

Monitoraggio fitopatologico di *Inonotus rickii* nella città di Roma e applicazioni GPS-GIS

Mazza G* ⁽¹⁾, Moriondo M ⁽²⁾, Motta E ⁽¹⁾, Annesi T ⁽¹⁾

(1) C.R.A. Centro di ricerca per la Patologia Vegetale, v. Bertero 22, I-00156 Roma (Italy); (2) Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agro-Forestale, Università di Firenze, p.le delle Cascine 18, I-50144 Firenze (Italy) - *Corresponding Author: Gianluigi Mazza (gianluigi_mazza@virgilio.it).

Abstract: *Phytopathological monitoring of Inonotus rickii and GPS-GIS applications, Rome, Italy.* Plant disease management may be improved by collecting, storing, manipulating, analysing and displaying epidemiological information using a Geographic Information System (GIS), a useful tool to evaluate plant disease problems in a spatial context. In this study, GIS analysis was applied along with global positioning systems (GPS) to integrate field data-collected with the spatial distribution of the pathogen *Inonotus rickii*. This pathogen provokes a decay of sapwood/heartwood and cankers, determining a progressive crown dieback and structural weakness of the trees, therefore increasing risk of branch breaks and tree failures. It is widespread in tropical and subtropical countries and it has already been recorded in many areas in Rome on *Acer negundo*, *Albizia julibrissin*, *Koelreuteria paniculata*, *Celtis australis* and *Platanus x acerifolia*. A survey was carried out in different boulevards of *A. negundo* and *A. julibrissin* with the aim of evaluating disease symptoms such as sparse foliage, dead twigs and branches, wood decay and presence of fungal structures. In this survey, *I. rickii* was recorded also on *Robinia pseudoacacia*, which is a new host. The study allowed to obtain thematic maps showing the spatial distribution of all infected trees, as well as the presence of anamorph and/or teleomorph structures of the fungus. Moreover, a map representing the incidence of the pathogen in different boulevards was obtained. The usefulness of GIS analysis in studies aimed to support and refine management strategies for disease control in urban trees is discussed.

Keywords: Survey, Geographic Information Systems, Georeferentiation, Urban trees, Wood decay.

Received: Jan 16, 2008; Accepted: Apr 18, 2008

Citation: Mazza G, Moriondo M, Motta E, Annesi T, 2008. Monitoraggio fitopatologico di *Inonotus rickii* nella città di Roma e applicazioni GPS-GIS. Forest@ 5: 160-170 [online: 2008-06-20] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Introduzione

In ambiente urbano gli alberi sono spesso sottoposti a stress ed alterazioni di origine antropica che favoriscono l'attività di molte specie fungine agenti di carie. Tali patogeni, degradando le componenti strutturali del legno, riducono la stabilità meccanica delle piante aumentando il rischio di rotture e/o schianti.

La tutela ed il miglioramento della qualità del verde urbano richiedono, quindi, onerosi costi per la cura e la manutenzione degli alberi. L'utilizzo di un supporto informativo può rappresentare un efficace strumento sia per ottimizzare la programmazione degli interventi più idonei, sia per una gestione rapida e precisa di tutte le informazioni relative allo sta-

to di salute di ogni singola pianta (Vai & Mazzoli 2003).

Lo studio effettuato nel presente lavoro descrive un'applicazione dei sistemi informativi geografici (GIS) al monitoraggio di *Inonotus rickii* (Pat.) Reid, un basidiomicete in grado di produrre carie e cancri su numerose specie ospiti.

Il patogeno, originario dei paesi tropicali e subtropicali (Barnard 1993), è stato segnalato in diverse zone nell'area del Mediterraneo e negli ultimi anni si è piuttosto diffuso nella città di Roma. In particolare, il patogeno è stato rinvenuto recentemente su *Acer negundo* L., *Albizia julibrissin* Durazz., *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Celtis australis* L. e *Platanus x acerifolia* Willd, confermando la sua elevata polifagia (Annesi

et al. 2007). Il fungo è presente sia nella fase anamorfa, che produce grandi masse di clamidospore in caratteristiche strutture globose di colore bruno-arancio, zonate concentricamente all'interno, sia come teleomorfo (Intini 1988, Bernicchia 2005). La sua attuale diffusione alle nostre latitudini potrebbe essere legata anche ad alcuni effetti dei cambiamenti climatici in corso (Chakraborty 2005, Walther et al. 2002). *I. rickii* produce una carie bianca del legno sia a livello del duramen che dell'alburno (Fig. 1), e cancri corticali che possono determinare la morte del cambio, portando ad un progressivo deperimento della chioma (Intini 2002). Le piante infette presentano spesso branche secche nella parte alta della chioma, necrosi corticali, ingrossamenti e ferite sul fusto (Annesi et al. 2003).

