

## Avversità fitopatologiche emergenti\*\*\*\*

### I. INTRODUZIONE

Con il termine “avversità fitopatologiche emergenti” possiamo includere tutte quelle causate da patogeni che, per motivi diversi, sono all’origine di epidemie in certo qual modo inattese e di elevata gravità. Se pensiamo a quanti fattori, inerenti al patogeno, all’ospite o all’ambiente inteso in senso lato, possono influire su una malattia, è facile comprendere come, normalmente, l’“emergenza” di una malattia sia la risultante di una serie di sfortunate coincidenze la cui comprensione richiede competenze diverse. Se poi includiamo nella valutazione della gravità degli effetti anche considerazioni relative alle conseguenze socio-economiche, ci accorgeremo che epidemie devastanti, tali da intaccare il tessuto sociale di una collettività e delle quali per l’Europa possiamo trovare traccia solo sui libri di storia dell’agricoltura, sono ben rappresentate nel mondo odierno e rappresentano l’attualità in molti Paesi in via di sviluppo.

L’emergenza di agenti fitopatogeni (fig. 1), similmente a quanto accade per i patogeni degli esseri umani, degli animali domestici o selvatici, è spesso imputabile ad attività dell’uomo, quali la loro introduzione in nuovi ambienti come conseguenza della globalizzazione del commercio o del turismo di massa, le modifiche di comuni pratiche agricole e i cambiamenti climatici. Benché solo una frazione della comunità “patogena” sia introdotta insieme a

\* Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bari

\*\* Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali, Università degli Studi di Pisa

\*\*\* Dipartimento di Coltivazione e Difesa delle Specie Legnose “G. Scaramuzzi”, Università degli Studi di Pisa

\*\*\*\* Gli autori hanno contribuito in egual misura alla realizzazione dell’articolo. In particolare la dott.ssa Bonciani ha redatto le parti relative alle problematiche economiche e sociali: 2b, 3c, 4c, 5c, 6c.

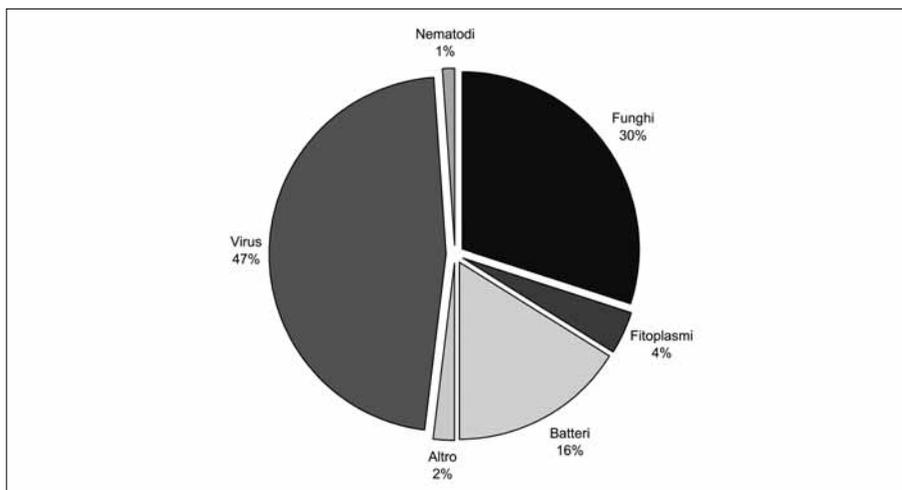


Fig. 1 *Principali agenti patogeni responsabili di fitopatie emergenti, e relativa frequenza (adattato da Anderson et al., 2004)*

una nuova specie vegetale, l'introduzione accidentale di un patogeno appare come la più importante causa di sviluppo dei patogeni emergenti (fig. 2). Le specie vegetali endemiche possono essere particolarmente vulnerabili a patogeni introdotti con cui esse non si siano co-evolute.

L'introduzione di patogeni vegetali alieni avviene in seguito al commercio di prodotti vegetali, di germoplasma, di innesti o di piante intere vive. Il commercio internazionale di sementi è un efficiente mezzo di introduzione e diffusione di patogeni. Si è stimato che oltre 2400 microorganismi siano presenti nei semi di circa 380 generi di piante (McGee, 1997), e che fino a un terzo dei virus patogeni delle piante possano essere trasmessi via seme in almeno uno dei loro ospiti (Stace-Smith e Hamilton, 1988).

La pura e semplice introduzione di un organismo patogeno in un nuovo areale è condizione necessaria ma non sempre sufficiente affinché si abbia una sua diffusione epidemica. In particolare per quei patogeni trasmessi da agenti vettori, è la successiva introduzione nello stesso areale di questi ultimi che può scatenare un evento epidemico. In ogni caso, saranno molti altri fattori inerenti l'areale di destinazione, quali le condizioni ambientali, le pratiche agricole, i genotipi delle piante ospiti coltivate, che decreteranno il successo o l'insuccesso del patogeno introdotto. In assenza di fattori che favoriscano la loro ulteriore diffusione, alcuni patogeni introdotti possono quindi rimanere confinati alla zona di introduzione, con un impatto molto limitato. Ad esempio, il virus della tristezza degli agrumi (CTV) fu proba-

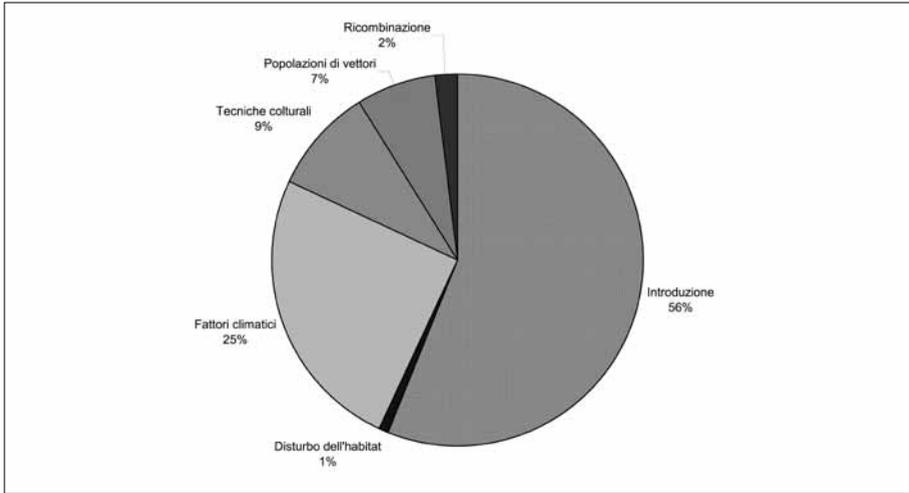


Fig. 2 Principali fattori che determinano la comparsa di patogeni emergenti, e relativa incidenza (adattato da Anderson et al., 2004)

bilmente introdotto in Sud America fra gli anni '20 e '30, ma fu solo in un secondo momento, con l'introduzione dall'Asia di un efficiente vettore, l'afide *Toxoptera citricidus*, che la malattia esplose in modo economicamente importante intorno agli anni '50. D'allora, oltre sei milioni di alberi di agrumi sono stati distrutti nel solo Brasile (Bar-Joseph et al., 1979). La cosiddetta Pierce's Disease (PD) causata dal batterio *Xylella fastidiosa*, è stata segnalata in California per oltre un secolo senza causare problemi. Nel 1997 un nuovo vettore, il cicadellide *Graphocephala atropunctata*, fu introdotto in California, determinando una rapida e gravissima emergenza della batteriosi nei vigneti, con un danno stimato in oltre 6 milioni di dollari nel solo 1999. In molti casi si può verificare la situazione opposta, e cioè piante introdotte in regioni dove esse non sono presenti possono essere colpite da patogeni endemici. È il caso, ad esempio, della "Moko" disease, una grave malattia del banano dell'America centrale, causata dal batterio *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum*, un patogeno endemico che si è evoluto su specie di *Heliconia*.

I cambiamenti climatici sono spesso stati collegati alla emergenza di epidemie negli uomini e negli animali, ma poco si sa circa l'impatto sulle malattie emergenti delle piante (Garrett et al., 2006). È certo che i cambiamenti avranno effetti diversi su patosistemi diversi e, quindi, una generalizzazione potrebbe non avere senso, tanto più che altri fattori, quali l'uso di piante transgeniche, la maggiore o minore disponibilità di agrofarmaci per la difesa o le politiche sull'uso del territorio incideranno sul fenomeno.

Cambiamenti nelle pratiche agricole hanno determinato la comparsa di una serie di patogeni emergenti sia di specie coltivate che su piante spontanee/selvatiche. Similmente agli effetti sui patogeni umani e animali, gli effetti sono principalmente causati da un aumento della globalizzazione, dallo sviluppo socioeconomico e dai miglioramenti tecnologici. In molti Paesi in via di sviluppo, la riduzione dei prezzi di mercato delle colture tradizionali e la disponibilità di acqua per irrigazione ha determinato un aumento delle superfici e dello sfruttamento di colture non tradizionali. La diversificazione delle colture, spesso associata alla introduzione di varietà più produttive e più adatte alla esportazione ha contribuito a determinare un complesso mosaico favorevole alla diffusione di patogeni.

Verranno di seguito considerate a titolo esemplificativo alcune delle più importanti avversità fitopatologiche emergenti dei Paesi in via di sviluppo, scelte per la diversa origine, caratteristiche, o modalità di diffusione. Fra queste sono state anche considerate le specie di *Striga*, anche se in realtà si tratta di piante parassite e non di patogeni propriamente detti. Tuttavia le modalità di diffusione, e soprattutto l'impatto e le conseguenze sociali ed economiche, rendono questo agente assimilabile ai "veri" patogeni delle colture. In linea generale c'è da notare che, nonostante vi sia un'ampia bibliografia disponibile su caratteristiche biologiche, sintomatologia, diffusione, danni o origini dei diversi patogeni, molto scarse sono le informazioni riguardanti il reale impatto economico e sociale di queste avversità. E questo è ancora più evidente quando si considerano malattie che colpiscono colture agricole che interessano i consumi locali, e che quindi non vengono utilizzate per l'esportazione. In questi casi, la mancanza di una rete di controllo, monitoraggio, sorveglianza e assistenza tecnica nei Paesi in via di sviluppo permette di avere solo dei dati molto parziali sulla distribuzione e sull'impatto di tali avversità, costituendo, di fatto, una ulteriore difficoltà per la difesa contro queste malattie. Nei Paesi in via di sviluppo, e in particolare quelli centroafricani, spesso prima che si abbia notizia della presenza di una malattia, essa si è diffusa già in maniera gravissima e fuori dalle possibilità di controllo, il che aumenta le possibilità di pandemie.

## 2. VIRUS DEL MOSAICO DELLA MANIOCA - CASSAVA MOSAIC VIRUS DISEASE

La manioca (Cassava - *Manihot esculenta* Crantz) è una pianta arbustiva perenne appartenente alla famiglia delle Euphorbiaceae. È stata coltivata in Sud America e in particolare nel bacino dell'Amazzonia per millenni per le sue ra-

dici ricche di amido, ma solo intorno al XVI secolo venne introdotta in Africa dai Portoghesi. In seguito le furono riconosciute la tolleranza alla siccità e la capacità di fornire discrete produzioni anche nei terreni marginali, e quindi si andò diffondendo seppure molto lentamente in tutta l’Africa, soprattutto in seguito al commercio fluviale nell’Africa centrale e occidentale (Legg e Thresh, 2000). Tale coltura ebbe una notevole espansione durante il periodo coloniale, quando le autorità iniziarono a promuoverne la coltivazione come riserva alimentare per i periodi di carestia e siccità. A partire dagli anni 1920-1930 raggiunse l’attuale diffusione, costituendo una delle principali fonti alimentari per almeno 200 milioni di persone, e una notevole fonte di reddito per la vendita di prodotti freschi o trasformati.

### 2.a *Agente, diffusione e danno*

Il virus del mosaico della manioca (Cassava Mosaic Disease, CMD) è la più importante malattia della manioca in Africa. I sintomi consistono in clorosi a mosaico gialle o giallo-verdi, deformazione delle foglie e arresto della crescita. La malattia fu segnalata per la prima volta in Tanzania (Warburg, 1894) e si suppose che fosse causata da un virus, in quanto non erano visibili agenti patogeni ed era trasmissibile meccanicamente. Solo in epoca molto più recente si è determinata la esatta eziologia, identificando l’agente come un geminivirus (Bock e Woods, 1983). Ci sono poche segnalazioni della sua diffusione nei primi decenni del ‘900, e comunque tali segnalazioni non erano mai “allarmanti” per quanto riguardava la severità o la velocità di diffusione della malattia. Solo negli anni ’20-’40 vi furono delle sporadiche epidemie che spinsero ad avviare dei programmi per la protezione delle colture, in particolare con l’introduzione di varietà resistenti.

Comunque, fino alla metà degli anni ’80, il CMD era considerato non più che una delle varie malattie che potevano colpire la manioca (Otim-Nape, 1987). La situazione cambiò improvvisamente quando nel 1988 venne segnalata una grave epidemia nel nord dell’Uganda. A causa dei problemi di insicurezza e instabilità sociale e politica dell’epoca, conseguente la fuga del dittatore Idi Amin avvenuta circa 10 anni prima, non fu possibile un’accurata analisi della situazione. Si ipotizzò, sulla base di una serie di osservazioni, che le differenti condizioni climatiche di quelle zone (temperature più alte e minore umidità) avessero favorito la diffusione di *Bemisia tabaci* (un insetto aleurodide polifago chiamato anche “mosca bianca”), un vettore del virus, e quindi favorito indirettamente la diffusione del virus stesso (Otim-Nape,

1993). Tuttavia questa ipotesi ben presto divenne insostenibile, in quanto negli anni successivi la malattia si diffuse verso sud alla velocità di 20-30 km all'anno, verso zone molto più umide e fredde delle precedenti (Otim-Nape et al., 1997; Legg e Ogwal, 1998), con dei sintomi sempre più severi, in contrasto con i dati relativi alle popolazioni dei vettori sul fronte di avanzamento della malattia, che indicavano che queste non erano più numerose rispetto alle aree dove la malattia era già presente.

