



scienza attiva®

EDIZIONE 2015/2016

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E SOSTENIBILITA'

Le sfide dell'agricoltura

Annalisa Nanni

**Agorà Scienza – Centro Interuniversitario per la
Diffusione e Comunicazione della Cultura
Scientifica**

Documento di livello: A



Un progetto di


agorà scienza
centro interuniversitario



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



scienza attiva®

Fame nel mondo e nuove frontiere dell'agricoltura

L'aumento della popolazione mondiale e del consumo di alimenti stanno causando una richiesta senza precedenti all'agricoltura e alle risorse naturali; l'agricoltura contemporanea affronta una sfida enorme. Oggigiorno, circa un miliardo di persone sono cronicamente malnutrite mentre i nostri sistemi agricoli stanno degradando suolo, acqua, biodiversità e clima a livello globale. Per andare incontro alle necessità future di sicurezza alimentare (intesa come sicurezza di avere a disposizione del cibo) e sostenibilità¹, la produzione alimentare deve crescere in maniera sostenibile e, allo stesso tempo, l'impronta ambientale² dell'agricoltura si deve ridurre drasticamente (Foley et al, 2011).

Fame nel mondo

La percentuale di popolazione mondiale sottanutrita è scesa dal 18,6% (valore nel periodo tra il 1990 ed il 1992) al 10,9% (valore nel periodo tra il 2014 ed il 2016). Secondo il report *"The State of Food Insecurity in the World"* del 2015 pubblicato dalla FAO (*Food Agriculture Organization*), circa 795 milioni di persone nel mondo si trovavano in condizione di sottanutrizione nel periodo tra il 2014 ed il 2016; circa una persona su nove al mondo non ha la possibilità di consumare abbastanza alimenti per condurre una vita sana e attiva. La maggior parte di queste vive in regioni e paesi in via di sviluppo (FAO, 2015).

