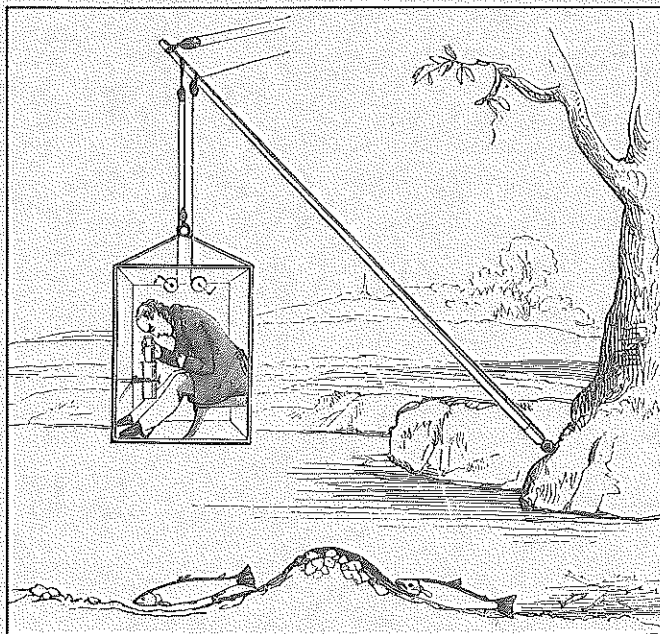


Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



ROSALIE A. SCHNICK

En litteraturoversikt över användningen av
antimycin inom fiskevården

EN LITTERATURÖVERSIKT ÖVER ANVÄNDNINGEN AV ANTIMYCIN INOM FISKEVÅRDEN

Rosalie A. Schnick^{x)}

FÖRORD AV GUNNAR SVÄRDSON	2
SAMMANDRAG	3
DEN HISTORISKA ANVÄNDNINGEN AV ANTIMYCIN INOM FISKEVÅRDEN	4
FYSIKALISKA OCH KEMISKA EGENSKAPER	5
Data om fysikaliska/kemiska egenskaper	5
Produkter	5
Tester	6
Motverkan	6
Verknings sätt	7
Nedbrytning	8
VERKAN	9
Användningssätt	9
Specificitet	11
Faktorer som påverkar effektiviteten	12
Motverkan	13
TOXICITET FÖR ICKE AVSEDDA ORGANISMER	14
Analys av toxicitetstabeller	15
Humansäkerhet	15
RESTPRODUKTER	39
BEHANDLINGSMETODER	40
REGISTRERINGSTILLSTÅND	42
APPENDIX A: Tekniska data om antimycin	43
APPENDIX B: Engelska och latinska namn på fiskar	45
LITTERATUR	47

^{x)} Det amerikanska originalet (Report No. FWS-LR-74/01) utgavs 1974 av National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce.

FÖRORD

Miljövården vänder sig med rätta mot det moderna samhällets spridning av kemikalier i naturen. Inte minst fiskets talesmän har upplevt vad kvicksilver, DDT och PCB i sjöarna ställer till med. För närvarande regnar svavlet bokstavligen ner över oss alla och tiotusen norska sjöar är fisktomma, lika många svenska på väg åt samma håll.

Det kan tyckas paradoxalt att det i den situationen finns fiskdödande ämnen som gynnar oss och står i fiskevårdens tjänst. Så är nämligen fallet. För att förstå detta måste man veta, att några få vuxna fiskar i gynnsamma fall får tusentals avkomlingar och att man med fiske ej kan utrota en art ur ett fiskevatten, samt att närvaron av mört, ruda, braxen, abborre och gädda i ett mindre vatten omöjliggör överlevnad av laxfiskar. Man bör också betänka att fiskar varken kan flyga eller gå på land, d.v.s. de kan ej återkolonisera en behandlad källsjö, vars utlopp försetts med ett vandringshinder. Alla våra fjällsjöar har sin uppskattade fiskfauna bevarad sedan tusentals år bl.a. på grund av forsarna och fallen nedströms.

Våren 1955 utarbetades på Sötvattenslaboratoriet en PM om rotenon som spreds till samtliga fiskeritjänstemän och publicerades i augusti-häftet av Svensk Fiskeritidskrift. I samma häfte kunde också redan de första fältförsöken från sensommaren 1955 nämnas. Året därpå påbörjades rotenonets era i svensk fiskevård genom behandlingen av Halmsjön. Sedan dess har mer än tusen sjöar behandlats och fritidsfisket har haft mycket stor glädje av detta ofarliga kemiska redskap. Det har också bidragit till en kraftigt ökad kunskap om hur konkurrens och predation dominerar det ekosystem som en sjö utgör.

Den skrift som här presenteras för svenska läsare är en amerikansk officiell publikation över allt vad man vet rörande antimycin, det medel som många nordamerikanska fiskeribiologer och miljövårdare tror hör framtiden till. Översättningen är gjord av fil.dr. Per Nyberg, som också leder det försöksarbete där antimycinet är tänkt att i första hand prövas, nämligen restaurering av försurade små källsjöar. Dessa blir av topografiska skäl lätt försurade och om de har mört, abborre och gädda som innevånare kan man av ekonomiska skäl inte tänka sig att kalka sådana vatten för att rädda ett tynande fiskbestånd. Om man däremot slår ut dessa fiskar helt, d.v.s. påskyndar förloppet och bygger vandringshinder vid utloppet samt kalkar upp dem får man ett sportfiskevatten (ev. kräftvatten) samt dessutom en gynnsam effekt på nedanförliggande sjöar, d.v.s. lägre kalkningskostnader där.

Så är planerna. Först måste antimycinet godkännas som behandlingsmedel och prövas i svenska fältförsök. Därefter kan det eventuellt komma till allmänare användning. Det är lång väg dit. Vi har dock velat starta denna utveckling under full information och insyn och börjar vårt arbete med att presentera antimycinet, så att var och en själv kan övertyga sig om dess lovande egenskaper.

Gunnar Svärdson

SAMMANDRAG

Antimycin har använts som fiskgift under tio år. Det är effektivt i mycket blygsamma koncentrationer (0.5-10 µg/l) mot fisk i alla åldersstadier, men med stor variation i specificitet mellan olika arter. Ämnet kan därför användas vid selektiva, partiella och fläckvisa behandlingar. Andra förtjänstfulla egenskaper hos antimycin omfattar irreversibel verkan, icke repellerande effekt på fiskar, avsaknad av färg och lukt i vatten och snabb naturlig nedbrytning. Vid behov kan det avgiftas snabbt med kaliumpermanganat eller klor och avlägsnas med aktivt kol. Antimycinets aktivitet försämras signifikant av högt pH och i mindre grad av låg vattentemperatur.

Fiskdödande koncentrationer av antimycin är relativt oskadliga för andra akvatiska organismer, sjöfåglar och däggdjur. Noggranna bioassayförsök bör dock utföras på platsen för att försäkra sig om att inte överdosering sker.

En mycket känslig metod finns för att bestämma antimycinhalten i vatten och pågående undersökningar resulterar snart i en känslig metod för vävnader.

DEN HISTORISKA ANVÄNDNINGEN AV ANTIMYCIN INOM FISKEVÅRDEN

Antimycin upptäcktes 1945 och isolerades från en *Streptomyces* sp.-kultur vid växtpatologiska institutionen vid universitetet i Wisconsin (Leben och Keitt 1948). Den biokemiska institutionen vid samma universitet isolerade sedan ämnet i kristallinsk form och klargjorde dess kemiska struktur 1948 (Dunshee et al. 1949). Trots att antimycin visade sig hämma svampars tillväxt, påverkades inte de flesta bakterier som testades (Leben och Keitt 1948, Lockwood et al. 1954, Nakayama et al. 1956). Antimycins verkan som potentiell hämmare av aerob respiration har studerats i stor omfattning sedan dess upptäckt. Det anses allmänt att ämnet utövar en potentiell kontroll på vissa växtsjukdomar.

Omkring 18 år efter antimycinets upptäckt, visade sig ämnet vara ytterst giftigt för fisk i mycket låga koncentrationer, koncentrationer som inte påverkade andra organismer (Derse och Strong 1963). Derse och Strong inlämnade en patentansökan på antimycin som fiskgift den 13 mars 1962 och beviljades patentet den 13 oktober 1964 (Strong och Derse 1964). De föreslog att man skulle ta hänsyn till antimycin i fiskevårdssammanhang på grund av dess låga toxicitet för andra organismer, snabba nedbrytning och höga giftighet för i vanliga fall motståndskraftiga fiskar. De föreslog att ämnet skulle genomgå testprogrammet vid Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin och laboratoriet beslutade att utföra omfattande tester (Lennon 1966). Ytterligare undersökningar har också utförts av Wisconsin Alumni Research Foundation, Madison och Ayerst Laboratories, New York.

Under de sista tio åren har man mycket noggrant undersökt antimycinets toxicitet och verkan både i laboratorie- och i fältförsök. Stora skillnader i känslighet förekommer mellan olika fiskarter, och vissa miljöfaktorer påverkar antimycinets aktivitet. Fiskens ålder har dock liten eller ingen betydelse för känsligheten. Laboratorie- och fältförsök med antimycin visar att koncentrationer som dödar fisk, inte tycks påverka andra vattenlevande organismer eller djur som äter fisk (Walker et al. 1964, Gilderhus et al. 1969, Berger et al. 1969). I samma typ av försök visade sig ämnet verka irreversibelt, sakna färg och lukt, inte vara fränstötande och inte stabilt (Lennon 1970 b).

Fältförsök och behandlingar visade att antimycin effektivt kan användas som en allmän och selektiv piscicid vid totala eller partiella behandlingar. Ämnet är speciellt effektivt vid selektiv utrotning av scalefish i catfish-dammar, småvuxna sunfish-bestånd, yellow perch och främmande fiskar i largemouth bass-dammar. Antimycin har visat sig vara effektivt i många typer av vatten - sött och salt, surt och basiskt, kallt och varmt, rinnande och stillastående (Vezina 1971).

Testerna visade lämplig säkerhet och verkan för att USDA's Pesticide Regulations Division skulle registrera en antimycin-produkt 1966. Sedan dess har två produkter registrerats och tre testas för ytterligare ändamål och effektivare utlösning av ämnet.

På grund av sina många fördelar har antimycin på senare år vunnit avsevärt förtroende hos många yrkesmän bland sport- och yrkesfiskare och fiskodlare (Lennon 1970 a).

Undersökningarna av antimycin fortsätter för att behålla dess nuvarande registrering och för att tillmötesgå de reglerande myndigheternas nya krav. Under de två sista åren har därför studier av inaktivering, effekter på evertebrater och metodstudier av restprodukter ökat.

FYSIKALISKA OCH KEMISKA EGENSKAPER

Data om fysikaliska/kemiska egenskaper

Antimycinextraktet renas till ett fint kristallinskt material. Dess molekylvikt är 548.22 och det innehåller 61.30 % kol, 7.35 % väte, 5.11 % kväve och 26.25 % syre. Smältpunkten är 149-150° C. Ämnet är lösligt i alkohol, eter, aceton och kloroform. Det är mycket lite lösligt i petroleumeter, bensen och kloroform, och praktiskt taget olösligt i vatten och 5 % vattenlösningar av saltsyra, natriumkarbonat och -bikarbonat (Stecher 1968, Frear 1969, Rose and Rose 1966).

Antimycin är ett komplex bestående av flera aktiva fraktioner, vilka har identifierats genom papperskromatografi som antimycin A₁-A₄. För de vanligaste, antimycin A₁ och A₃, har den kemiska strukturen identifierats (van Tamelen et al. 1961, Dickie et al. 1963). En besläktad förening, blastmycin, består huvudsakligen av antimycin A₃-fraktionen med spår av A₄ (Strong 1956, Liu och Strong 1959).

Antimycin är stabilt vid kall och mörk förvaring. Ämnet förstörs av en tids upphettning och antimycinkristaller som förvarats 60 minuter i 200° C är inte giftiga för regnbågsungar under 96 timmar i en koncentration av 5-25 µg/l (Berger et al. 1969).

Produkter

Det tidiga utvecklingsarbetet på antimycin som piscicid omfattade utförliga tester av olika former för att möta behovet från fiskehåll. Det var nödvändigt ta hänsyn till att en vattenmassa är ett komplext tredimensionellt system och att den ena vattenmassan inte är den andra lik. De första produkterna som utvecklades var besprutade på sand och gav en snabb likformig spridning av kemikalien ned till ett visst vattendjup (Vezina 1971). Antimycin är allmänt tillgängligt i sex olika former, varav tre är registrerade. De torra produkterna (Fintrol-5, Fintrol-15 och Fintrol-30) består av sandkorn, som täckts av ett lager polyetylen-glykol, som innehåller olika koncentrationer av antimycin. Fintrol-5 (EPA registreringsnummer 8991-5, registrerat 1966) innehåller 1 % antimycin, 24 % Carbowax¹⁾ och 75 % sand och giftet utlöses jämnt fördelat ned till 1.5 m djup. Fintrol-15 (EPA registreringsnummer 8991-6, registrerat 1968) innehåller 5 % antimycin och är verksamt från ytan ned till 4.5 m. Fintrol-30 (oregistrerat) innehåller 3.2 % antimycin och är verksamt ned till 9 m. Nyligen har en snabbjunkande produkt med fördröjd utlösning utvecklats, som frigör allt gift vid botten. Denna är effektiv mot larver av havsnejonögon i floddeltan och i sakta rinnande och djupa estuarier (Cumming in press, Gilderhus 1971, 1973).

¹⁾ Polyethylene Glycol 6000, Union Carbide Company.

Fintrol-Concentrate (EPA registreringsnummer 8991-7, registrerat 1969) är en vätska, som innehåller 10 % antimycin, ett ytaktivt ämne och aceton och är avsett för grunda eller rinnande vatten.

Vid jämförelse mellan antimycin i vätskeform och antimycin på sandkorn fann Hogan (1965) att

1. vätskeformen hade snabbare effekt på känsliga fiskar än sandprodukten,
2. vätskeformen kvardröjde en dag längre i vattnet än sandformen,
3. vätskan var något effektivare, men överhuvud taget var resultaten mycket lika.

Andra fasta produkter av antimycin, i "tack"- eller "kakform", har utvecklats för att användas i floder och bäckar, för att undvika arbetet med att blanda lösningar och för att spara mätanordningar. "Tack"-produkten (oregistrerad) innehåller 14 % antimycin i blandning med 1 % fluorescerande färgämne, 10 % DMF och 75 % kemiskt inaktiva beståndsdelar i en nätkasse (Radonski 1972, Dawson 1971). När "tackan" placeras i rinnande vatten utlöses antimycin likformigt under en viss tidsperiod (Lennon och Vezina 1973).

Tester

Olika metoder för att testa antimycin finns tillgängliga, från mikrobiologiska assay-försök till manuella eller automatiserade spektrofotometriska metoder och mycket specialiserade och känsliga fiskförsök. Trots att mikrobiologiska försök är användbara (Strong 1956; Schneider et al. 1952), föredras spektrofotofluorimetriska metoder på grund av att inga mödosamma korrektioner krävs och att resultaten blir mera exakta. Sehgal et al. (1965) rapporterade de fluorimetriska försöken med antimycin A i kulturer, extraherade koncentrat och etanollösningar av slutprodukterna. Den fluorimetriska metoden automatiserades av Sehgal och Vezina (1967) för att klara assay-försök på vattenprov från fältmässig användning av antimycin. Den relativa fiskdödande aktiviteten av fyra huvudkomponenter i antimycin bestämdes i ett modifierat fiskförsök och ingen stor skillnad noterades mellan de olika komponenterna och komplexet antimycin A (Kleupfel et al. 1970). En pyrolytisk gas- och vätskekromatografisk metod utvecklades av Schilling et al. (1970), för att förbättra metoderna för kvalitativ och halvkvantitativ analys. Haegele och Desiderio (1973) använde EI och CI masspektrometri. De fann att det, förutom de 10 kända komponenterna i antimycinkomplexet, förekom ytterligare 13. Av de halvkvantitativa resultaten som erhöles, fann de att summan av procentsatserna blev 87 %.