Scopo del presente lavoro è stato quello di ottenere utili informazioni epidemiologiche, necessarie per attuare le più opportune strategie di difesa ed ottimizzare la gestione delle fitopatie in ambiente urba-

no (*Plant Disease Management* - Merritt et al. 1999). I dati dei rilievi effettuati nelle aree infette sono stati integrati con il supporto informativo rappresentato dal software GIS e da sistemi di posizionamento globale (GPS). L'uso di tali tecnologie, sebbene più adatto ad ambienti forestali (Godone et al. 2003, Feducci et al. 2005, Vannini et al. 2005), dove possono essere utili per evidenziare correlazioni con parametri ambientali, consente in ambiente urbano (Attore et al. 2001, Sottana & Sordi 2007) di raccogliere, archiviare ed aggiornare tutti i dati territoriali relativi agli ospiti infetti, e di realizzare elaborati grafici che consentono la visualizzazione degli individui malati nelle alberate monitorate.

Materiali e metodi

Monitoraggio fitopatologico

Le indagini relative alla distribuzione del patogeno nella città di Roma sono state effettuate attraverso un



Fig. 1 - Carie del legno sia a livello del duramen che dell'alburno causata da *Itonotus rickii* su acero negundo (nel tondo viene evidenziata la fruttificazione anomorfa del patogeno).

Fig. 2 - Disseccamenti dei rami e delle branche di un individuo di acero negundo con vistose fruttificazioni anamorfe di *Inonotus rickii* sul fusto.



monitoraggio in diverse alberate cittadine, in particolare in 27 alberate di *A. negundo*, ospite particolarmente sensibile, ed in 8 di *A. julibrissin*.

Sono state condotte, inoltre, osservazioni sullo stato di deperimento di ogni singola pianta utilizzando schede di rilievo appositamente preparate per la valutazione dei sintomi visibili sulla chioma e sul fusto (ICP FOREST, <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>).

A tale scopo sono stati considerati alcuni parametri

quali la trasparenza della chioma, il disseccamento dei rami e delle branche (Fig. 2), la presenza di ferite, di carie e di fruttificazioni fungine (Fig. 3).

La trasparenza della chioma è stata stimata attribuendo un valore percentuale (in classi del 25%) in funzione del rapporto spazi vuoti/pieni, dopo aver accertato la porzione di chioma valutabile (Eichorn et al. 1998) e basandosi anche su schemi guida e standard fotografici specifici per le latifoglie (Müller & Stierlin 1990). Il disseccamento della chioma (rami e



Fig. 3 - Fruttificazioni anamorfe (a sinistra) e teleomorfa (a destra) di *Inonotus rickii* su *Acer negundo*.

branche) e la presenza di ferite sul fusto sono state stimate attraverso classi di intensità che evidenziano la porzione di pianta interessata dal sintomo osservato: 0 = assenza, 1 = fino al 25%, 2 = 25-50% e 3 = superiore al 50%. È stata valutata, inoltre, la presenza di carie rispettivamente sul fusto e/o sulle branche.

L'incidenza del patogeno è stata espressa anch'essa in classi di intensità stabilite in base al numero di fruttificazioni fungine rinvenute su ciascuna pianta (A = 1 struttura del patogeno, B = 2 e 3, C = più di 3).

La corrispondenza tra i sintomi osservati su acero e la presenza delle fruttificazioni fungine è stata analizzata mediante il test del χ^2 . Tale analisi è stata effettuata utilizzando tabelle di contingenza con un solo grado di libertà, applicando la correzione di Yates per la continuità (Camussi et al. 1995) ed assumendo livelli di significatività rispettivamente del 5% e del 1% ($p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$). Nelle tabelle di contingenza sono state confrontate a coppie le classi di intensità dei sintomi con le classi di incidenza del patogeno. Solo per la trasparenza della chioma i dati sono stati analizzati in tabelle con 3 gradi di libertà, confrontando tutte le classi del sintomo.

Successivamente sono state acquisite, con DGPS (GPS Differenziale) e nel sistema di riferimento WGS84, le coordinate geografiche di tutti gli individui con la fruttificazione fungina del patogeno, anche in alcune alberate di altre specie ospiti già segnalate, quali *K. paniculata*, *C. australis*, *Platanus x acerifolia*, e di singoli soggetti sui quali veniva individuata la

presenza del fungo.

Applicazioni GIS

Per realizzare operativamente un progetto GIS è necessario acquisire informazioni georeferenziate sul territorio in esame (Chirici 2006). In questo lavoro sono stati utilizzati alcuni *shapefile* Cartesia in scala 1:2000 relativi alla ubicazione degli edifici, strade e marciapiedi nei Municipi interessati dalla malattia ed acquisiti come fonti informative in ingresso nel *software* GIS.

Georeferenziazione

Sono state georeferenziate, attraverso l'*extension Image Warp* del *software* ARCVIEW 3.2 ESRI, alcune immagini relative alle quattro bande multispettrali del sensore Quickbird, con profondità pari a 11 bit, comprendenti le alberate di acero e di albizia in cui era presente l'infezione fungina, allo scopo di evidenziare e collocare sull'immagine stessa le piante infette.