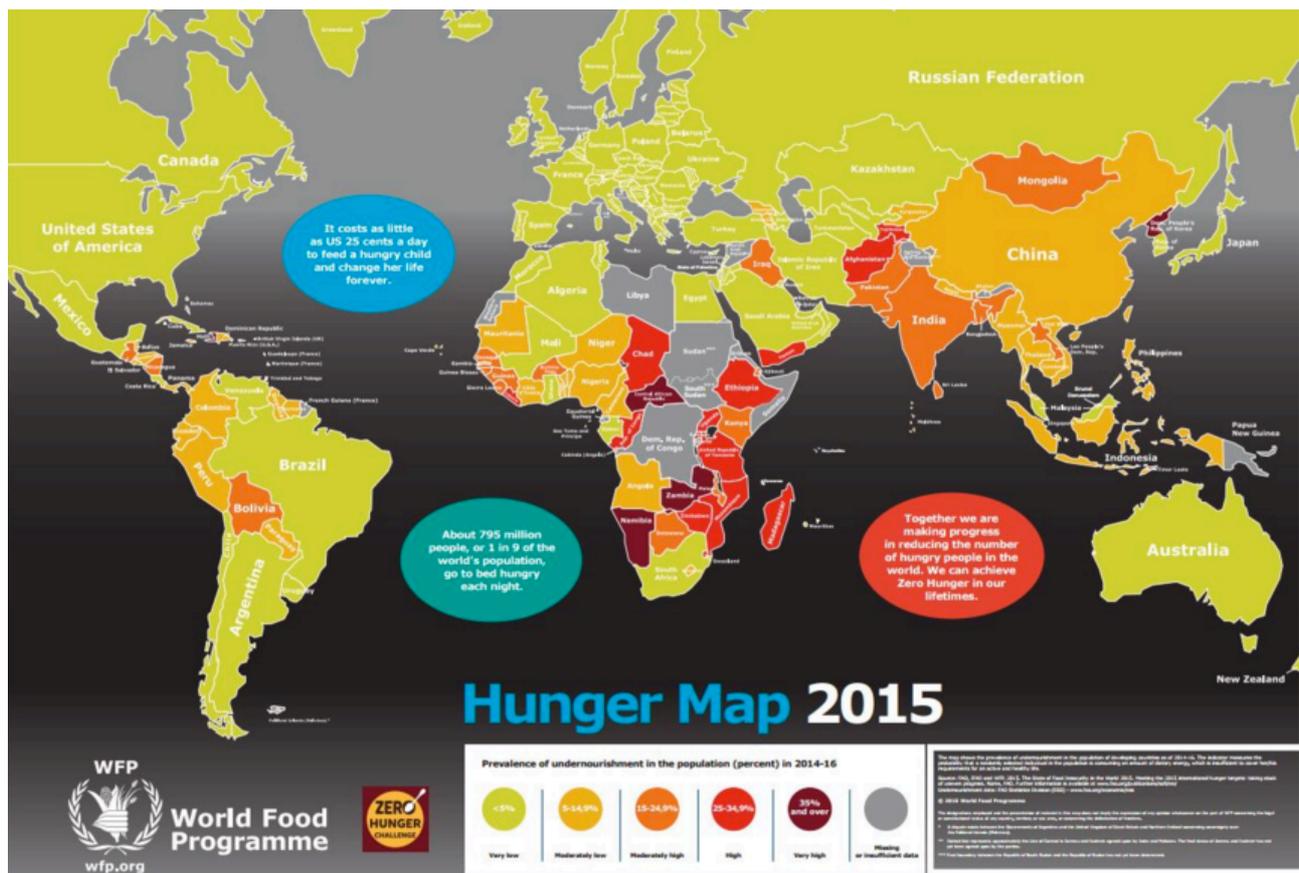


Figura 1 Mappa della fame nel mondo aggiornata al 2015 (World Food Programme).

¹ La **sostenibilità** può essere intesa in ambito sociale, economico ed ambientale. Per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo che permetta da un lato di soddisfare i bisogni della generazione attuale, dall'altro di non compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i loro (Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, ONU).

² L'**impronta ambientale**, o ecologica, è un indicatore utilizzato per valutare il consumo, da parte dell'uomo, di risorse naturali rispetto alla capacità della terra di rigenerarle.

Popolazione mondiale in aumento

Secondo le più recenti stime, aggiornate a luglio 2015, l'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite) prevede che nell'anno 2030 sul nostro pianeta ci saranno circa 8,5 miliardi di abitanti, nel 2050 9,7 miliardi e nel 2100 11,2 miliardi (Gerland et al, 2014). La notizia che nel 2100 si stimano 11 miliardi di persone è una notizia relativamente recente, del 2014, e la cifra è di circa due miliardi superiore rispetto alle stime precedenti; questo costringerà a rivedere molti altri parametri globali in termini di sviluppo socioeconomico e di sostenibilità ambientale delle attività umane (Le Scienze, 2014). **La FAO prevede che per nutrire i 9 miliardi di abitanti del nostro pianeta nel 2050 sarà necessario un aumento della disponibilità di alimenti del 70% rispetto all'attuale disponibilità** (FAO, 2012).

