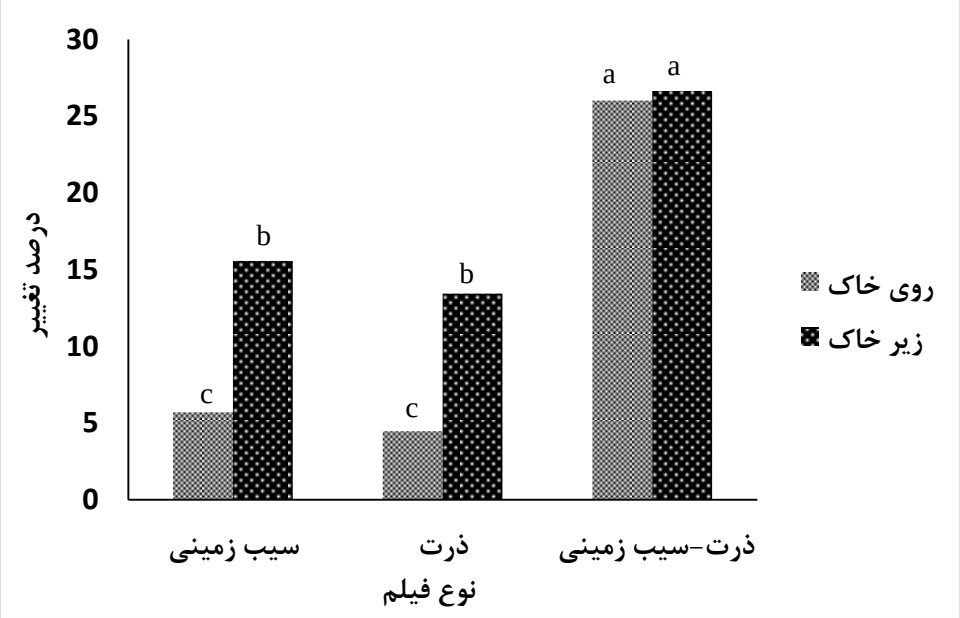
میانگین	میانگین مربعات	آماره F	درجه آزادی	مقدار احتمال
۰/۳۲	۲۷۳/۹۲۴	۲۴/۲۴	۵	۰/۰۰۰



شکل ۳- الف) فیلم نشاسته سیب‌زمینی-ذرت، ب) فیلم نشاسته ذرت، پ) فیلم نشاسته سیب‌زمینی، ج) فیلم نشاسته ذرت بعد از سه ماه (روی خاک)، چ) فیلم نشاسته سیب‌زمینی بعد از سه ماه (روی خاک)، ح) فیلم نشاسته سیب‌زمینی-ذرت بعد از سه ماه (زیرخاک)

ویلاسکا و همکاران عنوان کردند یکی از راه‌های احتمالی برای بهبود خصوصیات فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر، مخلوط کردن بیوپلیمرها با یکدیگر و تولید بیوفیلم‌های ترکیبی می‌باشد (Vilaseca et al., 2007). در فیلم‌های بیوپلیمری ترکیبی اگر عناصر آن‌ها از نظر ساختاری سازگار باشند، آن فیلم‌ها خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوبی خواهند داشت. طبق نتایج میزان تخریب فیلم‌های ساخته‌شده در این پژوهش فیلم ترکیبی نشاسته ذرت و سیب‌زمینی که از نظر ساختاری تقریباً با یکدیگر سازگارند، از دو نمونه دیگر دچار تخریب شدیدتری شده و دارای خواص فیزیکی ضعیف‌تری نسبت به دو نمونه‌ی دیگر بود. طبق گفته تووال و همکاران در مورد تولید فیلم نشاسته با آمیلوز بالا مشکلات بیشتری وجود دارد (Thuwall et al., 2006). این نوع نشاسته برای ژلاتینه شدن به

دمای بیشتری نیاز دارند (Li et al., 2012). از طرفی طبق تحقیقات صورت گرفته قبلی (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Cabedo, 2008) خواص مکانیکی فیلم‌های نشاسته بسیار ضعیف است. صرفه‌جویی در هزینه‌های پژوهش حاضر، فقط فیلم سیب‌زمینی که از لحاظ تخریب شرایط بینابینی را در بین سه فیلم ساخته‌شده داشت مورد تست کشش قرارگرفته و با پلی‌اتیلن مورداستفاده در ساخت تیپ مقایسه شد.



