

Vliv sterilizujících patogenů na populační dynamiku

Eva Vodrážková

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Ústav matematiky a statistiky

5. září 2013



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



AMathNet
síť pro transfer znalostí v aplikované matematice

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hlavní zdroj informací

BEREC, Luděk, MAXIN, Daniel.

Double impact of sterilizing pathogens:
added value of increased life expectancy on pest control effectiveness.

Journal of Mathematical Biology. 2012, vol. 64, issue 7, pp. 1281-1311.

DOI: 10.1007/s00285-011-0449-x.

Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00285-011-0449-x>

SI epidemiologický model

Hlavní otázka výzkumu

Do jaké míry vzroste účinnost sterilizujících patogenů, jestliže se zohlední kompromis mezi přežíváním a reprodukcí?

SI epidemiologický model

Předpoklady modelu

- 1 doživotní účinek sterility
- 2 absence latentního období a imunity vůči viru
- 3 absence úmrtnosti způsobené nemocí
- 4 ne každý přenos infekce způsobí sterilitu

Model

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= b(S + I_F) - \Phi(N) \frac{S(I_F + I_S)}{N} - (d + d_1 N)S, \\
 \frac{dI_F}{dt} &= (1 - \sigma) \Phi(N) \frac{S(I_F + I_S)}{N} - (d + d_1 N)I_F, \\
 \frac{dI_S}{dt} &= \sigma \Phi(N) \frac{S(I_F + I_S)}{N} - (\delta d + d_1 N)I_S.
 \end{aligned}$$

Způsoby přenosu nemoci

- 1 četnostně závislý přenos (= standard incidence): $\Phi(N) = \beta$
- 2 hustotně závislý přenos (= mass action incidence): $\Phi(N) = \beta N$
- 3 kombinovaný přenos (= asymptotic incidence): $\Phi(N) = \frac{\beta N}{c+N}$, kde $c > 0$

Výsledky analýzy

Základní reprodukční číslo

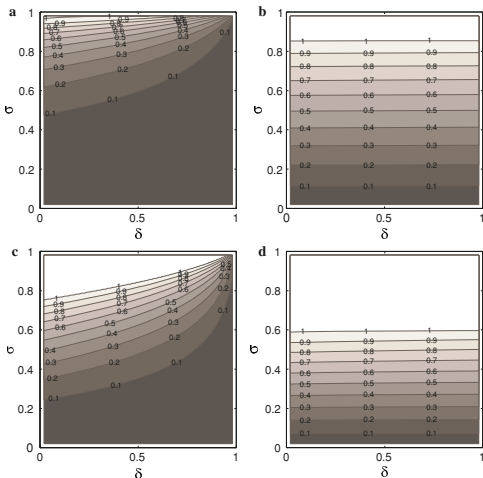
$$R_0 = (1 - \sigma) \frac{\Phi(K)}{d+d_1K} + \sigma \frac{\Phi(K)}{\delta d+d_1K}$$

Ekvilibria modelu a jejich stabilita

- Extinkční ekvilibrium - hostitel i patogen vyhynou - nestabilní
- Ekvilibrium bez nemoci - patogen není schopen šířit se populací, hostitel dosáhne své nosné kapacity prostředí
- stabilní pro $R_0 < 1$, nestabilní pro $R_0 > 1$.
- Ekvilibrium odpovídající nemocí způsobenému vyhynutí hostitele
- existuje pro $R_0 > 1$ a pouze pro četnostně závislý přenos
- za určitých podmínek je stabilní.
- Endemické ekvilibrium - hostitel i patogen v rovnováze - pro četnostně závislý přenos je stabilní, pokud existuje (nutná podmínka $R_0 > 1$), pro ostatní dva typy přenosu existuje a je stabilní, pokud $R_0 > 1$.