Gli effetti della virosi sulle comunità agricole dell'Uganda divenne evidente nei primi anni '90. L'impatto inizialmente fu maggiore nelle zone nord-orientali del Paese, a causa della coltivazione in particolare della cultivar *Ebwanateraka*, dimostratasi poi quella più suscettibile al virus. In tali aree la produzione di manioca fra il 1990 e il 1993 si ridusse dell'80-90% e molti agricoltori ne sospesero la coltivazione (Thresh e Otim-Nape, 1994). Nel 1993, il fallimento delle coltivazioni di mais, fagioli e altre colture alimentari dovuto alla siccità, si unì alla mancanza di manioca come riserva alimentare, comportando una gravissima carestia e la morte di un gran numero di persone. Una reazione comune a questa situazione fu la coltivazione di altre colture, principalmente patate dolci. L'impatto dell'epidemia nelle regioni centrali e occidentali dell'Uganda fu meno acuto, principalmente grazie all'impiego di una maggiore diversità varietale, e quindi alla presenza di alcune varietà più tolleranti alla malattia. Ma gli effetti furono comunque estremamente gravi. Vari tentativi sono stati fatti per quantificare le perdite dovute alla virosi (Otim-Nape et al., 1997; Otim-Nape et al., 1998). Le più attendibili stimano perdite intorno alle 600 mila tonnellate all'anno, con una perdita economica di 60 milioni di dollari per anno.

Quando l'impatto della epidemia divenne evidente, si cercò di capire meglio quale ne fossero le cause che avevano portato alla esplosione di una malattia fino ad allora relativamente modesta. Grazie all'avvento di tecniche prima sierologiche e poi molecolari si è potuto accertare l'esistenza di varianti del virus con diversa virulenza. La disponibilità di più avanzate tecniche di studio e di indagine ha consentito di individuare le principali concause della pandemia. Innanzitutto, si era verificata la comparsa di ceppi virali molto più aggressivi, dovuta alla ibridazione fra isolati di differenti aree geografiche. In secondo luogo, gli insetti vettori erano risultati molto più fecondi sulle piante infette. Le popolazioni dei vettori, anche se polifagi, avevano tuttavia una certa predilezione a cercare e utilizzare piante sempre della stessa specie. La proliferazione dei vettori aveva aumentato gli spostamenti per la ricerca di aree meno affollate, e quindi aumentato la velocità di diffusione del vettore, e conseguentemente quello della malattia. Infine, il declino della coltivazione

della manioca aveva determinato un aumento della pressione della malattia sulle piantagioni rimaste.

La severa epidemia del CMD si è in seguito espansa rapidamente in Kenya, interessando nel giro di pochissimi anni (dal 1995 al 1998) in pratica tutte le aree di coltivazione della manioca (Legg et al., 1999). Le osservazioni condotte hanno permesso di stimare in circa 140 mila tonnellate all'anno la riduzione di produzione in tali aree. La malattia si è in seguito diffusa in Sudan e in Congo, ma la instabilità in tali regioni non ha permesso di valutare con precisione l'entità della pandemia, che comunque appare estremamente grave anche in queste aree.

### *2.b Problematiche sociali ed economiche*

I dati raccolti in letteratura circa gli effetti socio-economici del CMD nei Paesi in cui la malattia è presente riguardano in primo luogo la minaccia che tale malattia sta determinando sulle opportunità di vita e sulla sicurezza alimentare delle popolazioni coinvolte.

La manioca è un alimento base in molte aree tropicali e la sua produzione è molto importante nei Paesi poveri dell'Africa sub-sahariana, dove contribuisce in modo determinante alla sicurezza alimentare di milioni di persone. Questa coltura è stata, infatti, definita come "raccolto dei poveri", proprio perché contribuisce in modo determinante ad alleviare la povertà delle popolazioni rurali più marginali (Howeler et al., 2001).

In molti Paesi dell'Asia e dell'Africa, la manioca costituisce inoltre un vero e proprio catalizzatore per lo sviluppo delle aree rurali in quanto la sua produzione rappresenta la principale fonte di reddito per le famiglie di contadini più povere.

Il CMD può essere considerato la malattia più importante nel contesto africano, in Sri Lanka e nel sud dell'India (Otim-Nape e Thresh, 2006). Oggi la malattia è presente in alcuni Paesi dell'area sub-sahariana e del centro-ovest, quali Burundi, Kenya, Rwanda, Tanzania, Uganda, Congo e Repubblica Democratica del Congo, Zambia, Angola, Mozambico, Gabon, Repubblica del Centro Africa, Sudan del sud, Malawi, Zimbabwe.

Il CMD sta mettendo a serio rischio la produzione di manioca in tutti i Paesi compresi nella regione dei Grandi Laghi. In queste aree, la malattia ha ridotto i raccolti di manioca di circa l'80% (FAO, 2009). I più alti livelli della malattia sono stati riscontrati nell'Uganda del centro e del nord, in Burundi, Tanzania, Malawi, Zambia del nord e nelle aree centrali del Kenya.

Nella Repubblica Democratica del Congo, si stima che il virus sia in grado di determinare perdite fino al 90% dell'intero raccolto, minacciando la sicurezza alimentare della popolazione, oltre che l'autonomia economica di molte famiglie di contadini.

Per comprendere le problematiche sociali generate dalla diffusione del CMD in questi Paesi del continente africano, bisogna in primo luogo tener conto del fatto che il 50% della produzione mondiale di manioca avviene in Africa. È coltivata in quaranta Paesi e costituisce la principale fonte di entrata di reddito per le famiglie di contadini più povere che da questo ricavano prodotti molto semplici, molto più economici rispetto a quelli derivati dal riso, grano e mais (Nweke, 1988). Si stima che in Africa circa 70 milioni di persone siano dipendenti dalla manioca, che fornisce oltre 500 kcal per giorno a persona, contribuendo in modo significativo al fabbisogno energetico individuale (FAO, 2009). Questo alimento ha svolto storicamente un ruolo determinante nella prevenzione della sofferenza per fame. L'importanza della manioca per la sicurezza alimentare delle popolazioni comprese nell'area è legata a varie ragioni. Oltre alla grande tolleranza per la siccità, le radici possono rimanere a lungo nel terreno senza perdere le proprietà nutritive (Nweke et al., 2002). Nel caso di situazioni di instabilità, come le guerre civili, può rimanere nel terreno ed essere raccolto successivamente all'occorrenza. Inoltre, il raccolto non ha bisogno dell'uso di fertilizzanti che hanno un costo molto alto per i contadini di queste aree del mondo (Nweke, 1995).

In Paesi in cui la situazione relativa alla sicurezza alimentare rimane allarmante, la manioca costituisce il principale alimento su cui investire in termini di prevenzione delle malattie e di espansione della produzione (FAO, 2009).

L'attuale diffusione della malattia nelle aree del continente africano sta allarmando la comunità internazionale per il peggioramento determinatesi nelle condizioni di vita delle popolazioni coinvolte. In Paesi definiti ad alta vulnerabilità, il rischio di insicurezza alimentare legato alla diffusione del virus, si fa sempre più allarmante. Negli ultimi anni, i conflitti armati hanno provocato forti movimenti migratori che hanno coinvolto molti dei Paesi in cui la malattia è presente. Il numero dei rifugiati e degli sfollati interni è aumentato progressivamente in tutti i Paesi coinvolti dalla malattia. L'aumento della popolazione dovuto ai movimenti migratori ha avuto effetti devastanti sulle condizioni precarie di vita che già caratterizzano questi Paesi. La successione di crisi sia naturali che umane ha eroso la capacità delle comunità di resistere alle difficoltà legate alla fame. L'aumento della popolazione contribuisce in modo determinante sui livelli interni di vulnerabilità, in termini di mantenimento delle condizioni di sicurezza alimentare. In questi contesti,

il CMD mette in seria difficoltà le possibilità di sopravvivenza di intere comunità. A rendere più difficile la gestione della malattia e la limitazione delle problematiche sociali da questa generato nelle aree colpite, sono stati proprio i movimenti migratori determinati dalle guerre civili e il trasporto di materiale vegetale che hanno contribuito ad accelerare l'epidemia.

### 3. STRIGA

#### 3.a *Agente, origine, distribuzione e danno*

Il genere *Striga* (fam. Scrophulariaceae) include un gruppo di specie infestanti obbligate emi-parassite che costituiscono attualmente il principale “problema” biotico per le colture di cereali e legumi nella area Africana sub-sahariana.

Le specie di *Striga* sono originarie delle praterie (pascoli) delle zone tropicali del “vecchio mondo”, ma hanno raggiunto la massima biodiversità nelle regioni dove si sono coevolute con i cereali, in particolar modo sorgo, miglio e riso. Si sono quindi diffuse largamente, diventando un flagello per la produzione di cereali (incluso il mais) e di legumi in quelle aree dove la fertilità è bassa e la disponibilità di acqua è limitata o erratica. Il mais fu introdotto in Africa moltissimi anni fa, sostituendo il sorgo e il miglio, specie molto più tolleranti e adattate alle scarse risorse idriche disponibili. Le ragioni di questa introduzione sono molteplici, come la maggiore produttività del mais rispetto al sorgo, almeno nelle annate favorevoli, o la maggiore gradevolezza. Un elemento che ha contribuito grandemente alla sua diffusione è poi la conformazione della pannocchia, che è “chiusa” e protetta nel caso del mais. La pannocchia aperta del sorgo, invece, è preda della *Quelea* dal becco rosso (soprannominata “cavalletta piumata”) un uccello che vola in stormi di milioni di esemplari e che può annientare intere piantagioni (Doggett, 1988), anche perché la maturazione del sorgo coincide con la migrazione degli uccelli, la qual cosa lo rende ancora più appetibile.

I semi di *Striga* germinano solo in presenza della pianta ospite, a causa del rilascio di composti stimolanti presenti nelle radici della pianta ospite. Il tubulo germinativo cresce verso la radice dell'ospite, a cui si fissa con un austorio, e comincia a sottrarre sostanze nutritive, minerali e acqua, consentendo lo sviluppo della pianta. I piccoli semi sopravvivono per moltissimi anni nel suolo, e quindi anche le rotazioni hanno uno scarso effetto quando una certa soglia viene raggiunta. Vi è poi un ulteriore effetto devastante: quando l'infestazione è massiccia, la pianta viene “avvelenata” quando la pianta parassita

è ancora in una fase sotterranea, rendendo il danno ancora più grave rispetto alla “semplice” sottrazione di nutrimento. Non è chiaro se siano delle sostanze prodotte da *Striga*, o metabolizzate dalla pianta coltivata in seguito all’attacco. Le piante, che inizialmente possono apparire sane, improvvisamente ingialliscono e si seccano, come per un incantesimo. Ecco perché in inglese queste specie vengono comunemente chiamate “witchweeds”, da “witch” che significa appunto “strega”. Dopo una fase di accrescimento sotterraneo, in cui accumulano sostanze nutritive, le piante parassite emergono continuando a sottrarre dall’ospite tali sostanze, e una volta emerse le foglie hanno anche una propria attività fotosintetica che permette loro di completare il ciclo.

Ci sono 4 principali specie di importanza agraria nelle regioni sub-sahariane: *S. hermonthica*, che è quella economicamente più importante, è diffusa tanto nelle regioni occidentali, che in quelle orientali e centrali sub-sahariane dell’Africa, dal Gambia a ovest, al Kenya, Tanzania ed Etiopia a est (Parker, 2009); *S. asiatica*, economicamente significativa nelle regioni orientali e meridionali; *S. forbesii*, limitata ad alcune aree dello Zimbabwe; *S. gesnerioides*, in aree della Nigeria e Tanzania in particolare. Sorgo, miglio e mais sono particolarmente suscettibili a *S. hermonthica*, mentre tutte le graminacee vengono attaccate da *S. asiatica* e *S. forbesii*. Le leguminose sono invece attaccate da *S. gesnerioides*, molto severa in particolare per le coltivazioni di fagiolo dall’occhio (*Vicia sinensis*).

Una stima risalente al 1991 riporta che nei sei Paesi dell’Africa centro-occidentale vi fossero almeno 5 milioni di ettari infestati, con una perdita complessiva del 12% della produzione. A livello locale, nel Ghana settentrionale, le perdite stimate di sorgo e miglio raggiungevano una media del 20%. Nel complesso, si stima una perdita complessiva, in termini economici, di oltre 300 milioni di dollari, anche se globalmente, considerando la incompletezza delle informazioni, tale danno potrebbe essere anche dieci volte superiore. Stime recenti (fig. 3) riportano un rapido aggravamento della situazione, con un aumento della superficie complessiva interessata, che sarebbe attualmente di almeno 50 milioni di ettari, con la Nigeria Paese maggiormente interessato, con oltre 8 milioni di ettari. Secondo tali stime, ad esempio nel Ghana l’area infestata sarebbe passata dal 12 al 27 %, mentre nell’Africa centro-orientale oltre 6 milioni di ettari coltivati a mais, circa un quarto della intera superficie, sarebbe infestata da *Striga*. Un interessante rapporto sulla distribuzione di questa specie in 25 Paesi africani stima che i campi di mais infestati da tale specie varino dal 20-30% del totale in Togo, Mali e Nigeria, fino al 65% in Benin (De Groote et al., 2008). Nella provincia di Nyanza, in Kenya, in campi coltivati a mais non infestati l’aspettativa per il raccolto è di circa 1,5

NAZIONE	SUPERFICI COLTIVATE			AREE INFESTATE DA <i>STRIGA</i>			
	Sorgo	Miglio	Mais	Sorgo e Miglio		Mais	
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	% totale	000 ha	% totale
Botswana	100	6	20	30	30	2	10
Burkina Faso	1398	1239	261	1318	50	26	10
Eritrea	160	17	3	64	40	0	0
Etiopia	1760	250	1606	528	30	80	5
Kenya	150	86	1502	80	53	225	15
Mali	957	1205	195	1513	70	20	10
Mozambico	376	51	1221	150	40	122	10
Niger	2261	4866	—	4989	70	—	—
Nigeria	5700	5200	4111	8720	80	904	22
Senegal	133	895	61	411	40	3	0.05
Sudan	6250	2500	169	1875	30	17	10
Tanzania	690	320	1785	650	90	214	12
Totale/media	19935	16635	10934	20330	56	1613	15

Fig. 3 Paesi dell'Africa sub-sahariana maggiormente colpiti dalla infestazione di *Striga* spp., superfici destinate alla coltivazione di sorgo, miglio e mais, e relativi livelli di infestazione (adattato da "Gressel et al.", 2004)

t/ha, mentre è ridotta al 50 % in campi moderatamente infestati, e pari a solo il 20% in campi severamente infestati (Manyong et al., 2007).