شکل ٤- نمودار مقایسه درصد تخریب فیلم‌ها و مقایسه بین آن‌ها

امکان‌سنجی ساخت تیپ آبیاری قطره‌ای از مواد زیست‌تخریب‌پذیر نشاسته

برای بررسی امکان ساخت تیپ آبیاری قطره‌ای از فیلم‌های نشاسته خواص مکانیکی فیلم سیب‌زمینی به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار از نظر تخریب در بخش قبل با خواص مکانیکی تیپ آبیاری قطره‌ای عادی (پنج پارامتر ازدیاد طول در نقطه پارگی، استحکام کششی در نقطه پارگی، استحکام کششی در نقطه تسلیم، مدول یانگ و چقرمگی) بررسی و از نظر آماری و با آزمون نمونه‌های مستقل مقایسه شدند.

میانگین مشخصات مکانیکی فیلم نشاسته سیب‌زمینی و تیپ آبیاری قطره‌ای در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر به‌دست‌آمده برای همه پارامترهای فیلم پلی‌اتیلن با نتایج به‌دست‌آمده عوض وردی و همکاران (۱۳۹۳) و ارومیه‌ای و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد. برای فیلم نشاسته نتایج اندازه‌گیری پارامترها با نتایج دیگر پژوهش‌ها از نظر مقدار مدول یانگ مطابقت داشته (Kshirod et al., 2019) و با نتایج ارومیه‌ای و همکاران (۱۳۸۹) تفاوت داشت. همچنین مقادیر میانگین در پارامترهای دیگر اختلاف دارد (ارومیه‌ای و همکاران، ۱۳۸۹). دلیل این امر نیز سرعت کشش دستگاه تست کشش است که در این پژوهش ۵ mm/min بوده ولی به دلیل مقایسه آن با تیپ آبیاری قطره‌ای در این پژوهش خواص آن در سرعت ۱۰۰ mm/min سنجیده شد.

جدول ٤- میانگین صفات مکانیکی فیلم نشاسته سیب‌زمینی و فیلم پلی‌اتیلن

نوع فیلم	ازدیاد طول در نقطه پارگی (٪)	استحکام کششی در نقطه پارگی (Mpa)	استحکام کششی در نقطه تسلیم (Mpa)	مدول یانگ (Mpa)	چقرمگی (KJ)
فیلم سیب‌زمینی	۳۳/۳۰	۱۱/۷۵	۹/۵۷	۲۵۱	۳/۱۵
فیلم پلی‌اتیلن	۵۲۳/۴۳	۲۰/۳۳	۱۱/۸۲	۱۴۴/۳۳	۶۹

داده‌ها مربوط به میانگین حسابی سه تکرار برای هر نمونه است.

جدول ۵، مقایسه آماری خصوصیات مکانیکی فیلم نشاسته سیب-زمینی و فیلم پلی‌اتیلن را نشان می‌دهد. در مقایسه شاخص ازدیاد طول در نقطه پارگی، مدول یانگ و چقرمگی بین فیلم نشاسته سیب-زمینی و پلی‌اتیلن اختلاف این مقادیر با یکدیگر معنی‌دار است. از طرفی استحکام کششی در نقطه پارگی و استحکام کششی در نقطه تسلیم این دو با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. از نظر مقایسه میانگین این مقادیر طبق جدول ۵، درصد ازدیاد طول در نقطه پارگی، مدول یانگ و چقرمگی بین دو تیمار اختلاف زیادی وجود دارد. هیسکاکیس و همکاران در مقایسه فیلم نشاسته و لوله‌های تیپ به این نتیجه رسیدند که مقادیر استحکام کششی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته ولی تفاوت مقادیر برای خصوصیت ازدیاد طول در نقطه پارگی معنی‌دار بوده است (Hiskakis et al., 2011).

