Æ ł gpŤř ÆŽQŰ å ĠęĸQdža Ůnjǿ Ţę p Oęę Ês ĠQ l ę
ŽłĘǽł njǿ Ţę O ‖ łyĸ ÆŽQŰ ǰ Ž l ‖
ħĤǵ ĸσ ĦĬĬ̃ ΘĸŢÅDž ,ĤĦĬĤ ŽĸQ ł s ǫę ,oŽĸĦš ǽŽĸŽ ‖ ,Q l ‖ř ǽŽpY

ĘǽKÄǽĘQǾ‖Y ŭĸǵQ s Ǿ‖KūŽł ęł ǽYKÄQ ɜł ĸλ Ů‖yǾęĸ ‖ a k a ęł ΘłĘQǾ‖ Ùz f ŽpKΩ ‖ ĘQ s λ ĸλ ŽÑQ t łŽ ŽY ÙpĘσÑσł

ᴴ ǰ Ǿħa Ŧ Ǿ‖ ĘKΩĦǫę ¡ʰŽĸǩăŰ ŽĸǽyŧÑę ǰ Ǿ s f Ûᴴ ŭyŽŢęyǾDž ł ǫăŽǩłyŒŰ
nikaeen@hlth.mui.ac.ir njǿ Ţę O ‖ łyĸ ǽpĘū ÛO ‖ łyĸ ǽyĞ ł ‖Y ÛŽKĦÅDžł ÆĞ ‖ ęř ǫÑQŰ ǽĸŬ ł ‖Y ÛŽKĦÅDžł :ğÑl s ǫ ǽyQ s ǽÑ‖

Ǐġ/ġǏ/ġĤ : p Ęǽzř Ǐġ/ġĥ/ġĦ : Oaĸǽ ŽY

ǽyǾĞš

*ǽYKÄQ ɜł ŽY YÑΣÑę ΘÊŬ ł ę .y‖ĸλ ĠQ ‖ H Y Žλĸsλ‖ OęÊs ĘI ŮΠÑQăęĸΠ ΘłĘł yĦÑσŮę ΘłĘQǾ‖ Ġλ ŮQyǾęĸ ‖ a k a ù QQUę ŭĸΩę ŽyY‖ ǽYÑǽa :Ùyğ p Ġ‖Ωę ę y‖ ‖ ĸλ Ů‖‖ĸΣ ΘłĘł ǰ ǽĘQŽŧ ŭłŽH Ġŧ łŽ k a ęł ŮŬǽţÑΠÑΩ ŽÑσsĸŬǾÅǽĘQǾY ŭĸǵyǽǽĘə ęł ǽYKÄQ ɜł ǫpǽ ¡ΘłĘQǾ‖ Ùz f ÆǽĸǾŽǾ ‖ ÑŬǽzΩə ŭĸǵ ŭŽpKΩə ęł ǰ ł Ęŧ Ę‖ s λ ŭpŽ Ęλ Ġ‖əĸǽ y‖Ž ŽpĘřYÑσ ŭĸǵŭĘ‖ŧĸλ ęł ǽYKÄQ ɜł ĸλ Ů‖yǾęĸ ‖ a k a ęł ΘłĘQǾ‖ Ùz f / ǵpŤř ǰ ǽł ǫĸ ł ‖H ęł Ùyğ .Oƨł ǽYÑŽ‖ ţ Ęăę .Oƨł ŽpKΩ ‖ Ę‖ s λ ĸλ ŽÑQ t łŽ ŽY ŭĘdžΩŮ YĘūÑΩ ĸλ ǽy‖ ţ ÊDžł ğĸΩə ĘǽKÄǽĘQǾY ŭĸǵQ s Ǿ‖KūŽł ŭĘĸƨDŽΩĸσ p Ů‖pĘŮǾę y‖Ž Ę‖ s λ ŽłÑΩŮ Ġλ ŭĘdžΩŮ YĘūÑΩ ĸλ ğĸΩə ǰ ł Ęŧ ţ ÊDžł ęł 5 ř ĠΩĸăę ǰ ǽł ŽY :Ůƨ ŽĘλ p pŽ ÆǽĸǾŽǾ ‖ ŭĸǵĘQǫłŽĸř ĘǽKƨ p ΘłĘQǾ‖ Ùz f ŽY ŽΩ ŮǽłŽĸŧ p ĠλəĘΩ ŽłĘΩ ǽYKÄQ ɜł YŽÑę ŮǵĸŬ ł ǽKǫĘΩ 2 ĸǾĘę ŽY ŽpKΩ ‖ Ę‖ s λ ĸλ ŽÑ‖ŧłŽ Ŧǽ ¡ Ŧ əpĘσÑσł ŮŬǾÅpŽyǾǵ ù QQUę ŭĸǵŽĸǫę ŽY p ΘęŧŁ s f ęλ Ǐġ mg/L ŭYpŽp ΘłĘQǾ‖ Oǒǫǔ ŽY Ůǽ ǰ łĘŧ Ǩŧ p ΘŽpyŧ ¡Ů‖Uƨ ¡Oǽ Ę QǾ‖ ¡pH ĘǾǒ‖ k a .Oƨ Ę ŽΩ ŽłĘΩ Ůƨ ŽĘ λ YŽÑę Ĥ/Ĩ p ĥ/ħ ¡ĥ/Ĭħ ¡Ĩ/ĬĦh ŮŬǾÅpŽyǾǵ yǾĸę ŽĸǫĘ p ǽYÑ‖ ŽłzūĘǾĸσ ΘłĘQǾ‖ Ùz f ŽłŽǾę Ęλ ŽpKΩ ‖ Ę‖ s λ ĸλ ŽÑ‖ŧłŽ ŽY ŮŬǾÅpŽyǾǵ yǾĸę ŽĸǫĘ Ġŧ YŦY ŽĸŧĬ ĠΩĸăę ǰ ǽł ŽY :ĸǵĠ‖əĸǽ .Oƨł Ĥ mg/L ęł ĘŽŧ ǽy‖ ĠǾÅdžσ k a ŽY Oǽ Ę QǾ‖ OǒǫŮ p ěĬī ęł / ǾĦ ΘłĘQǾ‖ Ùz f ŽłŽǾę ǰ ǽΩèĸ njǽĘ ‖ ǰ ǽł ŽY .Oƨł ǽYÑ‖ OŮŨĸƨ ĥ/ħ h ĠǽĦ‖ ŽY ĘǽKÄǽĘQǾY ŭĸǵŭĘ‖ŧĸλ y‖Ž OĦΣ ǰ łĘŧ ŭ‖ę ŽtÑΩŮ Ġλ Ǫǽyƨ ΘĸΩĘŧǼλ ęł ǽYKÄQ ɜł OęŮ Ġλ ŽÑ‖ŧłŽ ęł ŮΣpĘŐ k a ŽY Ů‖Uƨ ŽłŽǾę ǰ ǾλsĸĘǫ ŮÄǾŧ ŭĸǵYŽłyǾĸQ ɜł ĸλ Ā‖ăę ŽÑ‖ŧłŽ ęł ŮΣpĘŐ k a ŽY pH p Ůǽ ǰ łĘŧ Ǩŧ ¡ΘŽpyŧ ŽłyǼǫ .Oƨł Ġ‖ł yΩ ŭĘǾǾŭσ ŭYpŽp k a Ů‖Uƨ ĸλ Ġƨs ĸĘǫ .Oƨł Ůǰ yǪĸ ‖ a k a ŭ‖ę p Ů‖pĘŮǾę y‖Ž Ę‖ s λ ŽłÑΩŮ Ġλ ŭĘdžΩŮ YĘūÑΩ ĸλ ǽy‖ ţ ÊDžł ğĸΩə ǰ łĘŧęł ǽYKÄQ ɜł ŽĸŮǾł Ġŧ YŦY ŽĸŧĬ ĠΩĸăę ǰ ǽł ęł ĞĸÊDžĸƒ ƨǽĸǪ‖ :ŭĘǾǾŭĠ ł ǾǪ‖ .ŽŽY YÑΣp Ůǰ yǪĸ ‖ a k a ęł ΘłĘQǾ‖ Ùz f OĦΣ ŽpKΩ ‖ Ę‖ s λ ĸλ ŽÑ‖ŧłŽ Ŧǽ ŽY ŽpĘřYÑσ ŭĸǵŭĘ‖ŧĸλ y‖Ž ŽÑõǫę Ġλ ŭţĘ‖ ǰ ǾǪĸσ

ŽpKΩ ‖ Ę‖ s λ ĸλ ŽÑ‖ŧłŽ ¡ÙpĘσÑσł ŭĸǵŭĘ‖ŧĸλ ¡ǽy‖ ţ ÊDžł ğĸΩə ǰ łĘŧ ¡Ůƨł YĘ ΘłĘQǾ‖ :ŭyǾǫŧ ŽĸΩţłp

---

ŽłyŽǵ ÆĞ ‖ ęř ǫÑQŰ ǽĸŬ ł ‖Y ¡O ‖ łyĸ ǽyŬ ł ‖Y ŽĸǽYĸQ s ł ¡njǿ Ţę O ‖ łyĸ ŭłĘ‖ŧY -Ĥ
ŽĸĦÅDžł ¡ŽĸĦÅDžł ŮŬ ‖ ęř ǫÑQŰ ǽĸŬ ł ‖Y ¡Oƨǽę njǿ Ţę ΘĸÆǾÊŢσ ęŧĘę YĸQ s ł ¡njǿ Ţę O ‖ łyĸ ŭłĘ‖ŧY -ĥ
ŽĸĦÅDžł ¡ŽĸĦÅDžł ŮŬ ‖ ęř ǫÑQŰ ǽĸŬ ł ‖Y ¡Oƨǽę njǿ Ţę ΘĸÆǾÊŢσ ŽŧĘę ŽĸǾ ł ‖Y ¡njǿ Ţę O ‖ łyĸ ŭłĘ‖ŧY -Ħ

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات یکی از مشکلات عمده در بسیاری از نقاط دنیا می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی حذف نیترات از آب آشامیدنی با استفاده از باکتری‌های دنیتریفایر انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی، باکتری‌های دنیتریفایر از لجن فعال تصفیه‌خانه فاضلاب شهری جدا شدند. سپس راکتور بیولوژیکی بستر ثابت با حجم مفید ۲ لیتر ساخته شد و با محیط کشت حاوی نیترات تغذیه گردید. غلظت نیترات ورودی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیتراتی و زمان ماند هیدرولیکی ۲۴ ساعت بود. نمونه‌برداری در فواصل زمانی مشخص انجام شد و غلظت نیترات، نیتریت و pH اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که راکتور بیولوژیکی بستر ثابت توانایی حذف نیترات از آب آشامیدنی را دارد. بیشترین راندمان حذف نیترات ۹۸ درصد بود. غلظت نیتریت در خروجی راکتور کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیتریتی بود. pH خروجی راکتور در محدوده ۷/۵ تا ۸/۵ قرار داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، راکتور بیولوژیکی بستر ثابت با باکتری‌های دنیتریفایر می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر و اقتصادی برای حذف نیترات از آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: نیترات، دنیتریفیکاسیون، راکتور بستر ثابت، آب آشامیدنی

مقدمه

آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات یکی از مشکلات عمده در بسیاری از نقاط دنیا می‌باشد. نیترات از طریق فعالیت‌های کشاورزی، دفع فاضلاب و نشت از سیستم‌های بهداشتی وارد آب می‌شود. مصرف آب آلوده به نیترات می‌تواند باعث بروز مشکلات جدی سلامتی از جمله متهموگلوبینمی در نوزادان و احتمال ایجاد سرطان شود. به همین دلیل سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات یا ۱۱/۳ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیتراتی تعیین کرده است.