La procedura di georeferenziazione è avvenuta utilizzando dei punti di controllo (*Ground Control Point* o GCP) acquisiti per digitalizzazione manuale, a partire dagli *shapefiles* Cartesia. La deformazione (*warp*) applicata all'immagine georeferenziata ha lo scopo di riportare i punti di controllo nella posizione esatta, adattando l'immagine grezza alle nuove coordinate geografiche, e di restituire agli oggetti le dimensioni reali in scala.

Tab. 1 - Struttura del database. In ogni record della tabella sono stati indicati, quali elementi descrittivi, un codice numerico identificativo ("ID"), la posizione geografica di tutte le piante infette, la via dell'alberata, il numero del Municipio di appartenenza e la presenza delle fruttificazioni fungine ("Frutt_class") espressa in tre classi di intensità.

ID	E_GB	N_GB	Specie ospite	N° Municipio	Fase riproduttiva	Frutt_class
1	2313931	4642270	<i>A. negundo</i>	III	anamorfa	3
2	2313817	4642226	<i>A. negundo</i>	III	anamorfa	1
...
32	2314272	4645561	<i>A. negundo</i>	II	teleomorfa	2
...
169	2313323	4641815	<i>A. julibrissin</i>	I	anamorfa	3
...
183	2315574	4645417	<i>C. australis</i>	IV	anamorfa	1
...
185	2311300	4638113	<i>K. paniculata</i>	XI	anamorfa	1
...
191	2305602	4643563	<i>P. x acerifolia</i>	XIX	anamorfa	1
...
192	2313915	4640171	<i>R. pseudoacacia</i>	IX	anamorfa	1
...

Editing dei dati

I risultati dei rilievi effettuati in campo sono stati strutturati in un database organizzato secondo uno schema matriciale di righe e colonne: ogni colonna (o *field*) contiene i caratteri del singolo attributo, ogni riga (o *record*) riporta l'attributo (Leone 2004).

In ogni *record*, rappresentante ciascuno un singolo albero, sono stati indicati alcuni elementi descrittivi: un codice numerico identificativo (ID), la posizione geografica (rappresentata dalle coordinate Est-Nord convertite nel sistema di riferimento Gauss-Boaga), la via dell'alberata, il numero del Municipio di appartenenza, ed alcuni parametri relativi allo stato fitosanitario (Tab. 1).

In alcuni *record*, attraverso operazioni di *editing*, è stata corretta la posizione geografica della pianta in relazione alle fonti informative presenti, rappresentate dagli *shapefiles* di strade, edifici, confini degli isolati e marciapiedi.

Spazializzazione

Le indagini effettuate durante il monitoraggio, relative allo stato fitosanitario di ogni singola pianta e la loro distribuzione nel territorio, rappresentano delle osservazioni puntuali, per cui l'utilità dell'interpolazione spaziale è quella di convertire tali dati in campi continui (Chirici et al. 2006).

Il metodo di interpolazione utilizzato è l'*Inverse Distance Weighting (IDW*, interpolazione mediante inverso della distanza o mediante media pesata) dell'*extension "Spatial Analyst"* di ARCVIEW 3.2. Tale metodo permette la stima di valori incogniti di un attributo a partire da un *set* di dati di tipo puntuale,

come media ponderata degli attributi relativi a *n* punti prossimi, assegnando pesi maggiori ai punti più vicini (Bartier & Keller 1996).

Lo scopo di questa analisi spaziale è stato quello di creare una mappa in cui viene visualizzata la pressione di inoculo di *I. rickii* attraverso l'interpolazione dei valori del campo *Frutt_class*, in cui sono presenti le tre classi di intensità del patogeno stimate in relazione al numero di fruttificazioni fungine rinvenute su ciascuna pianta. Tale mappa permette di evidenziare una diffusione potenziale del patogeno nei diversi Municipi di Roma.

Risultati

Monitoraggio fitopatologico

I risultati del monitoraggio hanno evidenziato la presenza del patogeno nella quasi totalità delle alberate di *A. negundo* indagate, all'interno delle quali la maggior parte dei soggetti mostrava evidenti sintomi di deperimento sul fusto e sulla chioma.

Per quanto riguarda le osservazioni sui singoli individui, le fruttificazioni fungine sono state rinvenute sul 12% delle piante di acero (107 su un totale di 887 piante osservate).

Le osservazioni compiute hanno mostrato che le piante con le fruttificazioni fungine presentavano sempre sintomi di maggiore entità ed in particolare risultavano essere le più danneggiate da alterazioni di tipo diverso, quali disseccamenti dei rami e delle grosse branche, ferite, carie sul fusto e sulle branche (Fig. 4).