Motverkan

På grund av att vissa behandlingssituationer kan kräva användning av fler än en kemikalie, har många forskare undersökt effekten av antimycin och andra föreningar tillsammans. Bioassayförsök visade att antimycin och rotenon i kombination tycks ha additiv effekt (Howland 1969). Å andra sidan, verkar antimycin A synergetiskt med 1,2-dibromo-2,2-diklor-etyl dimetylfosfat och dödar black bullheads, largemouth bass och yellow perch effektivare än enbart antimycin (Berger 1971).

På grund av den ökade användningen av antimycin för att restaurera bäckar, var det nödvändigt att studera om antimycin påverkas av de färgämnen som används för att spåra bäckvattnet eller giftets transport nedströms. Marking (1969) fann att antimycin inte påverkas av rhodamin B och fluorescerande natrium.

Verkningsätt

Antimycin blockerar specifikt elektrontransporten mellan cytokrom b och cytokrom c (Potter och Reif 1952). Det antimycinkänsliga stället är beläget i komplex III i den mitokondriska andningskedjan (Rieske et al. 1967 a, 1967 b). De flesta bakterier saknar antingen antimycinkänsligt ställe eller har alternativa elektrontransportvägar och är resistenta mot antimycin (Lennon och Vezina 1973).

Det faktum, att fiskarna skiljs från sitt medium genom ett, en cell tjockt epitel på gälarna, kan förklara varför dessa är känsligare för antimycin än andra organismer. När ämnet absorberas på gälarna, hindrar det fiskarnas respiration (Derse och Strong 1963). En undersökning av succinoxidasystemet i levermitokondrier från bluegill visade att antimycin inhiberar syrgasupptagningen på cellnivå (Hiltibran 1965).

Schoettger och Svendsen (1970) studerade effekten av antimycin på respirationen i olika typer av vävnader från flera fiskarter. Vävnaderna från mycket känsliga fiskar (öring) har högre respiration än vävnader från motståndskraftiga fiskar (channel catfish). Syrgasförbrukningen var högst i levern, följt av hjärna och njurar. *In vitro* var hjärnan mest resistent mot giftet, följt av lever och njurar. Hjärnan var känsligare *in vivo* än *in vitro*; lever och njurar var mindre känsliga *in vivo* än *in vitro*. När både öring och catfish exponerades i antimycin *in vivo* var inhiberingen av öringens lever och njurar och hjärnan hos catfish, som i *in vitro*-försök. Öringens hjärna var emellertid 8 gånger känsligare *in vivo*, medan lever och njurar hos catfish var ungefär en fjärdedel så känsliga. Gälvävnaden hos catfish var över 4 gånger motståndskraftigare än öringens.

Forskare har framfört tanken att fiskars känslighet också kan bero på dessas oförmåga att avgifta eller utsöndra ackumulerat antimycin (Rieske 1967). Sex fiskarter (yellow perch, white bass, bluegill, blackbullhead och karp) exponerades i antimycin av Hinz (1972) och homogenat från levern analyserades för att studera inaktiveringen av antimycinet. Homogenatet från bullhead uppvisade den snabbaste inaktiveringen och denna var 9 gånger snabbare än för white bass. Homogenat från råttlever inaktiverar också antimycin med ungefär samma hastighet som hos fiskar (Potter och Reif 1952). Olikheter i känslighet mellan olika fiskarter sammanfaller inte med olika nedbrytningshastigheter av antimycin i homogenat av fisklever, varför det är möjligt att nedbrytning i någon annan vävnad är mer betydelsefull för resistensen mot antimycin (Hinz 1972)

Fiskens reaktion på antimycin är ganska långsam och inte särskilt uppseendeväckande. Fisken blir först desorienterad, simmar sedan mot ytan och blir oförmögen att svara på stimuli. På slutet växlar fisken mellan ett irrande simmande och ett vilande tillstånd (Gilderhus et al. 1969).

Antimycinets verkningsätt på däggdjur har också studerats. Vid försök med råttor fann man att antimycin A *in vitro* var en kraftig hämmare av succinoxidationen i alla undersökta vävnader (Potter och Reif 1952). Injektioner av letala doser (1-3 mg/kg) av antimycin A resulterade i kraftig hämning *in vivo* av njälte, lungor och sköldkörtel, medan hjärta, hjärna och muskulatur inte påverkades. Oliigheterna i antimycinets verkan i *in vitro*- och *in vivo*-försök kan bero på skillnader i blodgenomströmning eller kapillärens permeabilitet i olika vävnader (Reif och Potter 1953 a). Trots att antimycin hämmar respirationen på ett stoikiometriskt sätt, kan inhiberingen hos däggdjur hävas med reagens som serumalbumin (Reif och Potter 1953 b).

Undersökningar har också utförts angående de toxiska effekterna av antimycin A på vävnaders utveckling hos kycklingembryon. Trots att varken ektodermala eller endodermala vävnader i låga temperaturer påverkades signifikant av antimycin A, så påskyndades utvecklingen av hjärta och somiter (McKenzie och Ebert 1960). I andra tester inhiberades utvecklingen av pariga somiter vid en antimycin A-koncentration av 0.04 mg/ml medium. Haemoglobinbildningen påverkades dock ej. Antimycinets effekter på kycklingembryo kan hävas eller blockeras av ett specifikt protein. (Reporter och Ebert 1965).

Nedbrytning

Nedbrytningen, inaktiveringen eller borttransporten av antimycin i vatt-
net kan mätas med analytiska instrument, jäst-assay eller fisk-assay
(Lee et al. 1971, Lennon och Vezina 1973).

Antimycin är känsligt för alkalisk nedbrytning. Den cykliska diestern spjälkas hydrolytiskt vid laktonkarbonylgrupperna och bildar antimycin-syra eller blastmycinsyra och ett neutralt fragment (van Tamelen et al. 1961, Liu et al. 1960, Tener et al. 1953). Hussain (1969) bestämde kinetiken och hydrolysmekanismen hos antimycin A för att bättre kunna förstå nedbrytningshastigheten i naturliga vatten. Han observerade, att under neutrala och alkaliska förhållanden, följde nedbrytningsförloppet reaktioner av första ordningen: Antimycin A₁ $\xrightarrow{R_1}$ blastmycinsyra + antimycinlakton $\xrightarrow{R_2}$ fettsyror.

Antimycinets nedbrytningshastighet är snabb i naturliga vatten och accelereras av högt pH, hög temperatur och ljus. För fullständig nedbrytning krävs 1-14 dagar men vanligtvis räcker 4-7 dagar.

Vattnets pH påverkar nedbrytningen i mycket hög grad. Antimycinets halveringstid varierade i laboratorieförsök från 310 timmar vid pH 6.0 till 1.5 timmar vid pH 10 och 12° C (Marking och Dawson 1972).

Observationer vid fältförsök av Gilderhus et al. (1969), Berger et al. (1969), Lennon och Berger (1970) visade att nedbrytningen kan ta från några timmar upp till 2 veckor. I dammar, som hade en total hårdhet av 10 mg/l, pH 7.0-7.2 och vattentemperatur 12-13° C, bestod de fiskdödande koncentrationerna av antimycin upp till 3 veckor. Å andra sidan inaktiverades en antimycin-koncentration på 7.5 µg/l, redan innan någon signifikant fiskdöd inträffat, i en sjö där den totala hårdheten var 204 mg/l, pH 9.3 och temperaturen 16.6°. Vid pH 8.5-9.0 hade 5 µg/l antimycin ingen

effekt på öring under 120 timmar. Antimycin avgiftas lätt vid pH 9.5 och detta beror på en kombination av avgiftning och nedbrytning. Inaktivering-
en är beroende av hur mycket antimycinmolekylen joniseras och är reversi-
bel. Antimycin blir inaktivt vid pH 9.5, men toxiciteten kan återfås genom
att sänka pH. Den första minskningen av aktiviteten vid pH 9.5 beror
därför på inaktivering och den därpå följande minskningen beror på ned-
brytning (Marking 1973).

Temperaturen påverkar också nedbrytningshastigheten, men i mindre utsträck-
ning än pH. Marking och Dawson (1972) fann att temperaturen påverkade an-
timycinets halveringstid i försök som utfördes vid pH 7.5. Vid 12° C var
halveringstiden 120 timmar, vid 17° 93 timmar och vid 22° 68 timmar.

Även solljus påverkar nedbrytningen, men inte så mycket som pH. Jäst-
assays, utförda av Lee et al. (1971), visade att halveringstiden för
antimycin i vattenlösning i solljus och i skugga var mindre än 20 minuter.
Antimycinets halveringstid i mjukt "tillverkat" vatten (pH 7.2-7.6; hård-
het 40-48 mg/l) som exponerades i UV-ljus var 1.35 timmar i 20 % etanol
och 19.2 minuter i 20 % aceton (Dawson 1973). Halveringstiden för anti-
mycin vid pH 7.5 utan solljusexponering är emellertid 120 timmar (Marking
och Dawson 1972). Dawson (1973) visar att aceton ökar antimycinets ljus-
känslighet och att fotonedbrytning endast förekommer nära vattenytan
på grund av att vattnets grumlighet hindrar ljuset från att tränga längre
ned.

Vattnets hårdhet och alkalinitet tycks inte ha någon stor effekt på anti-
mycinets nedbrytning (Lee et al. 1971, Marking och Bills 1973).

Fish Control Laboratories har genom att använda kromatografi, påvisat
två av de tre nedbrytningsprodukterna i vatten: antimycinsyra och blast-
mycinsyra (Lennon 1973). Man har bestämt att "Unknown II" inte är
deformylantimycin eller 3-aminosalisylosyra (Schultz 1974). Blastmycin-
syra är giftig för bluegill vid 0.1 mg/l och antimycinsyra vid 1 mg/l
(Lennon 1973).

Innan nedbrytningsprodukterna var kända, utfördes försök för att se om
dessa var skadliga för fisk. Berger och Hogan (1966) testade bluegill i
10 µg/l av nedbrutet antimycin och observerade ingen mortalitet under
2 månader.

VERKAN

Användningssätt

Antimycin används vanligen i koncentrationen 5-10 µg/l. För att avlägsna
gar och bowfin krävs 25 µg/l (Gilderhus 1966). Den aktuella koncentra-
tionen är en funktion av vilken fiskart man vill slå ut, pH och vatten-
temperatur, och vilken form av behandling som önskas. Under normala för-
hållanden (pH < 8.5, temperatur > 12° C och hårdhet < 44 mg CaCO₃/l),
dödar antimycin fiskarna inom 4 dagar. Behandlingar har utförts under
alla årstider, men idealiskt är att utföra dessa under den varma säsong-
en. De behandlade vattnen omfattar dammar, sjöar, reservoarer, laguner,
estuarier och rinnande vatten. Beroende på önskat resultat och fiskarnas
uppehållslokaler, har antingen totala eller partiella behandlingar utförts.

De fältförsök som utförts sedan 1963 har bestyrkt resultaten från laboratorieförsök. Walker et al. (1964), Gilderhus et al. (1969) och Lennon och Berger (1970) har summerat resultaten från många fältförsök som utförts i dammar, sjöer och rinnande vatten. Deras slutsatser är följande:

1. antimycin kan användas som ett selektivt gift på grund av olika känslighet mellan olika fiskarter,
2. 10 µg/l eller mindre eliminerar flertalet arter,
3. pH och vattentemperatur påverkar effekten,
4. antimycin verkar inte fränstötande på fisk och dess giftverkan på fisk är irreversibel,
5. ämnet nedbryts snabbt, vanligtvis inom en vecka,
6. de fiskdödande koncentrationerna har liten eller ingen effekt på andra vattenlevande djur,
7. högre koncentration krävs vid låg vattentemperatur och/eller högt pH och
8. antimycin är effektivt både i stillastående och rinnande vatten.

Den tid som krävs för att antimycin skall påverka speciella fiskarter varierar med vissa faktorer. Den effektiva kontakttiden (ECT = den exposition som krävs för 100 % mortalitet) har bestämts i 5 och 10 µg/l antimycin i tre olika temperaturer (12, 17 och 22° C) och för speciella fiskarter. ECT varierade mellan 0.5 och 13 timmar och variationen berodde mer av vattentemperaturen än av giftkoncentrationen. Vid 12° C var exempelvis ECT vid 10 och 5 µg/l för green sunfish 10 respektive 11 timmar, medan den vid 22° var 0.5 respektive 1 timma (Gilderhus 1972)

Ett fiskbestånd kan bli föremål för kontroll om det i hög grad påverkar människans säkerhet, välfärd eller rekreationsmöjligheter på grund av täthet, födoval, avsaknad av sportfiske- eller näringsvärde eller på grund av sjukdom. Ogynnsam inverkan på miljö och närstående organismer kan också vara orsaker till kontrollåtgärder.

Powers och Bowes (1967) eliminerade den främmande largemouth bass från Giant Grebe Refuge vid Lake Atitlan, Guatemala, där de åt kycklingar av den sällsynta, jättelika doppingen.

Karpen har blivit ett problem i många vatten i USA genom att den grumlar upp vattnet och konkurrerar med andra fiskarter. Antimycin är emellertid mycket effektivt mot karp i olika typer av vatten med varierande temperatur och kvalitet (Gilderhus et al. 1969, Lennon och Berger 1970, Hacker 1971, Powers och Schneberger 1967, Brynildson 1970).

Gräskarpen, en medlem av karpfamiljen, som har introducerats vida omkring på grund av sin eventuella förmåga att kontrollera vattenvegetationen, kan också bli ett problem. Marking (1972) testade antimycin på gräskarp och fann att LC50 (96 timmar) var 0.255 µg/l. Resultaten antyder att gräskarp är lika känslig som vanlig karp och därigenom kontrollerbar. Henderson (in press) testade giftets effektivitet på gräskarp och 100 % mortalitet erhöles inom 24 timmar vid 1-7 µg/l antimycin.

Burress och Lunning (1969 c) försökte kontrollera walking catfish med antimycin, men fann att arten var lika motståndskraftig mot föreningen som bullhead.

Burress (1968 c) kontrollerade de flesta populationerna av lake chub-sucker i dammar med 1.5 µg/l antimycin.

Vissa parasiter är också ömtåliga för antimycin. Nya undersökningar av Rawson och Fox (in press) visar entydigt att antimycin effektivt kontrollerar *Gleododiscus pricei* vid lägre koncentrationer än 0.5 µg/l. Andra monogena trematoder kan också vara känsliga. På grund av sin låga giftighet för channel catfish, kan antimycin användas för att bekämpa förutnämnda parasiter på arten.

Specificitet

Walker et al. (1964) testade 24 arter sötvattensfiskar av nio olika familjer i laboratorie- och 25 arter i utomhusbassänger. Koncentrationerna begränsade området EC₀ - EC₁₀₀ för fisk i bioassayförsök under 24 och 96 timmar och i 12, 17 och 22° C. Skillnaderna i känslighet var stora från gizzard shad (0.04 µg/l) till black bullhead (40 µg/l och minst känsliga var guldfisk, channel catfish, black bullhead, yellow bullhead, gar och bowfin. Berger et al. (1969) testade 31 arter sötvattensfisk, inklusive olika åldersstadier, i statistiska 96-timmars bioassayförsök vid olika vattentemperaturer och -kvaliteter, för att bestämma EC₀, EC₅₀ och EC₁₀₀. 25 av de 31 arterna dog vid 10 µg/l eller mindre, medan tre arter krävde upp till 200 µg/l. Känsligheten varierar uppenbarligen mycket mellan olika sötvattensfiskar, varför det finns en klar möjlighet att använda giftet selektivt.

Tabell 1. Antimycinets toxicitet för 31 olika fiskarter (efter Berger et al. 1969).

