



Vízi tesztorganizéttel végzett ökotoxikológiai vizsgálat során fellépő hormetikus hatás elemzése

Rafael Ildikó¹, Sály Péter², Bakonyi Gábor³ és Báskay Imre⁴



¹NAIK Öntözési és Vízgazdálkodási Önellő Kutatási Osztály, 5540 Szarvas, Anna-liget 8.

²MTA ÖK Balatoni Limnológiai Intézet, 8237 Tihany, Klebelsberg Kuno utca 3.

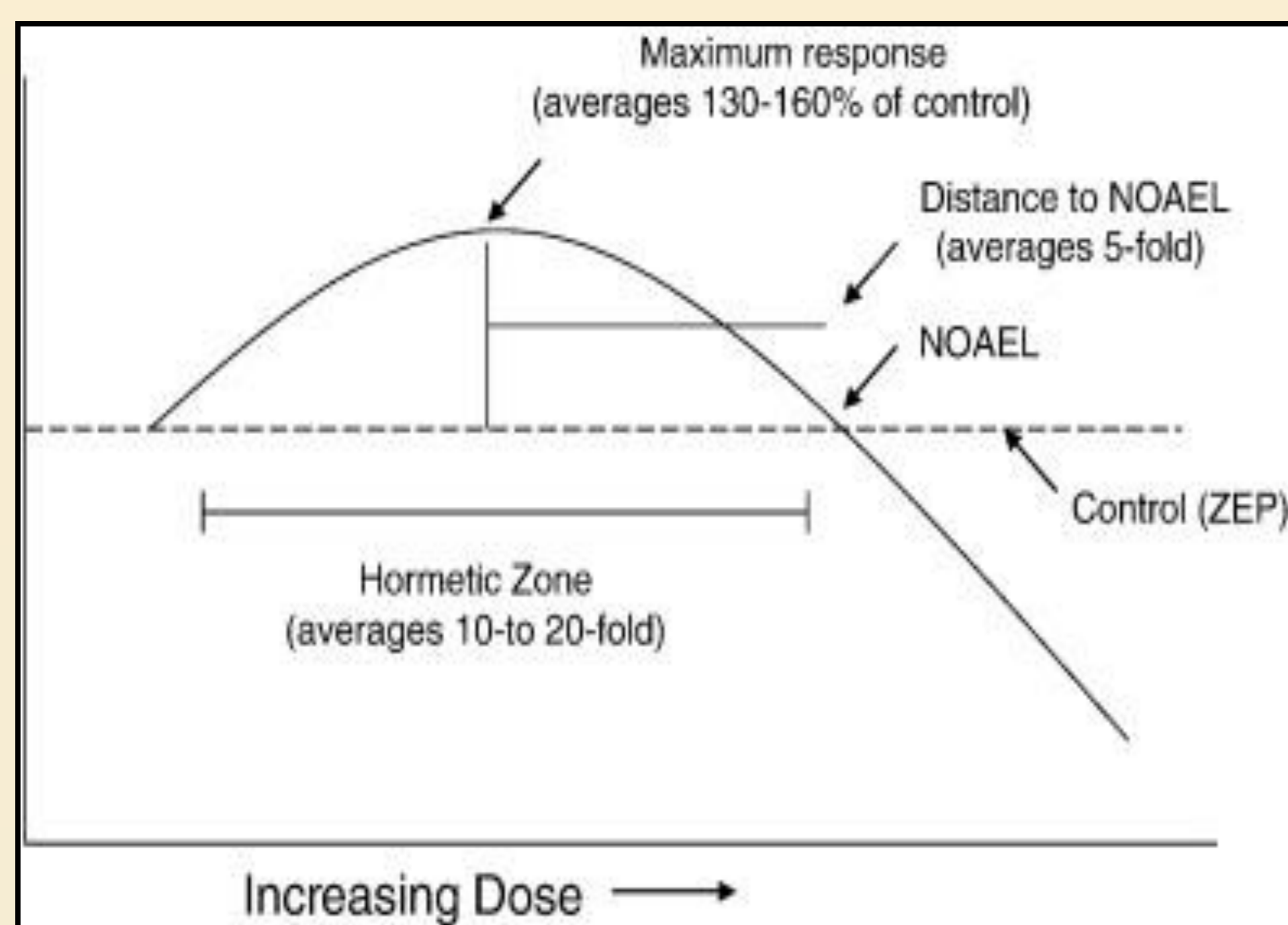
³SZIE MKK, Állattudományi Alapok Intézet, Állattani és Állatökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.