### 3.b Gestione

Una delle soluzioni convenzionali più largamente utilizzate per la gestione delle infestanti è l'impiego di erbicidi. Tuttavia nel caso di *Striga*, non ci sono erbicidi che possano essere usati nel mais o sorgo in grado di colpire le piante parassite nella fase di accrescimento sotterraneo, senza colpire anche le piante coltivate. Vi sono pertanto continue ricerche nell'intento di individuare strategie alternative di gestione.

I ricercatori hanno invano cercato per decenni dei geni di resistenza nel mais che, essendo originario delle Americhe, presumibilmente non ha alcuna resistenza intrinseca. Solo recentemente si è trovata una specie spontanea *Zea diploperennis*, affine a quelle coltivate che sembra possedere una modesta resistenza (Amusan et al., 2008). Nel caso del sorgo di origine africana la situazione è differente, ed è presumibile vi siano geni di resistenza in popolazioni

selvatiche, al contrario delle linee provenienti dai Paesi asiatici. Recentemente sono stati compiuti notevoli progressi in quanto sono state trovate e caratterizzate, fra l'altro, varietà le cui piante producono quantità modeste di stimolanti radicali, o che sfavoriscono l'attacco degli austori, o ancora che bloccano la penetrazione del tubulo germinativo. Queste diverse forme di resistenza sono state marcate per poterle seguire più facilmente nelle fasi di incrocio, e quindi combinate, ottenendo linee di sorgo con elevate caratteristiche di resistenza (Ejeta et al., 2007).

Spesso gli agricoltori africani hanno utilizzato le colture interfila di legumi nel mais, sia come fonte di azoto per le colture, e sia per assicurarsi comunque una fonte alimentare anche nel caso di totale perdita del raccolto del mais, dovuto ad esempio a *Striga*. Le leguminose coltivate non hanno alcun effetto sull'attacco di *Striga*. Tuttavia alcuni ricercatori avevano notato quasi casualmente che una leguminosa arbustiva aveva invece degli effetti eccellenti sul controllo di *Striga*, nel corso di ricerche sull'uso di colture intercalari per eliminare la piralide con strategie "push and pull". Questa è una pratica di gestione integrata che si basa sull'uso di colture intercalari (*push*) per allontanare gli insetti dannosi dalla coltura principale e attrarli (*pull*) in colture trappole, da cui possono essere più facilmente eliminati. La leguminosa oggetto di studio è *Desmodium uncinatum*, che però ha lo svantaggio di poter essere accresciuto solo in aree ristrette (a causa di una ridotta adattabilità) e di poter essere utilizzato, se raccolto fresco, soltanto come mangime per animali. Ci sono eccellenti rapporti che dimostrano l'efficacia di questa specie, che tuttavia ha possibilità di impiego solo laddove vi siano animali da allevamento, perché tale specie non viene usata per l'alimentazione umana (Khan et al., 2007). Studi sono in corso per identificare i fattori responsabili del controllo di *Striga*, in modo da poter individuare altre colture con analoghe proprietà, più adatte alle differenti esigenze colturali e caratteristiche ambientali delle regioni africane.

Vi sono erbicidi sistemici che, quando spruzzati sulle foglie, vengono assorbiti e si muovono attraverso il sistema vascolare, fino a raggiungere le radici, dove possono entrare in contatto con le piante parassite, e controllarle. Inizialmente si è cercato di utilizzare erbicidi a basse dosi, in modo da non colpire le colture, ma senza risultati apprezzabili. Successivamente si è tentato l'impiego di ibridi di colture resistenti agli erbicidi (Joel et al., 1995). Questa strategia, per quanto estremamente valida, richiedeva comunque l'impiego di sementi commerciali e di macchine per i trattamenti, poco diffuse e molto costose. Recentemente è stato proposto, con risultati estremamente interessanti, l'impiego di semi pretrattati con erbici-

di. In questo modo l'erbicida si diffonde sistemicamente nel seme di mais dopo la germinazione, proteggendo la pianta dall'attacco di *Striga*, senza la necessità di macchinari e con un consumo di erbicida molto più basso, e quindi con una maggiore compatibilità ambientale (Gressel, 2008). Uno studio sulla accettabilità di queste tecnologie è stato recentemente svolto con l'ausilio di organizzazioni non governative (De Groot et al., 2008), distribuendo per un anno i semi così trattati. Il successo è stato clamoroso, tanto che le compagnie non sono state in grado di soddisfare le richieste nell'anno successivo. Poiché la coltura è ulteriormente avvantaggiata dalla disponibilità di fertilizzante, i semi venivano distribuiti agli agricoltori insieme a sacchetti contenenti il fertilizzante. Il vantaggio enorme di questa tecnologia, oltre alla economicità, è che la coltivazione interfila dei legumi non è preclusa, come invece sarebbe nel caso di normali trattamenti con erbicidi (Kanampiu et al., 2003).

Interessanti risultati sono stati raggiunti con l'impiego come micoerbicidi di isolati di *Fusarium* specifici per *Striga*, in particolare forme speciali di *F. oxysporum* (Ciotola et al., 1995; Elzein e Kroschel, 2004). I conidi di *Fusarium* possono essere applicati sotto forma di un macinato, nel terreno, o miscelati direttamente con i semi delle colture. Inizialmente si pensò che la preparazione del materiale potesse dare origine a piccole industrie locali, e vennero avviati programmi in questo senso. Tuttavia, poiché la gestione dei microrganismi non è di facile realizzazione, le tendenze più recenti prediligono invece l'idea di organizzare delle produzioni e distribuzioni centralizzate del materiale, che possano garantire una maggiore qualità e affidabilità del prodotto microbico (Venne et al., 2009)

### 3.c *Problematiche ambientali e sociali*

In epoca coloniale la diffusione di *Striga* (*S. hermonthica* in particolare) è stata contenuta per una serie di ragioni: nei suoli fertili aveva un ridotto impatto, la manodopera locale veniva impiegata per rimuovere le piante di *Striga* impedendone la produzione dei semi, e le rotazioni colturali contribuivano a ridurre l'impatto e la diffusione. Infatti, fin quando la popolazione infestante era ridotta a pochi individui sparsi, essa non costituiva un problema perché la specie richiede una impollinazione incrociata legata alla presenza di un lepidottero. E quindi, anche se una singola pianta può produrre facilmente oltre centomila semi, l'insetto deve trovare i fiori all'interno di un campo coltivato, e quindi le possibilità riproduttive sono limitate. La situazione con *Striga* è

progressivamente peggiorata alla fine del periodo coloniale. I governi locali desideravano cereali a basso prezzo per gli abitanti delle città, e quindi i prezzi vennero mantenuti bassi per decreto o per importazione di cereali donati o di scarto dai Paesi occidentali. Gli agricoltori non potevano più affrontare il costo dei fertilizzanti, e la pianta di *Striga* compete meglio in condizioni di scarsa fertilità del terreno. Una volta raggiunto un elevato seed bank nel terreno, la situazione diventa poi irrimediabile, perché anche il ristabilire la fertilità risulta inefficace, in quanto i fertilizzanti “nutrono” tanto le piante parassite quanto le colture, aumentando anzi la produttività delle prime (Ransom et al., 2007).

Nei Paesi in via di sviluppo in generale, e specialmente in Africa, il controllo delle infestanti è relegato in particolare alle donne, soggiogandole a una vita nei campi. Uno studio antropologico ha determinato che durante il periodo in cui è necessario controllare le piante infestanti, circa l'80% del tempo a disposizione di una contadina è trascorso nello svolgimento di tale pratica manuale (Akobundu, 1991). Laddove lavori migliori sono disponibili, anche se si tratta di lavori servili in aziende che sfruttano i lavoratori, le donne preferiscono questi piuttosto che lavorare nei campi. Le infestanti costituiscono una delle principali ragioni per cui la terra diventa improduttiva. E quando ciò avviene, gli uomini lasciano la gestione delle terre completamente nelle mani delle donne, dei bambini o degli anziani. L'abbandono delle terre e la proliferazione delle infestanti determina un ulteriore peggioramento della situazione. Gli uomini si spostano nelle città alla ricerca di lavoro, con la conseguenza della diffusione di malattie trasmesse sessualmente. Uomini e donne affetti da HIV-AIDS sono debilitati, e quindi hanno ancor meno capacità di gestire le terre, e ancor meno ne hanno i bambini quando vengono lasciati orfani nei loro villaggi. E l'Africa si trova in una sorta di spirale discendente: niente fertilizzanti per limitare la diffusione iniziale della *Striga*; meno lavoratori manuali che rimuovono le piante parassite perché gli uomini lasciano le fattorie per le città; diffusione di malattie quali HIV-AIDS e malaria, e quindi ancor meno lavoratori, e quindi aree sempre più ampie sempre più severamente infestate, e così via (Ejeta, 2007; Parker, 2009). Il tutto viene ulteriormente complicato dal fatto che il livello di danno è ancora imprevedibile, per cui in alcuni anni l'attacco è ancora più dannoso. In questa situazione, senza un adeguato sistema di sostegno delle fattorie, gli agricoltori riescono a produrre non più dell'80% del fabbisogno calorico minimo delle famiglie, quindi ben al di sotto del livello di sopravvivenza.

#### 4. XANTHOMONAS WILT (BXW)

Le banane (*Musa* spp.) costituiscono la quarta più importante fonte nutritiva al mondo, dopo riso, frumento e mais. La produzione mondiale annuale è stimata nell'ordine di 100 milioni di tonnellate, di cui solo il 10% entra nei circuiti commerciali, a dimostrazione di come questa coltura sia più importante a livello locale che non per le esportazioni (FAOSTAT, 2006). Circa un terzo della produzione mondiale è concentrata nelle regioni sub-sahariane dell'Africa, dove fornisce circa il 25% del cibo a oltre 100 milioni di persone. Le regioni orientali (Burundi, Kenya, Rwanda, Tanzania e Uganda) sono i maggiori produttori e consumatori di banane in Africa. L'Uganda è il secondo Paese maggiore produttore al mondo dopo l'India (FAOSTAT, 2004). Le banane hanno un'enorme importanza economica e sociale nelle regioni dei grandi laghi africani, in quanto rappresentano sia una fonte di sicurezza alimentare, che di guadagno (Edmeades et al., 2007). In Paesi quali l'Uganda o il Burundi, forniscono più del 30% del fabbisogno calorico quotidiano, raggiungendo persino il 60% in alcune zone. Tale coltura inoltre rappresenta per alcune aree agricole la principale coltura da esportazione, e quindi costituisce un'importante fonte di reddito (Abele et al., 2007; Okech et al., 2004).

##### 4.a Agente, diffusione e gravità

Fra gli innumerevoli rischi che minacciano le piantagioni di banane, come la riduzione della fertilità del suolo, insetti o agenti fitopatogeni (Ortiz et al., 2002), la malattia causata dal batterio *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*, conosciuta come Banana Xanthomonas Wilt (BXW) rappresenta uno dei rischi emergenti più importanti. Questa malattia fu segnalata inizialmente in Etiopia circa 40 anni fa su *Ensete* sp. (Yirgou e Bradbury, 1968) una specie vicina al genere *Musa*. A partire dal 2001 è stata poi segnalata in Uganda su banano, e da lì si è poi rapidamente diffusa in tutte le regioni bananicole africane. Colpisce praticamente tutte le varietà, anche se la cultivar "Pisang Awak" originaria della Malaysia sembra essere la più suscettibile (Tushemereirwe et al., 2006). Le piante colpite mostrano sintomi consistenti in un progressivo ingiallimento e appassimento delle foglie e una rapida e anticipata maturazione dei frutti, che presentano macchia giallastre nella polpa e cicatrici marrone. Sui fiori i sintomi

includono avvizzimento delle brattee, marciume delle infiorescenze maschili, e imbrunimento del rachide. Le piante possono quindi interamente avvizzire e marcire. La comparsa dei sintomi è molto rapida, divenendo evidente già dopo 3 o 4 settimane dall'inizio della infezione. Ciò dipende comunque dalle modalità di infezione, dalle condizioni ambientali, dallo stato della pianta e dalla cultivar. L'infezione può avvenire: a livello della infiorescenza, quando il batterio viene trasportato da insetti vettori; per trasmissione meccanica dovuta all'impiego di attrezzi infetti; a livello radicale, quando è il terreno a essere infetto in seguito alla presenza di residui vegetali infetti (Mwangi e Bandyopadhyay, 2006; Tripathi et al., 2008); per diffusione di materiale di propagazione infetto; per opera di schizzi di pioggia contenenti il batterio.

La malattia ha un impatto devastante perché si sviluppa molto rapidamente e in forma gravissima, determinando la morte delle piante intere, anche quelle utilizzate per la propagazione (Tripathi et al., 2007). Inoltre, i campi infestati non possono essere ripiantati a banana almeno per 6 mesi, a causa della persistenza del patogeno nel terreno. Una volta che il patogeno ha avviato l'infezione, la limitazione dei danni è estremamente difficile, e la cura assolutamente impossibile (Eden-Green, 2004). A partire dal 2001 la malattia in alcune aree si è diffusa in maniera impressionante, determinando in alcune aree perdite anche del 60%. Ciò ha indotto, ad esempio, il governo ugandese a costituire una task force per la eradicazione della malattia (Tushemereirwe et al., 2006), basata fra l'altro sul taglio e distruzione con il fuoco delle piantagioni malate, la riduzione del trasporto di materiale per evitare la diffusione della infezione, la sterilizzazione di tutti gli attrezzi. Anche se questi interventi portarono a una riduzione della incidenza della malattia, si sono dimostrati scarsamente sostenibili soprattutto in considerazione degli elevati costi e della difficoltà di istruire la popolazione e di gestirne i rapporti.