1.0 µg/l	5.0 µg/l (forts.)
Rainbow trout	Pumpkinseed
Brown trout	Green sunfish
Brook trout	Fathead minnow
Lake trout	Northern redbelly dace
Walleye	Brook stickleback
Yellow perch	Largemouth bass
5.0 µg/l	7.5-10.0 µg/l
White sucker	Goldfish
Smallmouth bass	
Freshwater drum	25 µg/l
Black crappie	Shortnose gar
Bigmouth buffalo	Bowfin
Quillback	Channel catfish
Spotted sucker	
Northern pike	200 µg/l
Carp	
Longear sunfish	White catfish
Bluegill	Flathead catfish
Redear sunfish	Black bullhead

Finucane (1969) testade 7 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin på 49 saltvattensarter och fann att 11 fiskarter överlevde, 15 var känsliga och 23 arter mycket känsliga. Senare använde Finucane (1970) 12 $\mu\text{g}/\text{l}$ för att eliminera eller reducera fiskpredatorer i sjöar i Florida.

Fiskens ålder har liten, om ens någon, betydelse för känsligheten. Antimycin är effektivt i fiskens alla åldersstadier: ägg, yngel, ungar och vuxna. Yngel är vanligtvis känsligare än befruktade ägg, men juvenila och vuxna fiskar förefaller att vara mer resistent än yngel eller ungar (Berger et al. 1969).

På grund av de stora variationerna i känslighet emellan olika fiskarter, kan fiskevårdarna selektivt avlägsna de icke önskvärda fiskarna och lämna de önskvärda arterna oskadda.

Antimycin har blivit ett mycket populärt redskap vid catfish-odling för att eliminera konkurrerande scaled fish. Man har funnit att antimycin är 4-100 gånger giftigare för dessa fiskar än för catfish (Berger och Hogan 1966). Efter denna upptäckt har tekniken för proceduren utvecklats och användningen fått stor omfattning (Hogan 1966 a, Burress 1966, Burress och Luhning 1966, Avault 1968, Avault och Radonski 1968, Burress och Luhning 1969 a, Kaffka 1969, Brynildson 1970, Avault 1972).

Burress (1968 d) fann att 0.4-0.6 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin kunde användas för att glesa ut populationer av sunfish, gizzard shad och golden shiners i largemouth bass-dammar. Callahan och Huish (1968) visade att bluegill kan utrotas från samma typ av dammar. Vid låga pH, kan lägre koncentrationer än 0.6 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin användas, för att reducera eller eliminera crappie-ungar i dammar, utan att påverka largemouth bass. Black crappies kan utrotas med högre koncentrationer (Powell, in press). I en annan undersökning avlägsnades icke önskvärda fiskar i gruvhål utan att man skadade largemouth bass (Stinauer 1968).

Alltför täta bestånd av småvuxen sunfish, kan bli ett problem i dammar och sjöar som är avsedda för uppfödning av konsumtionsfisk. Detta problem kan emellertid reduceras genom att selektivt tunna ut de småvuxna sunfish-bestånden och spara de fångstbara fiskarna (Burress 1968 a, Moe 1970, Burress och Luhning 1969 b).

Radonski (1967) fann att han kunde avlägsna yellow perch med 0.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin och att denna koncentration var oskadlig för de mer vanliga önskvärda arterna. Foye (1968) utrotade också yellow perch och fem cyprinidarter med samma koncentration, medan dödligheten för öring och redbelly dace endast var partiell.

Antimycin kan också användas för att avlägsna gizzard shad i dammar, sjöar och rinnande vatten (Pfeiffer och Ellis 1968, Lennon och Berger 1970, Burress 1968 b).

Faktorer som påverkar effektiviteten

Den faktor som kraftigast påverkar antimycinets verkan är högt pH, följt av låg temperatur och ultraviolettt ljus. Hårdhet och alkalinitet påverkar uppenbarligen inte antimycinet i högre grad. Grumlighet förändrar endast effektiviteten i ringa utsträckning. Andra faktorer som kan förändra antimycinets aktivitet omfattar vattenvegetation och metabolismen hos vattenlevande organismer.

Effekten av pH på antimycinets effektivitet är påtaglig. I bioassayförsök med guldfisk, ökade EC100 tre gånger då pH ökade från 5-8, 6 gånger mellan pH 8 och 9 och 14 gånger då pH ökade från 9 till 10 (Berger et al. 1969).

Vanligtvis är fiskar känsligare för antimycin vid högre vattentemperaturer. Berger et al. (1969) fann 2-5 gånger skillnad mellan EC100 vid 7 och 22° i laboratorieförsök.

Solljus kan allvarligt påverka resultatet av antimycinbehandling och då särskilt i klara grunda vatten och under juni månad, då det ultravioletta ljuset på middagen är 10 gånger intensivare än i december. LC50 (48 timmar) för regnbåge var 0.159 µg/l antimycin i avskärmade tester och 3 µg/l vid exponering i solljus. I båda fallen användes 2 % acetone som lösningsmedel. För antimycin, som lösts i 2 % etanol, var emellertid LC50 0.09 µg/l i avskärmade försök och 0.1 µg/l vid exposition, vilket antyder en inverkan av acetone som lösningsmedel (Dawson 1973).

Antimycin är obetydligt effektivare i mjukt vatten än i hårt (Berger 1966 c).

Antimycin är endast något mindre giftigt i grumliga vatten än i icke grumliga kontroller. Berger et al. (1969) observerade att 5 µg/l antimycin i grumligt vatten dödade fiskarna inom 7-12 dagar, jämfört med 2-7 dagar i klart vatten. Tilläggas kan också, att 10 µg/l antimycin dödade fiskarna på 3-7 dagar i grumligt och 1-3 dagar i klart vatten. Giftverkan hämmas dock mindre av grumling än av låga vattentemperaturer.

För att studera om antimycin adsorberas på lera och om toxiciteten därigenom minskas, exponerade Hogan (1966 b) antimycin i olika lerkoncentrationer (1.000-10.000 mg/l). Antimycinet adsorberades på leran, men dess giftverkan påverkades ej.

För att bestämma vattenvegetationens effekt på antimycinets verkan, utsatte Fish Control Laboratories smallmouth bass för antimycin i akvarier. Några av dessa innehöll 80 skott av *Elodea densa* och andra saknade vegetation. LC50 (96 timmar) var: 0.134 µg/l med vegetation och 0.062 utan vegetation.

Antimycinprodukten på sandpartiklar genomtränger täta mattor av rotade vattenväxter (Sayre 1969).

Motverkan

Antimycin inaktiveras snabbt av kaliumpermanganat eller klor och avlägsnas av aktivt kol. Antimycin behöver dock vanligtvis inte inaktiveras eftersom nedbrytningen i vatten är snabb.

Klor avgiftar antimycin i vatten vid pH 6.5-8.5, men vid pH 9.5 kan inte kloreffekten skiljas från den snabba naturliga inaktiveringen. Halveringstiden för antimycin i lösningar som innehåller 0.25-0.50 mg/l klor är 1.1 timmar vid pH 6.5, 1.3 timmar vid pH 7.5 och 1.5 timmar vid pH 8.5 och 9.5. Trots att dessa hastigheter är höga, är de fortfarande för långsamma för förhållandena i de flesta rinnande vatten (Dawson, in review, Marking och Bills, in review a). En ökning av vattnets naturliga klorförbrukning ökar åtgången för avgiftning av antimycin (Dawson och Marking, in press).

Kaliumpermanganat minskar antimycinets halveringstid till 7 minuter i mjukt "tillverkat" vatten vid 12° C. Halveringstiden för antimycin som behandlats med 1 mg/l KMnO_4 varierar mellan 7-11 minuter i olika pH-värden vid 12° C. Motsvarande tid utan KMnO_4 var 310 timmar vid pH 6.5 och 4.6 timmar vid pH 9.5. Kaliumpermanganat är sålunda en utmärkt avgiftare för antimycin. I ytvatten med hög permanganatförbrukning, kan högre koncentrationer än 1 mg/l krävas för att få en effektiv avgiftning (Marking och Bills, in review b).

Vid behandling av ett rinnande vatten, fann Gilderhus et al. (1969) att 1 mg/l KMnO_4 avgiftade 1.0 µg/l antimycin och förhindrade framgångsrikt fiskdöd längre nedströms. Formler och utrustning har utvecklats, som kan användas för dosering av kaliumpermanganat för avgiftning av antimycin i rinnande vatten (Slifer 1970).

Aktivt kol är högeffektivt för att avlägsna antimycin i vatten. Lösningar av antimycin med upp till 100 gånger den letala koncentrationen för regnbåge, var icke toxiska efter passage genom en 15 cm hög kolonn med aktivt kol (Lennon och Vezina 1973). Antimycin används i så låga koncentrationer, att extremt stora kvantiteter av lösningen måste filtreras för att mätta kolet. Det aktiva kolets adsorptionskapacitet var 73 mg antimycin/g kol (Dawson och Marking, in review).

Vilken förorening som helst i vattnet, förhöjning av vattentemperaturen eller ökning av trycket i kolonnen kan reducera kolets antimycinadsorberande kapacitet. De som använder antimycin bör också vara medvetna om att adsorptionskapaciteten kan variera mellan olika typer av aktivt kol (Dawson och Marking, in press).

TOXICITET FÖR ICKE AVSEDDA ORGANISMER

Inga allvarliga toxiska effekter observerades på plankton, bottenfauna eller vattenväxter vid de undersökningar som utfördes 1963 i utomhusbassänger med 10-20 µg/l antimycin. Därefter utfördes fältförsök i små dammar med 10 µg/l, och inte heller då kunde några förändringar iaktas, som tycktes framkallade av antimycin (Walker et al. 1964). Senare rapporterade Gilderhus et al. (1969) från fältförsök som utförts i dammar och sjöar, och anmärkte att vanligtvis förekom inga märkbara effekter på akvatiska evertebrater. Vissa förhållanden kan dock orsaka effekter på dessa djur. Överdoser (5 µg/l), vid ett försök att reducera sunfish, bidrog uppenbarligen till att plankton minskade (Callahan 1968, Callahan och Huish 1969). I de två dammar där plankton reducerades, var vattnets hårdhet 5-8 mg/l, pH 6.4-7.3 och temperaturen 19-22° C. I en tredje damm, med en total hårdhet av 15 mg/l, pH 8.2 och temperaturen 17° C, hade antimycin ingen signifikant effekt på zooplankton. Burrell och Lühning (1969 b) fann emellertid, att till och med på vintern var 0.8-1.0 µg/l, som användes för selektivt avlägsnande av sunfish, alltför höga koncentrationer. Det finns tecken som tyder på att lägre koncentrationer än 0.4 µg/l kan vara tillräckliga, när vattentemperaturen är 24° C eller högre och pH 6.5-7.3 eller omkring neutralt.

I allmänhet har inga ogynnsamma effekter upptäckts på andra vattenorganismer än fisk under försök som utförts med antimycin.

Analys av toxicitetstabeller

I de följande tabellerna presenteras data om antimycinets giftighet för icke avsedda organismer. Uppgifterna har erhållits genom laboratorie- och fältförsök samt behandlingar av naturliga vatten. Inga vertebrater, fytoplankton eller vattenväxter, som utsatts för antimycin i laboratorium eller fält, har påverkats ogynnsamt av fiskdödande koncentrationer, varken under kort eller lång tid. Antimycinets orala giftighet för människor, boskap eller vilda djur är extremt låg (Vezina 1967).

Somliga sötvattensevertebrater har emellertid visat en viss känslighet vid användning av antimycin i fält. I vissa fall försvinner dessa taxa endast temporärt och återkommer i stort antal. Förändringar i pH och temperatur kan, genom att göra koncentrationen för hög under rådande förhållanden, bidra till en minskning av vissa grupper av evertebrater i sötvatten. De taxa som ibland försvinner temporärt efter en antimycinbehandling omfattar *Cladocera*, *Copepoda*, *Amphipoda*, *Ephemeroptera* och *Trichoptera*. Av dessa tycks *Amphipoda* vara mest känslig (Tabell 3). Till taxa som vanligtvis inte påverkas ogynnsamt av antimycin hör *Protozoa*, *Rotatoria*, *Nematoda*, *Nematomorpha*, *Annelida*, *Ostracoda*, *Decapoda*, *Plecoptera*, *Odonata*, *Hemiptera*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Gastropoda* och *Pelecyopoda* (Tabell 3).

Tabell 4 visar att antimycin i vatten vanligtvis har en relativt låg giftighet för däggdjur, jämfört med dess toxicitet för fisk. Ämnet bryts lätt ned och nedbrytningsprodukterna saknar märkbar giftighet för både fisk och däggdjur (Herr et al. 1967). LD50 för däggdjur varierar från 55 mg/kg för möss till 1.8 mg/kg för guinea pig.

Tabellen är uppställd efter fylogenetisk ordning enligt Conant (1958), Jaques (1947), Pennak (1953), Peterson (1947), Prescott (1969) och Rothschild (1961). Alla måtenheter har standardiserats till det metriska systemet. Författarnas måtenheter anges inom parentes följda av det korrigerade metriska värdet.

Humansäkerhet

Det har beräknats att antimycin inte är riskabelt för människor, varken om det intas med vattnet eller med födan (t.ex. fisk). Om en normalstor man (70 kg) dricker en dags vattenbehov (1.5 l) från ett behandlat vatten (innehållande 10 µg/l antimycin), får han i sig 15 µg antimycin (0.21 µg/kg). Om man antar, att den metod som använts av Ritter och Strong (1966) för att bestämma antimycinhalten i fiskvävnader, är realistisk, så skulle en människa genom att äta 0.5 kg fisk, med antimycinhalten 200 µg/kg, få i sig 100 µg (1.43 µg/kg). Det totala maximala dagliga intaget av antimycin skulle vara 115 µg eller 1.64 µg/kg och dag. Eftersom den orala LD50-dosen för råttor är 28.6 mg/kg, skulle det maximala dagliga intaget för en normalstor människa vara 1/17.000 av LD50-dosen för råttor. Vad gäller antimycinets restprodukter i fiskvävnader, se vidare sid. 39.

Tabell 2. Antimycinetets toxicitet för växter, inklusive koncentrationer, exponering och vattentemperatur och kvalitet

Organisms	Conc. ug/l	Exposure	Temp. °C	Water Chemistry	Testing Regime	Formulation	Comments	Citations
BACTERIA								
Bacteria					Lab		Not inhibited by antimycin	Strong 1956
Bacteria (10 types)	8x10 ⁴				Lab		Inhibition of growth	Rieske 1967
Mycobacterium 607	(>80 ug/ml) >1.04x10 ⁵ (>10 ⁴ ug/ml)				Lab		"	"
<i>Bacillus subtilis</i>	"				Lab		"	"
<i>Escherichia coli</i>	"				Lab		"	"
YEAST								
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	8 (ppb)				Lab		On synthetic medium-- completely inhibited	Strong 1956
	40						On natural medium-- no effect	Rieske 1967
PHYTOPLANKTON								
<i>Phacus</i> sp.	200 (ppb)	1 ^a	13±0.5		Field	Sand coated	Photosynthesis and respiration not altered	Callahan 1968
Phytoplankton	3-5 (ppb)	1	24-29	pH 6.8-7.1 20-32 mg/l hardness	Field	Fintrol-5	No effect	Avault and Radonski 1968
AQUATIC PLANTS								
Robbins pondweed (<i>Potamogeton robinsonii</i>)	5 (ppb)	1		pH 6.5-7.5	Field	Fintrol-Concentrate Fintrol-5 and 30	No effect	Chamberland 1966
Scarlet knotweed (<i>Polygonum coccineum</i>)	"	1		"	Field	"	"	"
Common bladderwort (<i>Utricularia vulgaris</i>)	"	1		"	Field	"	"	"
Farwell's water milfoil (<i>Myriophyllum farwellii</i>)	"	1		"	Field	"	"	"

(more)

Tabell 2. forts.)