⁴NÉBiH NTAI Gödöllői Vízleltani Laboratórium, 2100 Gödöllő, Kotlán Sándor utca 3.



Bevezetés

A hormézis alapja az úgynevezett kétfázisú dóziszválasz (1. ábra), amely eltér a toxikológiában uralkodó két sztenderd elmélettől: a küszöbérték-modell szerint a mérgeknek el kell érnie egy bizonyos szintet ahhoz, hogy ártalmas legyen. A lineáris modellben a dózis növekedésével egyenes arányban emelkedik a mérgezés kockázata is. Valójában több mérgezőanyag hatása követi a kétfázisú modellt, amelyben a nagy dózis mérgező, a kicsi pedig jótékony hatású (Mattson & Calabrese, 2008).



1. ábra: Dózis-hatás görbe alakulása hormézis esetén (Calabrese, 2008)

Calabrese és Baldwin (1997) tanulmánya a hormézist a következőképpen fogalmazta meg: a hormézis egy olyan jelenség, amelyre jellemző a kétfázisú dózis-hatás reakciók. A hormézis a stimuláló reakció nagyságára és kilengésére vonatkozik. Ez a reakció vagy közvetve indukálódik (mint stimuláló reakció), vagy a homeosztázis kezdeti megzavarását kompenzáló biológiai folyamatok eredménye.

Anyag és módszer

A kísérlet beállítását és vizsgálati eredményeit az *MCPB és Glyphosate gyomirtó szerek hatásának vizsgálata Lemna minor vízi tesztorganizéttel felhasználásával* című poszter mutatja be kellő részletességgel.

A hormetikus hatás statisztikai elemzéséhez az R 2.15.1. statisztikai program drc csomagját alkalmaztuk. Az analízis során a drc könyvtár négy-paraméteres (b, d, e, f) modellje alkalmazható. A program az alábbi függvényekkel modellezi a hormetikus hatás jelenlétét (Cedergreen et al., 2005):

Normál U-alakú görbe (2. a. ábra):

A normál U-alakú hormetikus modell képletében az x^{α} hatvány az illesztések során az alábbi értékeket veheti fel:

