

SUOMEN KALATALOUS 35 FINLANDS FISKERIER

TUTKIMUS PARAKVATIN AKUUTISTA
MYRKYLLISYYDESTÄ KIRJOLOHEN
POIKASILLE (SALMO GAIRDNERI
RICHARDSON)

Sammandrag: En undersökning angående akut toxicitet av paraquat för unga regnbågsforeller (*Salmo gairdneri* Richardson)

Summary: A study on the acute toxicity of paraquat to young rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson)

OLAVI E. J. SILVO

Oy Suunnittelukeskus — MKR

HELSINKI 1968

keampi kuin ensimmäisen sarjan kestäessä, ja veden lämpötilat koeastioissa kokeen aikana olivat seuraavat:

pvm	°C	pvm	°C
12. 2.	6,3	20. 2.	10,5
13. 2.	9,0	21. 2.	9,5
14. 2.	8,3	22. 2.	9,8
15. 2.	7,1	23. 2.	11,7
16. 2.	4,9	24. 2.	12,1
17. 2.	6,0	25. 2.	11,0
18. 2.	8,5	26. 2.	9,8
19. 2.	9,5	27. 2.	9,6

Ensimmäinen koesarja tehtiin siis alhaisemmassa lämpötilassa kuin toinen (vrt. myös taulukko 1.B). Ensimmäisen koesarjan aikana veden lämpötilojen erot eri päivinä saattoivat olla noin 5°C. Toisen koesarjan kestäessä veden lämpötilojen ääriarvot olivat 4,9°C ja 12,1°C ja ääriarvojen erotus 7,2°C. Koko kokeen aikana mitattujen veden lämpötilojen ääriarvojen erotus oli 11,6°C. Ensimmäisen koesarjan veden keskilämpötilaa ei voida laskea. Toisen sarjan veden keskilämpötila oli 8,97°C.

KONTROLLI:

Kokeiden kontrollijäsenenä oli 5 noin puolen vuoden ikäistä kirjolohen poikasta, jotka oli sijoitettu samanlaiseen Porlan vettä sisältävään lasiastiaan kuin muutkin koeastiat. Ne elivät samanlaisissa olosuhteissa kuin varsinaiset koekalatkin, mutta vettä ei tietenkään oltu käsitelty parakvatilla. Kummassakin koesarjassa kontrollikalat elivät kokeen loppuun saakka, ja kokeen jälkeen niillä oli hyvä ruokahalu.

KOEMENETELMÄ:

Lasiastioihin pantiin 20 litraa Porlan kaivovettä ja veteen sekoitettiin tietyt määrät Gramoxone-valmistetta. Tämän jälkeen siirrettiin koekalat koeastioihin ilman minkäänlaista sopeuttamisvaihetta. Kaloille ei tarjottu lainkaan ravintoa kokeen kestäessä. Astioihin johdettiin ilmaa sähkökäyttöisellä akvariopumpulla (vrt. SILVO 1967 s. 12).

HAVAINNOT:

Havainnot pyrittiin tekemään kalojen myrkyttymisen ensi oireista, manifestaatioajasta* sekä kuolemiseen tarvitusta ajasta.

KOKEIDEN TULOKSET:

Kokeiden antamat tulokset on esitetty taulukossa 1. Hajonta on laskettu kaavasta

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta x^2}{n-1}}$$

WUHRMANN'in ja WOKER'in (1950) käyttämään tapaan. Kaavaa on käytetty muodoissa

$$s_M = \pm \sqrt{\frac{\sum [(t_M - \bar{t}_M)]^2}{n-1}} \text{ ja } s_D = \pm \sqrt{\frac{\sum [(t_D - \bar{t}_D)]^2}{n-1}}$$

joissa s = keskiarvojen keskivirhe, t_M = yksittäisten kalojen manifestaatioaika, t_D = niiden kuolemaan tarvittava aika, \bar{t}_M = kalojen manifestaatioaikojen ja \bar{t}_D = kalojen kuolemaan tarvittavien aikojen aritmeettinen keskiarvo sekä n = koekalojen lukumäärä. Taulukkoon 1 on merkitty myös kalojen myrkyttymisen ensioireiden esiintymiseen kulunut aika, mikäli tällaisia oireita on voitu havaita.

