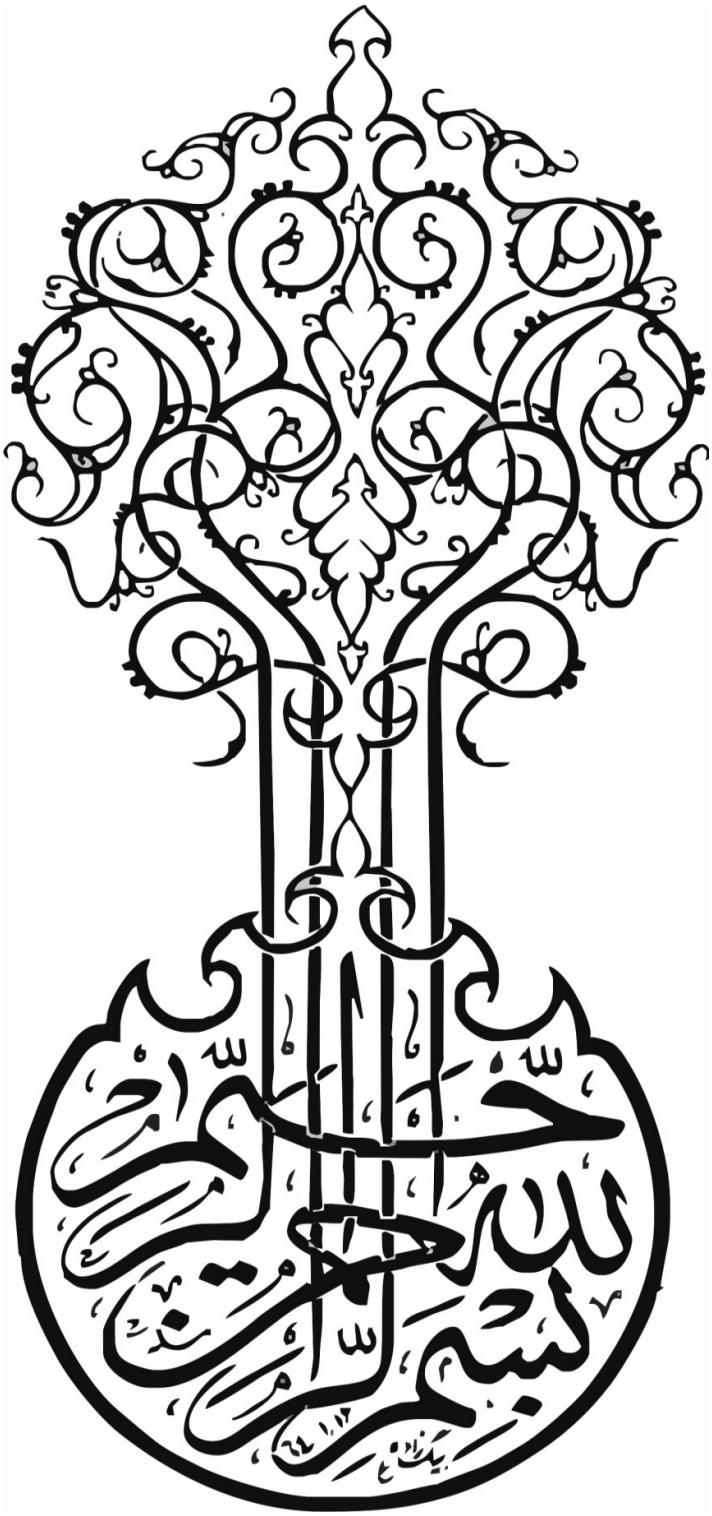
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه علوم خاک

اثرات لجن بیولوژیکی کارخانه پتروشیمی تبریز بر برخی پارامترهای انتقال املاح در یک خاک لوم آهکی

استاد راهنما:

دکتر شکراله اصغری

استاد مشاور:

دکتر فریبرز عباسی

توسط:

اسماء ضیاء الدینی

دانشگاه محقق اردبیلی

شهریور 1390

تقدیم به پدرم

او که نخستین سازنده ابعاد روحم بود

به مادرم

او که نهال شکفتن را در خاک کالبدم آبیاری کرد

همسرم

او که نماد تمامی عشق مقدس و پاکم است

سپاسگزاری

حمد و سپاس خداوند یکتا را که از علمش مرا بهرمند ساخت تا در پس زمینه ادراکش لذت فهمیدن را احساس کنم. حال که خداوند متعال توفیق به پایان رساندن این رساله را نصیبم گردانید بر خود لازم می‌دانم از تمامی عزیزانی که مرا در این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدرانی نمایم.

از صمیم قلب و بدون اغراق از استاد فرزانه‌ام جناب آقای دکتر شکراله اصغری استاد محترم و ارجمندم که از ایشان بسیار آموختم و از راهنمایی‌های بی دریغشان که نقش به سزایی در تهیه و تدوین این پایان نامه داشت نهایت تشکر و قدردان زحماتشان هستم.