Tuberous water-lily (<i>Nymphaea tuberosa</i>)	5 (ppb)	I	pH 6.5-7.5	Field	Fintrol-Concentrate Fintrol-5 and 30	No effect	Chamberland 1966
Grass-like arrow leaf (<i>Sagittaria graminea</i>)	"	I	"	Field	"	"	"
<i>Scirpus</i>	9.3 (ppb)	I	pH 7.9, 163 mg/l total alkalinity	Field	Fintrol-5	No effect	Powers and Bowes 1967
<i>Typha</i>	"	I	"	Field	Fintrol-5	"	"
Aquatic plants	20 (ppb)	I	Slightly alkaline, medium hard	Lab	Crystalline antimycin in acetone	"	Walker, et al. 1964
Aquatic vegetation	0.5-2.0 (ppb)	I	pH 8.4-8.6, 252 mg/l hardness	Lab	Acetone formulation	No effect	Fish Control Laboratory 1964
Submerged aquatic plants	12	I	pH 8.2-8.6, 390 mg/l total hardness	Field		Long-term test start- ed on 10/17/72. One- year later plants had proliferated, increas- ing substrate for epi- zoans	Cumming et al. 1973b
TERRESTRIAL PLANTS							
Tomato						No phytotoxicity when antimycin was applied	Rieske 1967
Bean						as a protectant fungi- cide	"
Cucumber							"
Cowpea							"

a Indefinite period of time.

Tabell 3. Antimycinets toxicitet för sötvattensevertebrater, inklusive koncentrationer, exponering och vattentemperatur och kvalitet

Organisms	Conc. µg/l	Exposure	Temp. °C	Water Chemistry	Testing Regime	Formulation	Comments	Citations
PROTOZOA								
<i>Centropyxis aculeata</i>	1.5-40 (ppb)	1 ^a		pH >9.5<	Field		No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Diffugia corona</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>Diffugia globosa</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>Diffugia oblonga</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	1.25x10 ² (12.5 µg/ml)	48 hr	24		Lab		Cultures had titers twice as large as controls	Elson et al. 1970
ROTATORIA (Rotifers)								
<i>Asplanchna</i> (2 spp.)	1.5-40 (ppb)	"		pH >9.5<	Field		No short- or long-term effect	Houf and Hughey 1973
<i>Euchlanis</i> (1 sp.)	"	"		"	Field		"	"
<i>Keratella cochlearis</i> ^b	"	"		"	Field		"	"
<i>Lecane</i> (2 spp.)	"	"		"	Field		"	"
<i>Monostyla bulla</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>M. quadridentata</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>Mytilina</i> (1 sp.)	"	"		"	Field		"	"
<i>Platyias patulus</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>P. quadricornis</i>	"	"		"	Field		"	"
<i>Polyarthra</i> ^b	"	"		"	Field		"	"
Rotatoria	5 (ppb)	"	19-22	pH 6.4-7.3 5-8 mg/l hardness	Field	Sand-coated	Decreased or disappeared	Callaham and Huish, 1969; Callaham 1968
Rotifers	1.02 (ppb) 3.12-10.4 (ppb)	"	12-14	"	Field	Fintrol-5 Fintrol-5	No effect Reduction in numbers	Berger 1964b "
Rotatoria	LC99=3.12 (ppb)	"	"	"	Field		Rapid cooling of surface water may have contributed to the decline	Gilderhus et al. 1969

(more)

Tabell 3. forts.)

	15 (ppb)	10-18	Field	Sand-coated (1:100)	No effect	Berger 1965c
NEMATODA (Roundworms)						
NEMATOPHORA (Horsehair worms, gordian worms)	10-40 (ppb)	1-20	Field	Fintrol-Concentrate	Slightly more abundant than before treatment	Degan 1973
ANNELEDA (Aquatic earth worms, leeches, polychaetes)						
Tubificidae	3.12 (ppb)		Field	Fintrol-5	No effect	Gilderhus et al. 1969
Tubificidae	1.02 (ppb)	12-14	Field	Fintrol-Concentrate	No effect	Berger 1964b
Blood sucker	5 (ppb)		Field	Fintrol-5 and 30	No effect	Chamberland 1966
Tubificidae	10-40 (ppb)	1-20	Field	Fintrol-Concentrate	More abundant than before treatment	Degan 1973 "
Eropodellidae	"	1-20	Field	Fintrol-Concentrate		
Leeches	5 (ppb)	16	Field	Fintrol-Concentrate	No effect	Berger and Lennon 1967
CLADOCERA (Water fleas)						
<i>Alona rectangula</i>	1.5-40 (ppb)		Field		No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Bosmina</i>	3.12 (ppb)		Field		No effect	Gilderhus et al. 1969
<i>Bosmina</i>	1.02 (ppb)	12-14	Field	Fintrol-5	No effect	Berger 1964b
<i>Cartodaphnia</i>	3.12 (ppb)		Field		No effect	Gilderhus et al. 1969
	LC99=10.40 (ppb)		Field		Rapid cooling of surface water may have contributed to the decline	"
<i>Cartodaphnia reticulata</i> ^b	1.5-40 (ppb)		Field		No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973

(more)

Tabell 3. forts.)

	1.5-40 (ppb)	I	pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Chydorus sphaericus</i>				Field		
<i>Chydorus sphaericus</i>	"	I	"	Field	"	"
<i>Daphnia gmbigua</i>	"	I	"	Field	"	"
<i>D. pulex</i>	"	I	"	Field	Temporary disappearance. Two years later no change in diversity of forms	Rabe and Wissmar 1969
<i>D. rosea</i>	5 (ppb)	I	5 mg/l alkalinity	Field	Rapid cooling of surface water may have contributed to the decline	Gilderhus et al. 1969
<i>Daphnia</i>	LC99=3.12 (ppb)	I		Field	No effect	Berger 1964b
	LC99=10.40 (ppb)	I		Field	Survived	Walker et al. 1964
	1.02 (ppb)	I		Field	Died	"
	1-0.5 (ppb)	I		Field	Died	"
	100 (ppb)	I		Lab	Survived	"
	10 (ppb)	I		Lab	Died	"
	0.1 (ppb)	I		Lab	Died	"
	10 (ppb)	I		Lab	Died	"
	0.5 (ppb)	I		Lab	Died	"
	10 (ppb)	I		Lab	Died	"
<i>Holopedium amazonicum</i>	5 (ppb)	I	5 mg/l alkalinity	Field	Temporary disappearance. Two years later no change in diversity of forms.	Berger 1966c Rabe and Wissmar 1969
<i>Plannexis denticulatus</i>	1.5-40 (ppb)	I	pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Scapholeberis mucronata</i>	"	I	"	Field	"	"
<i>Simoecephalus vetulus</i>	"	I	"	Field	Decreased or disappeared	Callahan and Huish 1969; Callahan 1968
<i>Cladocera</i>	5 (ppb)	I	pH 6.4-7.3 5-8 mg/l hardness	Field		

(more)

Tabell 3. forts.)

Organism	Concentration	Duration	Hardness/Alkalinity	Field	Notes	Reference
COPEPODA (Copepods)	5 (ppb)	19-22	pH 6.4-7.3 5-8 mg/l hardness	Field	Decreased or disappeared	Callahan and Huih 1969;
Copepods	LC99=3.12 (ppb)	1		Field	Rapid cooling of surface water may have contributed to the decline	Callahan 1968 Gilderhus et al. 1969
<i>Cyclops</i> sp.	1.02 (ppb)	12-14		Field	No effect	Berger 1964b
	5 (ppb)	19	5 mg/l alkalinity	Field	Temporary disappearance. Two years later no change in diversity	Rabe and Wissmar 1969
<i>Cyclops varicans</i>	1.5-40 (ppb)	1	pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>C. vernalis</i>	5 (ppb)	19	5 mg/l alkalinity	Field	Temporary disappearance. Two years later no change in diversity	Rabe and Wissmar 1969
<i>Diaptomus lintoni</i>						
<i>Eucyclops agilis</i>	1.5-40 (ppb)	1	pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Mesocyclops edax</i>	"	1				"
ÖSTRACODA (Seed shrimps)						
<i>Cyprretta kawatai</i>	LC50=15.0	24 hr	Standard reconstituted water	Lab		Kawatski 1973
	13.3	48 hr		Lab		"
	9.60	72 hr		Lab		"
	7.40	96 hr		Lab		"
Ostracoda	10.40 (ppb)	1		Field	No effect	Gilderhus et al. 1969
AMPHIPODS (Scuds, side-swimmers)						
Scud (<i>Gammarus tinnaeus</i>)	LC50=					
	2.9 (ppb)	24 hr	Standard hardness	Lab	Antimycin is toxic to scud in piscicidal concentrations	Lesser 1972
	0.43 (ppb)	96 hr	(40-48 mg/l CaCO ₃)	Lab		"
	5.6 (ppb)	24 hr	Hard water (160-180 mg/l CaCO ₃)	Lab		"
	0.32 (ppb)	96 hr		Lab		"

(more)

Tabell 3. forts.)

	LC50=				Standard hardness	Lab	Fintrol-Concentrate	
Scuds (<i>Gammarus</i>)	2.9 (ppb)	24 hr	13	Standard hardness	Lab			Lesser 1972
Scuds	0.63 (ppb)	96 hr	13	Standard hardness	Lab			"
	9.2 (ppb)	24 hr	13	Hard water	Lab			"
	1.4 (ppb)	96 hr	13	Hard water	Lab			"
	15 (ppb)	1	10-18		Field	Sand-coated (1:100)	No effect	Berger 1965c
	4 (ppb)	1	1		Field		Partial mortality	Gilderhus et al. 1969
	1.04 (ppb)	1	1		Field		No effect	"
	1.02-10.4 (ppb)	1	12-14		Field	Fintrol-5	Abundant after treatment	Berger 1964b
Scuds (<i>Gammarus</i>)	10-40 (ppb)	1	1-20	pH 8.0-8.5; 185-240 M.O.; (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Fintrol-Concentrate	Removed for 4-5 mos. but returned in 7 mos.	Began 1973
DECAPODA (Crayfishes, shrimps)								
Freshwater shrimp (<i>Astacidae</i>)	10 (ppb)	1	9		Field	Fintrol-5	Some mortality observed where concentration was highest	Berger 1966a
Freshwater prawn (<i>Palaeomonetes kadiakensis</i>)	LC50=17.3 1.85	24 hr 96 hr	17 17	22 mg/l total hardness	Lab Lab	98% technical grade	Static bioassays	Marking et al. 1973a
Crayfish (<i>Orconectes immanis</i>)	5x10 ³ 5 (ppm)	24-96 hr	13		Lab	Antimycin powder Fintrol-Concentrate	No effect	Lesser 1972
Crayfish (<i>Orconectes propinquus</i>)	10-50 (ppb)	1	1-20	pH 8.0-8.9; 165-240 M.O. (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Fintrol-Concentrate	No effect	Began 1973
Crayfish eggs (<i>Procambarus sp.</i>)	5 (ppb)	96 hr	20+1	pH 7.3-7.8; 100 mg/l total hardness	Lab	Fintrol-Concentrate	One died (2 died in the control; total of 800 eggs tested) Hatched tadpoles showed no abnormal morphological or growth	Brown 1973
	15 (ppb)	96 hr	20+1	"	Lab	"		(more)

Tabell 3. forts.)

Crayfish (8 mm juveniles) (19 mm juveniles) (30 mm juveniles)	LC50=	96 hr 96 hr 96 hr	20+1 20+1 20+1	pH 7.3-7.8; 100 mg/l total hardness	Lab Lab Lab	Fintrol-Concentrate	Molted juveniles were	Brown 1973
	68 (ppb)					"	more sensitive to	
	168 (ppb)					"	antimycin than non-	
	735 (ppb)					98% technical grade	molted	
Crayfish	LC50=91	96 hr	17	Soft water	Lab	98% technical grade	Static laboratory tests	Marking et al. 1973b
	10 (ppb)	96 hr	12	Slightly alkaline and medium hard	Lab	Crystalline antimycin in acetone	No mortalities	Walker et al. 1964
	12 (ppb)	1	<21		Field	Fintrol Bar	No mortalities	Smith 1972
	2.7-3 (ppb)	1	11-17	pH 7.3; 53 mg/l M.O. alkalinity	Field	Antimycin in acetone	No effect	Loeb 1964
	10 (ppb)	1	24-29	pH 6.8-7.1; 20-32 mg/l total hardness	Field	Fintrol-5	No effect	Gilderhus et al. 1965
	3-5 (ppb)	1			Field		No effect	Avault and Radonski 1968
	5-10 (ppb)	1	10-21		Field	Sand coated (1:100)	No effect	Berger 1965b
	0.12 (ppb)	1	12-13	Soft water	Field	Sand coated	No effect	Berger 1964a
	15 (ppb)	1	10-18		Field	Sand coated (1:100)	No effect	Berger 1965c
PLECOPTERA (Stoneflies) Stonely nymphs	3.5-5 (ppb)	1	17	pH 8.5; 20 mg/l alkalinity	Field	Fintrol-5	Some mortalities where chemical was not diluted	Schoettger et al. 1967
	10-40 (ppb)	1	1-20	pH 8.0-8.8; 185-240 M.O. (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Fintrol-Concentrate	Not present in one part of the stream, but more abundant in the other	Degan 1973
EPHEMEROPTERA (Mayflies) Baetis	10-40 (ppb)	1	1-20	pH 8.0-8.8; 185-240 M.O. (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Fintrol-Concentrate	Removed for 4-5 mos., but recovered to above pretreatment levels	Degan 1973
								(more)

Tabell 3. forts.)

<i>Caenis similans</i>	1.5-4.0 (ppb)		pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Callibaetis flaviventris</i>	"		"	Field	More abundant than before	Degan 1973
<i>Glenonema</i>	10-40 (ppb)		pH 8.0-8.8; 185-240 M.O. (mg/% as alkalinity)	Field	No effect	Gilderhus et al. 1969
Mayflies	10.4 (ppb)		< 21	Field	No mortalities	Smith 1972
Mayfly larvae	12 (ppb)		12.8	Lab	Some mortalities where chemical was not diluted	Howell et al. 1973
Mayfly nymphs	LC50=560 3.5-5 (ppb)		17	Field	No effect	Schoettger et al. 1967
	1.02 (ppb)		12-14	Field	No effect	Berger 1964b
ODONATA (Dragonflies, damselflies)						
<i>Tremema carolina</i>	1.5-4.0 (ppb)		pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Libellula</i>	"		"	Field	"	"
<i>Erythemis simplicicollis</i>	"		"	Field	"	"
<i>Anax junius</i>	"		"	Field	"	"
<i>Enallagma civile</i>	"		"	Field	"	"
<i>Ischnura verticalis</i>	100 (ppb)		12	Lab	Died	Berger 1966c
Damselfly larvae	100 (ppb)		24 hr	Lab	Survived	Walker et al. 1964
Damselfly nymph	50 (ppb)		48 hr	Lab	Survived	"
	1000 (ppb)		24 hr	Lab	Died	"
	500 (ppb)		48 hr	Lab	Died	"
	50 (ppb)		24 hr	Lab	Survived	"
	10 (ppb)		48 hr	Lab	Survived	"
	500 (ppb)		24 hr	Lab	Died	"
	100 (ppb)		48 hr	Lab	Died	"
Dragonfly naiide	5-10 (ppb)		10-21	Field	No effect	Berger 1965b
Damselflies	10 (ppb)			Field	No effect	Gilderhus et al. 1969
Damselfly naiads	0.5-20 (ppb)		16-17	Lab	Normal; no effect	Fish Control Laboratory 1964

(more)

Tabell 3. Forts.)