Analizzando i dati con il test χ^2 (in Tab. 2 sono pre-

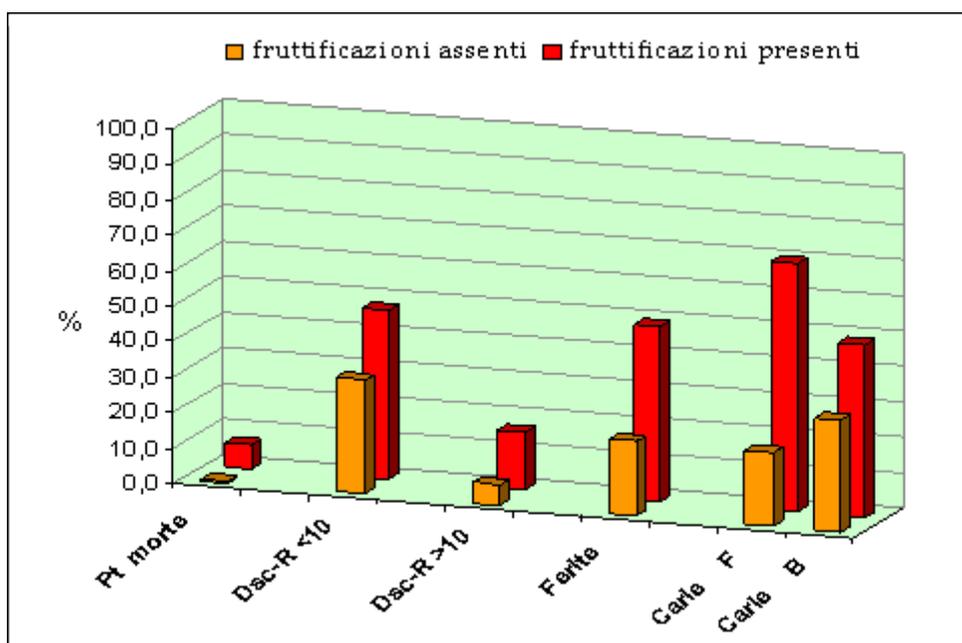


Fig. 4 - Sintomi indagati sugli individui di *Acer negundo* con e senza le fruttificazioni del patogeno; (Dsc-R < 10 e Dsc-R > 10 indicano rispettivamente il disseccamento dei rami con diametro minore e maggiore di 10 cm; F e B indicano la posizione delle lesioni con carie sul fusto e sulle branche).

Tab. 2 - Risultati ottenuti mediante il test del χ^2 confrontando a coppie le classi di intensità dei sintomi osservati con le diverse classi di incidenza del patogeno, stabilite in base al numero delle fruttificazioni fungine. (*): $p \leq 0.05$; (**): $p \leq 0.01$; x = non significativo; (- = assenza; + = presenza; B = 2 e 3 fruttificazioni; C = più di 3).

Classi di intensità dei sintomi		Classi di incidenza del patogeno		
		- vs +	- vs B	- vs C
Disseccamento rami	0 vs 3	4.05*	x	11.39**
	1 vs 3	x	x	12.50**
	2 vs 3	x	x	6.35*
Disseccamento branche	0 vs 3	17.58**	6.36*	40.84**
	1 vs 3	6.46*	4.80*	7.59**
	2 vs 3	9.5**	x	10.47**
Ferite	0 vs 2	11.76**	x	7.60**
	0 vs 3	4.28*	x	9.54**
	1 vs 2	7.11**	x	4.84*
	1 vs 3	4.46*	x	6.26*
Carie (- vs +)	su branche	19.81**	6.43**	3.88*
	su fusto	80.73**	9.89**	36.65**



Fig. 5 - Sovrapposizione di strati (o layers) informativi georeferenziati che consente di visualizzare la posizione degli individui malati di acero ed albizia all'interno di una alberata infetta.

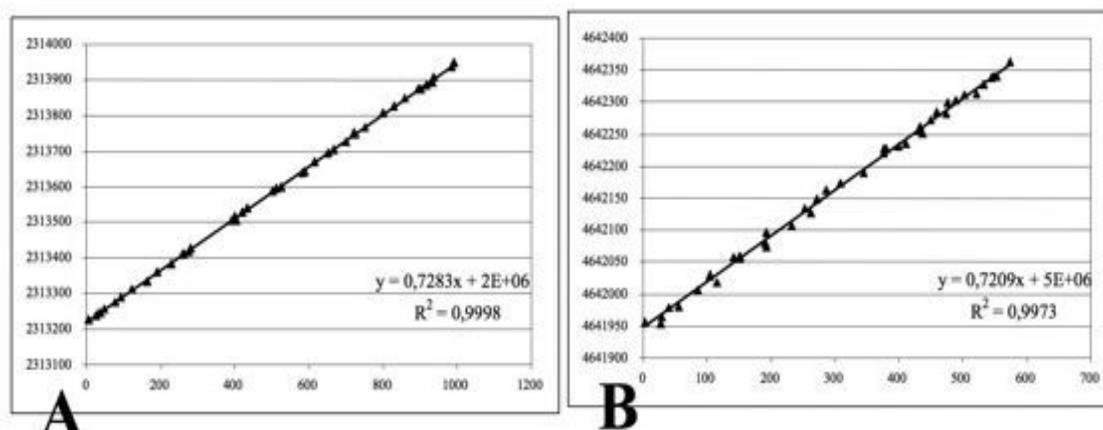


Fig. 6 - Regressione tra le coppie di coordinate acquisite automaticamente dal sistema e quelle acquisite tramite digitalizzazione manuale, desunte da strati informativi digitali già georeferenziati. (A) Funzione di passaggio tra le coordinate X_{FROM} (nelle ascisse) e X_{TO} (nelle ordinate); (B) Funzione di passaggio tra le coordinate Y_{FROM} (nelle ascisse) e Y_{TO} (nelle ordinate).