Si è stimato che se non controllata, la malattia può diffondersi aumentando la superficie interessata con una velocità dell'8% all'anno (Kayobyro et al., 2005). Il danno prodotto annualmente dalla malattia è stimato in circa 2 miliardi di dollari, e di almeno 8 miliardi se proiettati in un periodo di dieci anni. Un recente studio ha stimato perdite pari al 53% nella produzione di banane in Uganda in dieci anni. Le perdite di produzione provocate dalla malattia metterebbero a rischio la sicurezza alimentare di circa 100 milioni di persone e il reddito di milioni di agricoltori della regione dei Grandi Laghi dell'Africa centrale e orientale (Tripathy et al., 2009).

#### 4.b *Gestione*

Questo scenario ha delle notevoli conseguenze sulla gestione della malattia. Di solito, le misure di controllo della malattia si basano su una soglia economica, vengono cioè messe in pratica quando le perdite sono superiori ai costi di gestione della malattia (Peterson e Hunt, 2003). A questo proposito, la gestione della batteriosi presenta diversi problemi, come quello di una scarsa dannosità nelle fasi iniziali dell'epidemia, e quindi una di ridotta propensione a intervenire per tempo, in quanto i danni conseguenti la distruzione delle piantagioni malate sarebbero, nell'immediato, superiori ai benefici. Questo è ulteriormente complicato dal fatto che la malattia ha un decorso estremamente rapido, e quindi spesso i produttori iniziano a prendere provvedimenti quando è già troppo tardi (Biruma et al., 2007).

La gestione di malattie in coltivazioni tropicali perenni come il banano è una continua sfida. Le misure di gestione comprendono un insieme di interventi di prevenzione (contenimento), riduzione dell'impatto in aziende in cui la malattia è presente (management) e riabilitazione di aree precedentemente infette e risanate. L'intervento congiunto con campagne di informazione e supporto, assistenza tecnica e sostegno economico operato dai governi locali supportati da organizzazioni transnazionali e internazionali è di fondamentale importanza in queste circostanze. Da questo punto di vista, i risultati avuti nei diversi Paesi sono disformi. In aree come l'Uganda e la Tanzania, dotati di una attiva leadership politica, si è ottenuta una riduzione dell'impatto della malattia superiore al 90%. In altri Paesi, con realtà politiche e sociali differenti e difficili come la Repubblica Democratica del Congo, nello stesso periodo la diffusione della malattia si è invece praticamente quadruplicata (Mwangi et al., 2008). L'agenzia degli Stati Uniti per lo sviluppo internazionale ha creato una unità di crisi, che nel periodo dal 2005 al 2008 ha aiutato i Paesi più poveri a mitigare gli effetti della malattia in termini di sicurezza alimentare e sociale, in modo che la riduzione della produzione di banane in Paesi come Burundi, Kenya o Tanzania, avesse un impatto sociale meno devastante. Tale task force prevedeva degli interventi differenziati a seconda delle severità della malattia, in modo da: ridurre la diffusione nelle aree in cui ancora non era molto diffusa; creare delle alternative colturali, nelle aree in cui aveva già degli effetti devastanti; preparare una graduale sostituzione o integrazione della coltura, laddove la situazione era in progressivo aggravamento. Opportunamente informati e addestrati, la maggior parte dei piccoli coltivatori si sono mostrati disponibili a sostituire la coltivazione di banano

soprattutto con colture annuali non suscettibili a *Xanthomonas*, come fagioli, manioca, mais, patata, che possono costituire delle valide alternative colturali e alimentari (Tushemereirwe, 2001).

La rimozione tempestiva delle infiorescenze maschili consente di interrompere la trasmissione da parte di insetti vettori, che in alcune aree rappresenta la forma di trasmissione più importante, rallentando quindi in maniera anche decisiva lo sviluppo della malattia. Tuttavia questa pratica in alcune aree ha trovato scarsa applicazione, in particolare perché per ignoranza molti coltivatori si rifiutavano di eseguire questa pratica, ritenendola dannosa per la qualità della coltura (Kagezi et al., 2006). Una volta che la malattia ha preso piede, non c'è altro rimedio se non rimuovere e distruggere tutti i residui vegetali. Se ciò viene fatto con cura, bisogna comunque attendere diversi mesi prima di poter reintrodurre la coltura, in quanto il patogeno sopravvive a lungo sui residui colturali (Turyagyenda et al., 2007). L'impiego di pratiche agricole e operazioni colturali possono ridurre la diffusione della malattia. Le piante vengono riprodotte distaccando i numerosi succhioni che si formano, e ripiantandoli. Ad esempio, anche semplicemente osservare attentamente i succhioni prima del trapianto, o attendere un paio di giorni prima del trapianto per valutare l'eventuale comparsa dei sintomi, può avere degli effetti positivi inimmaginabili nella gestione della malattia.

Non esistono cultivar completamente resistenti alla batteriosi, ma ve ne sono alcune che sfuggono alla infezione della infiorescenza in quanto possiedono fiori con brattee persistenti e più difficilmente raggiungibili dall'insetto vettore, oppure fiori che non producono essudati e quindi meno attrattivi per gli insetti. Non si tratta quindi di resistenza vera e propria, ma semplicemente di caratteristiche anatomiche o fisiologiche che rendono alcune varietà meno esposte al rischio di infezione (Mwangi et al., 2006).

L'impiego di varietà resistenti sarebbe estremamente auspicabile ed economicamente conveniente. Alcuni studi per lo screening e la valutazione di germoplasma di varietà locali ha permesso di identificare alcune linee dotate di caratteristiche di resistenza. Il problema principale in questo caso è che il miglioramento genetico tradizionale, basato su incrocio e selezione, è scarsamente praticabile per problemi di sterilità di molte di queste cultivar, accoppiato ai lunghi tempi necessari per la crescita e la selezione.

Altre possibilità di intervento in corso di studio sono basate sulla ingegneria genetica e il trasferimento di geni di resistenza mediante l'impiego

di sospensioni cellulari embriogeniche, lo sviluppo di colture di tessuti meristemati, il trasferimento di geni che inducono reazioni di ipersensibilità (Ganapathi et al., 2001; Hernandez et al., 1999; Khanna et al., 2004; Wei e Beer, 1996). In particolare, riguardo questa ultima strategia, recentemente l'Istituto Internazionale di Agricoltura Tropicale (IITA) ha ottenuto una licenza per l'impiego del gene *pflp* (induttore di ipersensibilità aspecifica) per la produzione di banane resistenti alla batteriosi, nelle regioni africane sub-sahariane. Gli studi sono in una fase avanzata, a dimostrazione che le collaborazioni internazionali, gli sforzi congiunti, nonché una visione "aperta" e "fiduciosa" circa le tecnologie a disposizione, possono portare ad affrontare in maniera decisiva anche i problemi o le malattie apparentemente più difficili da risolvere.

#### 4.c *Problematiche economiche e sociali*

Nei Paesi in cui la malattia è presente, il BXW determina in primo luogo una riduzione drastica nella produzione di banana, con conseguenti problemi economici e sociali, differenti a seconda dei Paesi. Ad esempio, in Indonesia e nelle Filippine il BXW colpisce prevalentemente le varietà di banana destinate all'esportazione, come la "Pisang Kepoc". Nell'isola indonesiana di Suawesi la malattia ha provocato conseguenze economiche molto gravi, costringendo all'abbandono della coltivazione di tale varietà (Karamura et al., 2005). Nelle Filippine, la malattia sta interessando le piantagioni di "Cavendish", la varietà commerciale più importante a livello planetario, destinata quasi interamente al commercio estero, che rappresenta una importante fonte di reddito per i Paesi produttori e per le compagnie esportatrici. Oggi, la banana "Cavedish" corre gravi rischi a causa delle conseguenze determinate dalla simultanea presenza del BXW e del *Banana bunchy top virus* (BBTV) compromettendo gravemente le economie dei Paesi coinvolti.

La situazione più allarmante riguardo alle problematiche economiche e sociali generate dalla diffusione del BXW si registra certamente nell'area sub-sahariana e nei Paesi del centro-ovest in Africa. Le maggiori conseguenze economiche e sociali legate alla presenza del BXW riguardano gli effetti sulle opportunità di vita e sulla sicurezza alimentare delle popolazioni coinvolte.

In Etiopia e nei Paesi compresi nella regione dei Grandi Laghi (Kenya, Rwanda, Tanzania e Uganda) sta provocando gravi perdite di produzione, in parte ancora difficilmente quantificabili (FAO, 2009). In particolare, in Uganda, nel periodo che va dal 1995 al 2006 si è registrata una perdita di

produzione pari a circa 3,7 milioni di tonnellate di banane. In Rwanda, in un solo anno, la malattia ha invaso centinaia di ettari di terreno adibito alla produzione di banana, provocando la perdita dell'intero raccolto. (FAO, 2009). La sopravvivenza di milioni di persone, in questi Paesi è intimamente legata alla produzione e al consumo di banane. La banana occupa, infatti, una posizione importante nell'economia dei Paesi dell'Africa sub-sahariana. La banana è l'elemento principale della dieta alimentare e contribuisce in modo determinante alla sicurezza alimentare. Il consumo annuale pro capite di banane raggiunge circa i 190 kg in Uganda, 140 in Rwanda, 90 in Kenya e 20 in Tanzania (FAOSTAT, 2007).

Essa costituisce inoltre un'importante reddito per circa il 30% dei contadini che vendono generalmente dal 25% al 50% dell'intera produzione, soprattutto nelle regioni dell'ovest (Okech et al., 2004). Nel 2005, sono state prodotte più di 9,7 milioni di tonnellate di banana. L'Uganda dipende principalmente dalla banana per la sicurezza alimentare. Si stima che più di sette milioni di ugandesi dipendono da questo alimento per la propria sopravvivenza, tanto che in Uganda si usa il termine "matooke" sia per indicare la banana che per indicare il cibo in generale. Secondo l'Uganda Bureau of Statistics, negli ultimi dieci anni si è avuto un continuo declino della produzione, quasi dimezzata, contro il quasi raddoppio della popolazione. Quindi si è avuto un notevole aumento della domanda e una contrazione dell'offerta. La riduzione della produzione sta facendo lievitare enormemente i prezzi, a volte anche quadruplicati in pochi anni (FAOSTAT), e a farne le spese sono i particolare i consumatori locali che in una economia debole come quella della maggior parte dei Paesi centroafricani non hanno più la possibilità di acquistare la loro principale fonte nutrizionale, e quindi con la conseguenza di enormi problemi alimentari, tensioni sociali e instabilità politica (Abele e Pillay, 2007; Kayobyo et al., 2005).

La malattia, registrata nel 2008 in ben 39 distretti in Uganda, si è diffusa dal centro del Paese dove esistono larghe sacche di economie di sussistenza legate alla produzione di banana, per poi arrivare nelle aree dell'ovest, in cui la produzione di banana è di tipo intensivo e in gran parte destinata al commercio sui mercati locali. L'infezione è stata registrata in maggior misura nelle aree centrali del Paese, dove si coltivano principalmente le varietà esotiche, come il "Pisang Awak", più suscettibili alla infezione. Nelle aree interessate alla produzione intensiva di banana (sud-ovest) l'infezione invece ha una incidenza minore, in quanto in queste aree si coltiva principalmente le varietà cosiddette "cooking bananas (AAA)", meno suscettibili all'infezione (Tushemereirwe e Opolot, 2005). In Uganda, la riduzione nella produzione di banana dovute al

BXW sono state significative. Le perdite di raccolto stimate nel periodo 2001-2004 si attestano su di una soglia pari al 30-52% (Karamura et al., 2006). Tali perdite hanno colpito in maniera drammatica le famiglie di coltivatori peggiorando i livelli di sussistenza, visto che il 60% delle entrate di reddito derivano dalla produzione di banana. A seguito degli effetti provocati dalla malattia sui raccolti, molte famiglie hanno abbandonato la coltivazione di banana. Si stima che le perdite cumulative di raccolto di banana possono superare, in Uganda, i 5 miliardi di dollari nell'arco di 10-15 anni, con perdite annuali di cibo e reddito per i contadini pari a oltre 200 dollari, una enormità per quelle economie (Kalyebara et al., 2006). La perdita di raccolto di banana sta determinando un aumento del prezzo di tale bene sui mercati locali, penalizzando la popolazione urbana e rurale a più basso reddito. I contadini compensano le perdite di raccolto attraverso l'innalzamento dei prezzi sui mercati locali (FOODNET, 2006). Ciò crea conseguenze drammatiche sui consumatori che sono costretti a ridurre la quantità di banane da acquistare. Tale fenomeno colpisce la popolazione a più basso reddito, provocando un peggioramento nei livelli di sicurezza alimentare del Paese, considerato che in Uganda dal 35 al 50% del reddito finalizzato all'acquisto di cibo della popolazione viene destinato al consumo di banana. L'aumento del prezzo delle "cooking bananas" costituisce a oggi un disincentivo per i contadini dell'area del sud-ovest che non stanno adottando alcuna forma di controllo e prevenzione della malattia (Biruma et al., 2007). Nelle aree in cui sono stati realizzati interventi preventive e di gestione di tipo partecipato si è ottenuta invece una riduzione della incidenza della malattia fino ad oltre il 25% fra il 2001 e il 2004 (Kayobyo et al., 2005).

Nella Repubblica Democratica del Congo, la malattia è presente in maniera devastante nelle province del Nord Kivu, zona di confine con il Rwanda. Anche in questo Paese, la banana rappresenta l'alimento base della dieta alimentare della popolazione. Il raccolto di banane garantisce il 90% delle entrate di reddito per le famiglie di contadini. L'attività economica in tali province è attualmente in crisi anche a causa degli episodi di conflitto e di violenza che da diversi anni stanno interessando il governo congolese e la milizia militare rwandese.