ORTHOPTERA	1x10 ⁶ (1 mg/g of food) ^c >3x10 ³ (>3 µg/g) ^c 10 (ppb)	24 hr 24 hr		Lab Lab Lab	Oral-no mortality Lethal when injected into body cavity Unaffected after consuming antimycin dispersed in water	Rieske 1967 " Strong 1956
Cockroach (German and American)						
Cockroach (German)						
HEMIPTERA (Bugs)						
<i>Merrigata</i> sp.	1.5-40 (ppb)		pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Hydrometra martini</i>	"			Field	"	"
<i>Mesovelia mulsanti</i>	"			Field	"	"
Water striders	15 (ppb)		10-18	Field	No effect	Berger 1965c
<i>Microvelia</i> sp.	1.5-40 (ppb)		pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Velia</i>	"			Field	"	"
<i>Notonecta</i> sp.	"			Field	"	"
Backswimmers (<i>Notonecta</i> sp.)	LC50= 125 50.5	24 hr 96 hr	Soft water (40 mg/ℓ)	Lab Lab	Static bioassays	Marking et al. 1973a
Notonectidae (Backswimmers)	10.4 (ppb) 1.02-10.4 (ppb)			Field Field	No effect Abundant	Gilderhus et al. 1969 Berger 1964b
	10 (ppb)		pH 7.8; total alkalinity 188 mg/ℓ	Field	No effect	Berger 1965a
Corixidae (water boatmen)	15 (ppb) 10.4 (ppb) 1.02-10.4 (ppb)		223 mg/ℓ total hardness	Field Field Field	No effect No effect Abundant	Berger 1965c Gilderhus et al. 1969 Berger 1964b
HOMOPTERA						
Aphids	2x10 ⁴ (200 ppm)	3 days		Lab	86% mortality-oral	Rieske 1967

(more)

Tabell 3. Forts.)

Organism	Concentration	Exposure	Water Quality	Location	Concentration	Effect	Reference
TRICHOPTERA (Caddis flies)							
<i>Hypopsyche</i>	10-40 (ppb)	1	pH 8.0-8.8; 185-240 M.O.; (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Fintrol-Concentrate	Reduced by 50% at time of treatment, but returned in the first part in 3 mos., but not in the second part of the river	Degan 1973
<i>Brachycentrus</i>	"	1		Field		Reduced by 95% at time of treatment and had not recovered in 7 mos., but new generation due in 9 mos. from treatment time	
Caddisfly (<i>Heoperlophylax</i> sp.)	LC50= 45 (ppb) 13 (ppb) 550 (ppb) 14.6 (ppb) 50.5 (ppb) 5.9 (ppb) 175 (ppb) 7.1 (ppb) 1.5-40 (ppb)	24 hr 96 hr 24 hr 96 hr 24 hr 96 hr 24 hr 96 hr 1	Standard hardness (40-48 mg/l CaCO ₃) hard water (160-180 mg/l CaCO ₃) Standard hardness Hard water pH >9.5<	Lab	Fintrol-Concentrate	Antimycin is not toxic in fish-killing concentrations	Lesser 1972
<i>Oecetis inconspicua</i>	"	1		Field		No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Leptocella</i>	"	1		Field		"	"
<i>Oxyethina</i>	"	1		Field		No effect	Schoettger et al. 1967
Caddisfly larvae	3.5-5 (ppb)	1	pH 8.5; 20 mg/l hardness	Field	Fintrol-5 & Conc. Fintrol-15	Reduction in numbers at mouth of Moss Lake	Alward 1971
Caddisfly larvae	5-13 (ppb)	1		Field	Fintrol-Concentrate		
LEPIDOPTERA (Moths and butterflies)							
Lepidoptera				Lab		Not susceptible to antimycin	Strong 1956
Webbing clothes (moth larvae)	10 (ppb)			Lab		No effect after consuming antimycin in water	"

(more)

Tabell 3. forts.)

Organism	Concentration	Duration	Water Quality	Location	Observations	Reference
COLEOPTERA (Beetles)						
<i>Berosus</i> sp.	1.5-40 (ppb)	I	pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Laccophilus</i> sp.	"	I	"	Field	"	"
<i>Halipus</i> sp.	"	I	"	Field	"	"
<i>Pimeustus assimilis</i>	"	I	"	Field	"	"
<i>Peltodytes</i> sp.	10-40 (ppb)	I	pH 8.0-8.8; 185-240 M.O. (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Increased 2 mos. after treatment	Degan 1973
<i>Optioaeruus</i>	"	I	"	Field	Less numbers in first part of stream, more in second part	"
<i>Stenelmis</i>	"	I	"	Field	No effect	Berger 1965a
Diving beetles	10 (ppb)	I	pH 7.8; total alkalinity 188 mg/l; 223 mg/l total hardness	Field	Fintrol-5	
Mexican bean beetle larvae	1x10 ⁴ (10 ppm)	I	"	Lab	Antimycin 20 times more toxic to organisms than methoxychlor	Strong 1956
Coleoptera	"	"	"	Lab	Susceptible	"
DIPTERA (Flies, mosquitos, midges)						
<i>Antocha</i>	10-40 (ppb)	I	pH 8.0-8.8; 185-240 M.O. (mg/l as CaCO ₃) alkalinity	Field	Removed 98% and had not returned in 7 mos. but new generation not due until 10 mos. after treatment	Degan 1973
<i>Prosimulium</i>	"	I	"	Field	More abundant than before	"
<i>Odontomyia</i> sp.	1.5-40 (ppb)	I	pH >9.5<	Field	No short- or long-term effects	Houf and Hughey 1973
<i>Chrysops</i> sp.	"	I	"	Field	"	"
Ceratopogonidae (3 spp.)	"	I	"	Field	Do not disappear	Callahan and Huish 1969
Biting midges	5 (ppb)	I	pH 6.4-7.3; 5-8 mg/l hardness	Field	Sand-coated	Callahan 1968

(more)

Tabell 3. forts.)

<i>Chaoborus americanus</i>	1.5-40 (ppb)	1		pH >9.5<	Field				No short- or long-term effects					Houf and Hughey 1973
Blackfly larvae	5-13 (ppb)	1	15-16	pH 8.5	Field	Fintril-Concentrate Fintril-15			Reduction in numbers at mouth of Moss Lake					Alward 1971
Culicidae (<i>Chaoborus</i>)	5 (ppb)	1	19-22	pH 6.4-7.3; 5.8 mg/l hardness	Field	Sand coated			Do not disappear					Callahan and Huish 1969; Callahan 1968
<i>Sayornis punctipennis</i>	1.5-40 (ppb)	1		pH >9.5<	Field				No short- or long-term effects					Houf and Hughey 1973
<i>Pseudochironomus richardsoni</i>	"	1			Field				"					"
<i>Pentamera</i> spp. (3)	"	1			Field				"					"
<i>Tanytarsus</i> spp. (2)	"	1			Field				"					"
<i>Procladius bellus</i>	"	1			Field				"					"
<i>Chironomus</i> spp. (3)	10-40 (ppb)	1	1-20	pH 8.0-8.9; 180-240 M ₀ mg/l as CaCO ₃ alkalinity	Field				Increased 2 months after treatment					Degan 1973
Chironomidae	5 (ppb)	1	19-22	pH 6.4-7.3	Field	Sand-coated			Do not disappear					Callahan and Huish 1969; Callahan 1968
Tendipedidae (<i>Chironomus</i>)	EC50=			40-48 mg/l hardness	Lab	95% antimycin A								Kawatski et al. (in review)
<i>Chironomus tentans</i> (larvae)	13.9	8 hr	22±1		Lab									"
	0.720	24 hr	22±1		Lab									"
	0.202	48 hr	22±1		Lab									"
	0.182	72 hr	22±1		Lab									"
	0.146	96 hr	22±1		Lab									"
<i>Glyptotendipes baripes</i>	1.5-40 (ppb)	1		pH >9.5<	Field				No short- or long-term effects					Houf and Hughey 1973
<i>Tanytus</i> sp.	"	1			Field				"					"
<i>Dierotendipes nervosus</i>	"	1			Field				"					"
<i>Dierotendipes modestus</i>	"	1			Field				"					"
<i>Clinotanytus thoracatus</i>	"	1			Field				"					"
<i>Harnischia</i>	"	1			Field				"					"
<i>Microtendipes</i> sp.	"	1			Field				"					"
<i>Endochironomus nigrans</i>	"	1			Field				"					"
<i>Cricoptus</i> spp. (2)	"	1			Field				"					"
<i>Psectrocladius</i> spp. (2)	"	1			Field				"					"

(more)

Tabell 3. forts.)

ARACHNIDA		Lab	Strong 1956
Red spider mite (<i>Tetranychus</i> sp.)	1x10 ⁴ (10 ppm)	Lab	Ingested. Four times more toxic than bis- p-chlorophenyl methyl- carbino!
Two spotted spider mites (<i>Tetranychus telarius</i>)	2x10 ⁵ (200 ppm)	Lab	99% mortality-oral Rieske 1967

- a Indefinite period of time
- b Not present at treatment time, therefore it was impossible to evaluate short-term effects.
- c Dose in µg/kg.

Tabell 4. Antimycinets toxicitet för marina evertebrater, inklusive koncentrationer, exponering och vattentemperatur och kvalitet

Organisms	Conc. ug/l	Exposure	Temp. °C	Water Chemistry	Testing Regime	Formulation	Comments	Citations
MOLLUSKA (Mollusks)								
Oyster drill snails (<i>Thais haemastoma</i>)	2x10 ⁵ (20,000 ppm)	24-48	23±1	16.8 ppt alkalinity	Lab	Fintrol-5	No effect	Huner 1968
Common oyster (<i>Crassostrea virginica</i>)	2x10 ⁴ (2,000 ppm)	24-48	40	22.1 ppt alkalinity	Lab	Fintrol-5	No effect	"
Oyster	EC50=.62 (0.062 ppm)	96 hr	26	28% salinity	Lab		50% decrease in oyster-shell growth	Biological Laboratory 1966
<i>Anomia</i>	7 (ppb)	a	25-31	pH 8.02-8.27	Field	Fintrol-5	No effect in salt water	Finucane 1969
<i>Crassostrea</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Ensis</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Mulinia</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Macra</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Labiosa</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Tableus</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Dinocardium</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Macrocaltista</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Tellina</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Melongena</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Buccin</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Strombus</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Modiolus</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Anomalocardia</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Terebra</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Cerithium</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Laevicardium</i>	"		25-31		Field		"	"
<i>Crepidula</i>	"		25-31		Field		"	"

(more)

Tabell 4. forts.)

CRUSTACEA													
<i>Balanus</i>													Finucane 1969
<i>Penaeus</i>													Muner 1968
Brown shrimp (<i>Penaeus aztecus</i>)													Biological Laboratory 1966
Pink shrimp (<i>Penaeus duorarum</i>) adult													"
White shrimp (<i>Penaeus setiferus</i>)													Muner 1968
<i>Portunus</i>													Finucane 1969
<i>Menippe</i>													"
<i>Uca</i>													"
<i>Libinia</i>													"
<i>Limulus</i>													"
Blue crab (<i>Callinectes sapidus</i>)													Biological Laboratory 1966
Blue crab (juvenile)													Finucane 1969
ANNELIDA													
<i>Sthenelais</i>													"
<i>Nereis</i>													"
<i>Diopatra</i>													"
<i>Sabella</i>													"
<i>Branchiometana</i>													"
<i>Pectinaria</i>													"

a Indefinite period of time.

Tabell 5. Antimycinets toxicitet för ryggradsdjur, inklusive koncentrationer, exponering och vattentemperatur och kvalitet

Organisms	Conc. µg/l	Exposure	Temp. °C	Water Chemistry	Testing Regime	Formulation	Comments	Citations
UROCHORDATA (Tunicates)								
<i>Styela</i>	7 (ppb)		25-31.5	pH 8.02-8.27	Field	Fintrol-5	No effect in salt water	Finucane 1969
<i>Molgula</i>	"		25-31.5		Field			"
CEPHALOCHORDATA								
Lancelet (<i>Branchiostoma caribaeum</i>)	7 (ppb)		25-31.5	pH 8.02-8.27	Field	Fintrol-5	Killed in large numbers	Finucane 1969
AMPHIBIA								
Ambystomidae (Mole salamanders)	10 (ppb)				Field		No effect	Gilderhus et al. 1969
Tiger salamanders	600 (ppb)	24 hr	12	slightly alkaline medium hard	Lab	Crystalline antimycin in acetone	Died	Berger 1966c
	80 (ppb)	96 hr	12		Lab		Survived	Walker et al. 1964
Newts	600 (ppb)	96 hr	12		Lab		Died	"
	2.7-3 (ppb)		11-17	pH 7.3	Field	Antimycin in acetone	No effect	Loeb 1964
Frogs	"			53 mg/l M.O.	Field	"	No effect	"
	10 (ppb)		6-12	pH 7.9-8.8; 92-136 mg/l total hardness	Field	Fintrol-5	No effect	Berger 1966b
	"		9-13	pH 7.8; 188 mg/l total alkalinity; 223 mg/l total hardness	Field	Fintrol-5	No effect	Berger 1965a
Tadpoles	"		9-13		Field		No effect	"
	5-10 (ppb)		10-21		Field	Sand coated (1:100)	No effect	Berger 1965b
Frogs	10 (ppb)		9		Field	Fintrol-5	No effect	Berger 1966a

(more)

Tabell 5. forts.)

Ranidae Tadpoles	10 (ppb)	1		Field		No effect	Gilderhus et al. 1969	
	10.4 (ppb)	1		Field		No effect	"	
Ranidae Adults	0.12 (ppb)	12-13		Field	Sand-coated	No effect	Berger 1964a	
	40 (ppb)	24 hr		Lab		Died	Berger 1966c	
	20 (ppb)	24 hr		Lab	Crystalline antimycin	Survived	Walker et al. 1964	
	40 (ppb)	24 hr		Lab	in acetone	Died	"	
	10 (ppb)	1		Field	Fintrol-5	33.25 lbs. of tadpoles were killed. Regarded as beneficial by a catfish farmer	Burress and Luhnig 1966; Burress and Luhnig 1969a	
Ranidae Leopard frog (<i>Rana pipiens</i>)	LC50= 48 (ppb)	24 hr		Lab	Fintrol-Concentrate	Antimycin is not toxic in fish-killing concentrations.	Lesser 1972	
	3.8 (ppb)	96 hr		Lab		"	"	
	59 (ppb)	24 hr		Lab		"	"	
	11.7 (ppb)	96 hr		Lab		"	"	
	LC50= 32.5 (ppb)	24 hr		Lab	Antimycin powder	"	"	
	8.5 (ppb)	96 hr		Lab		"	"	
	44 (ppb)	24 hr		Lab		"	"	
	9.9 (ppb)	96 hr		Lab		"	"	
	REPTILIA Chelydridae (Turtles)	10 (ppb)	1		Field		No effect	Gilderhus et al. 1969
		5 (ppb)	1		Field	Fintrol-5 and 30	No effect	Chamberland 1966
		10 (ppb)	6-12		Field	Fintrol-Concentrate	No effect	Berger 1966b
		5 (ppb)	16		Field	Fintrol-5	No effect	Berger and Lennon 1967
				Field	Fintrol-Concentrate	No effect	"	
				Field	Fintrol-5	No effect	"	
Colubridae (Water snake)	10 (ppb)	1		Field		No effect	Gilderhus et al. 1969	
	10 (ppb)	1		Field	Fintrol-5	No effect	Berger 1965a	

(more)

Tabell 5. forts.)

AVES										
Pelicans	7.5 (ppb)	I	pH 9.1; 252 mg/ℓ alkalinity; 170 mg/ℓ hardness	Field	Fintrol-5	No effect after ex- posure to water or eating fish killed with antimycin	Berger et al. 1967			
Cormorants	7.5 (ppb)	I		Field		"	"			
Ardeidae (Herons)	10.4 (ppb)	I		Field		"	Gilderhus et al. 1969			
Anatinae (Surface-feeding ducks)	10 (ppb)	I		Field	Fintrol-5	"	"			
Ducks	7.5 (ppb)	I	pH 9.1; 252 mg/ℓ alkalinity; 170 mg/ℓ hardness	Field	Fintrol-5	No effect after eat- ing fish killed with antimycin	Berger et al. 1967			
Ducks (Mallard)	10 (ppb)	I		Field	Fintrol-5	"	Berger 1966a Berger 1965a			
	10 (ppb)	I	9-13	Field		"				
	LD50= 2.9x10 ³ (2.9 mg/kg) ^b	I		Lab		Oral	Vežina 1967			
Aythinae (Diving ducks)	10 (ppb)	I		Field		No effect after expo- sure to water or eat- ing fish killed with antimycin	Gilderhus et al. 1969			
Osprey	5 (ppb)	I		Field	Fintrol-5 and 30 Fintrol-Concentrate	"	Berger and Lennon 1967			
Quail	LD50= 3.9+1.1x10 ⁴ (39+11 mg/kg) ^b LD50=5x10 ³ (5 mg/kg) ^b LD50= 1.60x10 ⁵ (>160 mg/kg) ^b	I		Lab		Oral acute	Herr et al. 1967			
Pheasant				Lab		Oral	Vežina 1967			
Chicken				Lab		Oral	"			

(more)

Tabell 5. forts.)