sentati i risultati solo per i confronti significativi), si è evidenziato che la presenza di fruttificazioni fungine è associata in modo significativo con il disseccamento di classe 3 dei rami e delle branche, con la presenza di ferite di classe 2 e 3 e con la presenza di carie sia su branche che su fusto. Inoltre la corrispondenza tra i vari sintomi e la presenza delle strutture del patogeno aumenta in modo significativo nelle piante di classe C, ossia quelle con un elevato numero di fruttificazioni fungine, in cui tutti i confronti, sono risultati significativi. Dall'analisi del χ^2 risulta che la presenza di una sola fruttificazione fungina (classe A) non implica alcuna relazione con i sintomi sulle piante, mentre la classe intermedia di incidenza del patogeno (classe B, presenza di 2 e 3 fruttificazioni), mostra una corrispondenza significativa con i disseccamenti delle branche e con la presenza di carie su branche e su fusto.

I risultati dei rilievi hanno evidenziato, inoltre, che su *A. negundo* le fruttificazioni fungine erano presenti principalmente sul fusto, 82 piante su 107, in particolare alla base.

Le indagini effettuate nelle alberate di *A. julibrissin* hanno indicato che il patogeno è molto attivo su questo ospite, in quanto le sue fruttificazioni sono state rinvenute sul 25% degli individui (56 su un totale di 224 indagati), ma a differenza di quanto osservato su *A. negundo*, esse sono distribuite nella stessa misura sul fusto e sulle branche.

Le strutture riproduttive del fungo sono state rinvenute nella maggioranza dei casi nella fase agamica o anamorfa (95.8%), mentre la fase gamica o teleomorfa è stata trovata solo su 8 piante, in particolare 4 di acero, 3 di albizia e 1 di bagolaro, su un totale di

1180 piante monitorate. Nel corso del monitoraggio, infine, *I. rickii* è stato rinvenuto su un individuo di *Robinia pseudoacacia* L., specie che rappresenta un ospite segnalato per la prima volta.

Elaborazioni GIS

La georeferenziazione delle immagini satellitari ha permesso di individuare con esattezza la collocazione delle piante infette all'interno delle alberate di acero e di albizia.

Nella Fig. 5 è mostrata la sovrapposizione dei diversi strati informativi fino alla informazione geografica finale, che consiste nella visualizzazione di una alberata cittadina, presa come esempio, in cui sono evidenziati gli individui malati delle due specie ospiti.

In questo caso la deformazione applicata all'immagine georeferenziata deriva da un errore di posizionamento di 0.79 m sull'asse X e 0.78 m sull'asse Y (RMS Error).

In Fig. 6 sono indicate le funzioni di passaggio ottenute confrontando a coppie le coordinate acquisite tramite digitalizzazione manuale.

Attraverso l'interpolazione spaziale dei dati puntiformi relativi alle singole piante interessate dall'infezione fungina, è stata realizzata una carta tematica in cui sono evidenziate le zone con maggiore presenza del patogeno (contraddistinte dal colore più scuro del default di visualizzazione) nei diversi Municipi del comune di Roma (Fig. 7).

È stata, infine, visualizzata la distribuzione di tutte le specie ospiti su cui era presente *I. rickii* (Fig. 8) e la distribuzione delle due forme di propagazione del patogeno (fase anamorfa e fase teleomorfa) nelle