از استاد مشاورم جناب آقای فریبرز عباسی که از راهنمایی-های شایسته‌شان بهره‌ها بردم کمال تشکر و قدردانی را می-نمایم.

از دوستان عزیزم ،مونا موجرلو، مریم نخعی و سمیه سلطانی، که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه مرا یاری نمودند نهایت سپاس را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: ضیاءالدینی		**نام**: اسماء
عنوان پایان نامه: **اثرات لجن بیولوژیکی کارخانه پتروشیمی تبریز بر برخی پارامترهای انتقال املاح در یک خاک لوم آهکی**		
استاد راهنما: دکتر شکراله اصغری **استاد مشاور**: دکتر فریبرز عباسی		
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	**رشته**: علوم خاک	**دانشگاه**: محقق اردبیلی
دانشکده: کشاورزی	**تاریخ فارغ التحصیلی**: 1390/6/22	**تعداد صفحه: 81**
کلید واژه‌ها: **خاک لوم آهکی، لجن بیولوژیکی، انتقال املاح، منحنی رخنه، پارامترهای هیدرولیکی ، جریان ترجیحی**		

چکیده:

بررسی فرایند انتقال املاح از نظر کنترل آلودگی محیط زیست از طریق جلوگیری از اتلاف عناصر غذایی از مسیرهای جریان ترجیحی در خاک حائز اهمیت است. اهداف از این پژوهش، بررسی تاثیر لجن بیولوژیکی بر شکل منحنی رخنه (BTC) و پارامترهای انتقال بروماید در خاک بر مبنای مدل‌های انتقال – انتشار (CDE) و روان – ساکن (MIM) شامل ضریب انتشارپذیری (λ)، رطوبت ساکن (θ_{im})، ضریب تبادل مرتبه اول (α) و نیز هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) و وقوع جریان ترجیحی بر مبنای زمان رخنه بروماید (t_b) در جریان خروجی بوده است. بدین منظور یک خاک لوم آهکی منتخب از مزرعه تحقیقاتی بابلان دانشگاه محقق اردبیلی و یک اصلاح‌کننده آلی خاک شامل لجن بیولوژیکی حاصل از فاضلاب کارخانه پتروشیمی تبریز به مقادیر صفر، 11/11، 22/22، 33/33 و 44/44 گرم بر کیلوگرم خاک هوا خشک (به ترتیب معادل صفر، 25، 50، 75 و 100 تن در هکتار) به کار گرفته شد. مقادیر لجن بعد از هوا خشک شدن با خاک مخلوط و در لوله‌های پولیکا به ارتفاع 25 cm و قطر 15 cm پر گردید. سپس به مدت شش ماه در دمای 22 ± 4 درجه سانتی گراد و رطوبت 75 درصد ظرفیت مزرعه (FC) در داخل گلخانه نگه‌داری شد. هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) با استفاده از روش بار ثابت، زمان رخنه و منحنی‌های رخنه (BTC) بروماید در پایان ماه ششم در ستون‌های خاک اندازه‌گیری شدند. پارامترهای ضرایب انتشارپذیری (λ) در مدل‌های CDE و MIM، رطوبت ساکن (θ_{im}) و ضریب تبادل مرتبه اول (α) در مدل MIM از طریق برازش داده‌های BTC (زمان، غلظت نسبی بروماید) به مدل‌های مذکور با بکارگیری نرم افزار HYDRUS-1D مورد تخمین قرار گرفتند. آزمایش به صورت طرح بلوک های کاملاً تصادفی در پنج تیمار مقادیر مصرفی لجن و سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد کلیه مقادیر مصرفی لجن، هدایت هیدرولیکی اشباع را به طور معنی دار و به میزان 55 تا 67 درصد نسبت به شاهد کاهش و زمان رخنه بروماید را به طور معنی دار و به میزان 60/29 تا 83/19 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. برازش داده‌های منحنی رخنه (BTC) به مدل‌هایCDE و MIM دارای ضریب تبیین (R^2) تقریبا یکسان بوده و به کارگیری لجن باعث افزایش معنی دار ضریب انتشار پذیری فقط در تیمار 50 تن در هکتار و در هر دو مدل نسبت به شاهد گردید. لجن بیولوژیکی نتوانست اثر معنی دار بر پارامترهای رطوبت ساکن (θ_{im}) و ضریب تبادل مرتبه اول (α) در مدل MIM بگذارد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر لجن بیولوژیکی از طریق افزایش زمان رخنه بروماید باعث کنترل جریان ترجیحی در خاک لوم آهکی گردید.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: مقدمه و مروري بر تحقيقات گذشته