	7.5 (ppb)	pH 9.1; 252 mg/l alkalinity; 170 mg/l hardness	Field	Fintrol-5	No effect after expo- sure to water or eat- ing fish killed with antimycin "	Berger et al. 1967
Coots	"		Field	Fintrol-5	"	
Snipe	"		Field	Fintrol-5 and 30	"	Gilderhus et al. 1969
Gulls	"		Field	Fintrol-Concentrate	"	Berger and Lennon 1967
Gulls	10.4 (ppb)		Field		"	Gilderhus et al. 1969
Herring gulls	5 (ppb)		Lab		Oral	Vešina 1967
Terns	10 (ppb)					
Pigeon	LD50=2x10 ³ (2 mg/kg) ^b					
MAMMALIA						
Rabbit	LD50= 1+.25x10 ⁴ (10±2.5 mg/kg) ^b		Lab		Oral	Herr et al. 1967
Mouse	LD50= 1.7+0.4x10 ³ (1.7+0.04) ^b		Lab		Intraperitoneal	Herr et al. 1967
	5.5±.7x10 ⁴ (55±7 mg/kg) ^b		Lab		Oral acute	"
Nice	LD50=2.5x10 ⁴ (25 mg/kg) ^b		Lab		Subcutaneous injec- tion	Strong 1956
Nice (12-18 g)	LD50= 2.125x10 ⁴ (21.25 mg/kg) ^b		Lab		"	"
	8.93x10 ² (0.893 mg/kg) ^b		Lab		Intravenous injection	"
	LD50= 7.581x10 ³ (7.581 mg/kg) ^b		Lab		Intraperitoneal injec- tion	"
	LD50=1.8x10 ⁶ (1.8 mg/kg) ^b		Lab		"	Rieske 1967
Mice	1.6x10 ³ (1.6 mg/kg) ^b		Lab		Subcutaneous injec-	"

(more)

Tabell 5. forts.)

Mice	LD50=1.5±0.19x10 ³ (1.50±0.19 mg/kg) ^b Tx10 ³	Lab	Intraperitoneally	Hamilton et al. 1969
Rats	(1 mg/kg) ^b 2.6x10 ⁴ (26 mg/kg) ^b Daily	Lab	Intravenously	"
		Lab	Survived this dose when consumed with ration	Berse and Strong 1963
		Lab	Fish killed with antimycin were fed to rats for 25 days. 20-30 grams of fish were offered to each rat each day. No effect	Wisconsin Alumni Research Foundation 1964
Female rats	LD50=8.1x10 ² (0.81 mg/kg) ^b	Lab	Intraperitoneal injection in propylene glycol	Strong 1956
Male and female rats (92-110 grams)	1.816x10 ⁵ (181.6 mg/kg) ^b	Lab	Mixed with ration and fed 1 week. No deaths but weight loss	"
Rats (158 grams)	1.2x10 ⁴ (12 mg/kg) ^b tolerated 3x10 ⁴ (30 mg/kg) ^b fatal	Lab	Methyl laurate solution given by stomach tube	Strong 1956
Ret	LD50= 1.6±.28x10 ³ (1.6±0.28 mg/kg) ^b 2.8±.76x10 ⁴ (28±7.6 mg/kg) ^b	Lab	Intraperitoneal	Herr et al. 1967
Guinea pig	LD50= 1.8±0.28x10 ³ (1.8±0.28 mg/kg) ^b	Lab	Oral acute	"
		Lab	Oral acute	"

(more)

Tabell 5. forts.)

Dog	LD50=>5x10 ³ (>5 mg/kg) ^b	Lab	Oral acute	Herr et al. 1967
Raccoon	5 (ppb)	Field	No effect from eating fish killed with anti- mycin	Berger and Lennon 1967
Lamb	LD50=1-5x10 ² (1-5 mg/kg) ^a	Lab	Oral acute	Herr et al. 1967

a Indefinite period of time

b Dose in µg/kg

Studier av lokala irritationer av antimycin på kaniner, råttor och guinea pigs, antyder att ämnet kan orsaka viss irritation på ögon och hud. Detta torde emellertid ha liten praktisk betydelse eftersom de koncentrationer som krävs för att förorsaka lokal irritation är mycket höga och eftersom inflammationen i huden, till och med vid hög koncentration, kunde förhindras genom att tvätta med tvål och vatten. De behandlade ögonen blev helt normala inom 48 timmar efter behandlingen (Herr et al. 1967, Wisconsin Alumni Research Foundation 1965).

Antimycinprodukterna på sand är lätta att använda och säkra att handskas med. De är nästan helt dammfria då de sprids för hand eller med mekaniska såningsmaskiner (Gilderhus et al. 1969). Skyddsglasögon och handskar bör användas för att skydda ögon och händer. Om antimycin av olyckshändelse skulle komma i kontakt med hud eller ögon, bör de omedelbart sköljas med vatten (Lennon och Vezina 1973).

RESTPRODUKTER

Antimycin används i så små kvantiteter, att restprodukterna nästan alltid är oändligt små. För närvarande finns inga kemiska metoder tillgängliga för att mäta så små kvantiteter. Biologiska assaymetoder är inte helt tillfredsställande genom att dessa är mer kvalitativa än kvantitativa. Inga befintliga metoder är anpassade för fältbruk.

Antimycinkoncentrationer ned till 0.03 $\mu\text{g}/\text{l}$ i vatten kan upptäckas med fiskassay, vilket bekräftats av data från Marking och Dawson (1972). Om koncentrationen av antimycin, vattenvolymen, temperaturen och vattnets pH är kända, kan LD50 för olika fiskarter och antimycinets halveringstid förutsägas. Dessutom kan antimycinkoncentrationer ned till 0.03 $\mu\text{g}/\text{l}$ bestämmas, vilket gör denna metod ganska känslig. Fiskassay är den enda tillgängliga metoden för att bestämma så låga koncentrationer, men metoden är mer kvalitativ än kvantitativ och precisionen inte särskilt god. Närvaro av 0.03 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin i vatten kan endast upptäckas under ideala laboratorieförhållanden i sterilt vatten, men inte i naturliga vatten.

Ritter och Strong (1966) försökte att bestämma antimycinnmängden i fiskvävnad genom att använda tritiummärkt antimycin. De antog att radioaktiviteten återspeglade intakt antimycin, och att tritium inte flyttade sig från antimycinmolekylen. Riktigheten i dessa antaganden har för närvarande inte bevisats. De använde 5-10 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin för att döda karp och öring och fann att hela fisken i medeltal innehöll 203 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ätliga delar innehöll 76-201 $\mu\text{g}/\text{kg}$, medan hjärta, lever och njurar i medeltal innehöll respektive 736, 683 och 388 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Halterna i karp var 2-3 gånger högre än i öring, vilket förmodligen berodde på den större motståndskraften och längre överlevnadstiden.

Hinz (1972) och Ritter och Strong (1966) fann i medeltal följande antimycinhalter (ekvivalent med tritiumkoncentrationen): 240 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i channel catfish, 161 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i bäcköring och 365 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i karp då fiskarna behandlats med 10 $\mu\text{g}/\text{l}$. Vid 5 $\mu\text{g}/\text{l}$ antimycin innehöll bäcköring 127 $\mu\text{g}/\text{kg}$, karp 248 $\mu\text{g}/\text{kg}$ och guldfisk 460 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Då råttor matades med 20 och 106 µg antimycin/dag, absorberades omkring 80 % av ³H-antimycinet och endast 20 % återfanns i fæces. Omkring 27 % av den intagna radioaktiviteten förekom i urin: 20 % av detta var neutralt och flyktigt material, troligen ³H-vatten, och mindre än 15 % var intakt antimycin eller någon av många kända hydrolysisprodukter. Mindre än 10 % av den totala dosen fanns kvar i djurkropparna 7 dagar efter sista doseringen. Antimycin bryts därför snabbt ned och utsöndras av råttorna och ackumuleras inte (Ritter och Strong 1968, Ritter 1967, Menzie 1969).

För närvarande arbetar Ayerst Laboratories med en immunologisk assay-metod som kan bli mycket känslig och specifik.

BEHANDLINGSMETODER

Fiskgifter har använts i kommersiellt bruk av fiskevårdare sedan 1934. Många av de tidiga principerna och teknikerna har anpassats för antimycin, men nya utvecklingar av produkter, utrustning och undersökning har gjort användningen av antimycin lättare och mera exakt.

Ett praktiskt bioassay, på platsen, har utvecklats av Burrell för att eliminera under- och överdosering. Testet gör det möjligt att bestämma vilken giftkoncentration som är verksam för ett bestämt ändamål i ett visst vatten, och tar hänsyn till alla påverkande faktorer.

Många metoder och utrustningar finns för spridning av antimycin. Beroende på vattnens storlek, kan de granulerade antimycinprodukterna spridas med flyg, båt eller för hand genom att använda hand- eller motordrivna såmaskiner. Vätskeformen kan spridas från båt, sprutas ned med pump i djupa områden i sjöar eller tillsättas genom droppsystem till rinnande vatten. Den fasta produkten suspenderas i ett kort plaströr, som fästes vertikalt under vattenytan (Lennon och Vezina 1973, Lennon et al. 1967).

Sandprodukterna är särskilt värdefulla i områden med vattenvegetation genom att sandkornen ramlar ned genom övervattensvegetationen och tränger genom vatten med kraftiga vegetationsmattor. Vätskeprodukten fastnar dock på övervattensvegetation och har mindre möjlighet att genomtränga vattnet (Lennon et al. 1970).

Fintrol-Concentrate och "tack"-produkten har använts framgångsrikt vid behandlingar av rinnande vatten. Slifer (1970) var ansvarig för utveckling av formler och föreslog metoder för användning av antimycin och avgiftare i rinnande vatten. Gilderhus (1972) bestämde den effektiva kontakttid (koncentration + expositionstid) som behövdes för att döda avsedda fiskar i rinnande vatten. Ett färgämne används tillsammans med antimycin för att spåra vattenströmmar och kemikaliens rörelse (Marking 1969).

Genom att fiskars metabolism reduceras i kallt vatten och därigenom deras svar på antimycin, krävs högre koncentrationer (>5 µg/l) för att få tillräcklig exposition vid temperaturer under 10° C. Över 16° C, men i övrigt identiska förhållanden, svarar fiskarna snabbare på antimycin, varför lägre koncentrationer (<5 µg/l) kan användas (Lennon och Berger 1970). Trots att en vinterbehandling kräver högre koncentrationer, så

finns flera fördelar framför sommarbehandlingar. Mindre yta behöver behandlas eftersom många sankområden är nästan bottenfrusna. Genom att bäckvattnet är mera begränsat till strömfåran, tvingas fiskarna att uppehålla sig i de djupaste delarna. Problemet som uppstår genom att antimycinet fryser, löses genom att tillsätta etylalkohol (Hacker 1969).

Partiella och selektiva behandlingar är möjliga med antimycin på grund av dess effektivitet på alla åldersstadier och dess olika toxicitet för olika fiskarter. Lek och samlade populationer är möjliga mål för partiella behandlingar (Lennon och Berger 1970).

Applicering i cirkel kan göras snabbt och ekonomiskt. Burress (1971) utvecklade en metod för att tunna ut alltför individrika bestånd av sunfish, genom att tillsätta 0.6-1.6 µg/l antimycin till grunda områden i dammen. Montgomery (1972) utvidgade tekniken till små sjöar och använde en båtskopa för att fördela Fintrol-Concentrate längs sjöns hela strand och med utmärkt resultat. Schorfhaar och Frankenberger (1970) behandlade endast de grunda områdena ned till 6 m djup och hela sjöytan ned till samma djup i en sjö. Resultatet blev att de icke önskvärda fiskarna (suckers, rock bass, perch, pumpkinseed sunfish och bluegills) dödades, och att de önskvärda fiskarna (large- and smallmouth bass) undkom.

Tekniker, där man drar nytta av temperaturskiktningen, finns tillgängliga. En teknik finns, med vilken man kan eliminera icke önskvärda fiskar i epilimnion och lämna önskvärda fiskar i språngskiktet opåverkade. Fintrol-5 kan spridas längs stranden och Fintrol-15 över djupare vatten. Giftet hindras från att diffundera ned till djupare vatten av temperaturgradienten i språngskiktet (Lennon och Berger 1970).

Staten Minnesota experimenterade framgångsrikt under hösten 1973 med en enda ytspridning, i samband med höstcirkulationen, för att åstadkomma en totalbehandling i djupa sjöar. Denna teknik kan spara åtskilligt med kraft och tid i jämförelse med den konventionella metoden att pumpa ned giftet till de djupa lagren i en sjö (Cumming et al. 1973 a). Om den termiska barriären utgör ett problem för att behandla hela vattenmassan ned till hypolimnion, kan Fintrol-30 spridas på ytan och giftet avges sedan genom den 9 m djupa vattenpelaren utan pumpning (Chamberland 1966; Radonski 1971).

I vatten med mycket stora pH-variationer under dygnet, bör behandlingarna utföras tidigt på morgonen, för att man skall vara säker på att avsedda fiskar utsätts för en letal dos innan pH ökar och inaktiverar giftet (Gilderhus et al. 1969, Crittenden 1968 b). Om hög produktivitet bidrar till högt pH, bör denna reduceras eller behandlingen uppskjutas till senhösten eller vintern när pH minskar (Crittenden 1968 a).

Mindre antimycin krävs vid lågt pH än vid högt. Vanligtvis behövs högre koncentrationer vid pH 8.5 eller däröver och ansträngningar måste göras för att försäkra sig om tillräckligt långexposition vid höga pH. Bioassay antyder att 12-15 µg/l gift krävs för att åstadkomma fiskdöd vid högt pH (Lennon och Berger 1970).

REGISTRERINGSTILLSTÄND

Tre produkter (Fintrol-5, Fintrol-15 och Fintrol-Concentrate) är fortfarande registrerade vid Environmental Protection Agency för användning i vatten, men inte i födosammanhang. Registreringen skall ses över den 17 juni 1975.

De undersökningar som pågår för att samla information om antimycin för att behålla den fortlöpande registreringen omfattar kort- och långtidseffekter av antimycin på evertebrater, toxicitetstester på fisk vid genomströmning med konstant giftkoncentration, motverkan, faktorer som påverkar inaktiveringen av antimycin, behandlingsmetoder, bestämning av nedbrytningsprodukter och metaboliter och utveckling av kvalitativa och kvantitativa metoder för att spåra antimycinrester i vävnader.

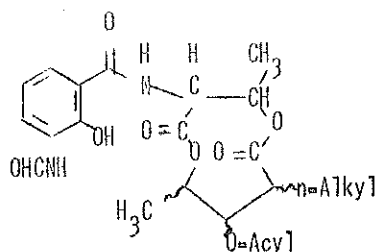
Försök att få "tack"-produkten, Fintrol-30 och produkten med fördröjd utlösning registrerade fortsätter.

Antimycin kan klassas som ett ämne i mycket liten användning, då det tillsetts sporadiskt, eller endast en gång och i små kvantiteter (0.05-10 ug/l) till utvalda och avgränsade vatten.