La situazione è preoccupante anche in Rwanda, dove le piantagioni di banana occupano il 23% della superficie coltivabile con una produzione annuale di circa 2,4 milioni di tonnellate. Anche in Rwanda la banana costituisce alimento principale della dieta della popolazione e contribuisce per il 60-80% alle entrate di reddito delle famiglie (Okech et al., 2004).

A livello previsionale per il prossimo futuro, le conseguenze più drammatiche generate dal BXW si realizzeranno nei Paesi in cui la sicurezza alimen-

tare dipende dal consumo di banana e in cui già vi sono livelli medio-alti di insicurezza alimentare. In termini previsionali, Paesi come il Rwanda che dipende dalla banana per la sicurezza alimentare della popolazione ma che, rispetto all'Uganda, versa in condizioni di più alta insicurezza alimentare, subirà le conseguenze economiche e sociali più drammatiche a causa della presenza della malattia.

## 5. RUGGINE DEL FRUMENTO - UG99

### 5.a *Agente: origine, virulenza, epidemiologia*

Il microrganismo responsabile della ruggine del frumento è un fungo microscopico classificato come *P. graminis* f. sp. *tritici*. L'agente patogeno è anche conosciuto come ruggine nera o ruggine estiva a causa della abbondante produzione di lucenti teliospore nere che vengono formate alla fine della stagione estiva. Era considerata una temibilissima malattia in molte aree di coltivazione del frumento in tutto il mondo ed è nota sin dal tempo dei latini (Savastano, 1890). Il timore per questa malattia era dovuto soprattutto alla scarsa conoscenza del suo ciclo biologico e alla sua imprevedibilità. Infatti, un campo apparentemente sano, durante la fase di ingrossamento e maturazione delle cariossidi e quindi poche settimane prima della raccolta, poteva essere rapidamente ridotto a un ammasso scuro di fusti rotti e cariossidi raggrinzite. Solo a partire dal secolo scorso gli studi compiuti hanno permesso di conoscere meglio il patogeno, di osservare l'esistenza di diverse razze dotate di una diversa capacità di produrre malattia, ma anche di cultivar di frumento dotate di differenti gradi di resistenza a questa malattia. Sono quindi stati avviati programmi di miglioramento genetico anche combinando diversi geni di resistenza e creando cultivar resistenti che hanno permesso in buona parte di ridurre la dannosità della malattia. Nonostante il patogeno dimostri, nel tempo, di essere in grado di superare le diverse fonti di resistenza, nuove cultivar resistenti sono selezionate e commercializzate, permettendo quasi sempre di prevenire o limitare i danni. Alcune gravi epidemie sono avvenute negli anni '40 e '50 in Australia e negli Stati Uniti, ma sono state poi controllate. Vi sono poi altre aree in cui la malattia compare di tanto in tanto in forma decisamente grave.

Questa ruggine è particolarmente importante nella fase finale della crescita delle piante, su colture a semina o a maturazione tardiva, e ad altitudini minori. Nelle aree caldo umide come quelle africane, la malattia si conserva di

anno in anno su colture infette e su graminacee spontanee. Come per tutte le ruggini, le spore di *P. graminis* vengono disperse principalmente per via aerea. La maggior parte delle spore si sposta solo per brevi distanze, contribuendo allo sviluppo di epidemie a livello locale. Tuttavia una piccola quantità di spore possono essere trasportate anche a grandi distanze e causare nuove infezioni. Per esempio Watson e de Sousa (1983) riportano un trasporto di spore all’Africa meridionale all’Australia. Questa ruggine per completare il ciclo sessuale richiede la presenza del Crespino (*Berberis vulgaris*), tuttavia nel caso del frumento il completamento del ciclo non è più considerato importante dal punto di vista epidemiologico. La sopravvivenza dell’inoculo è, infatti, legata in particolare alla presenza di piante di frumento cosiddette “volunteer” cioè quelle nate da semi di varietà coltivate dispersi nell’ambiente, e quindi cresciute come piante spontanee, grazie alle quali rimane costantemente presente nell’ambiente sotto forma di uredospore. A partire da un focolaio, il patogeno diffonde nell’ambiente grazie a una espansione progressiva, cioè attraverso la migrazione continua verso areali adiacenti dove ci sia la presenza di piante suscettibili. Ovviamente, a prescindere dalle modalità di diffusione, affinché si realizzi un’epidemia è necessario che vi sia un’alta densità di ospiti suscettibili in aree molto estese con caratteristiche ambientali idonee.

Nel corso degli ultimi anni un ceppo denominato Ug99 ha provocato gravi epidemie in alcuni dei Paesi dell’Africa dell’est e nella zona del Corno d’Africa (Etiopia, Kenia, Sudan, Uganda). Tale ceppo deve il suo nome al fatto che fu scoperto in Uganda nel 1999. A partire dal 2001 l’epidemia raggiunse il Kenya, per arrivare dopo due soli anni in Etiopia. Oggi l’Ug99 ha raggiunto Paesi come lo Yemen e l’Iran e mette a grave rischio epidemico tutta l’area dell’Asia centrale e caucasica (Mackenzie, 2007). Queste aree del mondo, rappresentano insieme il 37% della produzione mondiale di frumento (FAO, 2008a; fig. 4). La capacità dimostrata nel superare molte delle resistenze presenti nelle varietà di frumento coltivate, fanno dell’Ug99 una delle fitopatologie emergenti più pericolose. Il Centro internazionale per il miglioramento del frumento e del mais (CIMMYT, 2005) ha stimato che almeno i due terzi del frumento coltivato in India e Pakistan, che coprono complessivamente circa il 20% della produzione mondiale, siano molto sensibili all’Ug99 e che almeno l’80 per cento delle varietà di frumento che si coltivano in Asia e in Africa siano potenzialmente esposte alla ruggine del frumento, le cui spore trasportate dal vento percorrono lunghe distanze e attraversano interi continenti.

La FAO (2008b) ha individuato quali Paesi a immediato rischio di contagio: Afghanistan, Eritrea, Iran, Oman e Pakistan. Questi, sono seguiti dai Paesi dell’Asia caucasica e centrale (Armenia, Azerbaïjan, Georgia, Kazakh-

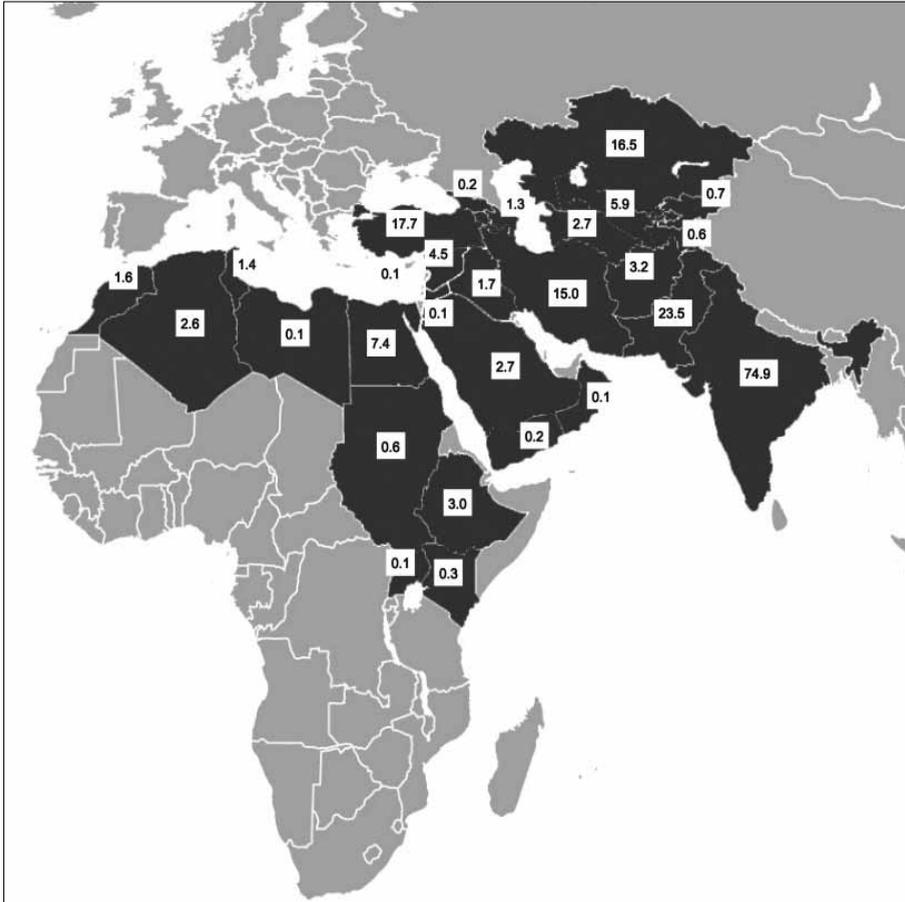


Fig. 4 Paesi colpiti o minacciati dalla ruggine UG99. Complessivamente tali Paesi producono circa il 37% della produzione mondiale. I numeri nei riquadri bianchi indicano la produzione di frumento nel 2006 in milioni di tonnellate (adattato da «Wheat rust disease global programme», Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008)

stan, Kyrgystan, Turkmenistan e Uzbekistan) considerati ad alto rischio epidemico. Visto che le spore del fungo possono essere trasportate con facilità a breve distanza, anche altri Paesi vicini sono considerati a rischio: Egitto, Iraq, Giordania, Siria e Turchia. Si teme che l'Ug99 raggiunga le pianure indo-gangetiche dell'India colpendo così una delle aree maggiormente strategiche per la sopravvivenza di milioni di persone.

Attualmente sono stati identificati circa 50 geni che conferiscono resistenza alle differenti razze di ruggine del fusto (geni *Sr*), spesso provenienti

da specie imparentate al frumento. Tuttavia, isolati del patogeno in grado di superare la resistenza da essi conferita sono già ampiamente diffusi, rendendo gli stessi geni non più utilizzabili per la costituzione di varietà resistenti. Fortunatamente ve ne sono alcuni per i quali non sono ancora segnalate razze fisiologiche del patogeno in grado di superarle. Le disastrose conseguenze dovute alla diffusione di Ug99 a partire dall'Uganda (Pretorius et al., 2000) sono principalmente dovute al fatto che questa razza è in grado di superare la resistenza conferita dal gene *Sr31*, largamente utilizzato in quasi tutte le varietà fino ad allora resistenti. Purtroppo essa è anche in grado di superare la resistenza conferita da quasi tutti i geni di resistenza aventi origine da frumento, e anche per il gene *Sr38*, introdotto da *Triticum ventricosum* in moltissime varietà di frumento coltivate in Europa e in Australia. Nelle regioni dell'Africa orientale vi sono condizioni climatiche favorevoli e la presenza di piante ospiti durante tutto l'anno, cosa che favorisce indubbiamente il patogeno. Un aspetto molto importante del problema è quello di comprendere le potenzialità di ulteriore diffusione della malattia a livello globale, e di determinare quale parte del germoplasma mondiale sia potenzialmente a rischio d'infezione da parte della razza Ug99. Molte evidenze indicano che questa possa spingersi ben oltre i confini dei Paesi africani e mediorientali in cui è attualmente segnalata, potendo facilmente espandersi nelle medesime regioni e raggiungere il Sud dell'Asia, e anche l'Asia orientale e quindi gli Stati Uniti. La preoccupazione principale deriva dal fatto che lungo le direttrici indicate sembrano esserci delle condizioni particolarmente favorevoli alla diffusione della malattia.

Nel caso di pandemia un gran numero di famiglie di coltivatori di frumento sarebbero seriamente minacciate, soprattutto quelle che hanno poche alternative colturali. In queste circostanze, lavoratori senza terra dipendenti dal lavoro agricolo sarebbero colpiti gravemente, con un aumento dell'abbandono delle piccole fattorie e l'aumento delle migrazioni verso le città. E questo, come già indicato per altre malattie, avrebbe delle conseguenze sociali ed economiche enormi a livello delle singole nazioni, e si rifletterebbe anche a livello globale.

### 5.b *Contenimento dei rischi*

Anche per la razza Ug99 sono stati identificati dei geni di resistenza che potrebbero essere introdotti nelle varietà coltivate, contribuendo alla riduzione dell'impatto della malattia. Alcuni di questi geni potrebbero essere trasferi-

ti con una certa celerità, per altri invece sarebbero necessari programmi di miglioramento genetico molto più lunghi. Si tratta comunque di una lotta contro il tempo per cercare di alleviare i problemi delle popolazioni locali così duramente colpite dalle carestie dovute al patogeno. L'identificazione di genotipi resistenti che possano adattarsi all'ambiente prevalente dei Paesi interessati, seguita da una rapida e ampia produzione e distribuzione di seme in tali Paesi rimane la migliore strategia di controllo possibile. Nelle fattorie povere del Kenya e dell'Etiopia questo è l'unico vero approccio gestionale affrontabile. Questi interventi permetterebbero anche di ridurre la capacità di diffusione della malattia verso altri areali limitrofi e, se associati alla contemporanea introduzione di varietà resistenti nelle zone dove la malattia non è ancora arrivata, permetterebbe di ridurre le perdite qualora la malattia raggiungesse tali zone.

### *5.c Problematiche economiche e sociali*

La diffusione dell'epidemia dell'Ug99 avviene in un momento storico in cui le riserve mondiali di frumento raggiungono il livello più basso delle ultime quattro decadi e in cui la produzione di bio-combustibili sta sottraendo grandi porzioni di terra alla produzione alimentare. Negli ultimi anni, l'Unione Europea e gli Stati Uniti hanno adottato politiche rivolte a tagliare drasticamente le tradizionali riserve cerealicole di emergenza, e in Europa tali scorte si sono ridotte a circa un milione di tonnellate, rispetto ai 14 milioni dell'inizio del 2007.

Le previsioni sulla produzione mondiale di frumento fornite recentemente dalla FAO sono allarmanti, soprattutto in riferimento ai Paesi che non fanno parte della zona OCSE, in cui si registra una crescita significativa dei consumi di prodotti cerealicoli. Ad aggravare il processo di riduzione delle riserve a livello mondiale è stata anche la siccità riscontrata negli ultimi anni che ha determinato una riduzione di produzioni di cereali a livello mondiale del 3,6% nel 2005 e del 6,9% nel 2006 (FAO, 2008a).