مقدمه 2

1-1- اهميت مواد آلي در خاك 6

1-2- منابع تامين كننده مواد آلي در خاك 7

1-3- اثرات مواد آلي بر خصوصيات فيزيكي خاك 9

1-3-1- هدايت هيدروليكي خاك 9

1-3-2- تخلخل و توزيع اندازه منافذ خاك 12

1-3-3- خاكدانه‌سازی 14

1-4- مدلهاي انتقال املاح در خاك 16

1-4-1- معادله جريان آب در نرم افزار HYDRUS-1D 17

1-4-2- معادلات جريان توأم آب و املاح در نرم افزار HYDRUS-1D 18

1-4-2-1- معادله انتقال- انتشار (CDE) 18

1-4-2-2- مدل روان-ساكن (MIM) 19

1-4-3- پارامترهای هيدروليكی خاك در نرم افزار HYDRUS-1D 22

1-4-4- حل معادلات حركت آب و املاح در نرم افزار HYDRUS-1D 23

1-4-5- بهينه سازي پارامترها در نرم افزار HYDRS-1D 23

1-4-6- مروري بر برخي پژوهشهاي انجام شده توسط نرم افزار HYDRUS-1D 24

1-5- منحني رخنه 25

1-6- جريان ترجيحی 26

1-6-1- انواع جريان ترجيحی 27

1-7- اثرات مواد آلی اصلاح کننده بر انتقال املاح در خاک..28
1-8- اهداف تحقیق.....34

فصل دوم: **مواد و روش ها**

2-1- نمونه برداري خاك و تعيين برخی خصوصيات فيزيكي و شيميايي آن.....36
2-2- انتخاب ماده اصلاح کننده خاک و اندازه گيري برخي خصوصيات آن.....36
2-3- انتخاب تيمارهاي آزمايش.....37
2-3-1- تهيه ستونهاي خاك.....37
2-3-2- مقدار و روش مصرف لجن بيولوژيکی.....38
2-3-3- شرايط انكوباسيون تيمارها.....39
2-4- طرح آماري آزمايش.....39
2-5- خصوصيات اندازه‌گيري شده در ستونهای خاک پس از پايان دوره انكوباسيون.....39
2-5-1- هدايت هيدروليكي اشباع خاك (K_s).....40
2-5-2- منحني‌هاي رخنه (BTC) بروماید.....40
2-5-3- برآورد پارامترهاي انتقال املاح (Br^-) در خاک.....42
2-5-3-1- نرم افزار HYDRUS-1D.....42
2-5-3-2- مدلهاي انتقال املاح.....43
2-5-3-3- شرايط اوليه و مرزي.....44
2-5-3-4- بهينه سازي معكوس.....45
2-6- تجزيه هاي آماري و رسم نمودارها.....45

فصل سوم: **نتایج و بحث**

3-1- خصوصيات خاك و لجن.....47

3-2- اثر لجن بر پارامترهای هیدرولیکی و انتقال املاح در خاک 48
3-2-1- اثر لجن بر هدایت هیدرولیکي اشباع (K_s) خاک 49
3-2-2- اثر لجن بر زمان رخنه برومايد (t_b) 51
3-2-3- اثر لجن بر شکل منحني رخنه (BTC) برومايد 53
3-2-4- اثر لجن بر پارامترهاي انتقال املاح در مدلهای CDE و MIM 57
3-2-4-1- اثر لجن بر ضريب انتشار پذيري در مدل CDE (λ_{CDE}) 66
3-2-4-2- اثر لجن بر ضريب انتشارپذيري در مدل MIM (λ_{MIM}) 69
3-2-4-3- اثر لجن بر رطوبت ساکن(θ_{im}) و ضريب تبادل مرتبه اول (α) در مدل MIM 71
3-3- نتيجه گيری 73
3-4- پيشنهادات 74
منابع مورد استفاده 76

فهرست اشکال

.....

ترک‌های خاک.....

ترهای هیدرولیکی و انتقال املاح در خاک.....

نون خاک.....

ایـد.....

بـاع خـاک (K_s).....

(t_b).....

تـکرار اول.....

تـکرار دوم.....

کرار سوم.....

های CDE و MIM بـرای تـیمـار صفـر تـن لجن در هکتـار

.....

ای CDE و MIM بـرای تـیمـار 25 تـن لجن در هکتـار

.....

های CDE و MIM بـرای تـیمـار 50 تـن لجن در

.....

های CDE و MIM بـرای تـیمـار 75 تـن لجن در

.....

ل‌های CDE و MIM بـرای تـیمـار 100 تـن لجن در

.....

مـدل CDE (λ_{CDE}) .....

مـدل MIM (λ_{MIM}).....

.....

فهرست جداول

ته در آزمایش.....
اک مورد آزمایش.....
ی مورد استفاده .....
رامترهای اندازه‌گیری شده در تحقیق.....
مده از نرم‌افزار HYDRUS-1D برای تیمار صفر تن لجن در هکتار .....
مده از نرم‌افزارHYDRUS-1D برای تیمار 25 تن لجن در .....
مده از نرم‌افزار HYDRUS-1D برای تیمار50 تن لجن در .....
مده از نرم‌افزارHYDRUS-1D برای تیمار75 تن لجن در .....
ده از نرم افزارHYDRUS-1D برای تیمار100تن لجن در .....