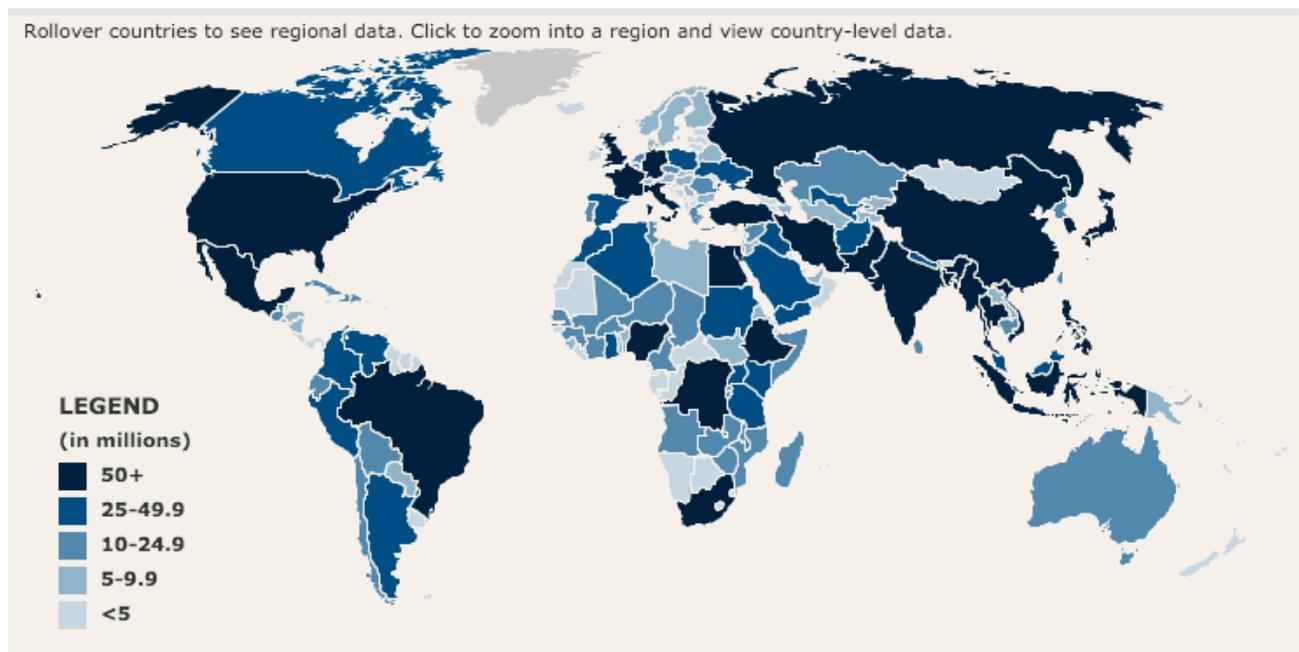


Figura 2 Mappa che illustra la densità di popolazione nel mondo (Population Reference Bureau, 2013).

L'agricoltura

L'agricoltura è l'attività umana che consiste nella coltivazione di specie vegetali allo scopo di ottenere prodotti dalle piante, da utilizzare a scopo alimentare ma non solo. A differenza della semplice raccolta dei prodotti naturali, l'agricoltura è una tecnica che interviene modificando i fattori naturali della produzione vegetale allo scopo di incrementare, in qualità e quantità, il prodotto. La raccolta, infatti, sfrutta la produzione naturale del tutto subordinata alle esigenze specifiche delle piante e alle dinamiche dell'ecosistema senza alcun intervento dell'uomo. L'agricoltura prevede invece l'intervento dell'uomo nel correggere, a suo favore, le condizioni intrinseche ed estrinseche che determinano la produzione vegetale.

La storia e l'evoluzione dell'agricoltura vanno di pari passo con lo sviluppo tecnologico umano e lo sviluppo di conoscenze o tecniche di coltivazione. In generale nella storia dell'agricoltura si passa, progressivamente, attraverso varie tappe:

- raccolta di prodotti naturali spontanei (prima di 10.000 anni fa);
- agricoltura di sussistenza (tramite domesticazione delle specie vegetali, circa 10.000 anni fa nella zona della Mezzaluna fertile);
- agricoltura estensiva basata su latifondo e la rotazione delle colture (circa fino al 1600 d.C);

- agricoltura di tipo intensivo e specializzata, sempre più meccanizzata, con uso di fertilizzanti e tecniche di ingegneria genetica e con finalità di commercializzazione sul relativo mercato agricolo (a partire dal 1600 fino ad oggi, chiaramente per vari gradi di sviluppo);

Queste tipologie di coltivazione continuano a coesistere tutt'oggi in diverse parti del mondo, legate al livello di sviluppo economico del rispettivo paese di interesse (Wikipedia).

La rivoluzione verde e l'agricoltura moderna

Il termine “rivoluzione verde” è stato coniato per indicare un approccio innovativo ai temi della produzione agricola che, attraverso l'impiego di varietà vegetali geneticamente selezionate e l'introduzione massiva di fertilizzanti, fitofarmaci, acqua e altri investimenti di capitale in forma di mezzi tecnici, ha consentito un incremento significativo delle produzioni agricole in gran parte del mondo tra gli anni quaranta e gli anni settanta del 1900. Le pratiche tradizionali usate prima della rivoluzione verde non erano in grado di fornire prodotti in larga quantità, economici, attraenti per i consumatori ma soprattutto coerenti con gli standard qualitativi e di sicurezza imposti dalla legge nonché adatti ai processi di trasformazione industriale. Una parte di questa agricoltura tradizionale prende oggi il nome di *agricoltura biologica*, che costituisce comunque una nicchia di mercato e presenta prezzi medio-alti.