*) manifestaatio aika (saks. Manifestationszeit) on myrkytysvaikutusaika, jonka jälkeen kala on siinä määrässä vaurioitunut, että se on avuton, eikä pysty kunnolla liikkumaan (vrt. WUHRMANN und WOKER 1948 ja SILVO 1967 s. 7).

B. Suuret parakvattikonsentraatiot

Koe suurilla parakvattikonsentraatioilla tehtiin kirjolohen poikasilla kynnysarjan eli kynnysarvon löytämiseksi. WUHRMANN ja WOKER (1948) käyttävät tällaisesta myrkyväkeveydestä nimitystä »Schwellewert«, ja sillä tarkoitetaan tietyn kemikaalin konsentraatiota, joka aiheuttaa koe-eläimissä välittömästi akuutin myrkytyksen oireet.

Koe tehtiin Porlan kalanviljelylaitoksella Lohjalla 9. 3. 1968 käyttäen Porlan kaivovettä ja koe-

eläiminä noin 10 kuukauden ikäisiä kirjolohen poikasia. Veden lämpötila oli kokeen kuluessa noin 6°C.

Koe oli luonteeltaan suunnistava, ja koe-eläin-

ten säästämiseksi kussakin koejäsenessä käytettiin vain yhtä kalaa.

Kokeen antamat tulokset on esitetty taulukossa 2.

III. TUTKIMUSTEN TULOSTEN TARKASTELU

Näissä kokeissa pysyivät noin 1/2 vuoden ikäiset kirjolohen poikaset elossa keskimäärin 233,8 tuntia osoittamatta mitään selvää manifestaatiota, kun veden parakvattipitoisuus oli 50 mg/l ja veden lämpötila vaihteli 0,5°—5,5°C. Kun veden lämpötila vaihteli 4,9°—12,1° keskilämpötilan ollessa 8,97°C, elivät kirjolohen poikaset ilman manifestaatioreaktiota samassa parakvattiväkevyydessä yhtä kauan kuin puhtaassa vedessä olevat kalat. Käytetty vesi oli pehmeätä, ja sen kokonaiskovuus oli vain °dH 2,6 bikarbonaattikovuuden ollessa °dH 1,4.

Kokeen antamat tulokset eivät ole täysin sopusoinnussa kirjallisuudesta saatujen tietojen kanssa. Niinpä NEWMAN (1967) mainitsee, että kirjolohen keskimääräinen elinaika 10 mg/l sisältävässä parakvattiliuoksessa on vain 13 päivää. AUSTIN ja CALDERBANK (1964) sekä HOWE ja WRIGHT (1965) mainitsevat taimenen (*Salmo trutta* L.) keskimääräisen letaalikonsentraation olevan noin 25 mg/l parakvattia, jossa väkevyydessä koe-eläimet pysyvät elossa 96 tuntia.

Suomessa tehtyjen kokeiden antamien tulosten mukaan elävät noin 1/2 vuoden ikäiset karpin poikaset (*Cyprinus carpio* L.) parakvattiväkevyydessä 20 mg/l yhtä kauan kuin puhtaassa vedessä, ja väkevyydessä 100 mg/l keskimäärin 82,6 tuntia (SILVO 1967).

MAAS (1967) mainitsee, että esim. parakvatin akuuttia myrkyllisyyttä kaloille on tutkittu luon-

nonvesissä, joiden kovuus on vaihdellut 4,2—60 d°H, ja esittää käsityksensä, että akuutti myrkyllisyys näyttää lisääntyvän kovuuden pienentyessä. Nyt tehdyissä kokeissa käytetyn veden kokonaiskovuus oli kuitenkin verrattain pieni.