فصل اول:

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

مقدمه

خاک دریافت کننده نهایی بسیاری از ترکیبات زائد و ناخواسته حاصل از فعالیت‌های بشر است. عناصر سنگین و آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی، کارخانجات و دود اتومبیل ها در هوا پراکنده شده و در اثر بارندگی و یا هر عامل دیگری به سطح خاک برمی‌گردند. عناصر و مواد آلی موجود در زباله‌های شهری و فاضلاب‌های صنعتی در طول رودخانه‌ها در مزراع کشاورزی به خاک اضافه می‌گردند. بسیاری از مزراع به وسیله پسابهای صنعتی و شهری آبیاری می شوند. کودها و آفت کشها وارد خاک مزارع شده و تا مدت‌ها در خاک باقی می‌مانند. هر کدام از این مواد به محض ورود به خاک درگیر واکنش‌های مختلف شده و سرنوشت‌های متفاوتی پیدا می کنند. اما مهمترین این واکنش‌ها، جذب آلاینده‌ها روی سطوح خاک و یا انتقال آنها در طول پروفیل خاک از طریق مسیرهای جریان ترجیحی[1] (مثل نیترات) و آلوده‌سازی آب‌های زیر زمینی می‌باشد.

ورود روز افزون مواد مختلف به خاک و نیز اهمیت منطقه غیر اشباع[2]خاک به عنوان یکی از اجزای اصلی چرخه هیدرولوژی و نقش موثر آنها در اکثر فرآیندهای هیدرولوژی از قبیل نفوذ، ذخیره رطوبت، جذب آب و املاح توسط گیاهان، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و فرسایش از دیر باز سبب جلب توجه و نگرانی محققین زیادی شده است. به طوری که امروزه مباحث جذب و انتقال املاح در خاک اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. بعضی از مواد در خاک تحت فرآیندهای شیمیایی یا بیولوژیکی تجزیه می‌شوند و بعضی در خاک تولید شده یا از شکلی به شکل دیگر در می‌آیند و برخی نیز به صورت محلول در خاک وجود دارند و می‌توانند همراه محلول خاک انتقال یابند (نادیو و همکاران،1997). در شکل 1- 1 سرنوشت آلاینده‌های مختلف در خاک نشان داده شده است.

1- Preferential flow
2 -Vadose zone

شکل 1-1- سرنوشت آلاینده‌های مختلف در خاک (نادیو و همکاران، 1997)

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران اغلب دارای کمتر از یک درصد ماده آلی می‌باشند؛ این مسأله به علت تشکیل خاکدانه‌های ضعیف باعث ناپایداری ساختمان خاک در این مناطق گردیده است (شیرانی و همکاران، 2002). ساختمان ضعیف خاک باعث کاهش رشد گیاه می‌شود زیرا در حالت مرطوب با کاهش تهویه و در حالت خشک با افزایش مقاومت در برابر نفوذ، رشد ریشه را محدود می‌نماید (کمپل، 1988). افزودن مواد آلی با منشأ مختلف به خاکهای با کلاس بافتی متفاوت اثر مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد؛ این موضوع مخصوصاً از نظر افزایش نفوذپذیری خاک در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت بسزایی دارد. از دیگر مشکلات خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک ایران بالا بودن pH و آهک خاک است (ملکوتی و همایی،1373). بنابراین با توجه به محدود بودن منابع کودهای دامی، استفاده از منابع کودهای آلی دیگر نظیر لجن فاضلاب برای اصلاح این خاکها امری ضروری به نظر می‌رسد (افیونی و

همکاران 1377؛ سالاردینی، 1374؛ بنانگو و همکاران، 1988). اخیراً در ایران پژوهش‌هایی در مورد جنبه‌های شیمیایی و آلودگی استفاده از لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی صورت گرفته، ولی توجه کمتری به اثر لجن فاضلاب بر ویژگیهای فیزیکی خاک به ویژه از نظر اثر بر انتقال املاح (مثل عناصر غذایی، آلاینده‌ها و آفت‌کش‌ها) در خاک شده است.