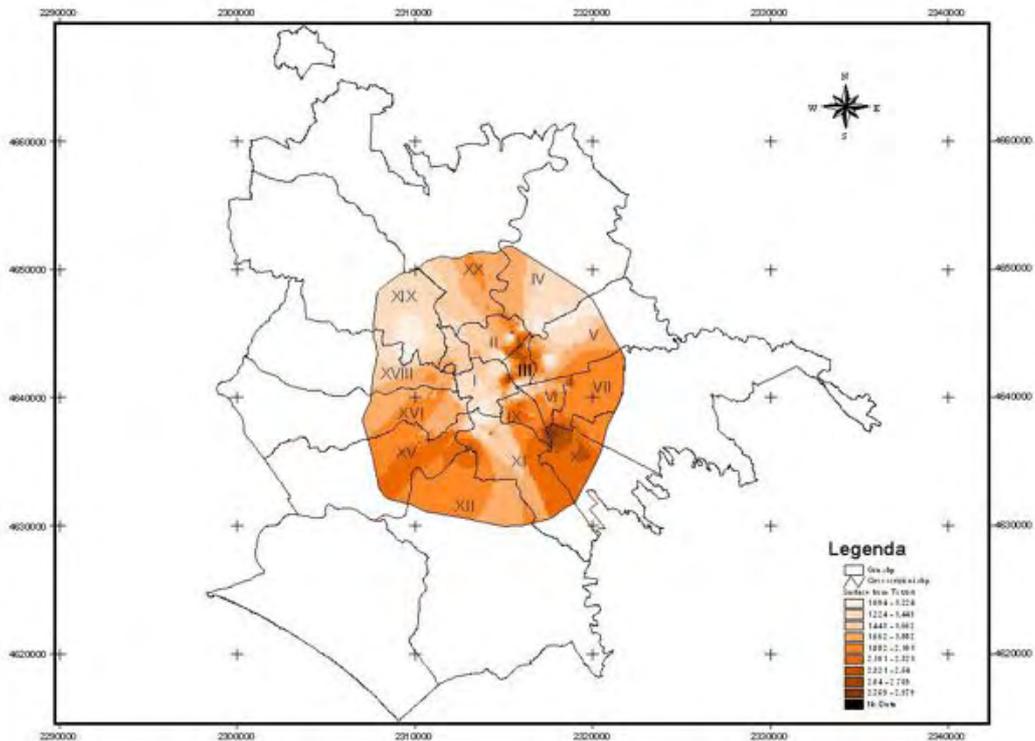


Fig. 7 - Carta tematica ottenuta mediante interpolazione spaziale dei dati puntiformi relativi alle singole piante interessate dall'infezione fungina, in cui viene visualizzata la diversa pressione di inoculo di *Inonotus rickii* in funzione del numero di fruttificazioni del patogeno. Il colore più scuro del default di visualizzazione evidenzia la possibilità di una maggiore diffusione del fungo nei diversi Municipi del comune di Roma.

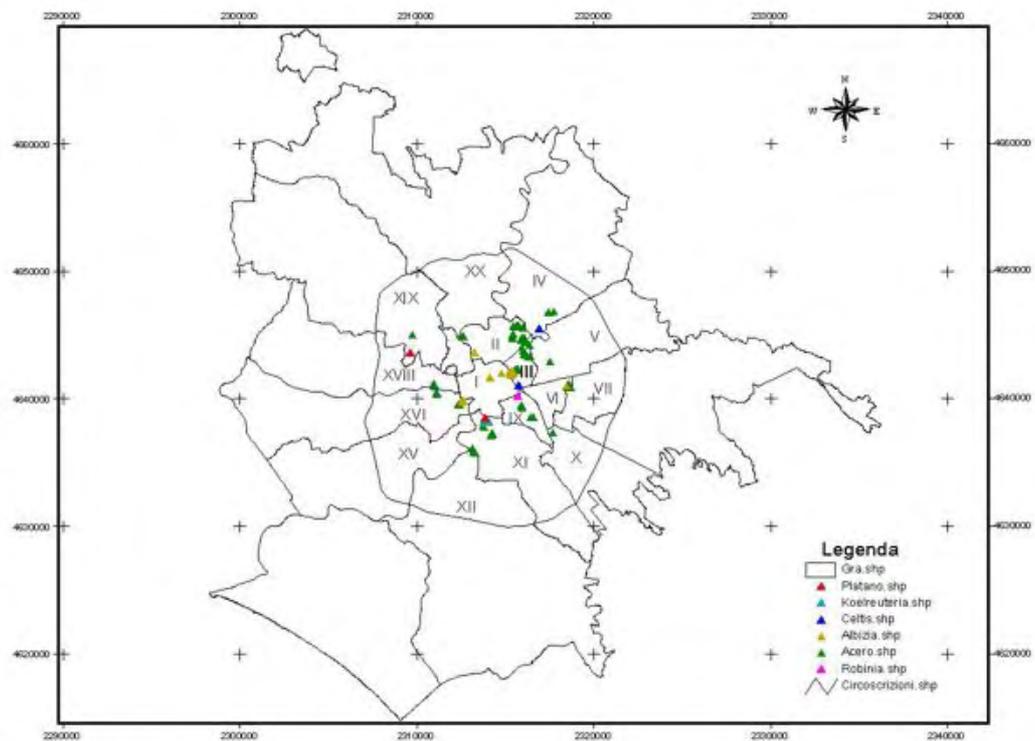


Fig. 8 - Distribuzione di *Inonotus rickii* sulle diverse specie arboree all'interno del G.R.A.