La diminuzione delle scorte mondiali di cereali e nello specifico di frumento ha avuto quale conseguenza primaria la determinazione di alti livelli di volatilità nei prezzi di tali beni alimentari nei mercati locali e internazionali. Il fenomeno dell'agroinflazione (crescita dei prezzi dei prodotti alimentari) ha provocato un innalzamento significativo dei prezzi dei cereali. Ad esempio, nel periodo che va dal 2002 al 2007 il costo del riso è aumentato del 70%, quello della soia del 90% e quello del frumento del 130%. Ciò ha determi-

nato conseguenze drammatiche nei Paesi importatori netti di cereali. In tutto il mondo l'agroinflazione colpisce le classi sociali più povere il cui reddito è speso in maggior misura per i beni alimentari. Le più gravi conseguenze sono provocate nei 77 Paesi poveri importatori netti di prodotti alimentari (*Low Income Food Deficit Countries*), fra i quali ci sono la maggior parte dei Paesi interessati dall'Ug99 e quelli a immediato e alto rischio di introduzione.

Anche se la diffusione dell'Ug99 costituisce una minaccia per la sicurezza alimentare di tutti i Paesi colpiti, le conseguenze sono e saranno tanto più gravi nei Paesi più poveri, in cui il frumento contribuisce in modo significativo alla sicurezza alimentare della popolazione e in cui il soddisfacimento della domanda interna del cereale dipende in gran parte delle importazioni nette estere.

In molti dei Paesi già colpiti dall'epidemia e in gran parte di quelli a immediato o alto rischio di contagio, il frumento è un alimento base della dieta alimentare della popolazione e fornisce circa il 40% delle calorie legate al fabbisogno individuale giornaliero. In alcuni dei Paesi in cui la malattia è già presente si verificano situazioni di crisi alimentare dovute in gran parte al rialzo del costo del frumento e degli altri cereali sui mercati internazionali e locali. La FAO ha recentemente classificato i Paesi che già versano in una situazione di crisi alimentare e quelli a più alto rischio, in cui il fenomeno dell'agroinflazione determina un deterioramento generale della sicurezza alimentare. Nel primo gruppo rientrano Paesi come Kenya, Etiopia ed Eritrea e Tajikistan. Fra i Paesi a rischio, c'è lo Yemen. Si tratta di Paesi in cui l'Ug99 è già presente, o rischia di arrivare a breve termine.

Gli effetti più drammatici sul piano economico e sociale si stanno verificando nei Paesi del Corno d'Africa, la cui economia dipende in gran parte dall'agricoltura e in cui circa il 70% delle popolazioni vive in aree rurali e deve la propria sopravvivenza alla produzione e al consumo di cereali quali mais, sorgo, frumento e manioca, che costituiscono gli elementi basilari della dieta alimentare. In Etiopia e Kenya, Paesi in cui la malattia è già presente, il frumento contribuisce in modo significativo alla sicurezza alimentare della popolazione, e il suo consumo annuo pro-capite nel corso dell'ultimo decennio è aumentato progressivamente, raggiungendo valori di 30 e 27 kg, rispettivamente.

In questi Paesi, tuttavia, la produzione domestica di frumento non riesce a soddisfare la domanda interna, e quindi la quantità più consistente deve essere importata dall'estero. Kenya ed Etiopia sono rispettivamente per circa il 16 e oltre il 22 % importatori netti di cereali, e quindi dipendenti dall'estero per i cereali di prima necessità. I pochi dati presenti in letteratura,

concernenti gli effetti socio-economici della diffusione dell'Ug99 in Kenya ed Etiopia mettono in rilievo, in primo luogo una perdita di produzione significativa di frumento che ha determinato nuovi livelli di vulnerabilità sociale (Fekadu e Gelmesa, 2006). In Kenya si stima che le perdite di raccolto di frumento dovute all'Ug99 arrivino in alcune aree anche a oltre il 70% della produzione complessiva. A seguito delle perdite di produzione di frumento dovute all'Ug99, in Kenya ed Etiopia si è registrato un generale aumento delle importazioni nette di frumento dall'estero, con conseguente rafforzamento della dipendenza esterna dei beni cerealicoli di prima necessità. Le perdite di produzione hanno poi determinato un aumento dei prezzi del frumento sui mercati locali che ha colpito la popolazione urbana e rurale a più basso reddito, provocando un incremento del numero di persone che soffrono per fame e un generale aumento dei livelli di insicurezza alimentare e una generale perdita di *status* sociale dei contadini che si trovano in condizione di abbandonare i propri raccolti.

Per comprendere gli effetti sociali che l'Ug99 determina in queste aree del mondo bisogna tener conto del fatto che le perdite di produzione dovute al fungo amplificano il *deficit* alimentare già esistente, conseguente in particolare alla siccità, capace di generare, in queste aree, una delle crisi alimentari più allarmanti presenti nel contesto mondiale.

Ad esempio in Kenya la scarsità di piogge particolarmente grave nei mesi di marzo e aprile 2009 nelle regioni del sud est e in quelle della costa, unita alla malattia, ha determinato la perdita di gran parte dei raccolti. Ciò ha determinato un aumento nelle importazioni di frumento e mais dall'estero; nel periodo novembre 2008 – giugno 2009 sono stati importati 1,1 milioni di tonnellate di frumento e mais al fine di sopperire alla domanda interna. La scarsa disponibilità di acqua, nelle aree pastorali della zona costiera e del sud est ha peggiorato drasticamente le condizioni di vita della popolazione, aumentando i livelli di mortalità dovuti alla fame, che ha colpito soprattutto la popolazione più povera. I pastori hanno visto ridurre i territori per il pascolo e molti animali sono morti o scappati in cerca di nuove fonti di cibo. A rendere più difficile la situazione, soprattutto per i più poveri è il concomitante fenomeno dell'aumento dei prezzi dei cereali e dei beni alimentari in generale sui mercati locali. A fronte di perdite di produzione di frumento e cereali significative, in Kenya la popolazione si trova ad affrontare il dramma dell'aumento dei prezzi di tali beni, sui mercati locali. Ciò genera un generale aggravamento delle condizioni di sicurezza alimentare. L'aumento dei prezzi colpisce la popolazione urbana e rurale a più basso reddito che non potendo usufruire per la propria

sopravvivenza dei propri raccolti, non ha neanche il potere d'acquisto di tali beni sui mercati locali. In Etiopia, si stima che 4,9 milioni di persone necessitino di aiuti di emergenza alimentare. In questo Paese, gli effetti maggiori provocati dalla siccità, si sono fatti sentire, in particolare, nelle aree dell'Oromyia e Amhara. In questo Paese, a seguito della scarsità delle piogge registrata nel periodo a cavallo fra i mesi di marzo-giugno 2009 e la diminuzione delle terre coltivate, si avrà una drastica riduzione dei raccolti del 2009 (FAO, 2009).

La poca disponibilità di acqua nelle aree centrali del Paese incide negativamente nella germinazione delle piante. Anche le aree pastorali del nord dell'Etiopia sono state colpite dalla siccità. In queste aree, come in quelle pastorali del Kenya, si registra un aggravamento nelle condizioni di vita delle persone, per quanto attiene alla loro sicurezza alimentare e un aumento di morti per fame. Anche in Etiopia, come in Kenya, la popolazione deve affrontare l'aumento dei prezzi dei cereali sui mercati locali con gravi conseguenze sociali, visto il livello di povertà endemica registrato nel Paese.

#### *5.d Problematiche legate alla gestione*

Il premio nobel Borlaug nella veste di scienziato di fama mondiale, per l'impegno dimostrato nella gestione delle epidemie del frumento, da cui deriva il premio per la pace ottenuto nel 1970, aveva denunciato il ritardo con cui la comunità internazionale aveva iniziato a interessarsi dell'Ug99. Infatti già quanto la malattia aveva raggiunto il Kenya, appena tre anni dopo la segnalazione della malattia in Uganda, Borlaug aveva segnalato una scarsa capacità della comunità scientifica a comprendere la gravità della situazione (Mackenzie, 2007). Ad avviso dello scienziato, infatti, nonostante l'avvio dell'epidemia risalesse al 1999, il compiacimento di risultati raggiunti in passato aveva favorito un atteggiamento di riduzione di interesse per tali problematiche, tradottosi nello smantellamento di corsi di formazione per le popolazioni locali e programmi di ricerca sulla resistenza del frumento. La scarsa serietà con cui si è affrontata, in partenza, la diffusione di questa avversità fitopatologia emergente, ha messo a rischio la sopravvivenza di intere comunità nei Paesi del corno d'Africa e ritardato l'impegno scientifico rivolto alla ricerca di soluzioni capaci di frenare l'attuale avanzamento del fungo mortale.

Il rischio di epidemia è legato anche alle scarse capacità dei contadini presenti nelle aree povere del mondo di gestire lo sviluppo della malattia.

Nel continente africano, la cresciuta dipendenza di molti Paesi dagli aiuti di emergenza alimentare è andata di pari passo con una sostanziale riduzione, da parte dei governi nazionali negli investimenti nel settore agricolo, con particolare riferimento ai programmi di educazione dei contadini, di ricerca e di sviluppo rurale. Questo fenomeno generale ha interessato tutti i Paesi che oggi sperimentano il contagio dell'Ug99 o ad alto rischio di infezione (FAOb, 2008).

## 6. PANAMA DISEASE

La “malattia di Panama” conosciuta anche come fusariosi del banano (*Musa* sp.) è una delle più note fra le malattie delle piante (Simmonds, 1966; Stover, 1962). Benché il patogeno sia originario probabilmente del sud est dell'Asia, la malattia fu dapprima segnalata in Australia nel 1876 (Ploets e Pegg, 1997). Negli anni intorno al 1950 solo pochissime regioni al mondo erano esenti da questa malattia. Attualmente si ritrova in tutte le aree di produzione, eccetto le isole del Pacifico meridionale, il Mediterraneo, la Melanesia e la Somalia.

### 6.a *Agente*

La malattia di Panama è causata da *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cubense*. È una delle oltre cento forme speciali di questa specie in grado di causare malattie vascolari, che comprende forme patogene e saprofite che non possono essere distinte morfologicamente. Sono stati descritte 4 “razze” di questa forma speciale, di cui solo tre colpiscono il banano, mentre la quarta (razza 3) è un patogeno dell'eliconia, una specie affine al banano. La razza 1 causò l'epidemia della Gros Michel e colpisce altre cultivar. La razza 2 colpisce principalmente le varietà di banane da cucina, quelle cioè utilizzate cotte o arrostiti dalle popolazioni locali (Beckman, 1990). La razza 4 è la più distruttiva, perché colpisce tutte le cultivar attaccate dalla razza 1 e 2, e in più la cultivar Cavendish. Studi di compatibilità somatica e vegetativa hanno permesso di identificare e caratterizzare oltre 20 popolazioni di questo patogeno (Ploetz e Pegg, 1997), dimostrando una grande e preoccupante variabilità. I rizomi sono solitamente impiegati per la propagazione vegetativa della pianta e poiché essi solitamente non mostrano sintomi dell'attacco di *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, essi rappresentano il principale sistema di diffusione del patogeno, che può comunque diffondersi anche attraverso il terreno, l'acqua, o i mezzi meccanici utilizzati in agricoltura.

I primi sintomi si sviluppano internamente a livello delle radici (secondarie). Essi progrediscono poi nel rizoma e nello pseudofusto. Successivamente, striature o macchie brune appaiono sulla superficie o all'interno delle lamine fogliari più vecchie. I primi sintomi esterni sono costituiti dall'ingiallimento delle foglie più vecchie, seguito poi dall'avvizzimento o curvatura delle foglie. Al procedere della malattia, le foglie via via più giovani collassano, finché l'intera chioma muore.

### 6.b *Gestione*

Vi sono pochissime possibilità di controllo di questa malattia letale. Il controllo chimico ha possibilità molto limitate. Persino la fumigazione con il bromuro di metile è scarsamente efficace, in quanto il patogeno ricolonizza rapidamente il suolo fumigato (Herbert e Marx, 1990). Iniezioni con fungicidi quali il carbendazim hanno fornito effetti molto limitati e spesso non ripetibili, come anche la solarizzazione. L'impiego di suolo soppressivo (Tousoun, 1975) o interventi di lotta biologica sono risultati piuttosto inefficaci. L'impiego di piante esenti da patogeni ottenute in vitro in terreni non infestati (Ploetz e Pegg, 1999) può contribuire a limitarne la diffusione, ma i costi di queste tecniche sono scarsamente sostenibili. La resistenza genetica potrebbe rappresentare una buona strategia di gestione della malattia (Ortiz et al., 1995). Alcuni cultivar resistenti sono state identificate, e programmi di incroci hanno permesso di ottenere ibridi resistenti, che tuttavia non posseggono ancora le caratteristiche organolettiche e commerciali necessarie. Nonostante ciò, questo approccio sembra essere al momento quello più perseguibile.

### 6.c *Conseguenze economiche*

La malattia di Panama colpisce molte cultivar di banana, anche se è maggiormente conosciuta per i danni che provoca su una singola varietà. Prima del 1960 il commercio internazionale si basava interamente sulla cultivar (susceptibile) "Gros Michel". La grande e pressoché unica diffusione di questa varietà, insieme alla pratica comune di usare rizomi (spesso infetti) per la realizzazione di nuove piantagioni determinò una grande e incontrollabile diffusione della malattia, in particolare nei tropici occidentali. Nella sola Ulua Valley, in Honduras, oltre 30000 ettari furono irrimediabilmente compromessi negli anni fra il 1940 e il 1960. L'infezione si diffuse poi rapidamente in aree quali

il Suriname (4000 ettari distrutti in 8 anni) e Costa Rica (6000 ettari in 12 anni). Considerando che il costo per l'impianto di un bananeto aveva un costo fra i 2000 e i 5000 dollari, è facile calcolare che il danno diretto abbia raggiunto diversi milioni di dollari.