اثر مواد آلی بر ویژگیهای فیزیکی خاک بستگی زیادی به سرعت تجزیه آنها دارد. عوامل مؤثر در سرعت تجزیه مواد آلی شامل ترکیب شیمیایی این مواد (مقدار کربن، نسبت $\frac{C}{N}$)، درجه حرارت خاک، رطوبت خاک، طرز اضافه کردن (سطحی یا مخلوط کردن با خاک) و مقدار آن در خاک است (لوگان و بیلیت، 1996). همچنین مقدار مواد آلی خاک به دلیل اینکه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و فرآیندهای خاک را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد، یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک[1] محسوب می‌شوند (اسپاسینی و همکاران، 2004). از جمله می‌توان به بهبود و تقویت ساختمان خاک در اثر افزودن مواد آلی مختلف اشاره کرد (پاگلیای و همکاران، 1981؛ بریان، 1992؛ صفادوست و همکاران، 1386؛ نیامانگارا و همکاران، 2001). مواد آلی باعث ایجاد خاکدانه‌های پایدار در آب (فورر و استافر، 1983)، افزایش قدرت نگهداری رطوبت خاک، کاهش مقدار فرسایش (بهره‌مند و همکاران، 1381) افزایش نفوذپذیری خاک (کلاپ و همکاران، 1986)، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل خاک می گردند (لوگان و بیلیت، 1998).

پژوهش‌های انتقال املاح در بسیاری از فرآیندهای مهم خاکشناسی مانند آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی، آبشویی و حرکت عناصر غذایی در خاک مهم می‌باشد؛ توصیف این فرآیندها و هر گونه بحث کمی درباره آنها مستلزم مدل‌سازی انتقال املاح در خاک است؛ مدل‌سازی انتقال املاح در یک سیستم پیچیده مانند خاک نیازمند دانستن جزئیات تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات انتقال املاح است؛ مهم‌ترین عواملی که بر حرکت املاح در خاک تأثیر می‌گذارد عبارتند از بافت، ساختمان، هدایت هیدرولیکی و توزیع اندازه منافذ خاک، که تحت تأثیر مدیریت و عملیات خاک‌ورزی مانند اضافه کردن اصلاح‌کننده‌های مختلف می‌توانند قرار بگیرند (آگوس و همکاران، 1992). از آنجا که ماده آلی بر ویژگی‌های هیدرولیکی و میزان

1 -Soil quality

انتقال مواد شیمیایی در خاک اثر می‌گذارد (نقوی و همکاران، 1384) و نیز با توجه به راندمان پایین آبیاری و کوددهی در ایران، مطالعه اثر مواد آلی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و انتقال املاح در آن از لحاظ منابع آبی و نهاده‌های کودی و همچنین کنترل آلودگی محیط زیست حائز اهمیت است.

در دهه‌های اخیر، یافتن راههای قابل قبول از نظر زیست محیطی و اقتصادی برای استفاده از لجن‌های فاضلاب به عنوان یک ماده آلی زائد و سهل‌الوصول توجه زیادی را از طرف محققان مؤسسات اجرایی و عامه مردم به خود جلب کرده است؛ یک روش معمول، استفاده از لجن‌های فاضلاب در زمین های کشاورزی است؛ این روش علاوه بر تأمین برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان مثل ازت و فسفر، منجر به بهبود شرایط فیزیکی خاک از طریق اثر بر توزیع اندازه منافذ خاک (اصغری و همکاران، 2009؛ صفادوست و همکاران، 1386) در نتیجه اثر بر انتقال املاح (اصغری و همکاران، 2011؛ شیرانی، 1382) در خاک می‌گردد؛ اگرچه که استفاده از لجن به ویژه در مقادیر زیاد ممکن است باعث نگرانی‌هایی درباره برخی آلاینده‌های احتمالی خاکها در مناطق مورد استفاده گردد؛ در واقع برخی آلاینده‌های موجود در لجن مثل کادمیوم، نیکل، سرب، و غیره ممکن است باعث آلودگی خاکها بشوند (ایریس و ویگرد، 2004). البته با توجه به pH قلیایی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک این احتمال ضعیف است. بخاطر اینکه آلاینده‌های مذکور در pHهای بالا رسوب می‌کنند (افیونی و همکاران، 1377).

اصلاح‌کننده‌های طبیعی مثل کودهای دامی، کاه و کلش، ورمی کمپوست، لجن فاضلاب در خاکهای با کلاس بافت متفاوت باعث افزایش فعالیت بیولوژیکی گردیده و نهایتاً از طریق خاکدانه‌سازی باعث تغییر در توزیع اندازه منافذ خاک و در نتیجه انتقال املاح می‌گردند. مکانیسم تاثیر اصلاح‌کننده‌های مصنوعی از طریق خاصیت اتصال‌دهندگی می‌باشد مثلاً یک نوع پلیمر با نام تجاری LIMA از طریق سیمانی کردن ذرات خاک باعث تسریع در فرآیند خاکدانه‌سازی می‌گردد (شاویو و سینایی، 2004).

