

ECOLOGIA DELLA ZECCA *IXODES DAMMINI* IN UN'AREA ENDEMICA PER BORRELIOSI DI LYME IN ILLINOIS

MANNELLI A.*, KITRON U.**, JONES C.J.**, SLAJCHERT T.L.**

* Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia
Facoltà di Medicina Veterinaria - TORINO

** Department of Veterinary Pathobiology, College of Veterinary Medicine
University of Illinois at Urbana Champaign - Illinois, USA

INTRODUZIONE

La borreliosi di Lyme, identificata nella metà degli anni settanta nella cittadina di Old Lyme, nello stato americano del Connecticut (Steer & Malawista 1979), è la malattia trasmessa da vettori più frequentemente riportata nell'uomo in America settentrionale ed in Europa (Kahl 1991). La distribuzione geografica dell'infezione è condizionata da fattori ambientali come clima, suolo, e copertura vegetale favorevoli al ciclo biologico delle zecche vettori (Ixodidae) ed agli animali selvatici serbatoi dell'agente eziologico della malattia, *Borrelia burgdorferi* (Nosek 1978, Spielman et al 1985, Lane et al 1991, Needham & Teel 1991).

Gran parte degli studi sull'ecologia della borreliosi di Lyme è stata condotta negli Stati Uniti nordorientali, dove il vettore *Ixodes dammini* (per alcuni autori conspecifica di *I. scapularis* [Olivier et al. 1993]) si trova soprattutto in aree boschive od in aree di transizione fra prato e foresta (ecotoni) (Ginsberg & Ewing 1989, Stafford & Magnarelli 1993). Lo stadio adulto della zecca si nutre in preferenza sul cervo dalla coda bianca (*Odocoileus virginianus*), mentre gli stadi immaturi (larve e ninfe) sono meno ospite-specifici, e sono stati trovati su 31 specie di mammiferi e su 49 specie di uccelli (Anderson 1988). Nonostante questo, il topo selvatico *Peromyscus leucopus* è considerato il più importante ospite per le zecche immature (soprattutto larve) ed il principale serbatoio per *B. burgdorferi*. Altri roditori e mammiferi di media taglia giocherebbero un ruolo secondario (Spielman et al 1985, Mather et al. 1989).

Nelle aree endemiche del nordest degli U.S.A., lo stadio ninfale di *I. dammini* è attivo soprattutto in tarda primavera -inizio estate, mentre le larve sono più abbondanti in agosto, dopo la schiusa delle uova. Questo andamento temporale è considerato favorevole per la trasmissione di *B. burgdorferi*, poichè le ninfe infettano gli animali ospiti in maggio-giugno, che a loro volta trasmettono le

spirochete alla nuova generazione di larve attive in agosto (Yuval & Spielman 1990).

Nel Midwest settentrionale, la borreliosi di Lyme è diffusa in Wisconsin ed in Minnesota (Davis et al. 1984, Drew et al. 1988). Inoltre, un' area endemica per *I. dammini* e *B. burgdorferi* è stata individuata nel 1987 a Castle Rock State Park, nell'Illinois nordoccidentale (Bousemann et al. 1990, Nelson et al. 1991). Il parco costeggia il fiume Rock River ed è caratterizzato da una morfologia aspra con affioramenti di arenaria. Il 70% dell'area è ricoperta da foresta dominata da querce (*Quercus spp.*) e noce americano (*Carya spp.*); sono anche presenti, nelle parti più umide del parco, boschi misti di aceri (*Acer spp.*) e pioppi (*Populus spp.*), ed ambienti di passaggio da prato a foresta (ecotoni).