Mitä tulee saatujen koetulosten luotettavuuteen, käy se ilmi taulukosta 1. Keskiarvojen keskivirheet ovat eräissä kohdin varsin suuret ja viittaavat siihen, että koejäsenien kalamäärän olisi tullut olla nyt käytettyä suurempi ottaen huomioon koe-eläinten merkittävät yksilölliset eroavuudet.

Kokeen tuloksia tarkasteltaessa lienee syytä ottaa huomioon myös se valitettava seikka, että veden lämpötilaa ei voitu pitää vakiona.

Kokeessa suurilla parakvattikonsentraatioilla päädyttiin tulokseen, jonka mukaan jopa parakvattiväkevyyks 4 000 mg/l vaatii muutaman minuutin, ennenkuin noin 10 kk:n ikäisessä kirjolohessa havaitaan akuutin myrkytyksen ensioireet. Tehdyssä suunnistavassa kokeessa ensioireet havaittiin 2 min. kuluttua, manifestaatio 4 min. kuluttua ja kuolema 12 min. kuluttua siitä, kun kala oli siirretty veteen, jonka lämpötila oli +6°C ja parakvattikonsentraatio 4 000 mg/l. Reaktion nopeus saattaisi kenties lisääntyä jonkin verran nyt käytettyä suuremmassa parakvattikonsentraatiossa, mutta sellaisen kokeen tekemiseen on tuskin pakottavaa syytä.

IV. SAMMANDRAG: UNDERSÖKNING ANGÅENDE AKUT TOXICITET HOS PARAQUAT FÖR UNGA REGNBÅGSFORELLER (*SALMO GAIRDNERI* RICHARDSON)

Vid fiskodlingen i Porla, Lojo, utfördes vintern 1967—1968 försök, varvid avsågs att undersöka den akuta giftigheten hos paraquat för cirka 1/2 år gamla ungar av regnbågsforell (*Salmo gairdneri* RICHARDSON). Vid försök med låga paraquatkoncentrationen, 20—200 mg/l a.i. (aktiv kemikalie) hölls fiskungarna vid liv i medeltal under 233, 8 timmar utan att uppvisa någon klar manifestation, då paraquatkoncentrationen i vattnet uppgick till 50 mg/l a.i. och vattentemperaturen varierade inom gränsvärdena 0,5°—5,5°C. Vid varierande vattentemperaturer om 4,9°—12,1°C och medeltemperaturen 8,97°C, levde ungarerna av regnbågsforell i samma paraquat-

koncentration som fisk i rent vatten utan manifestationsreaktioner. Det använda vattnet var mjukt, dess totalhårdhet var bara °dH 2,6 och bikarbonathårdheten °dH 1,4.

För fastställandet av t r ö s k e l v ä r d e t (ty. Schwellenwert) utfördes ett preliminärt försök med stora paraquatkoncentrationer om 500—4 000 mg/l a.i. Vattentemperaturen var 6°C och fiskens ålder cirka 10 månader. Den högsta koncentrationen, 4 000 mg/l a.i. föranledde första symptom på akut förgiftning av ungar av regnbågsforell efter 2 min., manifestation efter 4 min. och död efter 12 min. från det ögonblick försöksfisken placerats i paraquatlösningen.

V. SUMMARY: A STUDY ON THE ACUTE TOXICITY OF PARAQUAT TO YOUNG RAINBOW TROUT (*SALMO GAIRDNERI* RICHARDSON)

In this paper an account is given of some trials made in Finland in winter 1967—1968 at the fish-breeding establishment of Porla with the intention of investigating the acute toxicity of paraquat to young rainbow trout (*Salmo gairdneri* RICHARDSON) aged about 6 months. In trials made with low paraquat concentrations, 20—200 mg/l a.i., the young rainbow trout survived approximately 233.8 hours without any clear toxic manifestation when the paraquat concentration was 50 mg/l a.i. in water temperatures of 0.5°—5.5°C. When the water temperature was 4.9°—12.1°C, average 8.97°C, the trout survived in a similar paraquat solution without any toxic manifestation as long as the controls

in untreated water. The water used in these trials was soft; its total hardness was only °dH 2.6, the hardness due to bicarbonate being °dH 1.4.