روش‌های مختلفی برای حذف نیترات از آب وجود دارد که شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشند. روش‌های فیزیکی و شیمیایی معمولاً هزینه‌بر هستند و ممکن است مشکلات ثانویه ایجاد کنند. در مقابل، روش‌های بیولوژیکی به دلیل هزینه کم و کارایی بالا مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این روش‌ها از باکتری‌های دنیتریفایر استفاده می‌شود که نیترات را تحت شرایط بی‌هوازی به گاز نیتروژن تبدیل می‌کنند.

روش بررسی

این مطالعه از نوع تجربی بود. باکتری‌های دنیتریفایر از لجن فعال تصفیه‌خانه فاضلاب شهری جدا شدند. سپس راکتور بیولوژیکی بستر ثابت با حجم مفید ۲ لیتر ساخته شد و با محیط کشت حاوی نیترات تغذیه گردید. غلظت نیترات ورودی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیتراتی و زمان ماند هیدرولیکی ۲۴ ساعت بود. نمونه‌برداری در فواصل زمانی مشخص انجام شد و غلظت نیترات، نیتریت و pH اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد که راکتور بیولوژیکی بستر ثابت توانایی حذف نیترات از آب آشامیدنی را دارد. بیشترین راندمان حذف نیترات ۹۸ درصد بود. غلظت نیتریت در خروجی راکتور کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیتریتی بود. pH خروجی راکتور در محدوده ۷/۵ تا ۸/۵ قرار داشت.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، راکتور بیولوژیکی بستر ثابت با باکتری‌های دنیتریفایر می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر و اقتصادی برای حذف نیترات از آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گیرد.

ΥΣūÑū ε‡ Θ‡Σ¶Ø Ùzf ŦóþΣσÑσ# ĵó‡ó‰ ŭĸģQ¶s ƵΥ ƷĿÑŭĎ Ǵ‰ Q s ØØĸūƵ‡ yΥ¶Ζ ΣĸØØ ΥΖÑǫ ŭţΣ¶ĿĿ ĵǫǫĸσΣλ#pÊŭ ŭΣdžÑŭ Ǵ‡ÆĿĸfƵΥ .(ĤĥÔ)Ơs‡ #yΥ¶ #ΥĸĂĎ¶s‡ QǫǫəÑØλ yΥ¶Ζ ΟΥΣ ŭΣ¶sλ ŮǫŕΣØŏ¶ ł sĸŭǫ ŭĸģΣ¶sλ ΣŬ#Υ ε‡ #ΥĸĂĎ¶s‡ ΘĸŭĿĸăā ΣŬ#Υ ƵΥ ΥĸǪ#‡ ĸØĸΥ Ǵλ ....p ğĸūə ĵλΣt ¡ĵ ‖ ¡ŦÓǫ‡Σs ¡ĸŬŭ‡ ĸØǫ#p ¡Ĩ)Ơs‡ ǴǪəΣū ƷĿΣā ǴΣÑσ ΥƵÑǫ ŭƵΥΣ#ΖΗλ ł sĸŭǫ nj#Σ‖ ƷΥÑλ è€λ ĸØĸΥ Ǵλ ǴĿÑΥΣū ğĸūə ĵλΣt ƷĸØǫ ĵ#‡ ƵΥ .(ĤĪp ÎĦ ŮĸĸΣ¶t€λ ƙzΣ Ơ‰ΣÓ ƷΥÑλ è€λ p ƷΥÑλ ƷĿΣƵ‡ Ûŭŕ#p Tăs Ĩ) Ơs‡ ǴǪəΣū ƷĿΣā #ΥĸĂĎ¶s‡ ΥƵÑǫ ΣŬ‡Υ ΥĿÑǫ Σ‡Ks ε‡ ĺØλ ŭŰŭǫ ƷĿÑŭĎ Ǵλ ŭΣdžÑŭ ΥΣūÑū ε‡ ǫĿÑơ #ΥĸĂĎ¶s‡ ƵÑŏǫǫ Ǵλ .(ĤĪp ŭΣ¶sλ ƷĿÑŭĎ Ǵλ ğĸūə ĵλΣt p Ůĸĸ‡Σ¶t€λ y¶Ζ ΟΤΣ ŭţΣ¶ ƙd ŮŬŭ‡ţÑĿÑØλ Ůĸ#Υε ΘĿΣ¶ØØ ƵΥ ǪǫØəÑØλ ĸØŭŬ‡ơ ΟΤΣ ł sĸŭǫ ĵĸ‡ƷŬĸĸΣ ƷĿÑŭĎ Ǵλ yΤĿÑơŮǫ ΥΣūÑū ĸλ #yΥ¶ ţÊDžł ğĸūə ĵλΣt Σljĸƒğĸƒ ƵΥ ǴŢŰĸŭš .ΥΣŏū ƷĿΣā ǴΣÑσ ΥƵÑǫ ĵó‡ó‰ ŭĸģp pƵ ŭĸģγƒ#p ε‡ #ÑØΣ Ùzf ΟΤΣ y‡yΣ #Υĸǫĵĸĸĸ ε‡ #ΥĸĂĎ¶s‡ ƷĸŬǫł ¡ ģPĬř ĵ#‡ ƵΥ .(ĤĬ pĤī)ΥÑ‖Ůǫ #ΥĸĂĎ¶s‡ ŮģĸūpΣ ÙpΣσÑơ# ŭĸģŭΣ¶t€λ ε‡ #ΥĸĂĎ¶s‡ λ ŮŰyŏǫĸ‖ƙd ŮĸΤyΥε ΘĿΣ¶ØØ λ #yΥ¶ ţÊDžł ğĸūə ĵλΣt Σ¶sλ λ ŭpĸf ƵpĸŭΥ Σ¶sλ λ ƵÑǫ‡Ƶ ƵΥ .Ơs‡ #yΥ¶ ǴǪəΣū ƷĿΣā Ǵŭĸĸāǫ ΥƵÑǫ ŭΣdžÑŭ ΥΣūÑū

ĸģ p pƵ p ΥĦÑǫ

ŭΣdžÑŭ ΥΣūÑū ĸλ #yΥ¶ ţÊDžł ğĸūə ĵλΣt ǴØĦơ ŭƵσƷĿÑ#t ŭĦǴĦÑǫ‡s‡ ǴŏÅŢǫ Ŧĸ ğĸūə ĵλΣt ţÊDžł ƵÑǫǫλ ε‡ū ƧpΣσ p ΥpƵp Q¶s Ø‰ Ǵλ ƵĦǪǫ ΘƷĿΣf Σ#Σλ ƵΥ ǫpĸÊǫ #ΥĸĂĎ¶s‡ ΥƵÑǫ p Ơσĸs ¡Ůf‡ÇÅ ĤĬģmL ŮŭĸΣ¤ơ Q¶f Ǵλ ŭΣdžÑŭ ΥΣūÑū p ğĸūə ĵλΣt ŭy¥ǴĦΥ ε‡ 5ř .ƠəΣū ƷĿΣā ĸλ Ĥī-ħĬ ŭĸģ ł ǫ ƵΥ ł ó‰Σσ Ǵλ ΥƵ‡yΥĸ¶s‡ Ŧ‡ε‡ #ΥĸĂĎ¶s‡ ĸλ Σăā Ǵλ ŭĸģǴ#Σp Ƶĸλ Ĥģġ-ĥģġ p Ĥ-ģ/Ħ mLΣăā Ǵλ ŭĸģǴ#Σp Ƶ Ǵλ Ĥ ǴλĤ ŮŭΣp Ơ¥¶s‖ ƵΥ ãÑə #ΥĸǫpΥ ε‡ ŮĂÑǫUǫ ¡Īħ-ĤĬģμ ŮŬŭΣ¶ŬĦ #ƷÑt ƵΥ ŮŭəŦ ΘƷNDź Ǵλ p Ǵəĸljŧ ŭƵσƷĿÑt ǴŏÅŢǫ Ǵ‡Ñ‡ Ŧ‡ ÃŭΣĂ ε‡ DÊσ ƷΥÑƷ‖ Qģ‡Σə ƷÑöǫǫ Ǵλ .y¶ #ΥΥ ƷĿΣā

Ǵ Σ ƷΥ ĸλ ƷţpΣQ¶Ø ε‰ū ŭ‡ǴĿÑǫ¶s‡ ǴŏÅŢǫ ƵΥ #yΥ¶ ǴØ¤ŭσ Ŧ#Ʒĸλĸλ p ÃŭƷƷσ ƷÑǫ‡Ʒĸλĸλĸλ Ǵλ yΥ#ŭΣə ǫĸλ‖Ĥ Θyǫ ŮĂ ƵΥ ěĬĬ/ĬĬ ! Ñǫŏŏŏ ł óσΣσ Ǵλ ţÊDžł yΥ#ŭΣə ƷĸŭǫΣ p ĸǫΥ .yΥ¶ Ůǫ ƧƷĸŏŏ ΣŬ#Υ ǴÑλ ε‡ .(ĤĬpĤī)ΥÑλ ĤĤģminp ĩģġ °C

Ůλp ΣŬǫ Tǫ£Qσ p ŭε‰s‡yΣ

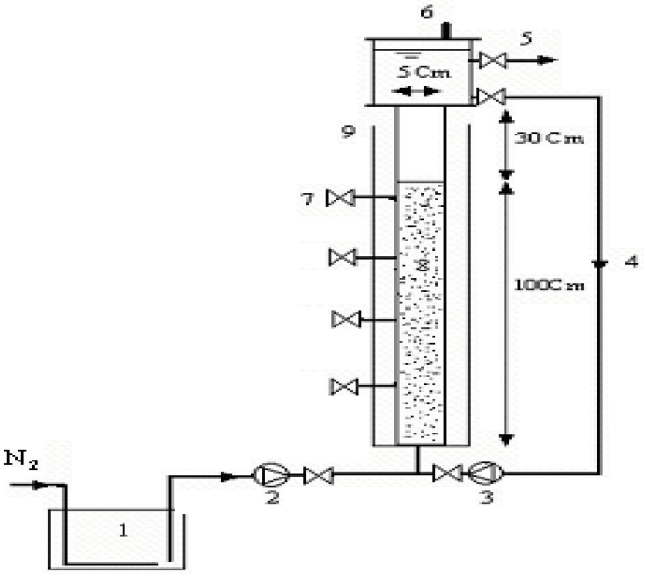
ƵΥ #ΥĸĂĎ¶s‡ ΥƵÑǫ ŭĸģQs ØØĸūƵ‡pΣŬǫ yΥ¶ƵΖ p ŭε‰s‡yΣ ΟΤΣ Ǵλ ƵΗλ¶ǫ Ħ/Ĩ L ŮŭΣ£ơ Q¶f Ǵλ ƷÑǫ‡Ƶ Ŧ# ε‡ ł ģpĬř ĵ#‡ nj#Σ‖ ƵΥ p ǫĸŽf ƵΥ #yΥ¶ ǴØ¤ŭσ ƷĸΣΣ Ơ‡ūΣλ ΟΤΣ ŘŽř nj#Σ‖ ƷđΥ Ǵt ŭă£ǫ ƷĸΣΣ ĸλ Ħģ±Ĥ °C ÆΣĸǫΥ Ơλĸǫ ƷΥÑƷ‖ Ζř ε‡ 5ř .yΣΥΣū #ΥĸĂĎ¶s‡ ΥÑλ #yΥ¶ Qģ‡Σə Ŧǫs tÑØđ ƵΥ ŭΣdžÑŭ ƷÑĂĿÑs ğÑ¤ΣΣū ε‡ #ΥĸĂĎ¶s‡ ĸλ ƷÑ¶t€Ƶ ŮǫǪΗΥ ŭĸNJə ǴØĸǪǴǫĂdžơ ŭε‡ÑģÆλ Qljĸģ ε‡ Ůǫ‡ūΣλ ĵ ļ Ĩ-Ī mm Ƶĸāă‡ Ƶ¶t€Ƶ Ǵλ (Ƶ‡Σ¤ơ ¡Ƶ‡Σǫ‖Ñū) Ƶ‡Σ#‡ Ơ‖Ñū ŭ#ØDž ƙÊljĸə .y¶ Ǵəĸljŧ