Nel 1990, Kitron et al. (1991) catturarono piccoli roditori a Castle Rock State Park, e trovarono che la prevalenza (la proporzione degli ospiti infestati dal parassita) e la densità media (il numero medio di parassiti per ospite) delle larve di *I. dammini* su *P. leucopus* erano paragonabili a quelle riportate da aree endemiche nel nordest degli U.S.A. Al contrario, i livelli d'infestazione da ninfe erano più bassi: la densità media raggiungeva al massimo 0,125 ninfe per ospite, mentre in Connecticut ed in Massachusetts erano state trovate, rispettivamente, 3,4 e 6 ninfe per topo (Anderson & Magnarelli 1984, Wilson & Spielman, 1985). Kitron et al. (1991) suggerirono che specie diverse da *P. leucopus* (altri mammiferi ed uccelli) potessero essere i principali ospiti per gli stadi immaturi di *I. dammini* in Illinois. Sulla base di questa ipotesi, durante il periodo maggio-ottobre 1991, abbiamo studiato il ruolo di mammiferi di piccola e media taglia come ospiti per gli stadi immaturi di *I. dammini* a Castle Rock State Park. Gli obiettivi della nostra indagine erano: (1) definire il ruolo del tamia orientale (*Tamias striatus*) come ospite per zecche immature (Anderson & Magnarelli 1980; Godsey et al. 1987); (2) studiare il ruolo di mammiferi di media taglia, considerando anche la proporzione di zecche che mutano allo stadio successivo dopo aver assunto sangue dai vari ospiti; (3) confrontare l'abbondanza di zecche e l'importanza delle specie ospiti in ambienti diversi per suolo, umidità, e copertura vegetale; (4) confrontare l'andamento temporale degli stadi immaturi di *I. dammini* a Castle Rock State Park con quello descritto negli U.S.A. nordorientali.

MATERIALI E METODI

Trappole di 3 dimensioni (per piccoli roditori, sciuridi, e mammiferi di media taglia) venivano impiegate in tre biotopi all'interno del parco: foresta ben drenata dominata da querce, foresta umida dominata da aceri, ed ecotono prato-foresta. I

tre ambienti venivano caratterizzati per copertura vegetale (specie ed abbondanza) e suolo (tessitura ed umidità). Dopo la cattura, i piccoli roditori venivano esaminati per la presenza di zecche, identificati per specie e sesso, e liberati *in situ*. I tamia venivano anestetizzati con ketamina HCl (3 mg) ed acepromazina maleato (0.3 mg) per via intramuscolare, esaminati, marcati con marche auricolari numerate, e liberati sul luogo di cattura (Mannelli et al 1993a). I mammiferi di media taglia venivano portati in appositi locali, anestetizzati, marcati, e mantenuti per 2-4 giorni in gabbie sospese sopra vasche contenenti acqua. Le vasche erano controllate ogni 12 ore, e le zecche staccatesi dagli animali venivano raccolte e mantenute in laboratorio per circa un mese, fino alla muta allo stadio successivo od alla morte (Fish & Daniels 1990, Mannelli et al. 1993b).

Prevalenza e densità media di zecche immature su *T. striatus* e *P. leucopus*, venivano confrontate nei tre biotopi in 4 periodi di campionamento (24-26 giugno, 8-17 luglio, 6-22 agosto, 12 ottobre). Periodo di campionamento, tipo di habitat, e sesso dell'ospite (variabili indipendenti) ed abbondanza di larve raccolte da *P. leucopus* (variabile dipendente) venivano sottoposti ad analisi di regressione lineare multipla con codificazione ortogonale (Cohen & Cohen, 1983, SAS 1990). L'effetto delle stesse variabili indipendenti sul rischio di infestazione di *P. leucopus* da parte di ninfe veniva sottoposto ad analisi di regressione logistica multipla. Le densità medie delle larve su *T. striatus* e su *P. leucopus* venivano combinate con le densità di popolazione delle due specie nei tre biotopi, e con i valori di infettività (la proporzione di larve che risultano infette con *B. burgdorferi* dopo essersi nutrite su di una specie ospite) ottenuti da Mather et al. (1989). Il modello matematico che si otteneva forniva una stima del contributo relativo di una specie ospite alla trasmissione delle spirochete (R: reservoir potential [Mather et al. 1989, Kitron & Mannelli (1994). Un modello log-lineare (SAS 1990) era applicato ai tassi di muta di larve e ninfe nutritesi su procioni (*Procyon lotor*), opossum (*Didelphis virginiana*), e su scoiattoli volpe (*Sciurus niger*), usando lo stadio di *I. dammini* e la specie dell'ospite come variabili indipendenti.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Abbiamo catturato (escludendo le ricatture) 38 tamia orientali, 27 *P. leucopus*, 14 procioni, 8 opossum, 10 scoiattoli volpe, 1 scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis*), 3 silvilaghi (*Sylvilagus floridanus*), 4 ghiandaie azzurre (*Cyanocitta cristata*), ed altri 13 soggetti fra microroditori ed insettivori. Prevalenza e densità media di *I. dammini* sulle specie ospiti sono riportate in Tavole 1 (larve), e 2 (ninfe); i dati ottenuti dalla ricattura degli stessi soggetti a più di una settimana