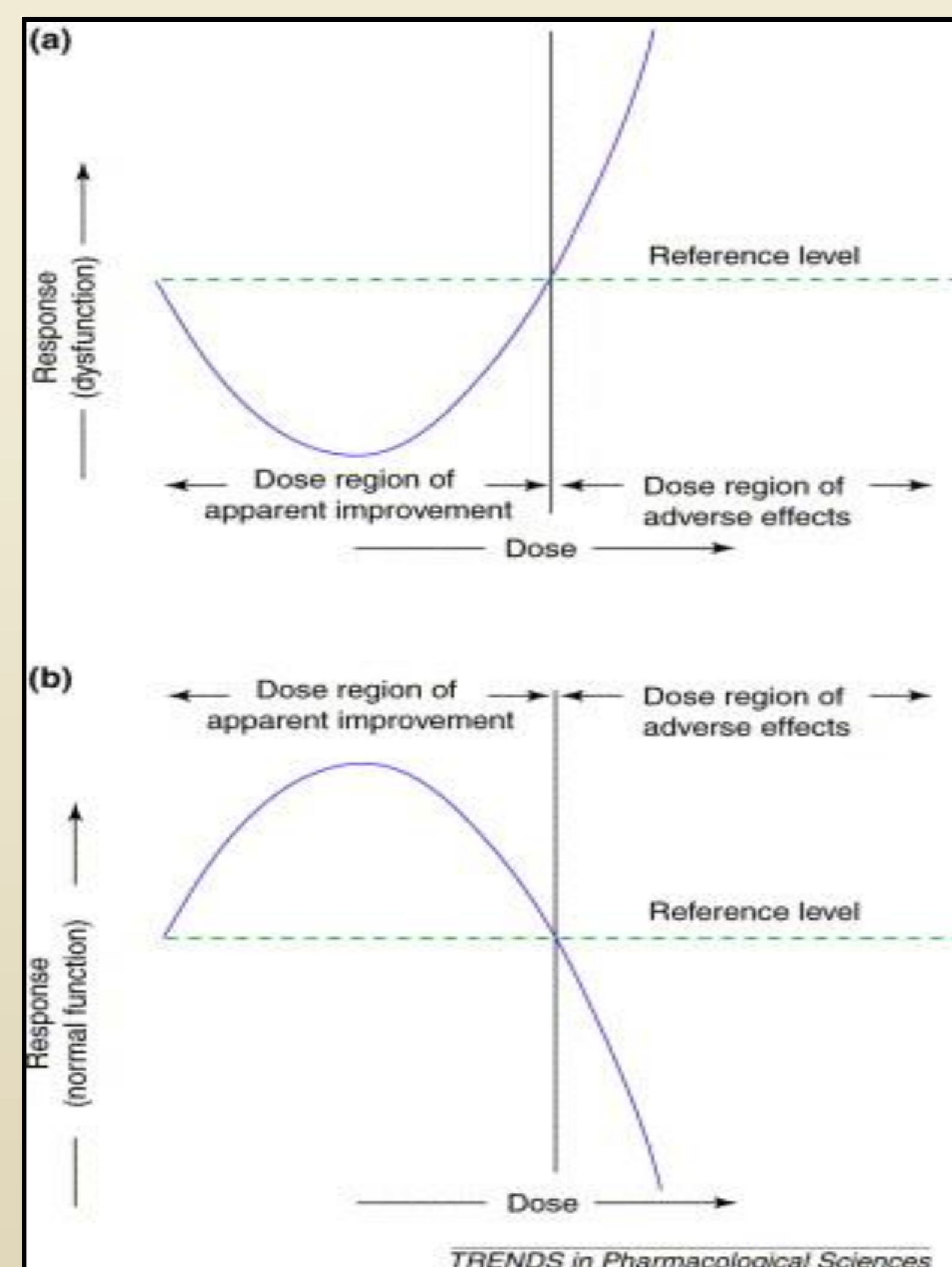
- (UCRS.4a = 1)
- (UCRS.4b = 0,5)
- (UCRS.4c = 0,25)

Inverz U-alakú görbe (2. b. ábra):

Az inverz U-alakú hormetikus modell képletében az x^{α} hatvány az illesztések során az alábbi értékeket veheti fel:

- (CRS.4a = 1)
- (CRS.4b = 0,5)
- (CRS.4c = 0,25)

Mindkét esetben az f-paraméter reprezentálja a hormézist. Ha e paraméter értéke nagy, akkor a hormetikus hatás jelentősnek mondható.