A pilot test with high paraquat concentrations, 500—4 000 mg/l a.i., was made with the intention of finding the threshold of immediate reaction (Germ. Schwellenwert). The water used in this test was similar. The temperature of the water was 6°C, and the trout were about 10 months old. The highest paraquat concentration used, 4 000 mg/l a.i., caused the first reactions of acute poisoning in trout 2 minutes after they had been put into the solution, the manifestation after 4 minutes and death after 12 minutes.

KIRJALLISUUS

- AUSTIN, W. G. L. and CALDERBANK, A., 1964: Diquat and paraquat: Residues in water and toxicity to fish and other aquatic fauna. — I.C.I. Ltd. and Plant Protection Ltd., Exp. Rep. PP/E/303. (Available at Inst. Limnol. Univ. Helsinki).
- HOWE, D. J. T. and WRIGHT, N., 1965: The toxicity of paraquat and diquat. — Repr. from Proc. 18 th N. Z. Weed & Pest Contr. Conf., 105—114 (Available at Inst. Limnol. Univ. Helsinki).
- MAAS, G., 1967: Beeinflussung der Fischtoxizität von Herbiziden durch den Härtegrad des Wassers. — *Ergebn. 2. Intern. Wasserpfl. Symp. Eur. Weed. Res. Council*, 181—184. (Available at Inst. Limnol. Univ. Helsinki).
- NEWMAN, J. F., 1967: The ecological effects of bipyridyl herbicides used for aquatic weed control. — *Idem*, 169—174. (Available at Inst. Limnol. Univ. Helsinki).
- SILVO, O. E. J., 1966: Haitallisten vesikasvien kemiallisesta torjunnasta. Alustavia tutkimuksia Suomessa Vv. 1959—1964. — *Lis.-työ* (Available at Inst. Limnol. Univ. Helsinki).
- SILVO, O. E. J., 1967: Alustavia tutkimuksia eräiden herbisidien myrkyllisyydestä nuorille karpin poikasille (*Cyprinus carpio* L.) — *Suomen Kalatalous* 32, 28 pp. Sammandrag: Preliminära undersökningar angående några herbiciders toxicitet för karpynge (Cyprinus carpio L.)
Summary: Preliminary investigations on the toxicity of some herbicides to young carp (*Cyprinus carpio* L.)
- WUHRMANN, K. und WOKER, H., 1948: Experimentelle Untersuchungen über die Ammoniak- und Blausäurevergiftung. — *Schweiz. Zeitschr. Hydrol.* XI, 1—2, 210—244.
- WUHRMANN, K. und WOKER, H., 1950: Die Giftigkeit von Phenol für verschiedene Fischarten. — *Ibid.* XII, 2, 271—287.

Taulukko 1. Parakvatin akuutti myrkyllisyys noin 1/2 vuoden ikäiselle kirjohelle (*Salmo gairdneri* Richardson) pehmeässä vedessä (°dH 2,6) veden lämpötilan vaihdellaessa 0,5°—5,5°C ja 4,9°—12,1°C.

Tabell 1. Akut giftighet hos paraquat för cirka 1/2 år gamla regnbågsforeller (*Salmo gairdneri* Richardson) i mjukt vatten (°dH 2,6) vid varierende vattentemperaturer om 0,5°—5,5°C respa. 4,9°—12,1°C.

Table 1. The acute toxicity of paraquat to rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) about 1/2 years old in soft water (°dH 2.6) at water temperatures of 0.5°—5.5°C and 4.9°—12.1°C.