da una precedente cattura sono stati inclusi, mentre i dati di ricatture a meno di una settimana sono stati esclusi. La prevalenza dello stadio larvale era alta in tutte le specie, la densità media era più alta nei procioni e negli opossum, che erano stati catturati soprattutto in foresta di aceri. La prevalenza, per le ninfe, era elevata in tutte le specie eccetto *P. leucopus*. Il numero di ninfe per ospite era elevato nelle ghiandaie azzurre e particolarmente bassa per *P. leucopus*.

Tavola 1 - *Ixodes dammini* su fauna in Illinois, 1991
larve

Specie	Prevalenza (n)	Densità media (SD)	Muta
<i>Peromyscus leucopus</i>	97,6 (82)	10,3 (9,3)	-
<i>Tamias striatus</i>	90,7 (54)	14,7 (18,6)	-
<i>Procyon lotor</i>	92,9 (15)	207,0 (420,3)	36,2%
<i>Didelphis virginiana</i>	100 (8)	90,5 (61,8)	37,1%
<i>Sciurus niger</i>	100 (10)	27,3 (46,2)	82,7%
<i>Sciurus carolinensis</i>	100 (1)	71,0	97,1%
<i>Sylvilagus floridanus</i>	66,6 (3)	52,2 (30,2)	36,4%
<i>Cyanocitta cristata</i>	100 (4)	11,2 (3,8)	-

Tavola 2 - *Ixodes dammini* su fauna in Illinois, 1991
ninfe

Specie	Prevalenza (n)	Densità media (SD)	Muta
<i>Peromyscus leucopus</i>	13,4 (82)	0,28 (0,88)	-
<i>Tamias striatus</i>	87,0 (54)	16,9 (16,7)	-
<i>Procyon lotor</i>	100 (15)	32,2 (36,9)	43,1%
<i>Didelphis virginiana</i>	100 (8)	34,2 (38,3)	79,1%
<i>Sciurus niger</i>	100 (10)	27,7 (8,6)	85,9%
<i>Sciurus carolinensis</i>	100 (1)	82,0	93,9%
<i>Sylvilagus floridanus</i>	66,6 (3)	6,6 (6,9)	66,6%
<i>Cyanocitta cristata</i>	100 (4)	39,0 (20,4)	-