APPENDIX A: Tekniska data om antimycin

Empirisk formel : $C_{28}H_{40}N_2O_9$

Strukturformel :



- Produkter :
- Fintrol-5. Fina sandkorn överdragna med 1 % antimycin i Carbowax.
 - Fintrol-15. 5 % antimycin i Carbowax på sandpartiklar.
 - Fintrol-Concentrate. 10 % antimycin i lösningsmedel (med acetone).
 - Tack-form. 14 % antimycin blandat med 1 % fluorescent färgämne i en massa.
 - Fintrol-30. 3.2 % antimycin på sandkorn. Fördröjd utlösning.
- Primär användning : Registrerat som fiskgift i USA och Kanada.
- Sekundär användning : Fungicid, miticid, insekticid.
- Verknings sätt : Irreversibel hämmare av cellrespirationen; inhiberar specifikt kedjan mellan cytokromerna -b och -c₁.
- Giftighet för växter : Akvatiska växter - 20 µg/l - ingen effekt.
- Giftighet för fisk :
- | Art | EC50 (96 timmar) | µg/l |
|-----------------|------------------|------|
| Regnbåge | 0.03- 0.08 | " |
| Gädda | 0.11- 0.55 | " |
| Karp | 0.12- 0.43 | " |
| Channel catfish | 5.20-10.50 | " |
| Bluegill | 0.06- 0.50 | " |
- Giftighet för amfibier och reptiler :
- | Art | LC50 (96 timmar) | µg/l |
|------------------------------|------------------|------|
| Leopard frog | 3.8-11.2 | " |
| Sköldpaddor och vattensnokar | 5 -10 | " |
- Giftighet för fåglar :
- | Art | Gräsand - oralt | LC50 = | mg/kg |
|----------|-----------------|--------|----------------------|
| Vaktel | " | LD50 = | 39 [±] 11 " |
| Fasan | " | " = | 5 " |
| Kyckling | " | " = | >160 " |
| Duva | " | " = | 2 " |

Giftighet för däggdjur	:	Kanin	oral LD50	= 10 ± 2.5 mg/kg
		Mus	"	= 55 ± 7 "
		Råtta	"	= 28 ± 6 "
		Marsvin	"	= 1.8 ± 0.28 "
		Hund	"	= > 5 "
		Får	"	= 1 - 5 "

Säkerhetsrisker : Krav för användning: Skydda ögonen med skyddsglasögon.

Kvarblivande i miljön : Ej bestående. Blir sällan kvar längre än 7 dagar i naturliga vatten, men kan bestå något längre i mycket mjuka, sura och kalla vatten.

APPENDIX B: Engelska och latinska namn på fiskar

Engelska	Latin
Lampreys Sea lamprey	Petromyzontidae <i>Petromyzon marinus</i>
Gars Shortnose gar	Lepisosteidae <i>Lepisosteus platostomus</i>
Bowfins Bowfin	Amiidae <i>Amia calva</i>
Herrings Gizzard shad	Clupeidae <i>Dorosoma cepedianum</i>
Trouts Rainbow trout Brown trout Brook trout Lake trout	Salmonidae <i>Salmo gairdneri</i> <i>Salmo trutta</i> <i>Salvelinus fontinalis</i> <i>Salvelinus namaycush</i>
Pikes Northern pike	Esocidae <i>Esox lucius</i>
Minnows and carps Goldfish White amur Carp Golden shiner Redbelly dace Northern redbelly dace Fathead minnow	Cyprinidae <i>Carassius auratus</i> <i>Ctenopharyngodon idellus</i> <i>Cyprinus carpio</i> <i>Notemigonus crysoleucas</i> <i>Phoxinus sp</i> <i>Phoxinus eos</i> <i>Pimephales promelas</i>
Suckers Quillback White sucker Lake chubsucker Bigmouth buffalo Spotted sucker	Catostomidae <i>Carpiodes cyprinus</i> <i>Catostomus commersoni</i> <i>Erimyzon sucetta</i> <i>Ictiobus cyprinellus</i> <i>Minytrema melanops</i>
Freshwater catfishes White catfish Black bullhead Yellow bullhead Channel catfish Flathead catfish	Ictaluridae <i>Ictalurus catus</i> <i>Ictalurus melas</i> <i>Ictalurus natalis</i> <i>Ictalurus punctatus</i> <i>Pylodictis olivaris</i>

Sticklebacks
Brook stickleback

Temperate basses
White bass

Sunfishes
Rock bass
Green sunfish
Pumpkinseed
Bluegill
Longear sunfish
Redear sunfish
Smallmouth bass
Largemouth bass
Black crappie

Perches
Yellow perch
Walleye

Jacks and pompanos
Pompano

Drums
Freshwater drum

Gasterosteidae
Culaea inconstans

Percichthyidae
Morone chrysops

Centrarchidae
Ambloplites rupestris
Lepomis cyanellus
Lepomis gibbosus
Lepomis macrochirus
Lepomis megalotis
Lepomis microlophus
Micropterus dolomieu
Micropterus salmoides
Pomoxis nigromaculatus

Percidae
Percia flavescens
Stizostedion vitreum
vitreum

Carangidae
Trachinotus sp

Sciaenidae
Aplodinotus grunniens

LITTERATUR

- Alward, W. D. 1971. Proud Lake to Milford Millpond: Fish eradication project. Michigan Department of Natural Resources, Michigan, December 1971. 8 p.
- Avault, J. W., Jr. 1968. Rid trash fish from catfish ponds. Louisiana Conservationist 20(7-8):8-9.
- Avault, J. W., Jr. 1972. Watch those wild fish; they rob you of profits. Fish Farming Industries 3(3):24-26.
- Avault, J. W., Jr., and G. C. Radonski. 1968. Use of antimycin as a fish toxicant with emphasis on removing trash fish from catfish ponds. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 21(1967):472-475.
- Berger, B. L. 1964a. Trials of antimycin in ponds at the National Fish Hatchery, Berlin, New Hampshire, September 1964. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, December 1964. 4 p.
- Berger, B. L. 1964b. Trials of antimycin in ponds at the National Fish Hatchery, Cape Vincent, New York. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, October 1964. 3 p.
- Berger, B. L. 1965a. An application of FINTRON-5 (antimycin) to Veterans Memorial Park Pond, West Salem, Wisconsin. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, November 12, 1965. 11 p.

- Berger, B. L. 1965b. Field testing of antimycin at Stuttgart, Arkansas. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, May 5, 1965. 21 p.
- Berger, B. L. 1965c. Rough fish removal with antimycin in Coe and Sidie Hollow Creeks, Vernon County, Wisconsin, on August 13, 1965. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten. 4 p.
- Berger, B. L. 1966a. Reclamation of Lake Creek Lake with Fintrol-5 at the National Fish Hatchery, Saratoga, Wyoming. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, January 13, 1966. 13 p.
- Berger, B. L. 1966b. Field trials of Fintrol-5 at Stuttgart, Arkansas, in December 1965. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, March 7, 1966. 20 p.
- Berger, B. L. 1966c. Antimycin (Fintrol) as a fish toxicant. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 19(1965):300-301.
- Berger, B. L. 1971. Fish toxicant compositions and method of using them. U.S. Patent 3,608,072. Filed March 21, 1969, patented September 21, 1971. 1 p.
- Berger, B. L., and J. W. Hogan. 1966. Intensive screening: laboratory trials with antimycin, p. 75-76. In Progress in sport fishery research, 1965. U.S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Resource Publication No. 17.

- Berger, B. L., and R. E. Lennon. 1967. A test of antimycin A, a fish toxicant, in Beauty Lake, Quebec. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, type-written, February 1967. 20 p.
- Berger, B. L., P. A. Gilderhus, and R. E. Lennon. 1967. Attempted reclamation of Whitewater Lake, Valentine National Wildlife Refuge, Nebraska. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, mimeo, October 25, 1967. 12 p.
- Berger, B. L., R. E. Lennon, and J. W. Hogan. 1969. Laboratory studies on antimycin A as a fish toxicant. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control No. 26, 1-21.
- Biological Laboratory. 1966. Quarterly report, April 1-June 30, 1966. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Bureau of Commercial Fisheries, Biological Laboratory, Gulf Breeze, Florida, mimeo. 6 p.
- Brown, R. T. 1973. Toxicity of antimycin and rotenone to crawfish, *Procambarus* spp., and the possible use of antimycin as a fish poison in crawfish ponds. MS Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, August 1973. 49 p.
- Brynildson, C. 1970. Selective chemical fish eradication of Mill Creek, Richland County. Wisconsin Department of Natural Resources, Division of Fish, Game and Enforcement, Bureau of Fish Management, Management Report No. 32:1-12.

- Burress, R. M. 1966. Populations of channel catfish in three antimycin-treated ponds in Georgia. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, November 1966. 18 p.
- Burress, R. M. 1968a. Antimycin for controlling sunfish populations in ponds. *Farm Pond Harvest* 2(1):11, 12, 22.
- Burress, R. M. 1968b. Field trials of antimycin for selective control of gizzard shad in ponds near Atlanta, Georgia. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, September 1968. 10 p.
- Burress, R. M. 1968c. Field trials for selective control of lake chubsuckers in southwest Georgia and northwest Florida. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, October 1968. 20 p.
- Burress, R. M. 1968d. Field trials of antimycin A for selective control of sunfishes, gizzard shad and golden shiners in ponds containing largemouth bass. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, mimeo, July 1968. 8 p.
- Burress, R. M. 1971. Improved method of treating ponds with antimycin A to reduce sunfish populations. *Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners* 24(1970):464-473.

- Burress, R. M. 1972. Resumé of on-site bioassay experiments. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, July 1972. 66 p.
- Burress, R. M., and C. W. Lunning. 1966. Preliminary report on applications of Fintrol-5 in catfish ponds at Columbus, Mississippi. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, August 12, 1966. 16 p.
- Burress, R. M., and C. W. Lunning. 1969a. Field trials of antimycin as a selective toxicant in channel catfish ponds. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control No. 25:1-12.
- Burress, R. M., and C. W. Lunning. 1969b. Use of antimycin for selective thinning of sunfish populations in ponds. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control No. 28:1-10.
- Burress, R. M., and C. W. Lunning. 1969c. Antimycin treatment of two ponds containing *Clarias batrachus* in July 1969. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, September 1969. 6 p.
- Callaham, M. A. 1968. Antimycin as a fisheries tool in the Southeast. Ph.D. Thesis, University of Georgia, Athens, Georgia, July 1968. 76 p.
- Callaham, M. A., and M. T. Huish. 1968. An evaluation of antimycin as a selective bluegill toxicant under varying conditions of pH. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 21(1967):476-481.

- Callahan, M. A., and M. T. Hulsh. 1969. Effects of antimycin on plankton populations and benthic organisms. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 22(1968): 255-263.
- Chamberland, E. 1966. Experimental poisoning of Beauty Lake (cty Gatineau, P. Que.) with "FINTRON" by Ayerst Laboratories of Canada LTD. Quebec Biological Office, Drummondville-Sud, Quebec, Canada, mimeo, September 24, 1966. 8 p.
- Conant, R. 1958. A field guide to reptiles and amphibians. Houghton Mifflin Company, Boston, Massachusetts. 366 p.
- Crittenden, E. 1968a. Summary report, Fishery management program, Fort Knox, Hardin County, Kentucky. U.S. Fish and Wildlife Service, Division of Fishery Services, Atlanta, Georgia, October 14, 1968. 6 p.
- Crittenden, E. 1968b. Summary report, Fishery management program, Defense Depot, Memphis, Shelby County, Tennessee. U.S. Fish and Wildlife Service, Division of Fishery Services, Atlanta, Georgia, October 8, 1968. 3 p.
- Cumming, K. B. (In press). History of fish toxicants in the United States. In Symposium on rehabilitation of fish populations with fish toxicants. North Central Division of the American Fisheries Society.

- Cumming, K. B., P. A. Gilderhus, and V. K. Dawson. 1973a. Monthly report. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, November 1973. 4 p.
- Cumming, K. B., P. A. Gilderhus, and V. K. Dawson. 1973b. Section of efficacy: 1973 End-of-the-year report. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten.
- Dawson, V. K. (In press). Counteracting chemicals used in fishery operations: Current technology and research. In Symposium on rehabilitation of fish populations with fish toxicants. North Central Division of the American Fisheries Society.
- Dawson, V. K. 1971. Summary report on a stream application of a cake formulation of antimycin at Kekoskee, Wisconsin on 5/18/71. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, May 26, 1971. 8 p.
- Dawson, V. K. 1973. Photodecomposition of the piscicides TFM (3-trifluoromethyl-4-nitrophenol) and antimycin. MS Thesis, University of Wisconsin-La Crosse, December 1973. 66 p.
- Dawson, V. K., and L. L. Marking. (In review). Removal of toxic chemicals from water with activated carbon. Transactions of the American Fisheries Society.
- Dawson, V. K., and L. L. Marking. (In press). Removal and deactivation of antimycin using carbon and chlorine. The Progressive Fish-Culturist.

- Degan, D. J. 1973. Observations on aquatic macroinvertebrates in a trout stream before, during, and after treatment with antimycin. MS Thesis, University of Wisconsin-Stevens Point, November 1973. 83 p.
- Derse, P. H., and F. M. Strong. 1963. Toxicity of antimycin to fish. *Nature* 200(4906):600-601.
- Dickie, J. P., M. E. Loomans, T. M. Farley, and F. M. Strong. 1963. The chemistry of antimycin A. XI. N-substituted 3-formamidosalicylic amides. *Journal of Medicinal Chemistry* 6:424-427.
- Dunshee, B. R., C. Leben, G. W. Keitt, and F. M. Strong. 1949. The isolation and properties of antimycin A. *Journal of the American Chemical Society* 71:2436-2437.
- Elson, C., H. A. Hartman, L. Shug, and E. Shrago. 1970. Antimycin A: Stimulation of cell division and protein synthesis in *Tetrahymena pyriformis*. *Science* 168:385-386.
- Finucane, J. H. 1969. Antimycin as a toxicant in a marine habitat. *Transactions of the American Fisheries Society* 98(2):288-292.
- Finucane, J. H. 1970. Pompano mariculture in Florida. *The American Fish Farmer* 1(4):5-10.
- Fish Control Laboratories. 1973. Quarterly report of progress for April-June 1973 at Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, and Hammond Bay Biological Station, Millersburg, Michigan, mimeo, July 1973.

- Fish Control Laboratory. 1964. The effect of antimycin on various species of fish in outdoor pools. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, May 1964. 2 p.
- Foye, R. E. 1968. The effects of a low-dosage application of antimycin A on several species of fish in Crater Pond, Aroostook County, Maine. *The Progressive Fish-Culturist* 30(4):216-219.
- Frear, D. E. H. 1969. *Pesticide Index*. 4th ed. College Science Publishers, State College, Pennsylvania. 399 p.
- Gilderhus, P. A. 1966. Antimycin as a fish toxicant. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, mimeo, July 1966. 7 p.
- Gilderhus, P. A. 1971. Preliminary study on efficacy of delayed-release antimycin against sea lamprey ammocoetes. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, mimeo, September 1971. 8 p.
- Gilderhus, P. A. 1972. Exposure times necessary for antimycin and rotenone to eliminate certain freshwater fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29(2):199-202.
- Gilderhus, P. A. 1973. Status of possible bottom-release toxicants for sea lamprey control. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, March 1973. 6 p.

- Gilderhus, P. A., B. L. Berger, and R. E. Lennon. 1969. Field trials of antimycin A as a fish toxicant. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control No. 27:1-21.
- Hacker, V. A. 1969. The winter chemical treatment of streams with antimycin. Presented at the 31st Midwest Fish and Wildlife Conference, St. Paul, Minnesota, December 9, 1969. 7 p.
- Hacker, V. A. 1971. Breakthrough in carp control? Wisconsin Conservation Bulletin 36(3):3-5.
- Haegle, K. D., and D. M. Desiderio. 1973. Structural elucidation of minor components in the antimycin A complex by mass spectrometry. The Journal of Antibiotics 26(4):215-222.
- Hamilton, P. B., F. I. Carroll, J. H. Rutledge, J. E. Mason, B. S. H. Harris, C. S. Fenske, and M. E. Wall. 1969. Simple isolation of antimycin A₁ and some of its toxicological properties. Applied Microbiology 17(1):102-105.
- Henderson, Scott. (In press). Preliminary studies on the tolerance of the white amur, *Ctenopharyngodon idella*, to rotenone and other commonly used pond treatment chemicals. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 27.
- Herr, F., E. Greselin, and C. Chappel. 1967. Toxicology studies of antimycin, a fish eradicator. Transactions of the American Fisheries Society 96(3):320-326.