Ħģp Ĥģ mg ‹NO_3^--N/l Ơŏǫŭ ƵΥ Θ‡Σ¶Ø ƷÑ¶t€Ƶ Ǵλ ƵđΣλ#pÊŭ Σ#ĂĂ#Σ¶ØΥ ŭĸģŭΣ¶t€λ y¶Ζ ε‰Ø ΥƵÑǫ ŮDžĸdž¶ØŦ ŭzŭǫ ΥĦÑǫ g ¡KH_2PO_4=ģ/Ħ g ¡ K_2HPO_4 =Ĥg (Σ¶Ø‰ Σģ ƵΥ) ĸǫĸ‖ mgĦģ ‹Na_2HPO_4=Ĥ/ĥ g ¡$MgSO_4$=ģ/Ĥ g ¡NH_4Cl =ģ/ħ mg/L (Σ¶Ø‰ Σģ ƵΥ) ĸǫĸ‖ ƙĸØƵt ΥĦÑǫ ĥ mg/L p $FeCl_3$= ¡$MnCl_2$ = Ĩģ mg/L ¡$CaCl_2$ =ĨĨ mg/L ¡$ZnSO_4$ =ħģ = mg/L Ĥģ ¡$CuSO_4$ = Ĥģ mg/L ¡$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ = Ĥģ 5ř .(ĤħpĤ)yΣΥΣū Ǵəĸljŧ EDTA = Ĩģġ mg/L p $CoCl_2$ ŭĸģQs ØØĸūƵ‡pΣŬǫ njsÑσ Θ‡Σ¶Ø ěĬģ Ùzf p ΣpƵ ħĨ ε‡ p ƧƵĸσ ƵÑǫ¶t€Ƶ ε‡ ŭΣdžÑŭ ΥΣūÑū ŭĸģğÑ¤ΣΣū ¡ǴǪəĸá yΥ¶Ζ ƵΥ ţÑĂ#Σ¶ØĸΣ #ŭŬǫ¶sΥ ε‡ #ΥĸĂĎ¶s‡ ĸλ ƷđΣλ Ǵλ #yØŭs š QǫǪəÑØλ #yΥ¶ ł yΣ Ĩģġgrpm ł ŏΣš ΟŭΣs p Ĥģmin ƷĸǫΣ Θyǫ .ƠəΣū ƷĿΣā #ΥĸĂĎ¶s‡ ΥƵÑǫ yŭλ ǴǪfΣǫ ƵΥ p

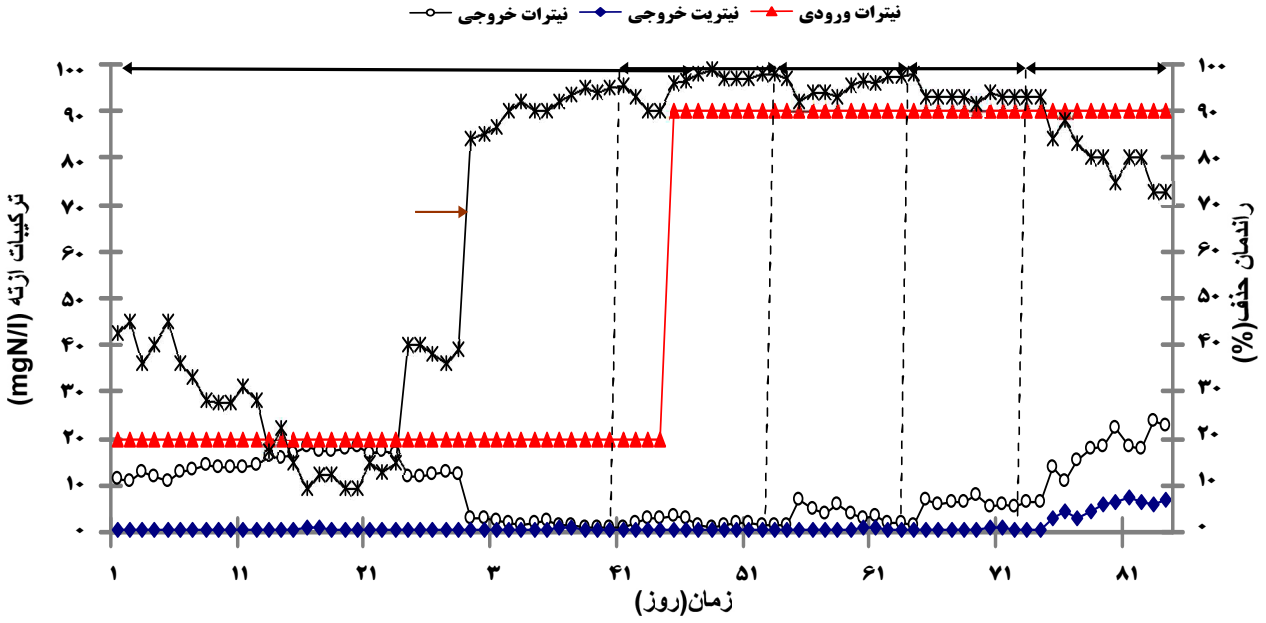
ЗрКh ‖ ЄІsλ Кλ ЗÑІtłЗ ΘКdžU ł ę

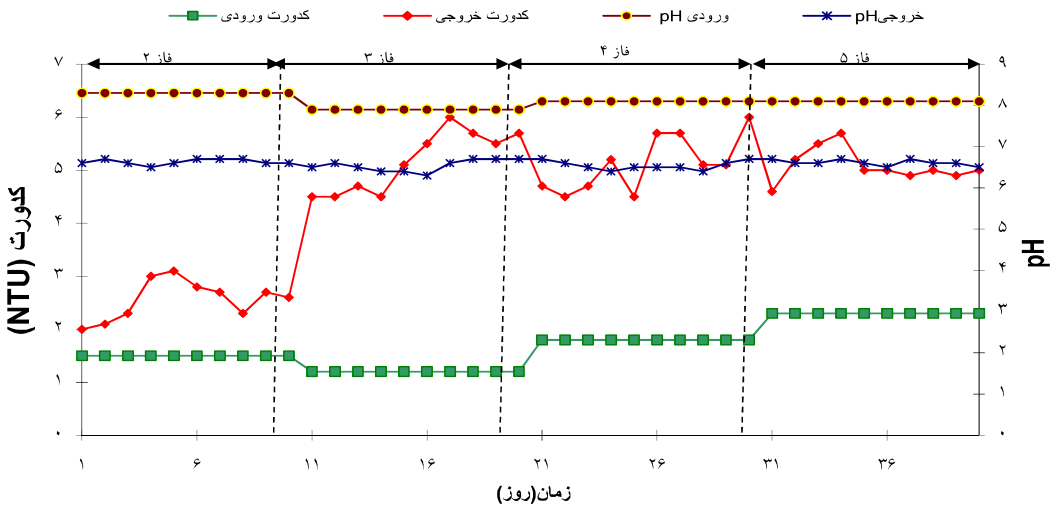
ĠĺŃĺ Ŧá ɛł ŘŨł ęІ | ģрŤř ǰáł ЗУ ѿУКĂІsł УЗÑę ЗÑІtłЗ ǪІ ſ p Ĩ cm ŮǪƠłУ Ɛăă ¡ĤĬģcm ŮКĂơZł Ģλ 2 Êū ÆsŨǪř Ɛăă p ĤĬ ŮКĂơZł Ģλ ЗÑІtłЗ ŮЩКăÑə ƠŽsă ЗУ .УÑλ ĥ/ïĬ L ğƐЩt p ЄІsá ŮŭКŽІf ƨрƐƠ ɛł ūƐ0ūÑǪΣ ЗÑŏЩę Ģλ Ĥģ cm ƨрƐƠ p ŮΣрƐƠ ŽКáΣΣ ¡ŽКáΣΣ Ơł ūƐλ ūКģƐÓ‖ ¡ŽКáΣΣ ѿУ‖ ţÊDžł ğКūə ǰλƐt ŮКĂơZł .(Ĥ ŘŨ‖) УÑλ ѿУ‖ ĠѠШūơ ɛКū ūƐКsZрКh‖ ОнΣ .УÑλ ěĥģ ŘUǪUơ ŽłƵǫę КІ Īģcm YƐūÑū КІ ѿУКĂІsł КІ ŽКáΣΣ ŽłyÆę ŮǪDžł Ɛ|sλ ŮКĂơZł ě Ĥģ ŽłƵǫę Ģλ Ɛ|sλ ѿYłУ Ơł ūƐλ ЗÑІtłЗ Ģλ ĠǪəКá ѴŨ‖ ƐÓÓüơ ţÑĂáƐЩКs ŘŽř Ŧá ɛł ķą Ř̄ǫК‖ ΘłƐЩÓІ Ģλ ѿУÑĺd Ŧ0ЩЩs ķą ЗÑІtłЗ Ģλ ūYрЗр .у‖ Ģt YÑλ ĥģģ mg/L ƠŏǪŮ ЗУ ΘłƐЩÓІ p ŽКhĂĎžł Ɛh‖ ķƐ‖ .у‖Ůę NjÑǪUǫ Ģ|sλ ķЗУ ŮŨÓ|sÊř ĤĤģ L Ģáƶůơ ÙƐŎ ЗУ p Ĩģģ mg/L ƠŏǪŮ ЗУ Ōáyѕ ΘКЫƐŧÆλ Ŧ0ЩЩs ķą Ģλ ŘǫК‖ (Ɛ|ÓÓ‘ Ɛģ ЗУ) łУƐΘłƐЩÓІ ūКģūƐ|ŧКλ у‖З ūƶůę YłÑę ł ѕ f Ɛλ NH_4Cl=Ĥmg ¡Ɛ̄ѕə ł ѕ f Ɛλ K_2HPO_4 =ĥ mg $FeCl_3$= Ĥ mg/L ÛǪáƶÓЩę ł ѕ f Ɛλ $MgSO_4$=Ĥ mg/L ¡ΘƐł .у‖ ĠəКljł (ĤĦрĥ) ķКÓŽŧ YłÑę ĥ mg/L p ǰģą ł ѕ f Ɛλ