La disposizione delle trappole nei tre biotopi permetteva di individuare importanti differenze temporali e spaziali nei livelli d'infestazione di *T. striatus* e *P. leucopus*. *Tamias striatus* era catturato quasi esclusivamente in foresta querce, ed era pesantemente infestato da ninfe nel mese di giugno (prevalenza = 100%, densità media \pm deviazione standard = $27.9 \pm 27,6$) e da larve in agosto (prevalenza = 100%, densità media = $43.0 \pm 51,2$). I livelli d'infestazione da ninfe

riscontrati in *T. striatus* in foresta di querce erano significativamente più elevati di quelli riscontrati in *P. leucopus* nello stesso habitat ($P < 0.05$, Fisher's exact test, e Wilcoxon two sample test). Anche i livelli d'infestazione da larve erano superiori in *T. striatus* che in *P. leucopus*, ma la differenza non era statisticamente significativa. In foresta di querce, i valori di R (reservoir potential) per *T. striatus* e per *P. leucopus* erano, rispettivamente, 55,9 e 44,1. *Tamias striatus* contribuiva quindi alla trasmissione di spirochete ad *I. dammini* in misura maggiore di *P. leucopus*. In foresta mista di aceri ed in ecotono, i tamia erano molto scarsi, e *P. leucopus* era più importante sia come ospite per le zecche immature che come potenziale serbatoio per *B. burgdorferi*.

Il numero di larve su *P. leucopus* era significativamente più alto in piena estate (metà luglio-agosto, $P < 0.01$) che nel resto dei periodi di studio, mentre la prevalenza di ninfe sui topi era significativamente superiore in giugno ($P < 0.05$). Questo comportamento temporale delle forme immature di *I. dammini* è lo stesso che viene riportato dalle aree endemiche per borreliosi di Lyme nel nordest degli U.S.A..

Le zecche immature nutritesi sullo scoiattolo volpe mutavano in percentuali superiori di quelle nutritesi su procioni e su opossum, e le ninfe mutavano in percentuale più alta delle larve (Tavole 1 & 2). Il modello log-lineare mostrava effetti significativi di specie ospite e stadio delle zecche sulla percentuale di muta. L'interazione fra le due variabili risultava significativa ($P \ll 0.001$); infatti, i tassi di muta di larve e ninfe nutritesi su opossum erano significativamente diversi fra di loro (effetto "stadio") mentre tale effetto non era così marcato per zecche nutritesi su procioni ed era assente in zecche nutritesi su scoiattoli.

I nostri risultati indicano che il ciclo biologico di *I. dammini* nell'Illinois nordoccidentale si differenzia per alcune importanti caratteristiche da quello descritto nelle aree endemiche per borreliosi di Lyme nel nordest degli U.S.A.. Infatti, sciuridi come il tamia orientale e lo scoiattolo volpe erano più importanti di *P. leucopus* come ospiti per ninfe in foresta di querce. Nello stesso ambiente, *T. striatus* risultava anche più importante di *P. leucopus* come ospite per larve e poteva infettare un numero maggiore di larve con *B. burgdorferi*. Questo può essere in parte spiegato dalla bassa densità di popolazione di *P. leucopus* registrata in foresta di querce nel 1991. Le popolazioni di questa specie vanno incontro a fluttuazioni numeriche molto ampie in relazione a fattori ambientali (Sexton et al. 1982), e la scarsa densità che abbiamo osservato potrebbe essere attribuita alla siccità dell'estate 1991. Infatti, in nordovest Illinois, la pioggia caduta nel luglio 1991 ammontava solo ad un quarto delle precipitazioni medie per lo stesso mese, e la temperatura era più elevata della media di circa un grado. Gli effetti della

siccità erano più evidenti nella foresta di querce, un ambiente ben drenato ed asciutto, dove, in piena estate, l'umidità del suolo era solo del 7%, e la copertura erbacea era scarsa (25%). Al contrario, in foresta di aceri l'umidità del suolo si era mantenuta al 48,3% e la vegetazione erbacea al 65%, e *P. leucopus* era più numeroso.