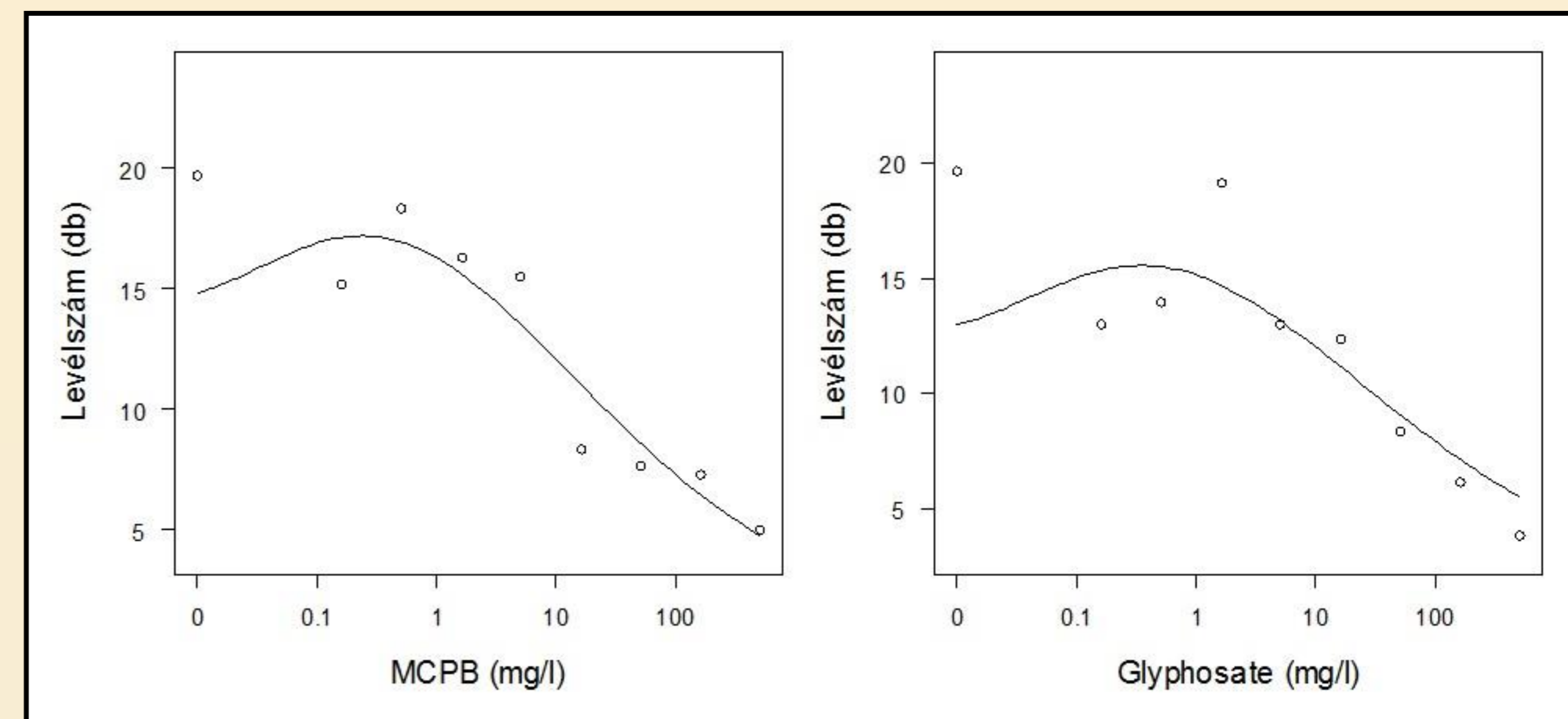


2. ábra: U-alakú dózis-hatás görbe alakulása (a) normál U-alakú görbe, (b) inverz U-alakú görbe (Calabrese & Baldwin, 2001)