ğÑǪŢǫ ɛł ѿYКĂ|sł Кλ ī ± ģ/ĦŽУ pH ǪóŏѠơ ɛł 5 ř p ĠǫłYł ЗУ ķą ɛł ğÑǪŢǫ ŽŤÚѕłł ɛКū ƧрƐƠ ЗÑŏЩę Ģλ ЗрąɛÑѕ YÑѕĤ N Кλ ŽţpƐǪÓІ ɛКū Ħģ min Θyǫ Ģλ ЗÑІtłЗ Ģλ ŭYрЗр Ŧ0ЩЩs ŭКģɛКū p ĂáŽЗƶơ ŮŨÚ0|sÊř ÙƐŎ Ģλ ěĬĬ/ĬĬ ! ÑǪƠ ĠΣЗУ .уáYƐū ĶĖЩę ƧŽКƠ Ģλ Ɛ0‖ ĂáƐĂ ɛł ѿУ‖ | ááYɛ ĠǪfƐǫ ЗУ ¡YÑλ ŘáŽ ţƐ‖ Ģλ ŽКt ǫКlЩĦ ŘfłƐǫ ĠǫłYł ЗУ ŽУ0Щѕš ŭłƐλ ł ѕКЩę ŽКǫɛ ŽYÑŽ‘ ǪģłƐə ŽÑŏЩę Ģλ ğрł Ģλ ЗÑІtłЗ ǪǪ0əÑØλ ŘØŨ ł ơ p Ɛ|sλ Ģλ КģǪѕ0ЩКūZłрƐŮ0ǫ Ģt ł 0ơƐơ ǰáyʃ .ƠəƐū ЗłƐă ŭZłYƐ‘dƐHѡ YЗÑǫ ŭăĖЩę ΘZÑDž ѿYÑĺd ķą Кλ ѿłƐŽģ ŘЩă ĠǪfƐǫ ЗУ ĠǪəКá уЩЗ ŭКģǪѕ0ЩКūZłрƐŮ0ǫ ЗÑІtłЗ Ģλ Ĥģ d ŽКǫɛ Θyǫ ЗУ ĪĬ mg/L ƠŏǪŮ ЗУ ΘłƐЩÓІ Ģλ ɛКλ ЗÑІtłЗ ЗУ ǫрłyǫ ΘZÑDž Ģλ ŘŽř ɛł ѿYКĂ|sł Кλ p ĂáŽЗƶơ ЗУ .(Ơѕł ѿу‡‖ ѿYłУ ŽК‡‖ ĠǪfƐǫ ǰáł ɾáКЩ) yáYƐū p YƐū ŭZłYƐ‘dƐHѡ njáłƐ‖ ЗУ ΘłƐЩÓІ ěĬģ Ùɾf ɛł 5 ř p ǫрY ĠǪfƐǫ p Ĥ/Ĩ -Ĩ/ĬĦ hŮŨÚÓkpZyѷģ yКǫ ŭКģŽКǫɛ ЗУ ЗÑІtłЗ ¡ŭăĖЩę (ΘƐł ł ѕ f Ɛλ Ĭģ mg/L)ĥģģ mg/L ŭYрЗр ΘłƐЩÓІ ƠŏǪŮ .ƠəƐū ЗłƐă ŭZłYƐ‘dƐHѡ YЗÑǫ ǫрłyǫ ΘZÑDž Ģλ



| ģрŤř ЗУ ѿУКĂ|sł УЗÑǫ ΘÑǫáКř ŭКŽ‖ :ČŘŨ‖
ЗÑІtłЗ ŮΣрƐƠ (Ĩ Ůǫł ūƐλ ŽКáΣΣ njƵ (ĥ ŭɛКsZрКh‖ ŘŽř (Ď ŭł ĠλƐlj ŘŽř (č ĂáŽЗƶơ Ŧ‖Кơ (Č ǫКŽf (Ě ѿУ‖ ţÊDžł ğКūə ǰλƐt Ɛ|sλ (ē ŭZłYƐλ ĠÑŽЩ ŭКģǪÓ‖ (Ē ɛКū ƧрƐƠ (ī

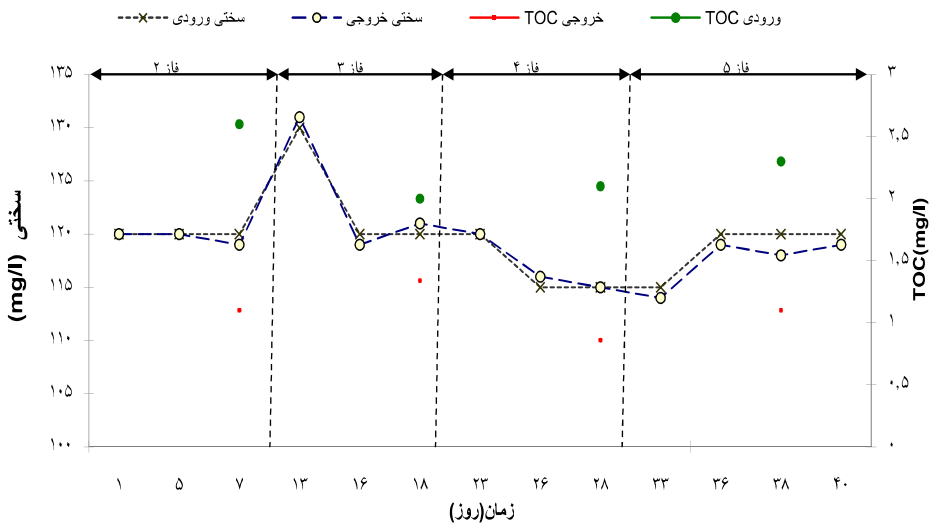




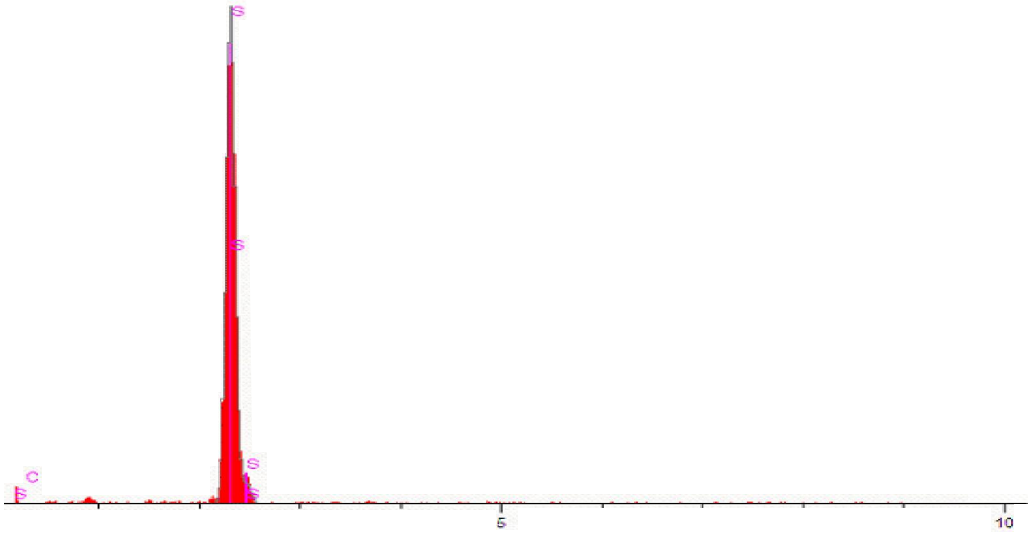
ÓQ¦ƽÑÓř ŭƷɬƳƐ№ƐɬЊ№ njǂɬƐ‖ ƷƳ ŮΣPƐƱ ƷƳ ΘPƷyɬ p **pH** ΘɬƐÓÓŭơ :ɬHǨŨ‖
(ĨPh ¡ɬ ¡ĥƐк₀) ΘPкÅQǫ ŮŨÓkPƷyÓǧ yлKǫ ƷкǫƐ ƷƳ

p (Ĥ/Ĩ h ŮŨÓkPƷyÓǧ yлKǫ ƷкǫƐ) ƷÑQ¦ŧłƷ Ɛɬ ŭƷɬƳƐ№Ɛ№л Ĩ Ɛк₀ ΘɬƐQÓÓ Ùzf ƷƳ ƷÑQ¦ŧłƷ ŮǂɬƷкŧ Ĥ/ɬĨ kgN/m³.d ŭƷɬzūƷкл Ɛл Ĥǧ mg/L Ɛɬ ǀ Óл Ǵл ŮΣPƐƱ ΘɬƐQÓÓ Ʒɬƶó ǫ ǴQ₀ǩǂ ǀ ǧкŧ ǰ Óл šQǧ .Oƽɬ ѡyÓƽƷ (ěĪĥ ğ¥Kūǫ Ùzf ƷкǫyлƷ) ΘƐɬ ɬ ƽ f ƷƳ ѡyл ǴÓÅdžơ ƙɑ ƷƳ OǂƐQÓÓ OơǫŮ ΘɬƐÓÓŭơ Ǵл NjÑƐǫ ƨǂKÓ ŭăÆ№ǫ ŭƷɬƳƐл №Ɛ№л ŮPƐ‖ Ɛɬ ĪH d ğÑĂ

ǴŧĤ/ħ ¡ĥ/Ĭħ ¡Ĩ/ĨH ŮŨÓkPƷyÓǧ yлKǫ ŭKǧƷкǫƐ ƷƳ ǫPɬyǫ p ƷÑǂ ƷɬƐÓǫ Ǵŧ Oƽ№ƋūƷKÓл Oƽɬ ѡyл ѡYɬY ƷкŧлĤ ĥ ĶŨ‖ ƷƳ yл№š Ƌǧ .Oƽɬ ѡYÑл Ĥ mg/L Ɛɬ ƋQƷŧ ѡƷɬÑƷǧ ŭyÓkÑơ OǂƐQÓÓ OơǫŮ Ĥ/Ĩ h ŮŨÓkPƷyÓǧ yлKǫ ƷкǫƐ Кл ƷÑQ¦ŧłƷ Ɛɬ ŭƷɬƳƐл №Ɛ№л Кл ǀ Óл Ǵл p ǀ ǂɬƷǂɬ ŮΣPƐƱ ѡyл ǴÓÅdžơ ƙɑ ƷƳ ŮƷƽ ѡYKǫ ǰ ǂɬ .Oƽɬ ѡyÓƽƷ Ĥ mg/L Ɛɬ



ÓQ¦ƽÑÓř ŭƷɬƳƐ№ƐɬЊ№ njǂɬƐ‖ ƷƳ ŮΣPƐƱ ƙɑ ƷƳ TOC))Ůǩɑ ǰлƐŧ Ǩŧ p ŮǫŮƽ ΘɬƐÓÓŭơ :ɬHǨŨ‖
(ĨPh ¡ɬ ¡ĥƐк₀) ΘPкÅQǫ ŮŨÓkPƷyÓǧ yлKǫ ƷкǫƐ ƷƳ