Figura 3 Meccanizzazione dell'agricoltura (www.onegreenplanet.org).

Tale processo di innovazione delle tecniche agrarie iniziò in Messico nel 1944, ad opera dello scienziato statunitense Norman Borlaug (premio Nobel per la pace nel 1970), con l'obiettivo di selezionare nuove varietà in grado di soddisfare le crescenti richieste alimentari e ridurre le aree a rischio di carestia. Oggi le tecniche sviluppate e i caratteri genetici selezionati sono diffusi in tutti i continenti; tra le nazioni dove questo nuovo modo di fare agricoltura ha dato i migliori risultati si annoverano l'India e il sud-est asiatico ed il Centro-Sud America (Govindan Parayil, *The Green Revolution in India: A Case Study of Technological Change, Technology and Culture*, v. 33, no. 4

(1992), pp. 738-739 // *The Beginning of the Green Revolution, The University of Minnesota College of Agriculture, Food and Environmental Sciences*). La produzione cerealicola dell'Asia si elevò complessivamente dai 385 milioni di tonnellate del 1965 a oltre un miliardo di tonnellate nel 2005. Questo forte incremento va attribuito all'adozione di nuove specie vegetali la cui diffusione nei paesi in via di sviluppo è salita del 20% (frumento) e del 30% (riso) nel 1970 e del 70% per entrambe i tipi di cereali dal 1990 in poi.

Il problema dell'alimentazione legato al raddoppio della popolazione fu "superato" grazie alla crescita della produzione cerealicola: nel 1965 si producevano 207 kg di cereali pro capite, nel 2005, invece, 275 kg. Il consumo di calorie a persona è salito, tra il 1981 e il 2003, di oltre il 40% (da 1891 a 2695 kcal per giorno/persona). Sono anche degni di nota i progressi nell'aspettativa di vita e nella mortalità infantile. Le dimensioni della sottanutrizione sono chiaramente diminuite. La regressione più elevata ha avuto luogo nell'Asia dell'est e del sud-est (dal 43% del 1969-1971 al 13% nel 1996-1998); in Africa, al contrario, la percentuale è scesa di poco. A causa delle condizioni climatiche e della complessa situazione geo-politica, gli sforzi nell'Africa sub-sahariana sono risultati meno significativi, infatti ancora oggi soffre di carestie endemiche.

Senza la Rivoluzione Verde nei paesi in via di sviluppo oggi i raccolti sarebbero inferiori del 22% e la disponibilità calorica pro capite sarebbe ridotta del 14%, con un maggior numero di sottoalimentati.

Il miglioramento del rendimento dei raccolti si accompagna ad un incremento dell'uso di combustibili fossili: infatti, gli ibridi vegetali prodotti con la rivoluzione verde sono più efficienti nello sfruttamento dei mezzi tecnici usati e si avvalgono della meccanizzazione in agricoltura.

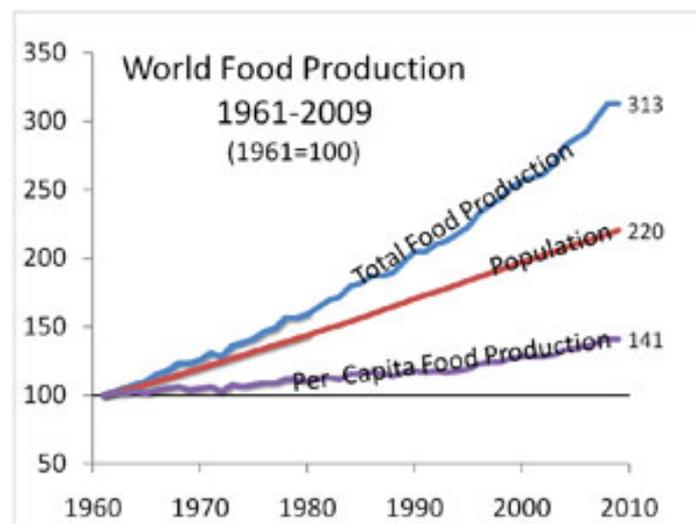


Figura 4 Produzione alimentare mondiale tra il 1961 ed il 2009 (Population Study Center, Institute for Social Research, 2011)