در تحقیق حاضر یک خاک لوم آهکی (عمق 20-0 سانتی متر) از ایستگاه تحقیقاتی بابلان دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با آب قابل استفاده 11/8 و چهار مقدار مصرفی لجن بیولوژیکی (25 تا 100 تن در هکتار) به عنوان مواد آزمایش به کار گرفته شد. ملاک‌های عمده در انتخاب لجن به عنوان یک اصلاح کننده خاک، سهولت دسترسی و اثر بر افزایش فعالیت میکروبی خاک بود. این تحقیق بر فرضیه‌های

زیر بنا نهاده شده بود که بعد از مخلوط شدن خاک قلیایی و آهکی مزرعه بابلان با اصلاح‌کننده آلی لجن بیولوژیکی و انکوباسیون به مدت شش ماه در دمای $22 \pm 4\ C^{\circ}$ و در رطوبت 75 درصد ظرفیت مزرعه (FC) از طریق افزایش ماده آلی و در نتیجه خاکدانه‌سازی باعث تغییر در توزیع اندازه منافذ خاک لوم مزرعه بابلان گردیده و نهایتاً از طریق اثر بر پارامترهای انتقال املاح شامل هدایت هیدرولیکی اشباع، زمان رخنه نمک (بروماید)، پارامترهای انتشارپذیری و تبادل نمک بین نواحی ساکن و روان، مانع وقوع جریان ترجیحی احتمالی نمک از منافذ و درز و ترک‌های درشت خاک خواهد گردید. جزئیات مقدار و روش مصرف اصلاح کننده در بخش مواد و روش ها آمده است.

لجن بیولوژیکی حاصل از فاضلاب پتروشیمی تبریز در حال حاضر پس از انجام عملیات آبگیری در تأسیسات تصفیه فاضلاب در کوره‌های ویژه ای سوزانده می‌شود. به کارگیری این روش نه تنها مستلزم صرف هزینه‌های زیادی برای از بین بردن لجن است بلکه باعث آلودگی زیست محیطی از طریق آلاینده‌های سمی وارده شده به هوا و نیز فرونشت فلزات سنگین از هوا به خاک می‌گردد. با توجه به اینکه اثر لجن بیولوژیکی کارخانه پتروشیمی تبریز، به عنوان یک ماده آلی زائد سهل‌الوصول بر خصوصیات خاک قلیایی و آهکی بابلان از نظر اثر بر پارامترهای انتقال املاح بررسی نگردیده و مطالعه در زمینه اثر لجن مذکور بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی سایر خاک‌ها نیز بسیار اندک می‌باشد لذا بررسی این موضوع هم از جنبه کنترل آلودگی هوا و هم از لحاظ رفع و یا کاهش محدودیت‌های خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مثل خاک مزرعه بابلان به ویژه از نظر کنترل جریان ترجیحی عناصر غذایی بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

1-1- اهمیت مواد آلی در خاک

مواد آلی جزء تکمیل کننده خاک به شمار می رود و تاثیری که روی شرایط فیزیکی خاک دارد، حتی در مقادیر کم بسیار زیاد است. ماده آلی بخشی از خاک است که توسط موجودات زنده تولید شده و در برگیرنده بقایایی گیاهی و جانوری در مراحل مختلف تجزیه و همچنین سلولهای میکروبی و موادی است که توسط جانداران در خاک به وجود می آید (رفیع، 1370). مواد آلی در خاک باید به هر نحوی افزایش یابد زیرا کاهش مواد آلی در خاک های زراعی با کشاورزی منافات داشته و تولیدات کشاورزی را برای نسل

آینده به مخاطره می‌اندازد. بدیهی است افزایش مواد آلی در خاک های زراعی علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، حلالیت فسفر و عناصر کم مصرف را نیز افزایش می‌دهد (ملکوتی، 1375). پتانسیل اصلاح یا بهبود خاک توسط مواد آلی به طبیعت خاک و خصوصیت مواد آلی بستگی دارد، مدت زمان و تناوب در استفاده از مواد آلی نیز حائز اهمیت است (اسچلنتاگر و دولیتل، 1991).

1-2- منابع تامین کننده مواد آلی در خاک

منابع تامین کننده مواد آلی در خاک، کودهای آلی هستند که می توان آنها را به شرح زیر نام برد:

-کودهای حیوانی

-کمپوست حاصل از زباله‌های شهری

-کمپوست حاصل از تخمیر فاضلاب‌های شهری

-کمپوست حاصل از ضایعات کشاورزی

-کود سبز (ملکوتی، 1375)

- کودهای حیوانی

کودهای حیوانی دو دسته مهم را تشکیل می‌دهند: دسته اول کودهای که از فضولات حیوانی بدست می-آید مانند کودهای اصطبلی که درصد زیادی از کودهای آلی مصرفی دنیا را تشکیل می‌دهد و اهمیت آن نسبت به سایر کودهای حیوانی آنقدر زیاد است که تقریبا زارعین منظورشان از کودهای حیوانی، کودهای اصطبلی می‌باشد. عوامل مختلف در ترکیب کود دامی موثر است که مهمترین آنها عبارتند از (1) نوع دام (2) سن و شرایط رشد حیوان (3) نوع علوفه مصرفی دام (4) روش نگه داری و پوساندن و مصرف کود. دسته دوم کودهایی که از مرده تمام یا قسمتی از بدن حیوانات مانند خون، شاخ، مو واستخوان بدست می-آیند که از بین آنها دو کود آخر در ایران مصرف زیاد دارند (ملکوتی، 1375)