In foresta di aceri ed in ecotono, gli sciuridi erano molto scarsi od assenti, mentre mammiferi di media taglia come procioni ed opossums erano importanti ospiti per zecche immature; *S. floridanus* era stato catturato solo in ecotono. *Cyanocitta cristata* era l'unica specie aviaria catturata, ed era infestata da cariche di ninfe molto più elevate di quelle riportate in precedenza (Battaly et al. 1987, riportano 0,17 ninfe per ghiandaia azzurra, mentre noi abbiamo raccolto 39 ninfe per soggetto). La ghiandaia azzurra può essere considerata importante per il mantenimento di *I. dammini* in foreste di querce e, analogamente ad altre specie di uccelli, responsabile della diffusione delle zecche fra aree geografiche diverse (Weisbrod & Johnson 1989).

Nonostante che, a causa del numero relativamente basso di animali esaminati, non si possano trarre conclusioni definitive sulle differenze fra i tassi di muta delle zecche immature che si nutrono sui vari ospiti, proponiamo il tasso di muta come un fattore in grado di influenzare il potenziale degli ospiti nel mantenimento della popolazione di *I. dammini* e nella trasmissione di *B. burgdorferi*, ed auspichiamo l'esecuzione di altri studi su questo argomento.

Con le nostre ricerche abbiamo contribuito alla conoscenza del ruolo di diverse specie di animali selvatici come ospiti per *I. dammini*, ed abbiamo caratterizzato l'andamento temporale degli stadi immaturi della zecca in Illinois. I nostri risultati forniscono le basi per ulteriori indagini sulla dinamica dei vettori e sulla trasmissione della borreliosi di Lyme; nello stato dell' Illinois, la vicinanza di aree endemiche e di aree indenni dà l'opportunità per studiare l' importanza dell' habitat, delle condizioni meteorologiche, e delle popolazioni di animali selvatici. I metodi di ricerca impiegati in Illinois possono essere applicati in aree geografiche lontane ed anche in paesi diversi. Il confronto dei risultati di questi studi è indispensabile per la conoscenza e la prevenzione delle zoonosi trasmesse da zecche, problemi emergenti per la salute pubblica in un areale geografico molto ampio.

Questa ricerca è stata condotta con l' autorizzazione dell' Illinois Department of Conservation (Scientific Permit No. W9292), ed era parte dei requisiti per il diploma di Master of Science in Veterinary Medical Sciences presso la University of Illinois at Urbana-Champaign.

Si ringrazia la Commissione per gli scambi culturali fra l'Italia e gli Stati Uniti per la borsa di studio concessa per l'anno 1990-'91.

ABSTRACT

The ecosystem dynamics of the deer tick *Ixodes dammini* was studied in Castle Rock State Park in northwestern Illinois during May-October 1991. Environmental factors such as geomorphological features, soil type, vegetation type, and host population composition and abundance influenced tick bionomics. The infestation of 11 mammal and one bird species by immature *I. dammini* was studied in different habitat types within the park. A major role of the eastern chipmunk (*Tamias striatus*) as a host for immature *I. dammini* in upland forest habitat was established. Mean larval density peaked in August, while nymphal density declined steadily through the study period. Prevalence of tick infestation was high throughout the trapping period. Levels of *I. dammini* infestation recorded on chipmunks in this survey were higher than previously recorded in the northeastern and midwestern United States, with significantly higher levels of nymphal *I. dammini* on chipmunks than were on white-footed mice (*Peromyscus leucopus*). *Borrelia burgdorferi* reservoir potential was higher for chipmunks than for mice in upland forest habitat. In bottomland and ecotone habitats where chipmunks were scarce, mice contributed most to the feeding of larval ticks and had a higher reservoir potential estimate.

High prevalence of immature *I. dammini* infestation of five species of medium-sized mammals and blue jays (*Cyanocitta cristata*) was found. Raccoons (*Procyon lotor*) and opossums (*Didelphis virginiana*) were infested with the highest larval densities and were trapped primarily in bottomland forest and ecotone habitats. All species had similar nymphal densities, except *P. leucopus* and the eastern cottontail (*Sylvilagus floridanus*) which were infested with fewer nymphs. *I. dammini* infestation of fox squirrels (*Sciurus niger*) is identified for the first time, and infestation of blue jays reported for the first time in the midwestern United States. These two species were hosts for nymphs in upland forest habitat.