Le tecnologie introdotte dalla rivoluzione verde si possono suddividere in due categorie:

- **miglioramento genetico**: la maggior parte dei raccolti consumati dal pubblico di massa delle nazioni industrializzate è costituita da raccolti derivati da sementi ottenute dalla rivoluzione verde. La progettazione di ibridi, realizzati mediante impollinazione incrociata fra piante appartenenti a linee pure ottenute da selezione individuale nell'arco di più generazioni, per produrre la combinazione desiderata di caratteristiche in una singola varietà, era motivata dal desiderio in primo luogo di aumentare il rendimento del raccolto, e anche di estendere la durata per il trasporto e la longevità per la conservazione. La maggior resa degli ibridi si basa sul fenomeno genetico dell'eterosi, comunemente detto "vigore degli ibridi".
- **tecniche agricole**: che, in breve, prevedono l'utilizzo massiccio di fertilizzanti chimici al fine di fornire alla pianta un'adeguata quantità di macro e micronutrienti (in particolare azoto e fosforo), metodi di irrigazione efficaci, utilizzo di macchinari pesanti (anche se le

mietitrici meccanizzate ed altre macchine agricole erano già conosciute, la rivoluzione verde portò alla minimizzazione del lavoro umano necessario in ambito agricolo, delegandolo per la maggior parte alle macchine) ed utilizzo massiccio di fitofarmaci contro malerbe (piante infestanti) e insetti nocivi.

Per quanto abbia portato all'aumento della produzione agricola, la rivoluzione verde ha comportato conseguenze importanti dal punto di vista ambientale che andremo a vedere più nel dettaglio nei paragrafi successivi. Tenendo comunque conto delle implicazioni negative di una pratica agricola intensiva troppo spinta, la continua crescita dei fabbisogni alimentari mondiali, la necessità di mantenere bassi i prezzi degli alimenti, la riduzione della superficie coltivabile, l'esigenza di coltivare anche in zone nettamente sfavorevoli (talvolta anche a causa dell'inquinamento) e di poter ottenere prodotti di qualità nutrizionale elevata, pongono gli operatori davanti ad una limitata rosa di scelte. D'altra parte l'agricoltura intensiva presenta evidenti problemi di sostenibilità: per questo di anno in anno cresce l'esigenza di una tecnologia di settore sempre più attenta alle problematiche ambientali.

Lo stato attuale dell'agricoltura

In base ai dati della FAO, i terreni coltivabili coprono oggi 1,53 miliardi di ettari (circa il 12% delle terre emerse non ricoperte di ghiaccio), i terreni a pascolo 3,38 miliardi di ettari (circa il 26% delle terre emerse non ricoperte dai ghiacciai); considerando queste due tipologie, **l'agricoltura occupa il 38% della superficie terrestre** (Foley et al, 2011). E' il maggiore impiego di terra del pianeta (FAO Stat).