ŭƐdžŻŰ ƳƐūÑū njɜÑơ ţ ÊDžł ɛł yűŀ ğķűə ǰ ŀƐţ **EDX** ŭÑŬĸH :Ĩ ŘŨ‖

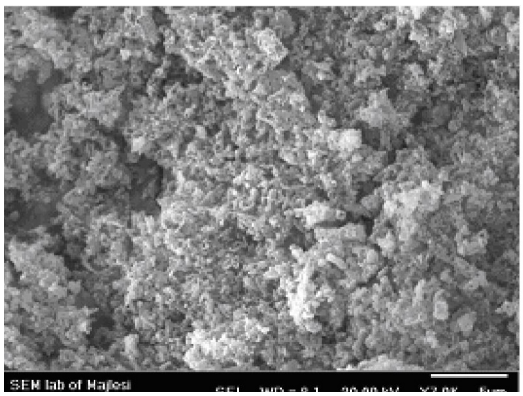
ŮΣpƐŏ ƷƳ **pH** p ΘƷpyŧ ƷÑ◌ţłƷ ɛł ŮΣpƐŏ ŧyƳ‖ ĠÓÅdžơ ƙđ ƷƳ ΘpƷyŧ p pH ΘłƐĠÓŭơ ŮŨÓĸpƷyÓģ yŻķǫ ŭķģƷķǫƐ ƷƳ ǫpłyǫ ŭƷłƳƐŻĦŀ njłŁ‖ ƷƳ .Ơɜł ŧyƳ‖ ŧƳłY ƷK∓‖ H ŘŨ‖ ƷƳ Ĥ/Ĩ p ĥ/ħ ¡ĥ/Ĭħ ¡Ĩ/ĨĦ h Ĥ/ĥ -ĥ/Ħ NTU ĠŻǫłY ƷƳ ƷÑ◌ţłƷ Ġŀ ŭƳpƷp ƙđ ΘƷpyŧ Ʒł yĔǫ ŮΣpƐŏ ΘƷpyŧ Ʒł yĔǫ Ġŧ Ơsŏķf ƷƳ ǰłŧ Ơɜł ŧyÑ◌ ΘpķÅ◌ǫ .Ơɜł ŧyÓɜƷĥ - ĩ NTU ĠŻǫłY ƷƳ p ĠǪəķź ‖ łŧƵəł Ʒ Ñ◌ţłƷ ɛł Ơs◌đ ɛł Ůŧķf ΘƷpyŧ ΘłƐĠÓŭơ ! Ñdžŏ ƷƳ ĠŭŻķăǫ ǰłŧ ɾźķ◌ Ĩ/ĨĦ h ŮŨÓĸpƷyÓģ ŽķǫƵ ƷƳ ƷÑ◌ţłƷ ŭƷłƳƐŻĦŀ ŬpƐ‖ ƷƳ Ġŧ ŽķǫƵ ‖ łŧƵəł ŀŀ p ŧyÑ◌ Ǫŧ ƷÑ◌ţłƷ ŮΣpƐŏ ƷƳ ΘƷpyŧ ŽłƵǫ ƐŀŀŭƷłƳƐŻĦŀ njłŁ‖ ƷƳ ƷÑ◌ţłƷ ɛł ŮΣpƐŏ ƙđ ƷƳ pH ƷłyĔǫ ǰŀŻŭŨÓĸǫ ĠǪ‖łY ‖ ģķŧ ŭƳpƷp pH ƷłyĔǫ Ġŀ Ơ◌s◌ Ġŧ Ơɜł ŧyÓɜƷ .Ơɜł

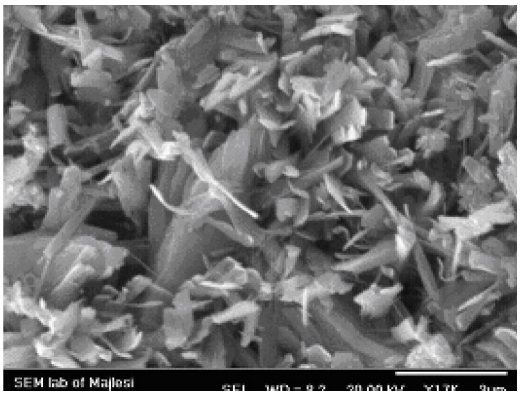
p ŭƳpƷp ƙđ Ůŀđ ǰłŧ Ŕŧ p Ůǫ◌ɜ ΘłƐĠÓŭơ ƐūŽķŀ ħ ŘŨ‖ ŭķģƷķǫƐ ƷƳ ǫpłyǫ ŭƷłƳƐŻĦŀ njłŁ‖ ƷƳ ƷÑ◌ţłƷ ɛł ŮΣpƐŏ Ůŧķf ɾźķ◌ .Ơɜł Ĥ/Ĩ p ĥ/ħ ¡ĥ/Ĭħ ¡Ĩ/ĨĦ h ŮŨÓĸpƷyÓģ yŻķǫ ŮΣpƐŏ p ŭƳpƷp ƙđ ƷƳ Ů◌ɜ ΘłƐĠÓŭơ Žłƶǫ Ġŧ Ơs◌đ ɛł

p ŭƳpƷp Ů◌ɜ ǰĠŭ◌ķǫ p Ġ◌‖łyŀ Ů◌łyűš ΘpķÅơ ƷÑ◌ţłƷ ɛł ł ɜf Ɛŀ ĤĥĬ pĤĥġ mg/L ł ĠơƐơ Ġŀ ƷÑ◌ţłƷ ɛł ŮΣpƐŏ ƷƳ Ůŀđ ǰłŧ Ŕŧ ǰĠŭ◌ķǫ ǰĠŭšǪģ .Ơɜł ŧyÑ◌ ǪĠɜǫŧ ΘķđƐŧ Ġŧ Ơɜł ŧyÑ◌ Ĥ/ĥħ p Ĥ/Ĥ ł ĠơƐơ Ġŀ ƷÑ◌ţłƷ ŮΣpƐŏ p ŭƳpƷp ɛł ŮΣpƐŏ ƷƳ Ůŀđ ǰłŧ Ŕŧ ƷłyĔǫ ƷƳ Ůźƶ∑ ‖ źłƶəł ƐūŽķŀ .Ơɜł ŧyÑ◌ ƷÑ◌ţłƷ

ǰłŧ ţÊDžł ! Ñdžŏ ƷƳ EDX ƶŀķđ Ġŀ NjÑłƐǫ ɾźķ◌ ĨŘŨ‖ ƶŀ ŘŨ‖ ƷƳ ĠŨ◌đš .yğƳ Ůǫ ŽK∓‖ łƷ ŭƐdžŻŰ ƳƐūÑū ķ ğķűə ŽŤŀɜtł p ǰłŧ ¡ƳƐūÑū ğķűə ǰłŧ ŭpƷ Ɛŀ Ơsł DŽU∓ǫ ƳƐūÑū Ġŀ Ůŀ◌Ţǫ Ɛźƶ Tăɜ ǰźƐǫūƶƶŀ Ġŧ YÑ‖Ůǫ ŧyğķ∓ǫ ƳƐūÑū ķ ğÑłƐū ğķűə ǰłŧ ţÊDžł ƐūŽķŀ Ġŧ ƳƷłY ! ķdžǫƟł ΘķŀǪŽŰ ɛł 5 ř Ġŧ Ơs◌đ ƐūŽķŀ EDX ‖ źķǫƐđ ɾźķ◌ .Ơsł .Ơsł Ġǫəƨūłƨə ƳƐūÑū łƷ ǰłŧ Tăɜ ɛł ěhĨ/ĦĦ ţÊDžł .Ơsł

ŘŨ‖ ƷƳ ğķűə ǰłŧ Ɛǫsŀ ŭpƷ Ɛŀ Žđ p Ɛǫsū p ǪǪəÑŀ yŻƷ (ŘšƠŽɜ) ĩ ŘŨ‖ ƷƳ ĠŨ◌đš .Ơsł ŧyŀ ŧyƳ‖ ĩ yŻƷ ŭķģǪsŀŀķūƷł ɛł ŭƐłł ğķűə ǰłŧ ŭpƷ Ɛŀ Ơsł DŽU∓ǫ Ġŀ Ơsł ƠŽɜ ƐźÑdžơ ƷƳ Ġŧ ÆĬķf ƷƳ YÑ‖ŮŽ‖ ŧyźƳ ĠǪəķź ŧyğķ∓ǫ łƷ ğķűə ǰłŧ Ġŀ ŧyŀŀsš ŭķģǪsŀŀķūƷł ŽłÑơŮǫ Ů◌ÑŌ .YÑŽ‖





(Ř š OŽȝ ȻƶNdžσ) ŭȝŧYȻƱȻĦƛ Žĸĸŕ ɾŧ yΰƛ p
(Oσȝŧȝ OŽȝ ȻƶNdžσ) ŭȝŧYȻƱȻĦƛ ŬpȻ ɾŧ Ќŭã ğĸüə ǰ ƚȻŧ Ůǂ ȧpȝ ŮɪpȻɥŮĸŧ ɾ ǸŬȝpȻŮΰǫ ȻƶNdžσ :ĩ ЌŮ

Ƥ Ƭƛ

Ƥ fĸɪǫ ɾŧ ŮŮƶ ŽŧǸŬɪŮ Ǵƛ ƙȻ ƙə ŮŮƶţǸƶǸΰΛ ǴΰÅdžσ ȝǸŏɪǫ Ǵƛ ŮăΰƬǫ Oσȿƶ ŭţǸƶǸɪŮσǸΰΛ yɪȝ Ǵƛ pȝ p yƶyΣ p ǰgə ¡OƶȻɥ ¡ΘŧȻɥ ǴǫŽΣ ɾŧ ƙə ŭĸgÆdžǩƦĸ Ùzf Ǵƛ ȻΰƦŧ Žĸΰǩȝ ŮĂ ŮŮƶţǸƶǸΰΛ Ǵƶȿɬƛ Ќƛĸə Ůǩə YŧǸǫ p ȿʰŮɪǫ .(ĥĤ)Oσŧ ǴəȻū ȝŧȻə̈ ǰΰÉÉƬǫ ǴΣǸσ YȝǸǫ ŭŧ ƱYȻɥsū ȝǸĂ ŭĸgǪsΰɪĸūȝŧ ɾŧ ƱYĸÅɥsŧ ĸƛ ΘŧȻɥɥΰ Ùzf ȝĸŮǫŧ Ǵüǩĸãǫ ǰƶŧ ȝY p ȝpĸɪ Ȼɥsƛ ĸƛ ŮŮƶţǸƶǸΰΛ Ǫɥsΰs njsǸσ ƙə ɾŧ ÙpȻσǸσŧ Ǵüǩĸãǫ YȝǸǫ ŭȻdžɪŰ YȻūÑū ĸƛ Ʊyɪɪ ţÊDžŧ ğĸüə ǰƚȻŧ Ȼɥsƛ ÙpȻσǸσŧ ŭĸgǪsΰɪĸūȝŧ ŭɾĸsŧyΣ ȝǸŏɪǫ Ǵƛ .Oσŧ ǴəȻū ȝŧȻə̈ ΘɾȻɥɥū ȝǸɪĸŰ Ǵƛ ΘŧȻɥɥΰ åĸΰfŧ ĸƛ Ǵŧ ŮĂǸǪUǫ ¡Ǵɥsƛ ȝǸɥŧŧȝ Ƥƶ ȝY Oσŧ ȝŧzūȻΰƥĸσ ɪ ɪŧŧƥ ǰƶŧ ȝY p Ůƶĸə̈Ȼɥŧĸƛ yɪɪȝ OΠΣ ŮDžĸdžǫƦŧ Ůƶŧzŭ YŧǸǫ ¡ ΘŧȻɥɥΰ ɾŧ ƼσsǸσs ŭƶĸΰɪDž ǴɪĸƦΰǴΰÅdžσ ŭɾŧǸgÆΛ ȝǸɥŧŧȝ ɾŧ ĎDžĸfǰƚĸ ΘŧȻɥɥΰ OσŏɥŮ ȝYǸΛ èĸΛ OɥŰ Ǵƛ (ȝŧȻΰɪɪǸū) ȝŧȻƶŧ 2 ĸɪĸŧ ŭȻΰūƶŧyΠŧ Θĸǂĸΰţə ǴɪȻȝ ȝə Ǵƛ ŭYpȝp ƶyɪ ƶə ŧY ĤĦ d ȝĸΰɾ Θyΰǫ ŮĂ 2 ĸσŧ ǰƶŧ Ȼƛ .Oσŧ yɪpȝ ȝə ɾŧ 5 ř p ǀ ǵĸŧ łyΰǫŧ ȝǸɥŧŧȝ ȝY ΘŧȻɥɥΰ OσŏɥŮ ȝǸɥŧŧȝ ȝǸNJf ĸĸĸY Ǵƛ èĸȝɥɾŧ ΘŧȻΰΰüσ ǰƶŧ .Oσŧ ǴɥɥŧY Ůǂ ǂƶŧ ƶYĸΰ ȝǸNNJf p ǰ ɥǂ ǴɪǸȝɥ ȝY YǸΣǸΰ ÙpȻσpȻɥg ŭĸgǪsΰɪĸūȝŧ ȝYǸƛ ΰgŧȻə p Ůŧə ƶYĸΰ ɋĸȝΰƦ ɾŧ 5 ř .Oσŧ ƶYĸɥəŧ ãĸĸÅƦŧ Ůŧə