جدول ۵- مقایسه آماری خصوصیات مکانیکی فیلم نشاسته سیب‌زمینی و لوله تیپ

پارامتر	اختلاف میانگین	آماره t	آماره F	درجه آزادی	مقدار احتمال
درصد ازدیاد طول در نقطه پارگی	۴۹۱/۴۲	۷/۱۸	۶/۲۱	۴	۰/۰۰۲
استحکام کششی در نقطه پارگی (Mpa)	۸/۵۸	۱/۷۶	۴/۳۴	۴	۰/۱۵۳
استحکام کششی در نقطه تسلیم (Mpa)	۲/۲۵	۲/۲۲	۷/۱۶	۴	۰/۹۰
مدول یانگ (Mpa)	۱۰۶/۶۶	۲/۹۳	۳/۵۴	۴	۰/۰۴۳
چقرمگی (KJ)	۶۵/۸۴	۴/۴۷	۵/۸۸	۴	۰/۰۱۱

در مجموع از مقایسه دو پارامتر می‌توان نتیجه گرفت که تولید لوله‌های تیپ از مواد زیست‌تخریب‌پذیر همچون نشاسته با توجه به تفاوت‌های آن‌ها از نظر خواص مکانیکی با مواد پلی‌اتیلن به‌تنهایی امکان‌پذیر نمی‌باشد و به شرطی استفاده از این مواد مقدور است که خواص مکانیکی آن‌ها بهبود پیدا کند؛ زیرا نشاسته به دلیل خصوصیات مکانیکی و ممانعت کنندگی نسبت به پلی‌اتیلن ضعیف و محدود است. برایسیلس و همکاران لوله‌های آبیاری قطره‌ای زیست‌تخریب‌پذیر از دو ماده زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته ساختند و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات مکانیکی لوله‌های ساخته‌شده در مقایسه با لوله معمولی ضعیف بوده است Briassoulis et al., (2011). مصطفی و همکاران نیز در مقایسه فیلم نشاسته و پلی‌اتیلن زیست‌تخریب‌پذیری آن‌ها را خوب توصیف کرده ولی خواص مکانیکی ضعیف آن‌ها را عامل محدودکننده برای تولید لوله‌های آبیاری قطره-ای نواری عنوان کردند (Mostafa et al., 2010).

نتیجه‌گیری

در جهت ساخت لوله‌های تیپ از فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر معمول، ابتدا میزان تخریب سه فیلم تولیدی سنجیده شد. بر همین اساس مقدار تخریب فیلم نشاسته سیب‌زمینی -ذرت به ترتیب بیشتر از دو فیلم دیگر یعنی فیلم نشاسته سیب‌زمینی و فیلم نشاسته ذرت بود. دلیل این تفاوت به دلیل اختلاف در مقادیر نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین می‌باشد. مقایسه فیلم پلی‌اتیلن با فیلم نشاسته سیب‌زمینی بر اساس پنج پارامتر انجام شد. پارامترهای مدول یانگ، چقرمگی و ازدیاد طول در نقطه پارگی در فیلم نشاسته در مقایسه با نمونه پلی-اتیلن تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند ولی دو پارامتر ازدیاد طول در نقطه تسلیم و استحکام کششی در نقطه پارگی تفاوت معنی‌داری نداشتند. ساخت لوله‌های تیپ از مواد زیست‌تخریب‌پذیر موردمطالعه، به دلیل گرانی این مواد و خواص مکانیکی ضعیف آن‌ها، از لحاظ اقتصادی و فنی توجیه‌پذیر نیست و توصیه می‌شود در مطالعه‌ای تکمیلی با دیگر مواد ترکیب‌شده تا خواص آن ارتقا یابد.

پیشنهادها

با توجه به این‌که امکان ساخت لوله‌های تیپ از مواد زیست-تخریب‌پذیر وجود دارد، مطالعاتی جامع توسط متخصصان حوزه پلیمر و آبیاری در رابطه با ساخت لوله‌ی تیپ از این مواد صورت پذیرد.

با توجه به خواص مکانیکی ضعیف نشاسته، از مواد زیست تخریب دیگر در پژوهش های آتی برای تولید لوله تیپ استفاده شود. یکی از این مواد به پیشنهاد گروه تحقیقاتی پژوهش حاضر، مواد اکسا زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشد.

از محصولات زیست‌تخریب‌پذیر می‌توان در قسمت‌های دیگر در بخش کشاورزی مانند به‌عنوان خاک‌پوش، کیسه‌های کود، تور و... استفاده کرد.

منابع

ارومیه‌ای، ع.، طاهرزاده لاری، ط. و کلاته، خ. ۱۳۸۹. مطالعه ویژگی-های فیزیکی-مکانیکی فیلم‌های تهیه‌شده از مخلوط پلی‌اتیلن و نشاسته. نشریه پژوهش‌های شیمی کاربردی. ۱۵(۴): ۹۰-۸۳.

استاندارد«لوله‌های گرمانرم- تعیین خواص کششی- قسمت اول: روش کلی آزمون». ۱۳۹۴. چاپ اول، شماره ۱۷۱۴۰، ICS: 23.040.20.35.