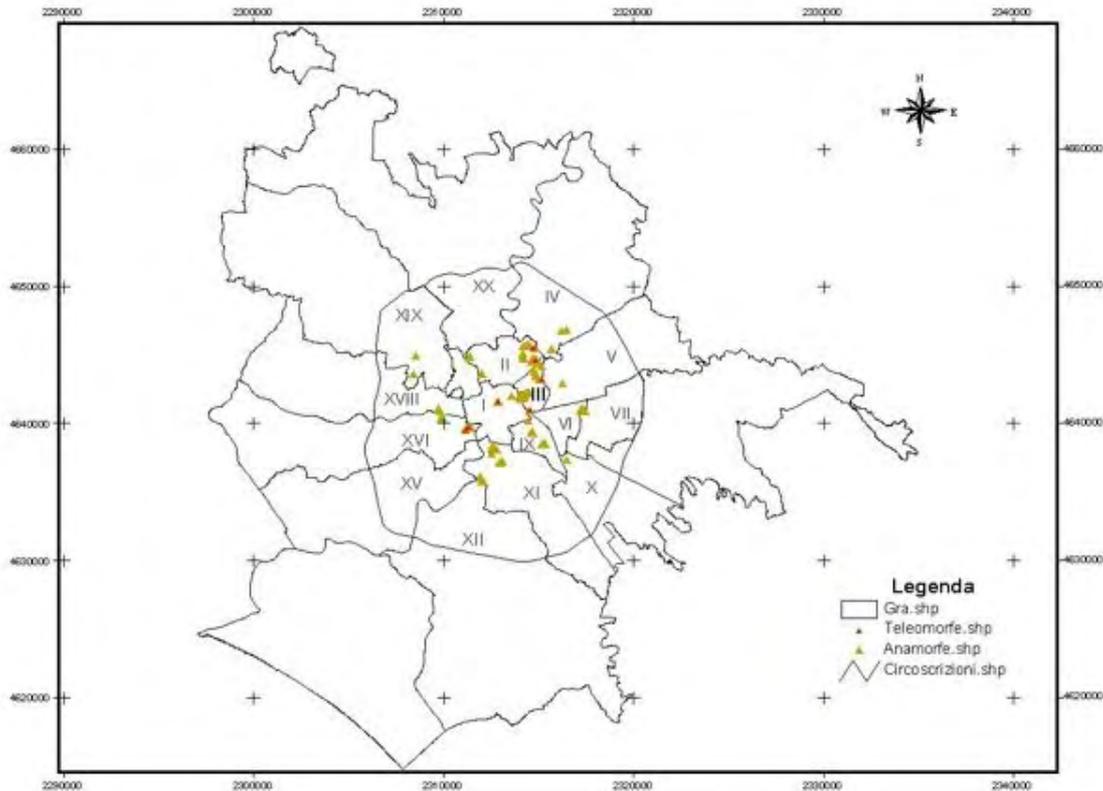


Fig. 9 - Distribuzione delle due forme di propagazione del patogeno all'interno del G.R.A.

zone monitorate (Fig. 9)

Discussione

Nel corso delle indagini effettuate nelle alberate di acero e albizia è risultato che l'incidenza di alcuni sintomi quali il disseccamento delle branche, la presenza di ferite e di lesioni con evidenti processi di carie, è maggiore nei soggetti con molte fruttificazioni fungine. In particolare sull'acero, all'aumentare del numero di tali strutture, aumentano i sintomi che mostrano una relazione significativa con la presenza del patogeno, soprattutto i disseccamenti delle branche che, a tutte le classi di intensità, sono risultati altamente significativi ($p \leq 0.01$). Nelle piante con un elevato numero di fruttificazioni fungine, rinvenute soprattutto sul fusto, la presenza di carie sulle branche è stata osservata solo su pochi individui. Ciò potrebbe dipendere sia dalle potature che periodicamente vengono effettuate a carico della chioma, sia dal comportamento del patogeno che sembrerebbe utilizzare le ferite sul fusto come preferenziali vie di ingresso. La presenza di carie, inoltre, ha mostrato alti valori di significatività indipendentemente dall'elevato numero delle fruttificazioni di *I. rickii*, in quanto sulle piante che vegetano in ambiente urbano

sono spesso presenti altri funghi patogeni agenti di carie.

Per quanto riguarda la trasparenza della chioma, alcune piante con le fruttificazioni fungine presentavano chiome molto dense. Al contrario, una notevole rarefazione (fino a valori di 60-70 %) è stata osservata anche su soggetti che non presentavano alcuna struttura del patogeno, in quanto in città molti fattori, sia biotici che abiotici, possono determinare una crescita stentata degli individui che quindi sviluppano chiome molto trasparenti.

L'incidenza della malattia in alcuni focolai d'infezione ha raggiunto valori molto elevati, in particolare in un'alberata di acero la fruttificazione fungina è stata rinvenuta sul 23.8% degli individui (10 su 42), mentre in una alberata di albizia 14 piante su un totale di 28 (50%) presentavano le strutture del patogeno. Tali valori indicano come *I. rickii* possa infettare molti individui all'interno delle alberate dei due ospiti considerati.

Combinando le valutazioni ottenute dai rilievi in campo con il supporto informativo rappresentato dal software GIS, è stato possibile evidenziare su cartografia digitale la localizzazione delle piante più a rischio da un punto di vista fitosanitario, la distribu-

zione spaziale dei diversi ospiti infetti e l'incidenza di *I. rickii* nelle alberate monitorate. È stata rappresentata, inoltre, la distribuzione nelle diverse alberate delle due forme riproduttive del patogeno costituite dalla fase agamica, o anamorfa, e dalla fase gamica, o teleomorfa, che contribuiscono alla diffusione della malattia. Tali informazioni territoriali potranno essere d'ausilio per lo studio epidemiologico di *I. rickii* e per il suo controllo sul territorio.