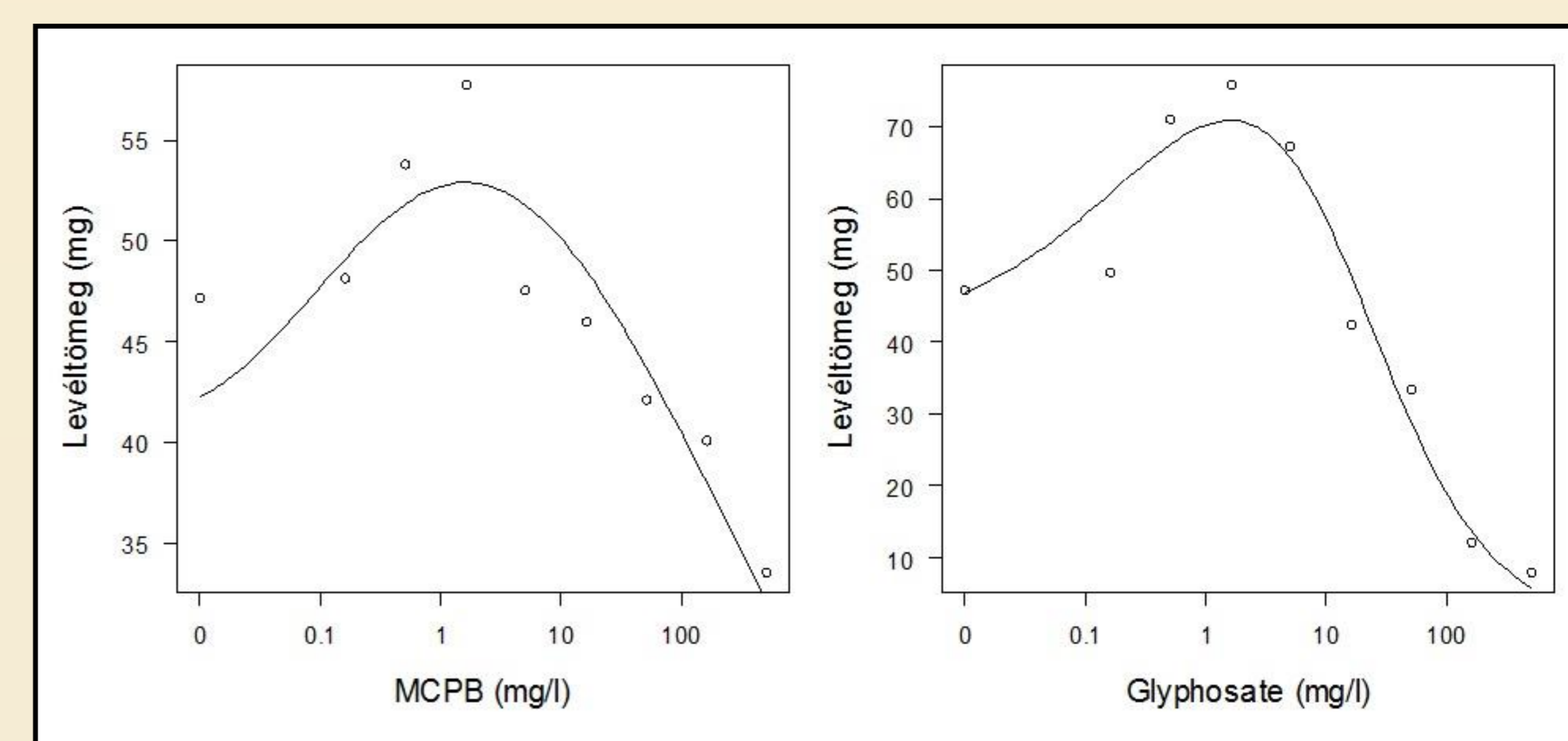
Eredmények

A 3. ábra mutatja be a vizsgált növényvédő szerek *L. minor* levélszám érékeire gyakorolt hormetikus hatását. Mindkét esetben a négy-paraméteres CRS 4c modellt illesztettük a levélszámok értékeire, ami azt jelenti, hogy a képletben az alpha hatvány helyére 0,25 kivevő került. Így a kapott két ábra az inverz U-alakú hormetikus görbe képét mutatja. Az MCPB hatóanyagú herbiciddel kezelt békalencsék esetében (5. ábra) a kapott p-érték szerint a mintában nem mutatkozott szignifikáns hormetikus hatás. Azonban az f-paraméter értéke jelentősen megemelkedett, ami azt tükrözi, hogy az MCPB hatóanyag hormetikus hatása valószínűsíthető.