Intorno alla metà del '900, per superare la crisi, la coltivazione di banane per esportazione di tali Paesi fu convertita a cultivar resistenti, del gruppo "Cavendish" (Ploetz e Pegg, 1999). Queste cultivar si adattano bene nelle zone tropicali occidentali, e tuttora costituiscono la base delle esportazioni. Comunque, nelle zone dell'emisfero orientale anche queste cultivar vengono attaccate dalla malattia di Panama, con danni molto gravi, e soprattutto con grande preoccupazione dei produttori dell'emisfero occidentale, perché al momento non si conoscono altre cultivar resistenti, e quindi la diffusione della malattia nelle altre aree di produzione della banana avrebbe effetti devastanti.

## 7. DISCUSSIONE

È ben riconosciuto come i rischi dovuti alla introduzione/invasione di patogeni delle piante, siano esse monocolture, colture orticole, o piante di comunità naturali, va aumentando a causa della globalizzazione, dell'aumento della mobilità umana, dei cambi climatici, e della evoluzione e adattamento dei patogeni o dei loro vettori (Anderson et al., 2004). Nonostante le possibili conseguenze sociali, economiche o ambientali dovute alle malattie emergenti ricevano una minore attenzione rispetto a quelle relative alle malattie umane e animali, negli ultimi anni si assiste a una maggiore considerazione verso queste problematiche al di fuori della comunità fitopatologica. La sicurezza alimentare è minacciata nei Paesi dotati di limitate risorse quando si verificano pandemie su colture di importanza alimentare. La mancanza di raccolti contribuisce direttamente alla malnutrizione, e indirettamente alla diffusione di malattie dell'uomo, e anche al dissesto dell'ambiente, visto che le aree rurali povere vengono abbandonate, con fenomeni di sovraffollamento urbano. Un ulteriore peggioramento della situazione si verifica quando le malattie vengono provocate da organismi che producono micotossine, che possono contaminare il cibo o i mangimi animali, determinando gravissime intossicazioni.

La diagnosi precoce delle malattie e la identificazione dei patogeni costituiscono un elemento essenziale per la possibilità di proteggere le colture e i sistemi vegetali naturali, e sono elementi cruciali per realizzare misure preven-

tive e gestionali verso tali malattie. La mancanza di rapidi sistemi di rilevamento delle malattie ha un impatto estremamente negativo sia sulla possibilità di gestione e di prevenzione delle pandemie, ma anche un peggioramento qualitativo e quantitativo delle produzioni agricole, e quindi sul commercio. È responsabilità dei governi mettere a punto dei sistemi di controllo che in primo luogo consentano di prevenire o controllare l'introduzione di patogeni nel proprio Paese, ma anche che evitino la diffusione in altri Paesi dei propri patogeni endemici. I sistemi di diagnosi devono inoltre essere combinati a efficaci sistemi di sorveglianza e di allarme, che permettano di indicare per tempo quali siano le priorità da controllare, o quali i rischi emergenti, e la loro provenienza. Altro elemento fondamentale è la gestione di tali sistemi in reti internazionali, che permettano di avere in tempo reale la situazione globale, ma anche di mettere in pratica delle strategie congiunte e coordinate per la prevenzione e la gestione di possibili pandemie (Miller et al., 2009).

Il problema principale dei sistemi di sorveglianza dei patogeni emergenti è che si tratta di tecnologie e sistemi molto costosi e che richiedono una notevole preparazione tecnico-scientifica, unita a una elevata organizzazione su base territoriale, e quindi richiede notevoli investimenti economici e di personale. Nel caso dei Paesi occidentali la messa a punto di sistemi di sorveglianza è più facile da realizzare in quanto esistono già delle reti comunitarie, vi sono maggiori risorse economiche, vi è una maggiore disponibilità ed economicità delle tecnologie necessarie. La conseguenza di tutto ciò è che, considerando i costi, molti Paesi in via di sviluppo hanno un modesto o inesistente sistema di acquisizione e aggiornamento delle liste dei patogeni emergenti all'interno dei loro confini. Questo è particolarmente emblematico nel caso dell'Africa in cui nell'ultimo secolo si è assistito a una diminuzione del numero di segnalazioni di nuove malattie, in confronto con l'Europa dove invece si è avuto, come prevedibile, un drammatico aumento (Waage et al., 2006). La conseguenza è che molte malattie nell'Africa sub-Sahariana semplicemente si diffondono senza possibilità di essere riconosciute e monitorate. In questo contesto, il ruolo delle organizzazioni internazionali (FAO, ITTA, ecc.) diventa di fondamentale importanza.

La disponibilità di adeguati sistemi di monitoraggio permette non solo di prendere delle adeguate misure di sicurezza per evitare la diffusione delle pandemie, ma anche di intervenire in maniera opportuna, in modo da ridurre l'impatto della pandemia stessa, anche in caso di sua diffusione. C'è ad esempio la possibilità di individuare per tempo le strategie di intervento, come ad esempio l'impiego di agrofarmaci, la identificazione di varietà resistenti, ecc.

L'agricoltura dei Paesi cosiddetti sviluppati non è esente da rischi di pandemie, e vi sono numerosi e recenti casi di gravi danni provocati da tali malattie. Ad esempio, negli anni fra il 1991 e il 1996 vi fu una gravissima epidemia denominata "Fusarium head blight" causata da diverse specie di *Fusarium* (in particolare *F. graminearum*) che interessò in particolare frumento e orzo (McMullen et al., 1997). Si stima che una superficie di oltre 4 milioni di ettari fu interessata dalla malattia, con una incidenza dal 10 all'80 %, e con danni quantitativi e qualitativi ammontanti a centinaia di milioni di dollari. Tuttavia nei Paesi sviluppati vengono messi in atto dei sistemi di gestione economica e sociale che attenuano gli effetti estremamente dannosi delle malattie. Vi sono infatti: ammortizzatori sociali a sostegno dei lavoratori e delle imprese che consentono alle categorie più direttamente colpite dai danni economici di alleviare le conseguenze negative; riserve alimentari che permettono di non avere problemi di carestia; sistemi di ricerca e servizi di assistenza tecnica che consentono in tempi brevi di trovare delle alternative colturali o delle modalità di gestione delle malattie stesse; diversificazione delle produzioni agricole, che riducono le perdite; sistemi di monitoraggio e allerta che quasi sempre consentono di mettere in atto tempestivamente tutti i sistemi per prevenire e controllare le epidemie.

#### RIASSUNTO

Le "avversità fitopatologiche emergenti" sono tutte quelle causate da agenti patogeni che, in seguito all'influenza di numerosi fattori inerenti al patogeno stesso, all'ospite o all'ambiente inteso in senso lato, sono all'origine di epidemie in certo qual modo inattese e di elevata gravità. Epidemie devastanti, tali da intaccare il tessuto sociale di una collettività e delle quali per l'Europa possiamo trovare traccia solo sui libri di storia dell'agricoltura, rappresentano l'attualità in molti Paesi in via di sviluppo. In questo articolo vengono considerate a titolo esemplificativo alcune delle più importanti avversità fitopatologiche emergenti dei Paesi in via di sviluppo, in particolare quelli centroafricani, illustrandone l'origine, le caratteristiche, i sintomi, le modalità di propagazione, le possibilità di gestione, l'impatto economico e le conseguenze socio-politiche della loro diffusione.

#### ABSTRACT

The "emerging infectious diseases" (EIDs) are those caused by plant pathogens that, owing to the influence of different characteristics of the pathogen, of the host, and of the environment, are at the basis of epidemics, unexpected and very serious to some extent. Devastating epidemics able to affect the social texture of whole communities, and for which at an European level we can find only traces in the books of agriculture history, still occur with high frequency in the developing countries. In the present article some of the most important EIDs

will be considered, with particular attention to those occurring in the Sub-Saharan African countries, describing their origin, characteristics, symptoms, modality of spread, possible control strategies, economic impact and the social-political consequences of their diffusion.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ABELE S., PILLAY M. (2007): *Bacterial wilt and drought stresses in banana production and their impact on economic welfare in Uganda: Implications for banana research in East African highlands*, «Journal of Crop Improvement», 19, pp. 173-191.
- ABELE S., TWINE E., LEGG C. (2007): *Food security in Eastern Africa and the Great Lakes, in Crop Crisis Control Project Final Report*, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- AKOBUNDU I.O. (1991): *Weeds in human affairs in sub-Saharan Africa*, «Weed Technology», 5, pp. 680-690.
- AMUSAN I.O., RICH P.J., MENKIR A., HOUSLEY T., EJETA G. (2008): *Resistance to Striga hermonthica in a maize inbred line derived from Zea diploperennis*, «New Phytologist» 178: 157-166.
- ANDERSON P.K., CUNNINGHAM A.A., PATEL N.G., MORALES F.J., EPSTEIN P.R., DASZAK P. (2004): *Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnological drivers*, «Trends in Ecology & Evolution», 19, pp. 535-544.
- BAR-JOSEPH M., GARNSEY S.M., GONSALVES D. (1979): *The closteroviruses: a distinct group of elongated plant viruses*, «Advances in Virus Research», 25, pp. 93-168.
- BECKMAN C.H. (1990): *Host responses to the pathogen*, in *Fusarium Wilt of Banana*, a cura di R.C. Ploetz, APS Press, American Phytopathological Society, St. Paul, USA, pp. 93-105.
- BIRUMA M., PILLAY M., TRIPATHI L., BLOMME G., ABELE S., MWANGI M., BANDYOPADHYAY R., MUCHUNGUZI P., KASSIM S., NYINE M., TURAGYENDA L., EDEN-GREEN S. (2007): *Banana Xanthomonas wilt: A review of the disease, management strategies and future research directions*, «African Journal of Biotechnology», 6, pp. 953-962.
- BOCK K.R., WOODS R.D. (1983): *Etiology of African cassava mosaic disease*, «Plant Disease», 67, pp. 944-955.
- CIMMYT (2005): *Sounding the alarm on global stem rust. An Assessment of race ug99 in Kenya and Ethiopia and the potential for impact in neighboring regions and beyond*.
- CIOTOLA M., WATSON A.K., HALLETT S.G. (1995): *Discovery of an isolate of Fusarium oxysporum with potential to control Striga hermonthica in Africa*, «Weed Research», 35, pp. 303-309.
- DE GROOTE H., WANGARE L., KANAMPIU F.K., ODENDO M., DIALLO A., KARAYA H., FRIESEN D. (2008): *The potential of a herbicide resistant maize technology for Striga control in Africa*, «Agricultural Systems», 97, pp. 83-94.
- DOGGETT H. (1988): *Sorghum*. Longman, Harlow UK, 512 p.
- EDEN-GREEN S. (2004): *Focus on bacterial wilt. How can the advance of banana Xanthomonas wilt be halted?* «Infomusa», 13, pp. 38-41.
- EDMEADES S., SMALE M., KIKULWE E.M., NKUBA J., BYABACHWEZI M.S.R. (2007): *Characteristics of banana-growing households and banana cultivars in Uganda and Tanzania*, in *An Economic Assessment of Banana Genetic Improvement and Innovation in the Lake Victoria Region of Uganda and Tanzania*, a cura di M. Smale e W.K. Tushe-mereirwe, IFPRI Research Report 155. IFPRI, Washington, DC, USA, pp. 49-74.

- EJETA G. (2007): *The Striga scourge in Africa: A growing pandemic*, in *Integrating new technologies for Striga control - towards ending the witch hunt*, a cura di G. Ejeta e J. Gressel, World Scientific, Singapore, pp. 3-16.
- EJETA G., RICH P.J., MOHAMED A. (2007): *Dissecting a complex trait to simpler components for effective breeding of sorghum with a high level of Striga resistance*, in *Integrating new technologies for Striga control - towards ending the witch hunt*, a cura di G. Ejeta e J. Gressel, World Scientific, Singapore, pp. 87-98.
- ELZEIN A., KROSCHER J. (2004): *Fusarium oxysporum Foxy 2 shows potential to control both Striga hermonthica and S. asiatica*, «Weed Research», 44, pp. 433-438.
- FAO (2008a): *The state of food insecurity in the world 2008*. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0291e/i0291e00.pdf>
- FAO (2008b) *Wheat rust disease global programme*, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0378e/i0378e.pdf>
- FAO (2009) *Crop Prospects and Food Situation*. No. 3-July 2009.
- FAOSTAT (2004) Agriculture Data. 2004. <http://faostat.fao.org/>
- FAOSTAT (2006) Agriculture Data. 2006. <http://faostat.fao.org/>
- FAOSTAT (2007) Agriculture Data 2007. <http://faostat.fao.org/>
- FEKADU M., GELMESA D. (2006): *Review of the status of vegetable crops production and marketing in Ethiopia*, «Uganda Journal of Agricultural Sciences», 12(2), pp. 26-30.
- FOODNET (2006). Market price information for Uganda: <http://www.foodnet.cgiar.org/>
- GARRETT K. A., DENDY S. P., FRANK E. E., ROUSE M. N., TRAVERS S. E. (2006): *Climate Change Effects on Plant Disease: Genomes to Ecosystems*. «Annual Review of Phytopathology», 44, pp. 489-509.
- GANAPATHI T.R., HIGGS N.S., BALINT-KURTI P.J., ARNTZEN C.J., MAY G.D., VAN ECK J.M. (2001): *Agrobacterium-mediated transformation of the embryogenic cell suspensions of the banana cultivars Rasthali (AAB)*. «Plant Cell Report», 20, pp. 157-162.
- GRESSEL J. (2008): *Genetic glass ceilings: Transgenics for crop biodiversity*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- HERBERT J.A., MARX D. (1990): *Short-term control of Panama disease in South Africa*, «Phytophylactica», 22, pp. 339-340.
- HERNANDEZ J.B.P., REMY S., SAUCO V.G., SWENNEN R., SAGI L. (1999): *Chemotactic movement and attachment of Agrobacterium tumefaciens to banana cells and tissues*, «Journal of Plant Physiology», 155, pp. 245-250.
- HOWELER R.H., OATES C.G., ALLEM A.C. (2001): *Strategic environmental assessment: an assessment of the impact of cassava production and processing on the environment and biodiversity*, Proceedings of the Validation Forum on the Global Cassava Development Strategy, Rome, 26-28 April 2000. FAO and IFAD.
- JOEL D.M., KLEIFELD Y., LOSNER-GOSHEN D., HERZLINGER G., GRESSEL J. (1995): *Transgenic crops against parasites*, «Nature», 374, pp. 220-221.
- KAGEZI G.H., KANGIRE A., TUSHEMEREIRWE W., BAGAMBA F., KIKULWE E., MUHANJI J., GOLD C.S., RAGAMA P. (2006). *Banana Bacterial wilt incidence in Uganda*, «African Crop Science Journal», 14, pp. 83-91.
- KALYEBARA M.R., RAGAMA P.E., KAGEZI G.H., KUBIRIBA J., BAGAMBA F., NANKINGA K.C., TUSHEMEREIRWE W. (2006): *Economic importance of the banana bacterial wilt in Uganda*, «African Crop Science Journal», 14(2), 93-103.