L'implementazione di un metodo di monitoraggio per la gestione delle fitopatie coadiuvato dall'impiego delle nuove tecnologie rappresentate dai GIS permette, quindi, di ottimizzare gli interventi di manutenzione del verde urbano e la programmazione delle scelte operative. Attraverso l'interrogazione della tabella di attributi con la funzione *Query Builder*, infatti, si possono individuare le piante che dovranno essere monitorate con maggiore frequenza e/o quelle soggette a specifici interventi fitosanitari, quali potature di rimonda o tagli di abbattimento, sia per motivi di stabilità delle piante, sia per ridurre la quantità di inoculo fungino presente nei focolai di infezione considerati.

Disporre, quindi, di una banca dati geografica in cui si possano archiviare, aggiornare e gestire in maniera rapida e precisa tutte le informazioni, semplifica la pianificazione degli interventi di difesa opportuni al fine di prevenire la diffusione delle malattie infettive e/o di monitorare nel tempo la loro evoluzione

Ringraziamenti

Studio svolto con il contributo economico del Comune di Roma - Assessorato alle Politiche Ambientali ed Agricole - Dipartimento X. Si ringrazia anche per il materiale cartografico messo a disposizione.

Bibliografia

Annesi T, Bressanin D, Coppola R, Mazza G, Motta E (2007). Osservazioni su *Inonotus rickii* in alberate cittadine. *Micologia Italiana* 36 (2): 39-43.

Annesi T, Coppola R, Motta E (2003). Decay and canker caused by *Inonotus rickii* spreading on more urban tree species. *Forest Pathology* 33: 405-412.

Attore F, Bonuccelli A, Bruno F, Francesconi F (2001). Il SIT per la gestione delle alberature e delle aree verdi del Comune di Roma. *MondoGIS* 25: 46-49.

Barnard EL (1993). *Inonotus rickii* (anamorph: *Ptychogaster cubensis*): a wood-decaying fungus of importance to Florida hardwoods. *Plant Pathology Circ. No. 357*. Florida Dept. Agric. and Consumer Service, Division of Plant Industry.

Bartier PM, Keller P (1996). Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (*IDW*). *Computer & Geosciences* 22 (7): 795-799.

Bernicchia A (2005). *Polyporaceae* s.l. Candusso, Savona, pp. 806.

Camussi A, Möller F, Ottaviano E, Sari Gorla M (1995). *Metodi statistici per la sperimentazione biologica* (2nd edn). Zanichelli, Bologna, pp. 496.

Chakraborty S (2005). Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions. Presented as a keynote address at the: "Biennial Conference of the Australasian Plant Pathology Society", 26-29 September 2005, Geelong. *Australasian Plant Pathology* 34: 443-448.

Chirici G (2006). Introduzione alla geomatica forestale. *Alberi e Territorio* 3: 14-18.

Chirici G, Marchetti M, Travaglini D (2006). Le applicazioni analitiche dei sistemi informativi geografici. *Alberi e Territorio* 3: 24-27.

Feducci M, Masi G, Capretti P (2005). Relationship between environmental conditions and cypress canker disease in Tuscany by using GIS technology. *Journal of Plant Pathology* 87 (4): 293.

Godone D, Gonthier P, Rollet I, Garnerò G, Nicolotti G (2003). Applicazioni G.I.S.-G.P.S. in epidemiologia delle malattie forestali: il caso di studio della Valle d'Aosta. *Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA*, 28-31 ottobre 2003, Verona.

Eichorn J, Ferretti M, Innes JL, Roskams P, Vel E (1998). Visual assessment of tree condition on plots of the intensive monitoring. Manual adopted by the Task force of the ICP-Forest.

Intini M (1988). Contributo alla conoscenza dei funghi lignicoli italiani: *Inonotus rickii* (Pat.) Reid. *Micologia Italiana* 20 (1): 49-53.

Intini M (2002). First report of *Inonotus rickii* causing canker rot on boxeldre in Europe. *Plant Disease* 86: 922.

Leone A (2004). *Ambiente e territorio agroforestale*. Franco Angeli/Urbanistica, Milano, pp. 432.

Merrit RN, Orum TV, Garcia RJ, Nadeem A (1999). Applications of information system and geostatistic in plant disease epidemiology and management. *Plant Disease* 83: 308-318.

Müller E, Stierlin HR (1990). *Sanasilva - Le chiome degli alberi*. Swiss Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, Switzerland, pp. 129.

Sottana M, Sordi A (2007). La gestione del verde pubblico mediante un sistema informativo territoriale. *MondoGIS* 60: 14-19.

Vai N, Mazzoli GL (2003). Un occhio informatico sul verde urbano. *Agricoltura*, pp. 85-87.

Vannini A, Vettrano AM, Montagni A, Fabi A, Belli C

(2005). Individuazione di tecniche innovative per il monitoraggio del "Mal dell'inchiostro" del castagno su scala comprensoriale. Atti della IX Conferenza Nazionale ASITA, 15-18 novembre 2004, Catania, vol. II, pp. 1999-2004.

Walther G, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin JM, Guidberg OH, Bairlein F (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.