- کمپوست

کمپوست عبارت از بقایای گیاهی و حیوانی، زباله های شهری و لجن فاضلاب است که تحت شرایط پوسیدگی قرار گرفته باشند، بطوری که مواد سمی آنها از بین رفته، مواد پودر شده و شکل اولیه خود را از

دست داده باشند. برای تهیه کمپوست می‌توان از بقایای چوب بریها، زباله شهری، بقایای کشتارگاهها و کارخانه‌های کنسرو ماهی، لجن فاضلاب و اجساد گیاهان پست غیرآوندی استفاده نمود. بطورکلی، کمپوست ها از نظر مواد غذائی ضعیف هستند (به استثناء بقایای کشتارگاهها و کارخانه‌های کنسرو ماهی که از نظر ازت غنی می باشند) و معمولاً برای بهبود ساختمان خاک مورد استفاده قرار می گیرند. اثر فیزیکی کمپوست به مقدار ماده آلی آن و اثر شیمیائی کمپوست به ترکیب شیمیائی آن بستگی دارد. تهیه کمپوست از زباله‌های شهری و لجن فاضلاب راه مفیدی برای مصرف مجدد و دفع بهداشتی این مواد است. مواد اخیر از این نظر که دارای املاح کم، فاقد مولدین امراض و آفات گیاهی، بذر علفهای هرز و خاک می‌باشند مناسب بوده و به سرعت در خاک می پوسند. لجن فاضلاب را پس از تخمیر غیر هوازی و حرارت دادن (برای کشتن عوامل بیماریزای آن) مورد استفاده قرار می دهند. ترکیبات کمپوست به عواملی از قبیل نوع زباله، مکان تهیه کمپوست ،مدت زمان تخمیر و عوامل دیگر بستگی دارد. کمپوست دارای عناصر پر مصرف و کم مصرف زیادی است که آنها را تدریجاً در اختیار گیاه قرار می‌دهد (ملکوتی، 1375).

- کود سبز

کود سبز شامل گیاهی است که آن را قبل از کاشت محصول اصلی کشت کرده و بعد از مقداری رشد سبزینه‌ای آن را به زمین بر می‌گردانند بدون اینکه از این گیاه محصولی برداشت کنند این گیاه می تواند شامل هر گیاهی باشد غیر از آنهایی که بخشهای خشوی دارند یا اثر آللوپاتی بر روی گیاه محصول دار بعدی می‌گذارند. در اصل کود سبز یک تناوب است که محصول ندارد و برای بهبود باروری و حاصلخیزی خاک و در صورت لگوم بودن تامین کل یا بخشی از ازت مورد استفاده محصول بعدی استفاده می‌شود. کود سبز یک روش دیرینه کشاورزی است که استفاده از آن فواید زیادی را به همراه دارد. یک هکتار کود سبز معمولا بین 25 تا 50 تن شاخه، برگ و انساج گیاهی تازه تولید می کند و این بقایا را وارد خاک می‌کند که خود حدوداً برابر با 10 تا 20 تن کود حیوانی بوده که این مقادیر حدود 1 تا 2 تن هوموس را به خاک می-افزاید. یکی از مهمترین فواید کود سبز بهبود خواص فیزیکی خاک می‌باشد. بالا رفتن هوموس باعث تشکیل خاکدانه‌ها می‌شود و لوله‌های مویین خاک بیشتر شده و تهویه و نفوذ پذیری خاک را افزایش می دهند. کود سبز از دو طریق بر میزان تلفات ناشی از آبشویی تاثیر می‌گذارد یکی از طریق انتقال آب از خاک

به اتمسفر بر اثر تعرق، و دیگری از طریق جذب عناصر غذایی از محلول خاک و جلوگیری از انتقال آن به زه آبها، در صورتی که محصول دارای سایه انداز گسترده باشد و سطح خاک را به طور کامل بپوشاند، تعرق مکانیزم اصلی اتلاف رطوبت خاک خواهد بود. اتلاف رطوبت خاک از راه تعرق موجب کاهش نفوذ آب به پایینتر از محدوده ریشه شده و در نتیجه میزان تلفات ناشی از آبشویی را کاهش می‌دهد. از برخورد مستقیم قطرات باران با خاک جلوگیری کرده و مانع از پراکنده شدن ذرات خاک توسط قطرات باران می گردد. همچنین از طریق تقویت خاکدانه‌ها باعث جلوگیری و مقاومت خاک در برابر پراکنده شدن می‌شود. این گیاهان از فرسایش بادی نیز به وسیله پوششی که در روی خاک دارند جلوگیری کرده و همچنین به وسیله این پوشش مانع رواناب شده و آب جذب شده توسط خاک را افزایش می‌دهند. بقولات به خاطر رشد ریشه‌ای زیادی که دارند می‌توانند مواد غذایی شسته شده که عمدتاً کلسیم و ازت است را که در لایه‌های پایین تر خاک هستند جذب کرده در خود نگهداری کنند و بعد از برگرداندن آنها به خاک آنها را در لایه های سطحی رها سازند و آنها را مجدداً به جریان می‌اندازند و در نتیجه بر قابلیت دسترسی و استفاده از این عناصر توسط محصولات بعدی تاثیر می‌گذارند (شریفی پور، 1388).