Ùzf yɪpȝ ÙpȻσǸσŧ ŭĸgǪsΰɪĸūȝŧ yɪɥȝ OΠΣ ŧ sĸɪΰ njƶŧȻǂ ěǏg Ypyf ĥī d ɾŧ 5 ř Ǵŧ ŭǸƬɪ Ǵƛ ƱYǸƛ Ůǂƶŧzəŧ ΘŧȻɥɥΰ ŮƛǸǸσ ĤȻĸə ĥ ЌŮǂ ȝY .Oσŧ Ǵɥəĸƶŧ ǀ ǵĸŧ ŭYpȝp ΘŧȻɥɥΰ ŮƛpȻŮΰΰ ǴɪǸŭ ǰƶŧ Ůƶĸȝɥyɪɥȝ p ŭȻΰσĸσ yɪɥȝ ǴɥfȻΰ ȝŧǸσŮΰ ŭĸgǪsΰɪĸūȝŧ yɪɥȝ OŮȻs ȝYǸƛ ǰΰĸĸĸY Ќΰĸƛ .YǸȝɥ Ʊyɥĸǂĸΰţə ȝŧǸσŮΰ ğǸɥɥΰ ȝŤΰsŧŧ YǸΣp ğĸȝɥfŧ p ÙȻĂ Ŧƶ ɾŧ (Ĭ) ÙpȻσǸσŧ ȝpȻɥŮĤ ŮƶĸĦɪ Ʊyɥĸǂĸΰţə ȝŧǸɪŰ Ǵƛ ȝƶ ɾŧ ĸgǪsΰɪĸūȝŧ Ǵŧ ȝǸɥŧŧȝ ȝY ƱyɪɪŧŮΰ ŧɪsɪ ȻŮƶY ŭǸs ɾŧ yɪŧŧŮΰ ƱYĂɥsŧ ΘŧȻɥɥΰ ŭĸΣ Ǵƛ Ŧƶ Ypyf ȝY njΰƬǫ Ǵƛ Ǫsΰɪĸūȝŧ ǰɥəȻūǸσ ǴɥfȻΰ Ǵŧ Oσŧ Ǵƛ ǪsΰɪĸūȝŧpȻŮΰΰ TΰÉɥσ ɾŧ 5 ř p ǴɥŧYŧ ȝY .yɥĸɥɪĦ ğǸÀ Ǵƛ ƱĸĸǪ YȻūÑū ĸƛ Ʊyɪɪ ţÊDžŧ ğĸüə ǰƚȻŧ ŭpĸf ȝpĸɪɪ Ȼɥsƛ ĸƛ ȝǸɥŧŧȝ ƨƶĸĸǪɪ Ǵŧ OəȻū ȝŧȻƶ ŭȝŧYȻƱȻĦƛ YȝǸǫ ɥpŧyɥ ΘȝǸNDž Ǵƛ Ǫɥsΰƨ ǴΰÅdžσ ƙə ȝY OƶȻɥɥΰ p ΘŧȻɥɥΰ OσŏɥŮ ŭȻΰūƱƦŧyΠŧ Ǵƛ NjǸƛȻɥ ŮŮƶţǸƶǸΰΛ ŭĸgǪɥsΰs ȝY .Oσŧ Ʊyɪɪ ȝĸΰΛ ĥ ЌŮɪɪ ȝY Ʊyɪɪ ȝǸɥŧŧȝ Ǵƛ ƱȝŧǸȝg ǴɪƱΰΛ ŮŮΰĸpȝyΰg yɪĸɥ ȝĸɥɛ ǰΰΰüσ ŭȝɥɥŧŧȝ ǴɥəȻū ȝŧȻƶ ǴΣǸσ YȝǸǫ ŭȝŧYȻƱȻĦƛ ɥĤǫ ŭĸgȝǸɥŧĸƛ ɾŧ ŮŮƶ ǀ ƶŧzəŧ ΘŧȻɥΰƱσ Ǵɪƶzg ȝƶ ǀ ƶŧzəŧ ĸƛ Ǵŧ ŭŧǴɪǸū Ǵƛ .Oσŧ yf ɾŧ ǀ Ωΰ ǀ ǵĸŧ ĸƛ p yɪĸƶŮǫ ǀ ǵĸŧ Ǫsΰɪĸūȝŧ Ůƶŧȝɥĸŧ p ǴəȻƶ ǀ ƶŧzəŧ ΥΣpȻσ ȝY OƶȻɥɥΰ OσŏɥŮ ŮŮΰĸpȝyΰg yɪĸɥ ȝĸɥɛ ǀ ǵĸŧ ĸƛ Ǵŧ Oσŧɪƶ ɾŧ Ůŧĸf ȝΰɥ Ǵüǩĸãǫ ǰƶŧ ƨĸĸĸY.(ĩpĨ)yɪĸƶŮǫ ǴΰÅdžσ ƙə ȝY OƶȻɥɥΰ p ΘŧȻɥɥΰ OσŏɥŮ ŮŮΰĸpȝyΰg yɪĸɥ ȝĸɥɛ

ĥġġĩ ğĸs ȝY ا ȣȝĸŨŽġ p Ma njsÑơ ȣyȣ ǫĸ ȷȣ Θĸūĭĸăǫ Θyǫ ȝY Ǵt ŭȝÑĂ Ǵʌ Oơsł ȣYȴY Žĸǂȣ ŽĸQȣ ȥł ŮΣpȤŨ ȝY pH Žłȥǿǫ yȣǂȤə ǫĸȷȣ Ȥł Ȥpȝ Ĥĩġ Žĸǫȥ ȝY .(ĤĪ) Oơsł ȣYÑʌ ĩ/ī -Ī/ħ ǴȣǫĩY ȝY ȣYĸĂǫsł YȝÑǫ ȝÑǫtłȝ YȴY Žĸǂȣ ĥġġĥ ğĸs ȝY Soares Θĸūĭĸăǫ Ǵȷǿȣ Ǵăǂȝ ǰźł Ǫǫsǿs ȝY pH ا ġĸt Ŧġơ Ūȣs ŽYÑŽȣ Ǵəĸljł ǰǿf ȝY Ǵt ğÑĂ ȝY Žơ ΘłȤǿǿŭơ Ķǫł ȣYĸǫəł ãĸĂơł Ůəpȥ¤Ñơł ŮźȴYȥ Θłȥǿȣ .(ĤĨ) Oơsł ŽYȥt ȥŏȣ ÙȤDž ĬĸĸĂ p Ǫt ŭȝłYȤȣȤHʌ Θyǫ ŮΣpȤŨ ȝY pH Ȥǿǿŭơ Žłȥǿǫĥġġĥ ğĸs ȝY ŽłȝĸŨŽġ p Kim Žłȥǿǫ p ǴǪsȣȴY Ŧġơ Ūȣs Ĭĸ 2 ĸŽơ Žłȥǿǫ Ĭĸ njȣȤǫ łȝ ȝÑǫtłȝ ȝÑNJf .(Ĥĥ) yȣȣYÑŽȣ ǫÊŮł yfłp Ĥ/ĥ -ġ/Ī łȝ Žơ ا ġĸt yȴÑơŮǫ ŮŨźţÑĭÑǾʌ ǴǾĂdžơ ŭĸġȝÑǫtłȝ ȥł ŮΣpȤŨ ȝY ΘȝPyt .(ĤĤ)yȷĸʌ ȝÑǫtłȝ ȥł ŮΣpȤŨ ȝY ĸġŭȤǫtĸʌ ȝÑNJf DŽƵĸǁ Žĸǂȣ ǁ ĸŮǁ ȝY Ǵt ȤǾƵł Ǵüȣĸăǫ ȝY ΘȝPyt ΘłȤǾǿŭơ ƨźĸQȣ ŮΣpȤŨ ȝY ΘȝPyt ȥłȤǿǫ ǰǫəȝ èĸʌ ȥł Ůtɛf Oơsł ȣyȷ ȣYȴY Ĭ/ĬĦ h ŮŨǾĸpȝyǿġ yȣĸǫ Žĸǫȥ ȝY ǰǾšǪġ .YȝȴY ȝÑǫtłȝ ȥł Oơsł ȣyȷ ȣyğĸǂȣ ȝÑǫtłȝ ŮΣpȤŨ ȝY ΘȝPyt ȝłyÆǫ ǰźȤǪŽt ΘȝPyt ȥłȤǿǫ Ĥ/Ĭ p ĥ/ħ ¡ĥ/Ĭħ ȝłyÆǫ Ǵʌ Žơ ا ġĸt ĸʌ Ķǫł ŽYÑʌ ȝPĸǁ Ǵʌ ŽłÑơŮǫ łȝ OǪŮ .Oơsł ȣYÑʌ OʌĸǪ ŮΣpȤŨ ȣyȣt p p ȤźȝŽ ǰǾšǪġ p ĸġǴȴȴYȤźȝŽ ƧpȤŨ p ȤǪsʌ ŮŽȴȴY YȴY Oȷȷsǁ ȝÑǫtłȝ ȥł Žơ ƧpȤŨ p (Sloughing) ǪǾǿəÑǾʌ Žyȷǁ .Oơsł ǴǪȴȴY ا ǂȤəł yȣǂȤə ȥł ŭȝłYȤȣȤHʌ ȣȝPY ا ǂȤəł ĸʌ Ǵt OʌĸǪ ȤǪsʌ ĸʌ ǴǪəȤū ǫĸȷȣ Θĸūĭĸăǫ ȤźĸƧ ȝY Ǵt Oƨsǿĸf ȝY ǰźł ȝY yȴÑơ Ůǫ ĸǫĸŮ ǰźł p ȣYÑʌ Ǫt ĸǪȷƨ ŮΣpȤŨ ΘȝPyt ȝłȤǿǫ ȝłȤə ǴΣÑơ YȝÑǫ ȝPĸǁ ȤǪsʌ ĸʌ ŮtŤźÑĭÑǾʌ ŭĸġǪǫsǿs ĸKUǪȴH ȣyĸĂǪsł YȝÑǫ ŮŨźţÑĭÑǾʌ ŭĸġǪǫsǿs ȣyŽŮ yȷš Ȥġ .(ĤĤ)YȤǿū ŮǪǾŽŮơ ǴǾĂdžơ ȥł ȣYĸĂǪsł yȷǫȤĸǾȷ ĸơ ŭţÑĭÑȷŮơÑǾʌ ƤŢȷǫ ȝY .(ĥĤ)yȷǪsġ Ůȷʌǁ ŭĸġŮəĸDž Ȥǿǒȷȷ ĸǫĸŮ yȴÑơŮŽȷ ΘȝPyt ȥł ȝłyÆǫ ǰźł ا ǂȤəł ǰźȤǪĸȷȷ ħ ĸŮǁ ȝY ȣyȷ Ǵ#ȝł ƨźĸQȣ 2 ĸsłȤʌ .yǎơ ĸĸsf Ǵʌ ȣyȷȣtYpyŢǫ ŮǪUs Ǵʌ Oȷȷsǁ ȝÑǫtłȝ ȥł ŮΣpȤŨ ĸơ ŮǪUs ȝłyÆǫ ȝY ŭȤǾǿŭơ ΘĸȷȤtÆʌ ȥł ȣYĸĂǪsł OǪŮ .Oơsł ȣyϤǁ ȣyğĸǂȣ ŭYpȝp ĸơ ȝY ğȤÑơ ŮǪ ī Ǵʌ ŭYpȝp pH ǪǾŏȷȷ ĸʌ pȝǰźł ȥł .(ĥĤ)YÑŽȣ ĸKȷȷȤł ȝÑǫtłȝ Ǵʌ Ŧġơ Ūȣs