Účinnost kontroly v závislosti na σ a δ

Pro četnostně závislý přenos ($\Phi(N) = \beta$)



Pro všechny části je $d_1 = 0, 1$;
ostatní hodnoty parametrů:

a $\beta = 1; b = 1; d = 0, 2,$

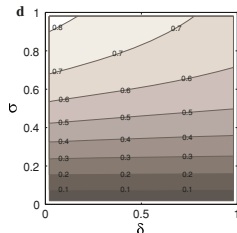
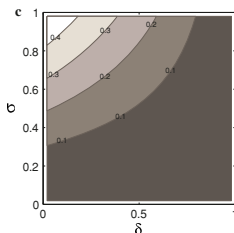
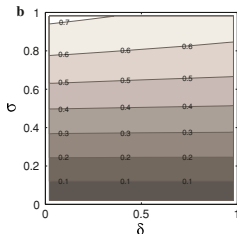
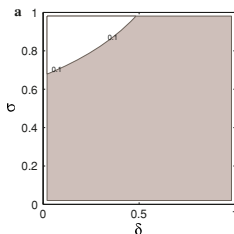
b $\beta = 3; b = 1; d = 0, 2,$

c $\beta = 1; b = 1; d = 0, 5,$

d $\beta = 3; b = 1; d = 0, 5.$

Účinnost kontroly v závislosti na σ a δ

Pro hustotně závislý přenos ($\Phi(N) = \beta N$)



Pro všechny části je

$$d_1 = 0, 1; K = \frac{b-d}{d_1};$$

ostatní hodnoty parametrů:

a $\beta = \frac{1}{K}; b = 1; d = 0, 2,$

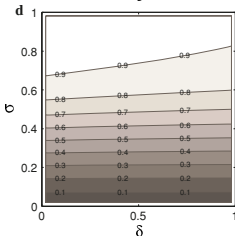
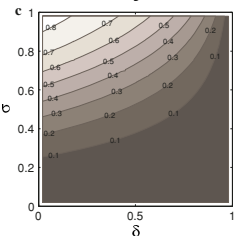
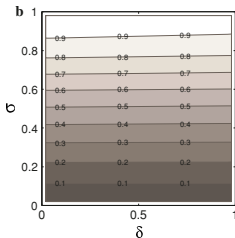
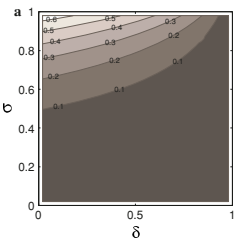
b $\beta = \frac{3}{K}; b = 1; d = 0, 2,$

c $\beta = \frac{1}{K}; b = 1; d = 0, 5,$

d $\beta = \frac{3}{K}; b = 1; d = 0, 5.$

Účinnost kontroly v závislosti na σ a δ

Pro kombinovaný přenos $\left(\Phi(N) = \frac{\beta N}{c+N}\right)$



Pro všechny části je

$d_1 = 0, 1; c = 1; K = \frac{b-d}{d_1};$
ostatní hodnoty parametrů:

a $\beta = \frac{1}{\frac{K}{c+K}}; b = 1; d = 0, 2,$

b $\beta = \frac{3}{\frac{K}{c+K}}; b = 1; d = 0, 2,$

c $\beta = \frac{1}{\frac{K}{c+K}}; b = 1; d = 0, 5,$

d $\beta = \frac{3}{\frac{K}{c+K}}; b = 1; d = 0, 5.$

Shrnutí výsledků

Největší účinnosti kontroly bude dosaženo při:

- četnostně závislém přenosu, tj. $\Phi(N) = \beta$,
- vysoké redukci úmrtnosti, tj. malém δ ,
- vysokých sterilizujících účincích σ ,
- malém rozdílu mezi rychlostí přenosu nemoci a mírou porodnosti b .

Tyto charakteristiky specifikují patogeny, které jsou dobrými kandidáty pro účinnou kontrolu škůdců.

Plány do budoucna

- Jaký bude tvar funkce δ , v případě částečné sterility, a jaký bude její vliv na predikce modelu?
- Jak přispívá snížená míra predace u sterilizovaných jedinců k účinnosti kontroly hostitelské populace?
- Kdy je vypuštění pohlavně přenosné nemoci, za účelem kontroly invazivního druhu, z hlediska přežití původního druhu ještě bezpečné?

Děkuji za pozornost

:-)