Parakvattikonsentraatio mg/l Paraquatkoncentration mg/l Paraquat concentration mg/l a.i.	Gramoxone-valmistetta cm ³ /l Gramoxonepreparaat cm ³ /l Gramoxone cm ³ /l	A. Lämpötila 0,5°—5,5°C. — A. Temperatur 0,5°—5,5°C. — A. Temperature 0.5°—5.5°C.					
		Ensimmäinen oire Första symptom First reactions after treatment		Manifestaatioaika, tunteja Manifestationstid, timmar efter behandling Time of manifestation after treatment, hours		Kuolemiseen tarvittu aika, tunteja Tid i timmar tills döden inträffade efter behandling Time till death after treatment, hours	
		kaloja kpl fiskar st. no. of fish	tuntia keskim. timmar i medeltal hours, average	\bar{t}_M tuntia timmar hours	$\pm s_M$ tuntia timmar hours	\bar{t}_D tuntia timmar hours	$\pm s_D$ tuntia timmar hours
200	1,00	5	21	33,7	7,3	40,6	8,8
150	0,75	5	21	41,7	2,3	51,0	8,5
100	0,50	5	41	74,5	36,1	79,6	34,0
75	0,375	5	— ¹⁾	116,0 ²⁾	4,4 ³⁾	133,6	18,2
50	0,25	5	— ¹⁾	— ³⁾	— ³⁾	233,8	35,9
B. Lämpötila: 4,9°—12,1°C. — B. Temperatur 4,9°—12,1°C. — B. Temperature 4.9°—12.1°C.							
75	0,375	5	— ¹⁾	87,0—∞ ³⁾	24,0—0 ³⁾	91,3	10,8
50	0,25	5	— ¹⁾	— ³⁾	— ³⁾	∞ ⁴⁾	0 ⁴⁾
30	0,15	5	— ¹⁾	— ³⁾	— ³⁾	∞ ⁴⁾	0 ⁴⁾
25	0,125	5	— ¹⁾	— ³⁾	— ³⁾	∞ ⁴⁾	0 ⁴⁾
20	0,10	5	— ¹⁾	— ³⁾	— ³⁾	∞ ⁴⁾	0 ⁴⁾

¹⁾ Ei selvää reaktiota. — Ej tydelig reaktion. — No clear reaction.

²⁾ 2 kalaa ei manifestoinut. — Två fiskar visade ej manifestation. — Two fish did not manifest.

³⁾ Ei manifestaatiota. — Ingen manifestation. — No toxic manifestations.

⁴⁾ Koe lopetettiin 15 vrk:n kuluttua = 360 tuntia. — Försöket avslutades efter 15 dygn = 360 timmar. — Test discontinued after 15 days = 360 hours.

Kalat: keskim.pituus 12 cm, keskim.paino 12 g. — Fiskar: medellängd 12 cm, medelvikt 12 g. — Fish: average length 12 cm, average weight 12 g.

Taulukko 2. Noin 10 kuukauden ikäisen kirjohellen reaktiot korkeissa parakvattikonsentraatioissa pehmeässä vedessä (°dH 2,6) +6,0°C:n lämpötilassa (kalojen pituus k.m. 12 cm ja paino k.m. 12 g).

Tabell 2. Reaktionen hos cirka 10 månader gamla ungar av regnbågsforell i höga koncentrationer av paraquat i mjukt vatten (°dH 2,6) och temperaturen +6,0°C (fiskens längd i medeltal 12 cm och vikt i medeltal 12 g).

Table 2. The reactions of about 10 months old rainbow trout in high paraquat concentrations in soft water (°dH 2.6) in a temperature of +6.0°C (fish: average length 12 cm and average weight 12 g).

Parakvattikonsentraatio, mg/l Paraquatkoncentration mg/l Paraquat concentration mg/l	Gramoxone cm ³ /l Gramoxone cm ³ /l Gramoxone cm ³ /l	Ensimmäinen oire min. Första symptom efter behandling, min. First reactions after treatment, minutes	Manifestaatioaika, min. Manifestationstid, min. Time of manifestation after treatment, minutes	Kuolemiseen tarvittu aika, min. Tid i min. tills döden inträffade efter behandling Time till death after treatment, minutes
4 000	20	2	4	12
2 000	10	3	5	30
1 000	5	5	15	95
500	2,5	10	32	< 1 200