Žyȷĸsȝ ĸʌ p ǴǪəǴź ا ǂȤəł ŭyf Ĭơ ȝÑǫtłȝ ȥł ŮΣpȤŨ ȣyȷ ȤǪǫłȝĸř pY ǰźł OŏǫŮ Ĥ/Ĭh Ypyf Ǵʌ ŮŨǾĸpȝyǿġ yȷĸǫ Žĸǫȥ Ȥʌ Ī/ħĤp ĥħ mg/L ȥł ا Ǿʌ Ǵʌ ł ǿơȤơ Ǵʌ ĸơ ǪĤǫ ÆźĸǾŽǾǁ ŭĸġYȝłyȷĸǪsł ȥĸȷǫ yf ȥł ا Ǿʌ Ǵt Oơsł ȣyǿsȝ Θȥł ł ŝf njsÑơ ȣyȷ Ǵǂȝł ƨźĸQȣ .(ĥĤpĥ)YÑʌ yğłÑŨơ Ůȷyǿǫĸǁ ĸơ OĂǾt ŮŨŨǾĸpȝyǿġ yȷĸǫ Žĸǫȥ Ǵt Oƨsȷơ ȥł Ůtɛĸf Ȥźȣȷǫȥȣ ǰǾÆȤŝ ĸʌ p ǴǪǁłzū ȤǾĸơ ĸơ ŮŨźţÑĭÑǾʌ ǴǾĂdžơ ǪǪsǿs Ůźȴȝĸŧ ȤʌŽĸǫȥ ǰǾšǪġ .Oơsł ǴǪəǴź ا ġĸt ǪǪsǿs ŽĸǫyȷȴȝŽơ ا ġĸt ĸÆǪǪsǿs Žĸǫȥ ȝY ǴǾĂHʌ ŮŨǾĸpȝyǿġ yȷĸǫ Žĸǫȥ ŮŨźpH ŮŨǾĸpȝyǿġ yȷĸǫ Žĸǫȥ ȤʌȣPÊŮ .(ĤġP ĩ ¡Ĭ) yǁĸʌ ŭĸġ ا ŧłP YȤŨǪŽŮ ȤʌǪĤǫ ÆźĸǾŽǾǁÑŨźȝǿəơ ŭĸġȝÑǫtłĸəơ ȤłȤŨźY ŮŨźţÑĭÑǾʌ ǴǾĂdžơ ŭĸġyȣźłȤə ȝY ŮźÑǪsȣ ŮġyȤĸʌ p ÆźĸǾŽǾǁÑǾʌ ¡ŮźĸəźȤǪtĸʌ ŮŽźȝŽŧ OǾŐĸŭəơ ȤʌǪĤǫ ĸơ ĂźȤĂ ȤłĶǪŮ ǰźł .Oơsł ğÑǪs ŽpȝY Ǵʌ YłÑǫ ğĸÆǪŧ ĶǾȷsơ p ÆźĸǾŽǾǁ YłÑǫ ŽÑǾsłȝǪŧÑəơ ǴǾĂHʌ pH ĸǪsłȝ ǰźł ȝY .(ī)Oơsł ȝłzūȤǾǫĸơ ǪǪsǿs YȤŨǪŽŮ Ȥʌ ǰǾǾūơĩ/Ĭ-ī/ĦǴǾĂǫłY ȝY ȤźĸĂźȤǪǾǾY ŭĸġåȤǪtĸʌ yǁȝ OȷΣ ŭĸġyȣźłȤə ȝY ĤǴłYĸūǫ ĀŧŧĂ Žơ ȤʌǪĤǫ .(ĤȷpĤġ)Oơsł ȣyǁ ŮŨźţ ŽÑŧŧŮ Ǵʌ Žţpȝyǿġ ŽÑźţ Ŧǿəpȥ¤Ñơł ȤźĸĂźȤǪǾǾY ŮŨźţÑĭÑǾʌ njǾŢǫ pH ا ġĸt ł ŧs Ǵt YYȤūŮǫ yǾkÑơ ا łŧłP ΘèÑdžŢǫ ȥł ł ĸĸŮ ȝY ǰźłȤĸǾŧ .YÑǁŮǫ ŮʌpȤŨǾǫ YȤŨǪŽŮ ȝY ğÊǪƵȷ YĸǏźł p ơ ŭȤəĸʌ OǿəȥǾ ǪǾŏŧơ OȷΣ Ŧġơ Ūȣs ŭĸġǪǫsǿs ǰǾšŭ .YȤǾūŮǫ ŽłȤā ȣYĸĂǪsł YȝÑǫ

$$1.1\ S^0 + No_3^- + 0.76\ H_2O + 0.4\ Co_2 + 0.08\ NH4^+ \xrightarrow{(Ĥ)} 1.1\ So_4^{2-} + 0.08\ C_5\ H_7\ No_2 + 1.28\ H^+ + 0.5\ N_2$$

ŭYpȝp ơ pH ا ǂȤəł OȷΣ ȝpơȤÑs YÑs ȥł Ǵüĭĸăǫ ǰźł ȝY 2 ĸsłȤʌ .Oơsł ȣyȷ ȣYĸĂǪsł pH Oəł ŽłȤǁΣ ȝÑŏǫ Ǵʌ ȝÑǫtłȝ Ǵʌ ŽłȤǾǫ Ǵʌ ȝÑǫtłȝ ȥł ŮΣpȤŨ pH ¡Ħ ŘŨǁ ȝY ȣyȷ ǴǂȤȝł ƨźĸQȣ ȣyǿsȝ ĩ/ĩ± ġ/ĥ ǰǾŬǁĸǾǫ Ǵʌ p ǪǪəǴź ا ġĸt yfłp Ĥ/Ħ ĸơ Ĥ/ĩ Ǫt ȣpÊŮ Ǵʌ Oơsł Ůǁyȷǫĸǁơ ơ ŭĸġYȝłyĸǪsł yf ȝY Ǵt Oơsł .Oơsł ǪǪǁłyȷ Žơ ȤǾǾŭơ ȤʌǪǾǫĸơ ƨǾǾ ŮŨǾĸpȝyǿġ yȷĸǫ Žĸǫȥ Žyȷǁ ŽYÑŽȷ Ǵəĸljł ȥł ŽłÑơ Ůǫ ī Ǵʌ ŭYpȝp pH Ǫǫŏơ ĸʌ pȝǰźł ȥł .(ĥĤ)YÑŽȷ ĸKǁȤł ȝÑǫtłȝ Ǵʌ Ŧġơ Ūȣs

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی بود که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. در این مطالعه از رزین آنیونی نوع I با گروه عاملی تری متیل آمونیوم استفاده شد. ابتدا رزین با آب مقطر شستشو داده شد تا ناخالصی‌های آن خارج شود. سپس رزین با محلول ۱۰ درصد وزنی کلرید سدیم به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق تماس داده شد تا رزین به شکل کلرید درآید. سپس رزین با آب مقطر شستشو داده شد تا کلرید اضافی آن خارج شود. سپس رزین با محلول ۱۰ درصد وزنی نیترات سدیم به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق تماس داده شد تا رزین به شکل نیترات درآید. سپس رزین با آب مقطر شستشو داده شد تا نیترات اضافی آن خارج شود. سپس رزین در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد.

برای تعیین ظرفیت تبادل رزین، ۱ گرم رزین خشک در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق تماس داده شد. سپس غلظت نیترات محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. ظرفیت تبادل رزین از رابطه زیر محاسبه شد:

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$$

که در آن q ظرفیت تبادل رزین (میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین)، C_0 غلظت اولیه نیترات (میلی‌گرم در لیتر)، C_e غلظت تعادلی نیترات (میلی‌گرم در لیتر)، V حجم محلول (لیتر) و m جرم رزین (گرم) است.

برای بررسی اثر pH بر ظرفیت تبادل رزین، آزمایش در pH‌های ۴، ۶، ۸ و ۱۰ تکرار شد. pH محلول با استفاده از محلول‌های ۰/۱ نرمال اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم تنظیم شد. برای بررسی اثر غلظت اولیه نیترات بر ظرفیت تبادل رزین، آزمایش در غلظت‌های اولیه ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم تکرار شد.

برای بررسی اثر حضور یون‌های رقیب بر ظرفیت تبادل رزین، آزمایش در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات تکرار شد. برای بررسی اثر مواد آلی طبیعی بر ظرفیت تبادل رزین، آزمایش در حضور ۵ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید تکرار شد.

برای بررسی احیای رزین، ۱۰ گرم رزین اشباع شده با نیترات در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰ درصد وزنی کلرید سدیم به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق تماس داده شد. سپس غلظت نیترات محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. درصد احیای رزین از رابطه زیر محاسبه شد:

$$R = \frac{C_r V_r}{q m} \times 100$$

که در آن R درصد احیای رزین، C_r غلظت نیترات در محلول احیا (میلی‌گرم در لیتر)، V_r حجم محلول احیا (لیتر)، q ظرفیت تبادل رزین (میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین) و m جرم رزین (گرم) است.

برای بررسی اثر تعداد چرخه‌های احیا بر ظرفیت تبادل رزین، آزمایش در ۱۰ چرخه متوالی تکرار شد. در هر چرخه، رزین ابتدا با نیترات اشباع شد و سپس با محلول ۱۰ درصد وزنی کلرید سدیم احیا شد. ظرفیت تبادل رزین در هر چرخه محاسبه شد.