1-3- اثرات مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک

1-3-1- هدایت هیدرولیکی خاک

هدایت هیدرولیکی قابلیت مسیر خاک را در انتقال آب و املاح از خود نشان می‌دهد. هدایت هیدرولیکی علاوه بر خصوصیات خاک (توزیع اندازه منافذ، پیوستگی منافذ و کج و موجی آنها) به خصوصیات سیال یا مایعی که در خاک جابجا می‌شود مثل دما، گرانروی و چگالی نیز بستگی دارد (هیلل، 1998). به علاوه به علت اینکه هدایت هیدرولیکی (K_s یا $K_{(\theta)}$) یکی از اجزای مهم و کلیدی معادلات جریان آب در خاک (مثل معادله دارسی[1] و معادله ریچاردز[2]) می‌باشد لذا هر عاملی مثل اضافه کردن مواد آلی که بر این پارامتر اثر بگذارد باعث تغییر در خصوصیات هیدرولیکی و انتقال املاح در خاک نیز خواهد گردید. گزارشاتی وجود دارد که هدایت هیدرولیکی خاک به طور معنی داری با اضافه کردن لجن فاضلاب افزایش یافت و

1 -Darcyian equation
2 -Richards equation

این افزایش در خاک‌های رسی بیشتر بود(چن و آونیمپلچ، 1986) هنگامی که لجن فاضلاب به مقدار 25 تن در هکتار به خاک‌های با کلاس بافتی مختلف اضافه گردید، 20روز پس از اضافه کردن لجن، هدایت هیدرولیکی اشباع 8 برابر افزایش یافت (وانگ، 1979).

صادقیان و همکاران (1385) گزارش کردند که اضافه کردن پومیس به مقدار 3 درصد وزنی بر ستون-های خاک لوم شنی به ترتیب باعث کاهش معنی دار مقاومت فروروی سله سطحی پس از 6 روز آبیاری از 4/5 به 3/25 کیلوپاسکال و در نتیجه افزایش معنی دار هدایت هیدرولیکی سله (K_C) از 44/23 به 72/32 میلی متر بر ساعت شد.

آلیسون (1947) در مطالعات خود دریافت که هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌های تیمار شده با مواد آلی شامل کمپوست و پسابهای حاوی مواد آلی، کاهش یافت. این محقق گزارش کرد که این کاهش به علت مسدود شدن خلل وفرج به وسیله مواد آلی حاصل از تجزیه میکروبی رخ داد. همچنین تجزیه مداوم مواد آلی باعث پر شدن خلل و فرج می‌شود، زیرا گازها و مواد جامدی که در طی تجزیه به مواد آلی تولید می-شوند قابلیت حرکت دارند.

بهره‌مند و همکاران (1381) اثر لجن فاضلاب را در چهار سطح مصرفی صفر، 25، 50 و 100، تن در هکتار بر ویژگی‌های فیزیکی یک خاک لوم رسی سیلتی بررسی و گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک ریز بافت به طور معنی دار هدایت هیدرولیکی اشباع را افزایش داد ولی گذشت زمان باعث کاهش این پارامتر شد و حتی افزایش پایداری خاکدانه‌ها هم این روند کاهشی را جبران نکرد.

اپستن (1975) گزارش کرد که با افزودن پنج درصد وزنی لجن فاضلاب به خاکی با بافت لوم‌سیلتی هدایت هیدرولیکی اشباع پس از 27 روز انکوباسیون افزایش یافت ولی پس از 79 روز افت کرده و به مقدار شاهد رسید.

گوپتا و همکاران (1977) مشاهده کردند که هدایت هیدرولیکی اشباع خاکی که لجن فاضلاب هضم شده با pH کم دریافت کرده بود تقریبا 56 درصد بیشتر از خاکی بود که لجن با pH بالا دریافت کرده بود. همچنین پس از 79 روز انکوباسیون، هر دو تیمار تفاوت معنی دار با شاهد نشان ندادند. در این مطالعه تیمار لجن هضم شده هدایت هیدرولیکی اشباع بیشتری نسبت به تیمار لجن هضم نشده داشت. توانایی کم