A Glyphosate herbiciddel kezelt *Lemna minor* esetében hasonlóan alakult (5. ábra) a hormetikus hatás azzal a különbséggel, hogy a kapott p-érték szignifikáns volt.



3. ábra: Hormetikus hatás vizsgálata levélszám esetén MCPB és Glyphosate hatóanyagok jelenlétében



4. ábra: Hormetikus hatás vizsgálata nedves levéltömeg esetén MCPB és Glyphosate hatóanyagok jelenlétében

A herbicidek nedves levéltömeg alakulására gyakorolt hormetikus hatást a 4. ábra mutatja be. Ennél az analízisnél is a négy-paraméteres CRS 4c modellt illesztettük a kezelt nedves levéltömeg értékeire. Ennek következtében az inverz U-alakú hormetikus görbe illesztése valósult meg.

Az MCPB-val kezelt békalencsék nedves levéltömegének p-értéke (5. ábra) nagyobbak bizonyult, mint 0,05, ezért a mintában nem mutatkozott szignifikáns hormetikus hatás. A reziduális szórás a levélszám értékéhez viszonyítva nagyobb lett, de megfigyelhető a 4. ábrán, hogy – leginkább a magasabb dózisoknál – az értékek közelítenek a modell által illesztett görbéhez. A Glyphosate kezelés esetében a kapott p-érték szerint szignifikáns hormetikus hatás tapasztalható. A vizsgált esetek közül a Glyphosate szerrel kezelt levéltömeg alakulásának f-paramétere rendelkezik a legmagasabb értékkel. Így kijelenthető, hogy itt a legerősebb a hormetikus hatás.

* p<0,05	Levélszám		Nedves levéltömeg	
	MCPB	Glyphosate	MCPB	Glyphosate
p-érték	0,1033	0,0146*	0,5891	0,0404*
f-paraméter	136,3424	141,3028	128,2089	151,4767
Reziduális szórás	2,4801	2,9579	3,5247	4,0540

5. ábra: Az illesztett modell értékei

Következtetések

Az itt kapott eredményekből világosan kitűnik, hogy mindkét herbicid esetében mérhető a hormézis jelenség. Az alacsony koncentrációk serkentették a magasabb dózisok pedig gátolták a levelek számbéli, illetve az élőanyag-tömegének növekedését. Kiemelendő, hogy fokozottabb hormetikus hatást mutatott a Glyphosate, ahol markánsabban jelentkeztek az előbb felsorolt tulajdonságok. Cedergreen és munkatársai (2007) vizsgálati is ezt az eredményt igazolják. Azonban statisztikailag pontosabban értékelhető lenne egy robusztusabb kísérlet-beállítás több dózissal és ismétléssel.

Felhasznált irodalom:

- Calabrese E. J. (2008): Critical Review. Hormesis: Why it is important to toxicology to toxicologists. Environmental Toxicology and Chemistry. Volume 27. 1451-1474. p.
- Calabrese E. J., Baldwin L. A. (1997): The dose determines the stimulation (and poison): Development of a chemical hormesis database. Int J. Toxicol. 16. 545-559. p.
- Calabrese E. J., Baldwin L. A. (2001): Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. Trends in Pharmacological Sciences. Volume 22. Issue 6. 285-291. p.
- Cedergreen N., Ritz C., Streibig J. C. (2005): Improved empirical models for describing hormesis. Environmental Toxicology and Chemistry 24. 3166-3177. p.
- Cedergreen N., Streibig J. C., Kudsk P., Mathiassen S. K., Duke S. O. (2007): The occurrence of hormesis in plants and algae. Dose Response 5. 150-162. p.
- Mattson M., Calabrese E. J. (2008): Best in small doses. The article studies the concept of hormesis. New Scientist. Vol. 198. Issue 2668. 36-39. p.