Molting rates varied among ticks which fed on different host species and among larvae which fed on individuals of the same species. Molting rate is proposed as an important factor in determining the relative importance of a host species to *I. dammini* population dynamics.

The effect of habitat type on the infestation of the white-footed mouse by immature *I. dammini* was studied taking into account the weather pattern of summer 1991. Dry and hot weather conditions led to low mouse population density in dry upland forest habitat, whereas mouse population was not affected in humid bottomland forest habitat. Mean larval density peaked in July and remained high through August. Nymphal infestation rate was higher in June. Levels of immature ticks infestation did not differ significantly among habitats, and a higher number of ticks fed on mice in bottomland. Hence, an interactive effect of habitat and weather on *I. dammini* life cycle occurred.

BIBLIOGRAFIA

- 1) **Anderson J.F.** 1988. Mammalian and avian reservoirs for *Borrelia burgdorferi*. In: Lyme disease and related disorders. Ann. N. Y. Acad. Sci., 539: 180-191.
- 2) **Anderson J.F. & L.A. Magnarelli.** 1980. Vertebrate host relationships and distribution of ixodid ticks (Acari: Ixodidae) in Connecticut, USA. J. Med. Entomol. 17: 314-323.
- 3) **Anderson J.F. & L.A. Magnarelli.** 1984. Avian and mammalian hosts for spirochete-infected ticks and insects in a Lyme disease focus in Connecticut. Yale J. Biol. Med. 57: 627-641.
- 4) **Battaly G.R., D. Fish & R.C. Dowler.** 1987. The seasonal occurrence of *Ixodes dammini* and *Ixodes dentatus* (Acari: Ixodidae) on birds in a Lyme disease endemic area of southern New York State. J. N. Y. Entomol. Soc. 95: 461-468.