امینی، م. ۱۳۹۵. بررسی عمده‌ترین چالش‌های محیط‌زیست ایران. دومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط‌زیست (کیفیت، سلامت و امنیت خاک)، ۱۷ تا ۱۸ شهریور ۱۳۹۵، کرمان، گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهید باهنر کرمان.

تویسرکانی، حسین. ۱۳۹۳. اصول علم مواد (ساختار، خواص و مهندسی مواد)، دانشگاه صنعتی اصفهان.

جلیلی، ف. و جعفری، س.م. ۱۳۹۰. پلیمرها و پلاستیک‌های بسته-بندی زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته. فصلنامه علوم و فنون بسته‌بندی. ۸(۲): ۵۳-۳۸.

چهاردهی سیرتی، ضحی.، ف. موحدی. و م. امینی فر. ۱۳۹۶. بهبود خصوصیات مکانیکی و ممانعتی فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر نشاسته سیب زمینی با استفاده از نانوذرات اکسیدروی و کاربرد آن در بسته‌بندی میوه آلبالو ایرانی. مجله علوم و صنایع غذایی. ۷۲(۱۴): ۲۲۹-۲۱۵.

حسینی، ف.، حبیبی نجفی، م.، ارومیه‌ای، ع.، نصیری محلاتی، م. و یاور منش، م. ۱۳۹۲. تولید فیلم‌های خوراکی زیست‌تخریب‌پذیر از محصولات بر پایه ذرت و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی (دانش کشاورزی). ۲۳(۲): ۲۳۵-۲۲۳.

خالدیان، م.، قره‌شیخ‌بیات، م.، بیگلویی، م. و شاهین، پ. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی عددی رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای نواری زیرسطحی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲(۹): ۲۶۹-۲۵۲.

خرم نژادیان، ش. و خرم نژادیان، ش. ۱۳۹۷. بررسی تخریب نوری, تجزیه زیستی, جذب آب و خواص مکانیکی پلاستیک‌های تخریب پذیر جهت استفاده در صنایع بسته‌بندی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶(۳): ۲۱۶-۲۰۳.

طبشی، س.، ارومیه‌ای، ع.، بازگیر، س. و کتباب، ع. ۱۳۹۳. تهیه و بررسی خواص فیلم چندجزیی زیست‌تخریب‌پذیر در بسته‌بندی مواد غذایی. فصلنامه علمی علوم و فنون بسته‌بندی. ۱۷(۵): ۸۳-۷۶.

عربستانی، ا.، کدیور، م.، شاهدی، م. و گلی، ا. ۱۳۹۴. تهیه و تعیین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم زیست‌تخریب‌پذیر پروتئینی از گاودانه. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۴۸(۱۲): ۱۳۸-۱۲۹.

عسکری فرد جهرمی، ع.، صدر امیرجانلو، ا. و بیگی، ح. ۱۳۹۵. مطالعه‌ای بر پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر به‌عنوان جایگزین مواد پلیمری مرسوم. دومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی، ۲۷ خرداد ۱۳۹۵، قم، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی.

عوض‌وردی، ا.، وندالوند، م.، و شاکری، ع. ۱۳۹۳. خواص مکانیکی کامپوزیت‌های پلی‌اتیلن – پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی. علوم و تکنولوژی پلیمر. ۲۷(۶): ۳۸۹-۳۸۱.

قربانی نصرآباد، ق. ۱۳۹۴. معرفی آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ). نشریه مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی گرگان.

قیصری، ف.، ا. محسنی اهویی و م. حجی خراسانی. ۱۳۹۶. مروری بر پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و مزایای آن. پنجمین کنفرانس بین‌المللی نوآوری‌های اخیر در شیمی و مهندسی شیمی،۱۳ بهمن ۱۳۹۶، تهران، دانشگاه علامه طباطبایی.

گودرزی، و و شهابی قهفرخی، ا. ۱۳۹۵. تولید فیلم نشاسته با استفاده از واکنش‌های نوری: بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی. پژوهش‌های صنایع غذایی (دانش کشاورزی). ۲۶(۳): ۵۱۹-۵۳۰.