- KANAMPIU F.K., KABAMBE V., MASSAWE C., JASI L., FRIESEN D., RANSOM J.K., GRESSEL J. (2003): *Multi-site, multi-season field tests demonstrate that herbicide seed-coating herbicide resistance maize controls Striga spp. and increases yields in several African countries*, «Crop Protection», 22, pp. 679-706.
- KARAMURA E., OSIRU M., BLOMME G., LUSTY C., PICQ C. (2005): *Developing a regional strategy to address the outbreak of banana Xanthomonas wilt in East and Central Africa*, Proceedings of the banana *Xanthomonas* wilt regional preparedness and strategy development workshop, Kampala, Uganda, 14-18 febbraio 2005, INIBAP.
- KARAMURA E., KAYOBYO G., BLOMME G., BENIN S., EDEN-GREEN S.J., MARKHAM R. (2006): *Impacts of BXW epidemic on the livelihoods of rural communities in Uganda*, Abstract Book of the 4th International Bacterial Wilt Symposium, a cura di Saddler G., Elphinstone J., Smith J., York, UK, p. 57.
- KAYOBYO G., ALIGUMA L., OMIAT G., MUGISHA J., BENIN S. (2005): *Impact of BXW on household livelihoods in Uganda. "Assessing the impact of the banana bacterial wilt (Xanthomonas campestris pv. musacearum) on household livelihoods in East Africa"*, workshop held on Dec. 20, 2005, Kampala, Uganda.
- KHAN Z.R., MIDEGA C.A.O., HASSANALI A., PICKETT J.A. (2007): *Field developments on Striga control by Desmodium intercrops in a push-pull strategy*, in *Integrating new technologies for Striga control - towards ending the witch hunt*, a cura di G. Ejeta e J. Gressel, World Scientific, Singapore, pp 241-252.
- KHANNA H., BECKER D., KLEIDON J., DALE J. (2004). *Centrifugation Assisted Agrobacterium tumefaciens-mediated Transformation (CAAT) of embryogenic cell suspensions of banana (Musa spp. Cavendish AAA and Lady finger AAB)*, «Molecular Breeding», 14, pp. 239-252.
- LEGG J.P., OGWAL S. (1998): *Changes in the incidence of African cassava mosaic geminivirus and the abundance of its whitefly vector along south-north transects in Uganda*, «Journal of Applied Entomology», 122, pp. 169-178.
- LEGG J.P., SSERUWAGI P., KAMAU J., AJANGA S., JEREMIAH S.C., ARITUA V., OTIM-NAPE G.W., MUIMBA-KANKOLONGO A., GIBSON R.W, THRESH J.M. (1999): *The pandemic of severe cassava mosaic disease in East Africa: current status and future threats*. Proceedings of the Scientific Workshop of the Southern African Root Crops Research Network (SARRNET), 17- 19 August 1998, Lusaka, Zambia, a cura di Akoroda M.O., Teri J.M., pp. 236-251.
- LEGG J.P., THRESH J.M. (2000) *Cassava mosaic virus disease in East Africa: a dynamic disease in a changing environment*, «Virus Research», 71, pp. 135-149.
- MACKENZIE D. (2007): *Billions at risk from wheat super-blight*, «New Scientist», UK Magazine, 2598, 3 April 2007.
- MANYONG V.M., ALENE A.D., OLANREWAJU A., AYEDUN B., RWEYENDELA V., WESONGA A.S., OMANYA G., MIGNOUNA H.D., BOKANGA M. (2007): *Baseline Study of Striga Control Using IR Maize in Western Kenya: an Agriculture Collaborative Study on Striga Control by the African Agricultural Technology Foundation and the International Institute of Tropical Agriculture*. Online: <http://www.aatfafrica.org/publications/IRmaizestudy.pdf>.
- MCGEE D.C. (1997): *Plant pathogens and the Worldwide Movement of Seeds*, APS Press
- McMULLEN M., JONES R., GALLENBERG D. (1997): *Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact*, «Plant Disease», 81 (12), pp. 1340-1348.
- MILLER S.A., BEED F.D., LAPAIRE HARMON C. (2009): *Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks*, «Annual Review of Phytopathology», 47, pp. 15-38.

- MWANGI M., BANDYOPADHYAY R. (2006): *Managing Banana Xanthomonas Wilt*, <http://eastafrica.usaid.gov/proxy/Document.1017.aspx>
- MWANGI M., KUBIRIBA J., TUSHEMEREIRWE W. (2008): *The political perspective of banana Xanthomonas wilt control in Eastern and Central Africa*, in *Abstracts of Banana 2008: Banana and Plantain in Africa: Harnessing International Partnerships to Increase Research Impact*, IITA, Ibadan, Nigeria, pp. 197.
- MWANGI M., PILLAY M., BANDYOPADHYAY R., TUSHEMEREIRWE W., RAGAMA P. (2006): *Progress in understanding mechanisms of host plant tolerance to banana bacterial wilt*, in: *Abstract Book of the 4th International Bacterial Wilt Symposium*, 17-20 July 2006, a cura di G. Saddler, J. Elphinstone, e J. Smith, Central Science Laboratory, York, UK, p. 65.
- NWEKE F.I. (1988): *Food Cassava in African Farming and Food Systems: Implications for Use in Livestock Feeds* 1988.
- NWEKE F.I. (1995): *Future Prospects for Cassava Root Yield in Sub-Saharan Africa*, «*Outlook on Agriculture*», 14 (1), pp. 35-42.
- NWEKE F.I., SPENCER D.S.C., LYNAM J.K. (2002): *The cassava transformation: Africa's best-kept secret*. Michigan State University Press, East Lansing, MI.
- OKECH H.O., GOLD C.S., ABELE S., NANKINGA C.M., WETALA P.M., VAN ASTEN P., NAMBUYE A., RAGAMA P. (2004): *Agronomic, pests and economic factors influencing sustainability of banana-coffee systems of Western Uganda and potentials for improvement*, «*Uganda Journal of Agricultural Science*», 9, pp. 432-444.
- ORTIZ R., FERRIS R.S.B., VUYLSTEKE D.R. (1995): *Banana and plantain breeding*, in: *Bananas and Plantains*, a cura di S. Gowen, Chapman & Hall, Londra, pp. 110-146.
- ORTIZ R., FRISON E., SHARROCK S. (2002): *The CGIAR - Future Harvest program for Musa in Africa*, «*Chronica Horticulturae*», 42, pp. 18-24.
- OTIM-NAPE G.W. (1987): *Importance, production and utilization of cassava in Uganda*, Proceedings of the International Seminar on African Cassava Mosaic Disease and its Control, CTA, Wageningen, Olanda, pp. 203-218.
- OTIM-NAPE G.W. (1993): *Epidemiology of the African cassava mosaic geminivirus disease (ACMD) in Uganda*, Ph.D. Thesis, University of Reading, UK, 252 pp.
- OTIM-NAPE G.W., BUA A., THRESH J.M., BAGUMA Y., OGWAL S., SEMAKULA G.N., ACOLOLA G., BYABAKAMA B., MARTIN A. (1997): *Cassava Mosaic Virus Disease in Uganda: The Current Pandemic and Approaches to Control*, Natural Resources Institute, Chatham, UK, 65 pp.
- OTIM-NAPE G.W., THRESH J.M., BUA A., BAGUMA Y., SHAW M.W. (1998): *Temporal spread of cassava mosaic virus disease in a range of cassava cultivars in different agro-ecological regions of Uganda*, «*Annals of Applied Biology*», 133, pp. 415-430.
- OTIM-NAPE G.W., THRESH J.M. (2006): *The recent epidemic of cassava mosaic virus disease in Uganda*, in *The Epidemiology of Plant Diseases, 2nd edition*, a cura di B.M. Cooke, D. Gareth Jones e B. Kaye, pp. 521-549.
- PARKER C. (2009): *Observations on the current status of Orobanche and Striga problems worldwide*. «*Pest Management Science*», 65, pp. 453-459.
- PETERSON R.K.D., HUNT T.E. (2003): *The probabilistic economic injury level: Incorporating economic uncertainty into pest-management decision making*, «*Journal of Economic Entomology*», 96, pp. 536-542.
- PLOETZ R.C., PEGG K.G. (1997): *Fusarium wilt of banana and Wallace's line: Was the disease originally restricted to his Indo-Malayan region?* «*Australasian Plant Pathology*», 26, pp. 239-249.

- PLOETZ R.C., PEGG K.G. (1999): *Fusarium wilt*, in *Diseases of Banana, Abaca and Enset*, a cura di D.R. Jones, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 143-159.
- PRETORIUS Z.A., SINGH R.P., WAGOIRE W.W., PAYNE T.S. (2000): *Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene Sr31 in Puccinia graminis f. sp. tritici in Uganda*, «Plant Disease», 84, p. 203.
- RANSOM J.K., BABIKER A.G., ODHIAMBO G.D. (2007): *Integrating crop management practices for Striga control*, in *Integrating new technologies for Striga control - towards ending the witch hunt*, a cura di G. Ejeta e J. Gressel, World Scientific, Singapore, pp. 213-228.
- SAVASTANO L. (1890): *La Patologia vegetale dei Greci, Latini ed Arabi*. «Annuario della Regia Scuola Superiore d'Agricoltura», Portici, 5, 75 pp.
- SIMMONDS N.W. (1966): *Bananas*, 2nd edition, Longmans, Londra.
- STACE-SMITH R., HAMILTON R.I. (1988): *Inoculum thresholds of seedborne pathogens: Viruses*, «Phytopathology», 78, pp. 875-880.
- STOVER R.H. (1962): *Fusarial Wilt (Panama Disease) of Bananas and Other Musa Species*, CMI, Kew, UK.
- THRESH J.M., OTIM-NAPE G.W. (1994): *Strategies for controlling African cassava mosaic geminivirus*, «Adv. Dis. Vector Res», 10, pp. 215-236.
- TOUSSOUN T.A. (1975): *Fusarium-suppressive soils in Biology and Control of Soil-Borne Plant Pathogens*, a cura di G.W. Bruehl, APS Press, American Phytopathological Society, St. Paul, pp. 145-151.
- TRIPATHI L., ODIPIO J., TRIPATHI J.N., TUSIIME G. (2008): *A rapid technique for screening banana cultivars for resistance to Xanthomonas wilt*, «European Journal of Plant Pathology», 121, pp. 9-19.
- TRIPATHI L., TRIPATHI J.N., TUSHEMERIRWE W.K., BANDYOPADHYAY R. (2007): *Development of a semi-selective medium for isolation of Xanthomonas campestris pv. musacearum from banana plants*, «European Journal of Plant Pathology», 117, pp. 177-186.
- TRIPATHI L., MWANGI M., ABELE S., ARITUA V., TUSHEMERIRWE W.K., BANDYOPADHYAY R. (2009): *Xanthomonas Wilt: A Threat to Banana Production in East and Central Africa* «Plant Disease », 93 (5), pp. 440-451.
- TURYAGYENDA L.F., BLOMME G., SSEKIWOKO F., EDEN-GREEN S. (2007): *Determination of the appropriate fallow period to control Xanthomonas wilt following infection of banana*, Abstracts of ISHS/ProMusa symposium: Recent Advances in Banana Crop Protection for Sustainable Production and Improved Livelihoods, pp. 58-59.
- TUSHEMERIRWE W., OPOLOT O. (2005): *BXW history, status and national strategies*, Workshop "Assessing the impact of the banana bacterial wilt *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* on household livelihoods in East Africa", held on Dec. 20<sup>th</sup> 2005 in Kampala, Uganda.
- TUSHEMERIRWE W.K. (2001): *A century of banana research and development in Uganda: 1898-1998*, «Uganda Journal of Agricultural Sciences», 6, pp. 27-36.
- TUSHEMERIRWE W.K., OKAASAI O., KUBIRIBA J., NANAKINGA C., MUHANGI J., ODOI N., OPIO F. (2006): *Status of banana bacterial wilt in Uganda*, «African Crop Science Journal», 14, pp. 73-82.
- VENNE J., BEED F., AVOCANH A., WATSON A. (2009): *Integrating Fusarium oxysporum f. sp. strigae into cereal cropping systems in Africa*, «Pest Management Science», 65, pp. 572-580.

- WAAGE J.K., WOODHALL J.W., BISHOP S.J., SMITH J.J., JONES D.J., SPENCE N.J. (2006): *T15: patterns of new plant disease spread: a plant pathogen database analysis*, in *Foresight. Infectious Diseases: Preparing for the Future—Future Threats*, a cura di J. Brownlie, C. Peckham, J. Waage, M. Woolhouse, C. Lyall, Office of Science and Innovation, Londra.
- WARBURG O. (1894): *Die kulturpflanzen usambaras*, «Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten», 7, p. 131.
- WATSON I.A., DE SOUSA C.N.A. (1983): *Long distance transport of spores of Puccinia graminis tritici in the Southern Hemisphere*. In Proc. Linn. Soc. N.S.W., 106: 311-321.
- WEI Z.M., BEER S.V. (1996): *Harpin from Erwinia amylovora induces plant resistance*, «Acta Horticulturae», 411, pp. 427-431.
- YIRGOU D., BRADBURY J.F. (1968): *Bacterial wilt of enset (Ensete ventricosum) incited by Xanthomonas musacearum sp. nov.*, «Phytopathology», 58, pp. 111-112.