- 5) **Bouseman J.K., U. Kitron, C.E. Kirkpatrick, J. Siegel & R.S. Todd, Jr.** 1990. The status of *Ixodes dammini* (Acari Ixodidae) in Illinois. *J. Med. Entomol.* 27: 556-560.
- 6) **Cohen J. & P. Cohen.** 1983. Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- 7) **Davis J.P., W.L. Schell, T.E. Amundson, M.S. Godsey, Jr., A. Spielman, W. Burgdorfer, A.G. Barbour, M. La Venture & R.A. Kaslow.** 1984. Lyme disease in Wisconsin: epidemiologic, clinical, serologic and entomologic findings. *Yale J. Biol. Med.* 57: 685-696.
- 8) **Drew M.L., K. Loken, R.F. Bey & R.D. Swiggum.** 1988. *Ixodes dammini*: occurrence and prevalence of infection with *Borrelia spp.* in Minnesota. *J. Wildl. Dis.* 24: 708-710.
- 9) **Fish D. & T.J. Daniel,** 1990. The role of medium-sized mammals as reservoirs of *Borrelia burgdorferi* in southern New York. *J. Wildl. Dis.* 26: 339-345.
- 10) **Ginsberg H.S. & C.P. Ewing.** 1989. Habitat distribution of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) and Lyme disease spirochetes on Fire Island, New York. *J. Med. Entomol.* 26: 183-189.
- 11) **Godsey M.S., Jr., T.E. Amundson, E.C. Burgess, W. Schell, J.P. Davis, R. gaslow & R. Edelman.** 1987. Lyme disease ecology in Wisconsin: distribution and host preferences of *Ixodes dammini*, and prevalence of antibody to *Borrelia burgdorferi* in small mammals. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 37: 180-187.
- 12) **Kahl O.** 1991. Lyme borreliosis-an ecological perspective of a tick-borne human disease. *Anz. Shadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 64: 45-55.
- 13) **Kitron U. & A. Mannelli.** 1994. Modeling the Ecological Dynamics of Tick-Borne Zoonoses. In: *Ecological Dynamics of Tick-Borne Zoonoses* (Editors: T.N. Mather & D.E. Sonenshine). Oxford University Press.
- 14) **Kitron U., C.J. Jones & J.K. Bouseman.** 1991. Spatial and temporal dispersion of immature *Ixodes dammini* on *Peromyscus leucopus* in northwestern Illinois. *J. Parasitol.* 77: 945-949.
- 15) **Lane R.S., J. Piesman, & W. Burgdorfer.** 1991. Lyme borreliosis: relations to its causative agent to its vectors and hosts in North America and Europe. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 587-609.
- 16) **Mannelli A., U. Kitron, C.J. Jones, & T.L. Slajchert.** 1993. Role of the eastern chipmunk as a host for immature *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) in northwestern Illinois. *J. Med. Entomol.* 30: 87-93.
- 17) **Mannelli A., U. Kitron C.J., Jones & T.L. Slajchert.** 1993b. *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) infestation on medium-sized mammals and blue jays in northwestern Illinois. *J. Med. Entomol.* 30: 950-952.
- 18) **Mather T.N., M.L. Wilson, S.I. Moore, J.M. Ribeiro, A. Spielman.** 1989. Comparing the relative potential of rodents as reservoirs of the Lyme disease spirochete (*Borrelia burgdorferi*). *Am. J. Epidemiol.* 130: 143-150.
- 19) **Needham G.R. and P.D. Teel.** 1991. Off-host physiological ecology of ixodid ticks. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 659-681.
- 20) **Nelson J.A., J.K. Bouseman, U.D. Ritron, S.N. Callister, B. Harrison, M.J. Bankowsky, M.E. Peeples, B.J. Newton, G.M. Trenholme & J.F. Anderson.** 1991. Isolation and characterization of *Borrelia burgdorferi* from Illinois *Ixodes dammini*. *J. Clin. Microbiol.* 29: 1732-1734.
- 21) **Nosek J.** 1978. The effect of microclimate on *Ixodes ricinus*. In *Weather and parasitic animal diseases*, T. E. Gibson (ed). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, p. 105-116.

- 22) **Olivier J.H., Jr M.R. Owsley, H.J. Hutcheson, A.M. James, C. Chen, W.S. Irby, E.M. Dotson & D.K. McLain.** 1993. Conspicificity of the ticks *Ixodes scapularis* and *I. dammini* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol* 30: 54-63.
- 23) **SAS Institute.** 1990. SAS/STAT User's guide, version 6, 4th ed. SAS Institute, Cary, USA.
- 24) **Sexton O.J., J.F. Douglass, R.R. Bloye, & A. Pesce.** 1982. Thirteen-fold change in population size of *Peromyscus leucopus*. *Can. J. Zool.* 60: 2224-2225.
- 25) **Spielman A., M.L. Wilson, J.F. Levine & J. Piesman.** 1985. Ecology of *Ixodes dammini*-borne human babesiosis and Lyme disease. *Annu. Rev. Entomol.* 30: 439-460.
- 26) **Stafford K.C. III and Louis Magnarelli.** 1993. Spatial and temporal patterns of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) in southeastern Connecticut. *J. Med. Entomol.* 30: 762-771.
- 27) **Steer A.C. & S.E. Malawista.** 1979. Cases of Lyme disease in the United States: locations correlated with distribution of *Ixodes dammini*. *Ann. Intern. Med.* 91: 730-733.
- 28) **Weisbrod A.R. & R.C. Johnson.** 1989. Lyme disease and migrating birds in the Saint Croix River Valley. *Appl. Envir. Microbiol.* 55: 1921-1924.
- 29) **Wilson M.L. & A. Spielman,** 1985. Seasonal activity of immature *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 22:408-414.
- 30) **Yuval B. and A. Spielman.** 1990. Duration and regulation of the developmental cycle of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 27: 196-201.