گودرزی، و. و عبدالله‌زاده، ت. ۱۳۹۷. فیلم‌های بیوپلیمری زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته: رویکردها و چالش‌ها. چهارمین کنفرانس و نمایشگاه بین‌المللی مستربچ و کامپاندهای پلیمری،۱۷ تا ۱۸ بهمن ۱۳۹۷، تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی.

مولوی، ه. و صداقت، ن. ۱۳۹۲. فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته. دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، ۹ تا ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۲، قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

Briassoulis, D., Babou, E. and Hiskakis, M. 2011. Degradation behaviour and field performance of experimental biodegradable drip irrigation systems. Department of agricultural engineering, Agricultural university of Athens, Iera odos 75, 11855 Athens, Greece. 19: 341–361.

Cabedo, L., Luis Feijoo, J., Pilar Villanueva, M., Lagarón, J.M. and Giménez, E. 2006. Optimization of biodegradable nanocomposites based on aPLA/PCL blends for food packaging applications. Macromolecular Symposia. 233(1): 191-197.

Hiskakis, M., E. Babou and D. Briassoulis. 2011.

Li, M., Liu, P., Zou, W., Yu, L., Xie, F., Pu, H. and Chen, L. 2011. Extrusion processing and characterization of edible starch films with different amylose contents. Journal of Food Engineering. 106(1): 95-101.

Mostafa, H., Sourell, M. and Bockisch, H. 2010. The mechanical properties of some bioplastics under different soil types for use as a biodegradable drip tubes. Agricultural Engineering International. 12(1): 12-21.

Roberts, T., White, S., Warrick, A. and Thompson, T. 2008. Tape depth and germination method influence patterns of salt accumulation with subsurface drip irrigation. Agricultural Water Management. 65 (6): 669-677.

Thuwall, M., Boldizar, A. and Rigdahl, M. 2006. Extrusion processing of high amylose potato starch materials. Carbohydrate Polymers. 65(4): 441-446.

Experimental Processing of Biodegradable Drip Irrigation Systems Possibilities and Limitations. Journal of Polymers and the Environment. 19: 887–907.

Khaledian, M.R., Mailhol, J.C. and Ruelle, P. 2012a. Yield and energy requirement of durum wheat under no-tillage and conventional tillage in the mediterranean climate. Journal of Biological and Environmental Sciences. 6(16): 59-65.

Khaledian, M.R., Mailhol, J.C., Ruelle, P. and Dejean, C. 2012b. Effect of cropping strategies on irrigation water productivity of durum wheat. Plant, Soil and Environment. 59(1): 29-36.

Kshirod, D., Ali., N.A., Dipannita, D. and Dambarudhar, M. 2019. Thorough evaluation of sweet potato starch and lemon-waste pectin based-edible films with nano-titania inclusions for food packaging applications. International Journal of Biological Macromolecules. 139(15): 449-458.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 205-215

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۲۱۵-۲۰۵

Feasibility Study of Making Drip Irrigation Tapes from Biodegradable Materials

M. Mohammadi[1], M. Khaledian[2],*, J. Olfati[3]

Recived: Nov.07, 2021 Accepted: Dec.10, 2021

Abstract

Due to the lack of water resources in the world and in our country, saving water consumption and increasing its productivity, especially in the agricultural sector, has received more and more attention. Tape drip irrigation improves water productivity and saves water compared to traditional irrigation systems. However, tapes are usually used for one or two growing seasons, and after the end of their useful life, environmental problems arise due to the accumulation of their waste in the fields. To solve this problem, they can be produced from or with biodegradable materials. The aim of the present study is to evaluate the feasibility of using biodegradable materials in the production of tapes. To achieve this goal, a two-part study was conducted. In the first part, potato starch was extracted as a biodegradable material. In the second part of the research, films were made from two materials, corn and potato starches and their combination. Then, the mechanical properties of the produced films were compared with polyethylene film. Potato starch and polyethylene films differed significantly in terms of elongation to break, Young's modulus and toughness indices. On the other hand, tensile stress at rupture point and tensile stress at yield point were not statistically significant. The results of mechanical tests of starch film and comparison with polyethylene showed that the use of starch alone cannot lead to the manufacture of tapes and to produce a tape of starch must be used with other materials or used after its correction.

Keywords: Environmental pollution, Polyethylene, Polymer degradation, Starch film

1- MSc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; P.O.BOX 41635-3756, Rasht, Iran
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; P.O.BOX 41635-3756, Rasht, Iran, and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, Rasht, Iran
3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, , Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: khaledian@guilan.ac.ir)