- Hiltibran, R. C. 1965. Oxidation of succinate by bluegill liver mitochondria. Transactions of the Illinois Academy of Science 58(3):176-182.
- Hinz, R. S. 1972. Degradation of antimycin A by hog liver and fish. Ph.D. Thesis, University of Wisconsin-Madison, December 1972. 147 p.
- Hogan, J. W. 1965. The efficacy of antimycin formulated on sand and in acetone against selected fishes. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten, January 1965. 4 p.
- Hogan, J. W. 1966a. Antimycin as a fish toxicant in catfish culture. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, mimeo, October 1966. 13 p.
- Hogan, J. W. 1966b. Adsorption of antimycin by clay. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, July 1966. 5 p.
- Houf, L. J., and R. E. Hughey. 1973. Benthic and zooplankton fauna for which no demonstrable short-term or long-term effects of treatment with antimycin were observed. I. Benthos. II. Zooplankton. Cooperative Fishery Unit, University of Missouri, Columbia, Missouri, May 1973. 2 p.
- Howell, J. H., E. L. King, Jr., and L. H. Hanson. 1973. Quarterly report: January-March 1973. U.S. Fish and Wildlife Service, Hammond Bay Biological Station, Millersburg, Michigan, typewritten. 5 p.

- Howland, R. M. 1969. Interaction of antimycin A and rotenone in fish bioassays. *The Progressive Fish-Culturist* 31(1):33-34.
- Huner, J. V. 1968. Use of Fintrol-5 to control undesirable fishes in shrimp-oyster ponds. *The Proceedings of the Louisiana Academy of Sciences* 31:58-61.
- Hussain, A. 1969. Kinetics and mechanism of hydrolysis of antimycin A in solution. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 58(3):316-320.
- Jaques, H. E. 1947. *How to know the Insects*. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 205 p.
- Kaffka, J. 1969. Fintrol tested by Arkansas. *Farm Pond Harvest* 3(4):7.
- Kawatski, J. A. 1973. Acute toxicities of antimycin A, Bayer 73, and TFM to the Ostracod *Cyprretta kawatai*. *Transactions of the American Fisheries Society* 102(4):829-831.
- Kawatski, J. A., M. M. Ledvina, and C. R. Hansen, Jr. (In review). Acute toxicities of TFM and Bayer 73 to larvae of the midge *Chironomus tentans*. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control.
- Kluepfel, D., S. N. Sehgal, and C. Vezina. 1970. Antimycin A components. I. Isolation and biological activity. *The Journal of Antibiotics* 23(2):75-80.
- Leben, C., and G. W. Keitt. 1948. An antibiotic substance active against certain phytopathogens. *Phytopathology* 38:899-906.

- Lee, T. H., P. H. Derse, and S. D. Morton. 1971. Effects of physical and chemical conditions on the detoxification of antimycin. *Transactions of the American Fisheries Society* 100(1):13-17.
- Lennon, R. E. 1966. Antimycin - a new fishery tool. *Wisconsin Conservation Bulletin* 31(2):4-5.
- Lennon, R. E. 1970a. Control of freshwater fish with chemicals. *Proceedings of the Fourth Vertebrate Pest Conference, West Sacramento, California, March 3-5*:129-137.
- Lennon, R. E. 1970b. Fishes in pest situations, p. 6-41. In Charles E. Palm (Chrm.). *Principles of plant and animal pest control. Volume 5. Vertebrate pests: problems and control.* National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Lennon, R. E. 1973. Annual report for 1972. Fish Control Laboratories. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, memo, March 1973. 34 p.
- Lennon, R. E., and B. L. Berger. 1970. A resumé on field applications of antimycin A to control fish. U.S. Fish and Wildlife Service, *Investigations in Fish Control* No. 40:1-19.
- Lennon, R. E., and C. Vezina. 1973. Antimycin A, a piscicidal antibiotic, p. 55-96. In D. Perlman (Ed.). *Advances in applied Microbiology. Volume 16.* Academic Press, New York.
- Lennon, R. E., B. L. Berger, and P. A. Gilderhus. 1967. A powered spreader for antimycin. *The Progressive Fish-Culturist* 29(2): 110-113.

- Lennon, R. E., J. B. Hunn, R. A. Schnick, and R. M. Burress. 1970. Reclamation of ponds, lakes, and streams with fish toxicants: a review. FAO Fisheries Technical Paper No. 100:1-99.
- Lesser, B. R. 1972. The acute toxicities of antimycin A and juglone to selected aquatic organisms. MS Thesis, University of Wisconsin-La Crosse, May 1972. 41 p.
- Liu, W.-C., and F. M. Strong. 1959. The chemistry of antimycin A. VI. Separation and properties of antimycin A subcomponents. *Journal of the American Chemical Society* 81:4387-4390.
- Liu, W.-C., E. E. van Tamelen, and F. M. Strong. 1960. The chemistry of antimycin A. VIII. Degradation of antimycin A. *Journal of the American Chemical Society* 82:1652-1654.
- Lockwood, J. L., C. Leben, and G. W. Keitt. 1954. Production and properties of antimycin A from a new streptomyces isolate. *Phytopathology* 44(8):438-446.
- Loeb, H. A. 1964. Some notes concerning the toxicity of antimycin A to carp and other fish. *New York Fish and Game Journal* 11(2): 160-161.
- Loeb, H. A., and R. Engstrom-Heg. 1970. Potential chemical systems for stream reclamation. *New York Fish News* No. 32:1-3.
- Marking, L. L. 1969. Toxicity of rhodamine B and fluorescein sodium to fish and their compatibility with antimycin A. *The Progressive Fish-Culturist* 31(3):139-142.

- Marking, L. L. 1972. Sensitivity of the white amur to fish toxicants. *The Progressive Fish-Culturist* 34(1):26.
- Marking, L. L. 1973. Critical factors influencing the inactivation of antimycin in water. MS Thesis, University of Wisconsin-La Crosse, May 1973. 32 p.
- Marking, L. L., and T. D. Bills. (In review a). Toxicity of chlorine to fish and its effectiveness for detoxifying antimycin. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*.
- Marking, L. L., and T. D. Bills. (In review b). Toxicity of $KMnO_4$ to fish and its effectiveness for detoxifying antimycin. *Transactions of the American Fisheries Society*.
- Marking, L. L., and T. D. Bills. 1973. Section of toxicology: Static bioassay of toxicants against fish, p. 2-7. In Quarterly report of progress for October-December 1972 at Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, and Hammond Bay Biological Station, Millersburg, Michigan.
- Marking, L. L., and V. K. Dawson. 1972. The half-life of biological activity of antimycin determined by fish bioassay. *Transactions of the American Fisheries Society* 101(1):100-105.
- Marking, L. L., J. H. Chandler, Jr., and T. D. Bills. 1973a. Quarterly report, January-March 1973. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, typewritten. 13 p.

- Marking, L. L., J. H. Chandler, and T. D. Bills. 1973b. Section of toxicology: 1973 End-of-the-year report. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin.
- McKenzie, J., and J. D. Ebert. 1960. The inhibitory action of antimycin A in the early chick embryo. *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 8(3):314-320.
- Menzie, C. M. 1969. Metabolism of pesticides. U.S. Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report--Wildlife No. 127:1-487.
- Moe, J. L. 1970. A comprehensive pond management study at the Max McGraw Wildlife Foundation. MS Thesis, Wisconsin State University, La Crosse, Wisconsin, January 1970. 70 p.
- Montgomery, A. B. 1972. Fort Benning, Mucogee and Chattahoochee, Georgia. U.S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Division of Fishery Services, Annual Project Report 1972, Atlanta, Georgia. 9 p.
- Nakayama, K., F. Okamoto, and Y. Harada. 1956. Antimycin A: Isolation from *Streptomyces kitazawaensis* and its activity against rice plant blast fungi. *Journal of Antibiotics (Japan) Series A* 9:63-66.
- Pennak, R. W. 1953. Fresh-water invertebrates of the United States. The Ronald Press Company, New York. 769 p.
- Peterson, R. T. 1947. A field guide to the birds. Houghton Mifflin Company, Boston, Massachusetts. 290 p.

- Pfeiffer, P. W., and B. F. Ellis. 1968. Small lakes studies, p. 14-15. In Kentucky Department of Fish and Wildlife Resources, Division of Fisheries, 1968 Annual Report.
- Potter, V. R., and A. E. Reif. 1952. Inhibition of an electron transport component by antimycin A. *Journal of Biological Chemistry* 194:287-297.
- Powell, D. H. (In press). Comparative tolerance of fingerling black crappie, white crappie, and largemouth bass to Fintrol-5 at two pH levels. *Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners* 27.
- Powers, J. E., and A. L. Bowes. 1967. Elimination of fish in the Giant Grebe Refuge, Lake Atitlan, Guatemala, using the fish toxicant, antimycin. *Transactions of the American Fisheries Society* 96(2):210-213.
- Powers, J. E., and E. Schneberger. 1967. Antimycin: Promising in carp control. *Wisconsin Conservation Bulletin* 32(2):14.
- Prescott, G. W. 1969. How to know the aquatic plants. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 171 p.
- Rabe, F. W., and R. C. Wissmar. 1969. Some effects of antimycin in an oligotrophic lake. *The Progressive Fish-Culturist* 31(3):163.
- Radonski, G. C. 1967. Antimycin: Useful in perch control? *Wisconsin Conservation Bulletin* 32(2):15-16.
- Radonski, G. C. 1971. Fintrol-30. Ayerst Laboratories, Springfield, Missouri, mimeo. 3 p.

- Radonski, G. C. 1972. Fintrol-Bar: A new concept in stream reclamation. Presented at the 34th Midwest Fish and Wildlife Conference, Des Moines, Iowa, December 13, 1972.
- Rawson, M. V., Jr., and A. C. Fox. (In press). An evaluation of antimycin A as a parasiticide. Transactions of the American Fisheries Society.
- Reif, A. E., and V. R. Potter. 1953a. *In vivo* inhibition of succinoxidase activity in normal and tumor tissues by antimycin A. Cancer Research 13:49-57.
- Reif, A. E., and V. R. Potter. 1953b. Studies on succinoxidase inhibition. I. Pseudoirreversible inhibition by a naphthoquinone and by antimycin A. Journal of Biological Chemistry 205(1): 279-290.
- Reporter, M. C., and J. D. Ebert. 1965. A mitochondrial factor that prevents the effects of antimycin A on myogenesis. Developmental Biology 12(1):154-184.
- Rieske, J. S. 1967. Antimycin A, p. 542-584. In D. Gottlieb and P. D. Shaw (Ed.). Mechanism of action. Volume I. Springer-Verlag, Berlin.
- Rieske, J. S. 1973. Antimycin A. Ohio State University, Department of Physiological Chemistry, Columbus, Ohio. 70 p.
- Rieske, J. S., H. Baum, C. D. Stoner, and S. H. Lipton. 1967a. On the antimycin-sensitive cleavage of complex III of the mitochondrial respiratory chain. The Journal of Biological Chemistry 242 (21):4854-4866.

- Rieske, J. S., S. H. Lipton, H. Baum, and H. I. Silman. 1967b. Factors affecting the binding of antimycin A to complex III of the mitochondrial respiratory chain. *The Journal of Biological Chemistry* 242(21):4888-4896.
- Ritter, P. O. 1967. The absorption and metabolism of antimycin by animals. Ph.D. Thesis, University of Wisconsin-Madison, February 1967. 90 p.
- Ritter, P. O., and F. M. Strong. 1966. Residues in tissues of fish killed by antimycin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 14(4):403-407.
- Ritter, P. O., and F. M. Strong. 1968. Absorption and metabolism of antimycin administered with a rat diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 16(1):6-12.
- Rose, A., and E. Rose. 1966. *The condensed chemical dictionary*. 7th ed. Reinhold Publishing Corp., New York. 1044 p.
- Rothschild, L. 1961. *A classification of living animals*. John Wiley and Sons Inc., New York. 106 p.
- Sayre, R. C. 1969. Powder River rehabilitation: Use of Fintrol-5 for fish eradication. Oregon State Game Commission, Fishery Division, Project Number F-80-R-1. 47 p.
- Schilling, G., D. Berti, and D. Kluepfel. 1970. Antimycin A components. II. Identification and analysis of antimycin A fractions by pyrolysis-gas liquid chromatography. *The Journal of Antibiotics* 23(2):81-90.

- Schneider, H. G., G. M. Tener, and F. M. Strong. 1952. Separation and determination of antimycins. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 37(1):147-157.
- Schoettger, R. A., and G. E. Svendsen. 1970. Effect of antimycin A on tissue respiration of rainbow trout and channel catfish. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control No. 39: 1-10.
- Schoettger, R. A., B. L. Berger, and P. A. Gilderhus. 1967. Reclamation of Turquoise Lake, Leadville, Colorado. U.S. Fish and Wildlife Service, Fish Control Laboratory, La Crosse, Wisconsin, mimeo, September 1967. 20 p.
- Schorfhaar, R., and L. Frankenberger. 1970. Costs and methods involved in partial chemical eradication projects using antimycin A. Michigan Department of Conservation, Fisheries Division. 15 p.
- Schultz, D. P. 1974. Monthly report. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeastern Fish Control Laboratory, Warm Springs, Georgia, typewritten, February 1974. 2 p.
- Sehgal, S. N., and C. Vezina. 1967. Automated fluorometric assay of antimycin A. *Analytical Biochemistry* 21:266-272.
- Sehgal, S. N., K. Singh, and C. Vezina. 1965. Spectrophotofluorometric assay of antimycin. *Analytical Biochemistry* 12:191-195.
- Slifer, G. E. 1970. Stream reclamation techniques. Wisconsin Department of Natural Resources, Bureau of Fish Management, Management Report No. 33:1-35.

- Smith, D. W. 1972. Chemical reclamation of Fish Creek, Montcalm County, using Fintrol Bars (antimycin). Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Division, July 15, 1972. 5 p.
- Stecher, P. G. 1968. The Merck Index. 8th ed. Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. 1713 p.
- Stinauer, R. 1968. Antimycin A trials in strip mine waters. Presented at the 6th Annual Meeting of the Illinois State Chapter of the American Fisheries Society, Peoria, Illinois, February 20, 1968, mimeo. 11 p.
- Strong, F. M. 1956. Topics in microbial chemistry: Antimycin, coenzyme A, kinetin and kinins. John Wiley and Sons, Inc., London. 166 p.
- Strong, F. M., and P. H. Derse. 1964. Method of killing fish with antimycin. U.S. Patent No. 3,152,953. Filed March 13, 1962, patented October 13, 1964. 2 p.
- Tener, G. M., F. M. Bumpus, B. R. Dunshee, and F. M. Strong. 1953. The chemistry of antimycin A. II. Degradation studies. Journal of the American Chemical Society 75:1100-1104.
- van Tamelen, E. E., J. P. Dickie, M. E. Loomans, R. S. Dewey, and F. M. Strong. 1961. The chemistry of antimycin A. X. Structure of the antimycins. Journal of the American Chemical Society, 83: 1639-1646.
- Vezina, C. 1967. Antimycin A, a teleocidal antibiotic. Antimicrobial Agents and Chemotherapy-1966:757-766.

- Vezina, C. 1971. Antibiotics for nonhuman uses. *Pure and Applied Chemistry* 28(4):681-698.
- Walker, C. R., R. E. Lennon, and B. L. Berger. 1964. Preliminary observations on the toxicity of antimycin A to fish and other aquatic animals. U.S. Fish and Wildlife Service, Investigations in Fish Control No. 2 and Circular No. 186:1-18.
- Wisconsin Alumni Research Foundation. 1964. Antimycin poisoned fish feeding study - rat. Wisconsin Alumni Research Foundation, Madison, Wisconsin. 2 p.
- Wisconsin Alumni Research Foundation. 1965. Antimycin as a fish toxicant: A resumé of information and data pertaining to the use of antimycin in fish management procedures in ponds and lakes. Wisconsin Alumni Research Foundation, Madison, Wisconsin, June 10, 1965. 36 p.