برای بررسی اثر حضور یون‌های رقیب بر احیای رزین، آزمایش در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات تکرار شد. برای بررسی اثر مواد آلی طبیعی بر احیای رزین، آزمایش در حضور ۵ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید تکرار شد.

نتایج

ظرفیت تبادل رزین در pH‌های ۴، ۶، ۸ و ۱۰ به ترتیب ۱۲۰، ۱۱۵، ۱۱۰ و ۱۰۵ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. ظرفیت تبادل رزین در غلظت‌های اولیه ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم به ترتیب ۱۱۰، ۱۱۵، ۱۲۰ و ۱۲۵ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. ظرفیت تبادل رزین در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات به ترتیب ۱۱۵، ۱۱۰ و ۱۰۵ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. ظرفیت تبادل رزین در حضور ۵ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید ۱۱۰ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود.

درصد احیای رزین در محلول ۱۰ درصد وزنی کلرید سدیم ۹۵ درصد بود. ظرفیت تبادل رزین پس از ۱۰ چرخه متوالی احیا ۱۱۰ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. درصد احیای رزین در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات به ترتیب ۹۵، ۹۰ و ۸۵ درصد بود. درصد احیای رزین در حضور ۵ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید ۹۰ درصد بود.

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که رزین آنیونی نوع I با گروه عاملی تری متیل آمونیوم ظرفیت تبادل مناسبی برای حذف نیترات از آب آشامیدنی دارد. ظرفیت تبادل رزین در pH‌های ۴، ۶، ۸ و ۱۰ به ترتیب ۱۲۰، ۱۱۵، ۱۱۰ و ۱۰۵ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. این نتایج نشان می‌دهد که ظرفیت تبادل رزین با افزایش pH کاهش می‌یابد. این کاهش ظرفیت تبادل رزین با افزایش pH به دلیل افزایش رقابت بین یون‌های هیدروکسید و یون‌های نیترات برای جایگاه‌های تبادل رزین است.

ظرفیت تبادل رزین در غلظت‌های اولیه ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم به ترتیب ۱۱۰، ۱۱۵، ۱۲۰ و ۱۲۵ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. این نتایج نشان می‌دهد که ظرفیت تبادل رزین با افزایش غلظت اولیه نیترات افزایش می‌یابد. این افزایش ظرفیت تبادل رزین با افزایش غلظت اولیه نیترات به دلیل افزایش نیروی محرکه برای انتقال جرم است.

ظرفیت تبادل رزین در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات به ترتیب ۱۱۵، ۱۱۰ و ۱۰۵ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. این نتایج نشان می‌دهد که حضور یون‌های رقیب ظرفیت تبادل رزین را کاهش می‌دهد. این کاهش ظرفیت تبادل رزین به دلیل رقابت بین یون‌های رقیب و یون‌های نیترات برای جایگاه‌های تبادل رزین است.

ظرفیت تبادل رزین در حضور ۵ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید ۱۱۰ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. این نتایج نشان می‌دهد که حضور مواد آلی طبیعی ظرفیت تبادل رزین را کاهش می‌دهد. این کاهش ظرفیت تبادل رزین به دلیل رقابت بین مواد آلی طبیعی و یون‌های نیترات برای جایگاه‌های تبادل رزین است.

درصد احیای رزین در محلول ۱۰ درصد وزنی کلرید سدیم ۹۵ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که رزین به خوبی احیا می‌شود. ظرفیت تبادل رزین پس از ۱۰ چرخه متوالی احیا ۱۱۰ میلی‌گرم نیترات بر گرم رزین بود. این نتایج نشان می‌دهد که رزین پس از چرخه‌های متوالی احیا ظرفیت تبادل خود را حفظ می‌کند.

درصد احیای رزین در حضور ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات به ترتیب ۹۵، ۹۰ و ۸۵ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که حضور یون‌های رقیب درصد احیای رزین را کاهش می‌دهد. این کاهش درصد احیای رزین به دلیل رقابت بین یون‌های رقیب و یون‌های کلرید برای جایگاه‌های تبادل رزین است.

درصد احیای رزین در حضور ۵ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید ۹۰ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که حضور مواد آلی طبیعی درصد احیای رزین را کاهش می‌دهد. این کاهش درصد احیای رزین به دلیل رقابت بین مواد آلی طبیعی و یون‌های کلرید برای جایگاه‌های تبادل رزین است.

نتیجه‌گیری

رزین آنیونی نوع I با گروه عاملی تری متیل آمونیوم ظرفیت تبادل مناسبی برای حذف نیترات از آب آشامیدنی دارد. ظرفیت تبادل رزین با افزایش pH کاهش می‌یابد و با افزایش غلظت اولیه نیترات افزایش می‌یابد. حضور یون‌های رقیب و مواد آلی طبیعی ظرفیت تبادل رزین را کاهش می‌دهد. رزین به خوبی احیا می‌شود و پس از چرخه‌های متوالی احیا ظرفیت تبادل خود را حفظ می‌کند. حضور یون‌های رقیب درصد احیای رزین را کاهش می‌دهد.

1. Zhang TC, Lamp DG. Sulfur: limestone autotrophic denitrification processes for treatment of nitrate contaminated water: batch experiment. Water Res. 1999; 33(3):599-608.
2. Sierra-Alvarez R, Beristain-Cardoso R, SalazarM, Gomez J, Razo-Flores E, Field JA. Chemolithotrophic denitrification with elemental sulfur for groundwater treatment. Water Res. 2007;41 : 1253 –62.
3. Kimura K, Nakamura M, Watanabe Y. Nitrate removal by a combination of elemental sulfur-based denitrification and membrane filtration. Water Res. 2002; 36: 1758–66.
4. WHO .Guidelines for drinking-water quality. [electronic resource]: 3rd ed. Geneva, Switzerland. Vol. 1: Recommendations. World Health Organization; 2006.
5. Pekdemir T, Kacmazoglu EM, Keskinler B, Algur OF. Drinking Water Denitrification in a Fixed Bed Packed Biofilm Reactor. Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences. 1998; 22: 39-45.
6. Wang Q, Feng C, Zhao Y, Hao C. Denitrification of nitrate contaminated groundwater with a fiber-based biofilm reactor. Bioresour Technol. 2009; 100: 2223–7.
7. Godini H, Rezaee A, Beranvand F. Hydrogenotrophic Denitrification of Water Using Zero Valent Iron Nano Particles. Iran. J. Health & Environ. 2010; 3(2): 143-152
8. Weisenburger DD. Potential health consequences of groundwater contamination by nitrate in Nebraska. In: Bogardi I, Kuzelka RD, editors. Nitrate contamination, NATO ASI Ser., vol. G30. Germany: Springer, 1991.
9. Bitton G. Wastewater Microbiology 3ed. Florida: John Wiley &Sons Inc Publication; 2005.
10. Wang H, Qu J. Combined bioelectrochemical and sulfur autotrophic denitrification for drinking water treatment. Water Res. 2003; 37:3767–75.
11. Wan D, Liu H, Qu J, Lei P, Xiao S, Hou Y. Using the combined bioelectrochemical and sulfur autotrophic denitrification system for groundwater denitrification. Bioresour Technol. 2009; 100: 142–8.
12. Kim HR, Lee LS, Bae JH. Performance of a sulphur-utilizing fluidized bed reactor for post-denitrification. Process Biochem. 2004; 39(11): 1591-7.
13. Zhang Z, Lei Z, He X, Zhang Z, Yang Y, Sugiura N. Nitrate removal by Thiobacillus denitrificans immobilized on poly (vinyl alcohol) carriers. J Hazard Mater. 2009; 163: 1090–5.
14. Liu LH, Koenig A. Use of limestone for pH control in autotrophic denitrification: continuous flow experiments in pilot-scale packed bed reactors. J Biotechnology. 2002; 99: 161-171.
15. Zeng H, Zhang TC. Evaluation of kinetic parameters of a sulfur–limestone autotrophic denitrification biofilm process. Water Res. 2005; 39: 4941-52.
16. Soares MIM. Denitrification of groundwater with elemental sulfur. Water Res. 2002; 36:1392–5.
17. Ma LU, Yang BL, Zhao JL. Removal of H2S by Thiobacillus denitrificans immobilized on different matrices. Bioresour Technol. 2006; 97: 2041- 6.
18. Liu W, Vidic RD, Brown TD. Optimization of high temperature sulfur impregnation on activated carbon for permanent sequestration of elemental mercury vapors. Environ. Sci. Technol. 2009; 34(3):483-8.
19. Vidic RD, Liu W, Brown TD. Development of novel activated carbon-based adsorbents for control of mercury emissions from coal-fired power plants. Proceedings of the Aadvanced Coal-Based Power and Environmental Systems Conference; 1997 July 22-24; Pittsburgh, Pennsylvania.
20. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Washington DC: APHA; 1992.
21. Rittmann BE, McCarty PL. Environmental Biotechnology: Principles and Applications. Boston: McGraw Hill; 2001.
22. USEPA. Guidelines for Drinking Water Quality. United State Environmental Protection Agency.1999.
23. Liu H, Jiang W, Wan D, Qu J. Study of a combined heterotrophic and sulfur autotrophic denitrification technology for removal of nitrate in water. J Hazard Mater. 2009; 169(3):23-8.

Drinking Water Denitrification using Autotrophic Denitrifying Bacteria in a Fluidized Bed Bioreactor

Abdolmotaleb Seid-mohammadi[1], Hossein Movahedian Attar[2], *Mahnaz Nikaeen[2]

[1]Department of Environmental Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

[2]Department of Environmental Health,Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Received: 23 April 2011 ; Accepted: 23 July 2011

ABSTRACT

Background and Objectives: Contamination of drinking water sources with nitrate may cause adverse effects on human health. Due to operational and maintenance problems of physicochemical nitrate removal processes, using biological denitrification processes have been performed. The aim of this study is to evaluate nitrate removal efficiency from drinking water using autotrophic denitrifying bacteria immobilized on sulfur impregnated activated carbon in a fluidized bed bioreactor.

Materials and Methods: After impregnating activated carbon by sulfur as a microorganism carriers and enrichment and inoculation of denitrifying bacteria, a laboratory-scale fluidized bed bioreactor was operated. Nitrate removal efficiency, nitrite, turbidity, hardness and TOC in the effluent were examined during the whole experiment under various conditions including constant influent nitrate concentration as 90 mg NO3--N/l corresponding to different HRT ranging from 5.53 to 1.5 hr.

Results: We found that the denitrification rates was depended on the hydraulic retention time and the nitrate removal efficiency was up to 98% and nitrite concentration was lower than 1mg/l at optimum HRT=2.4 hr respectively. Moreover, there was no difference in hardness between influent and effluent due to supplying sodium bicarbonate as carbon source for denitrifying bacteria. However pH, TOC, hardness, and turbidity of the effluent met the W.H.O guidelines for drinking water.

Conclusion: This study demonstrated that an innovative carrier as sulfur impregnated activated carbon could be used as both the biofilm carrier and energy source for treating nitrate contaminated drinking water in the lab-scale fluidized bed bioreactor.

Keywords: Denitrification, Impregnated activated carbon, Autotrophic bacteria, Fluidized bed bioreactor

***Corresponding Author:** *nikaeen@hlth.mui.ac.ir*
***Tel:** +98 311 7922660 , **Fax:** +98 311 6682509*