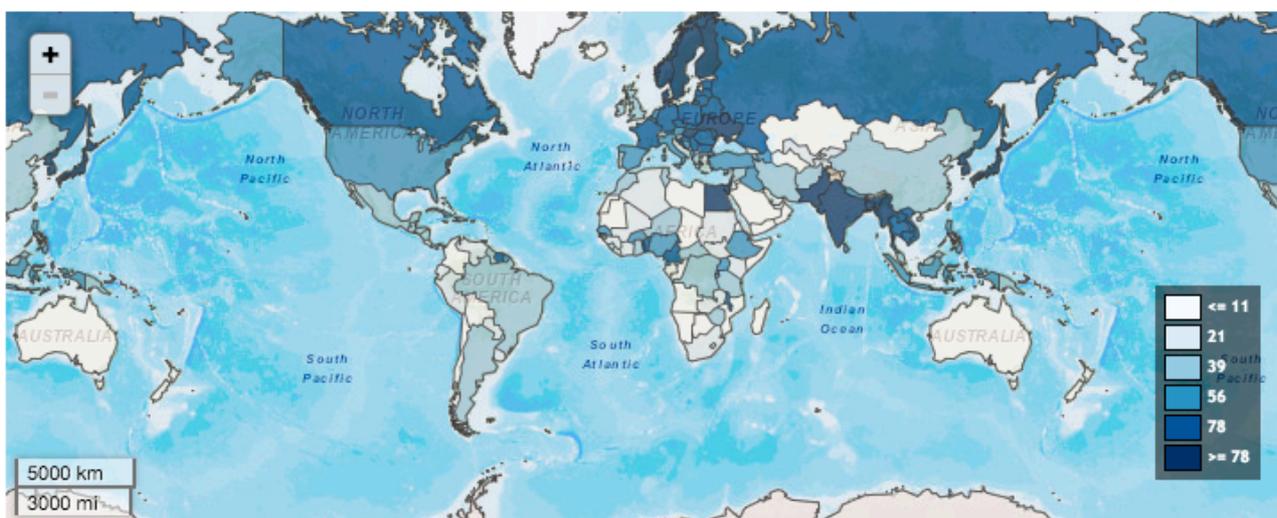


Figura 5 Percentuale di terreni dedicati all'agricoltura nelle varie nazioni, tra il 2010 ed il 2011 (Faostat, 2011).

Superficie agricola pro capite (ha) dal 1950 al 2050 (WWI, 2009; agg.)

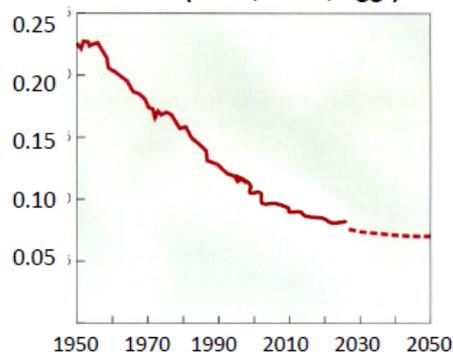


Figura 6 Progressiva riduzione della superficie agricola procapite (in ettari) in seguito all'aumento della popolazione mondiale, dal 1950 al 2050.

La produzione delle colture agricole

Nelle ultime decine di anni, la produzione globale delle colture è considerevolmente aumentata. Sulla base di osservazioni di gruppi di colture molto comuni, come cereali, semi oleosi, frutta e verdura, si stima che la produzione sia aumentata del 47% dal 1985 al 2005.

Questo aumento generalizzato nella produzione delle colture combacia con un aumento dei terreni coltivabili di solo 2,4%: questo suggerisce che si è verificato un aumento nella resa delle colture del 25% (Foley et al, 2011). **Secondo le stime della FAO, la risposta alla futura domanda di cibo, dipenderà per un 90% dall'aumento della resa delle colture.**

Impieghi delle colture

Non tutte le colture sono destinate all'alimentazione umana. Una parte di queste viene destinata a scopi non alimentari come la nutrizione animale (pascoli, erba medica, soia, etc), la produzione di sementi, la produzione bioenergetica e altre produzioni industriali (bioplastiche, biocoloranti, etc). Questo chiaramente colpisce la quantità di alimenti disponibili nel mondo.

Attualmente, solo 62% della produzione delle colture è destinata all'alimentazione umana mentre il 35% è destinata alla produzione mangimistica e il 3% a produzioni industriali. Ci sono, inoltre, distinzioni tra i vari paesi nella distribuzione tra coltivazioni a scopo alimentare e nutrizione animale: in nord America ed Europa solo il 40% dei terreni coltivati sono destinati alla produzione per alimentazione umana mentre in Africa e Asia ne viene destinato circa l'80%.

Sommando i terreni coltivati a scopo di produzione mangimistica ai terreni coltivati a scopo di pascolo, se ne ricava che la percentuale di terreno coltivato per gli animali sul totale di terreni coltivati nel mondo è del 75%! L'allevamento incide quindi moltissimo sulla disponibilità di terreni coltivabili per la nutrizione umana. Considerando le due grandi sfide che l'agricoltura deve affrontare nel prossimo futuro (domani!), cioè nutrire l'intera popolazione umana e farlo in maniera più sostenibile, questo è un risultato che merita un'attenta valutazione.

C'è da sottolineare che, però, la produzione di carne e prodotti caseari (cui sono destinati i terreni coltivati per pascolo o mangimistica) non sottrae sempre qualcosa alla coltivazione per la nostra nutrizione: spesso i pascoli sono situati in zone inadatte alla coltivazione di altre produzioni alimentari (Foley et al, 2011).



Figura 7 Allevamento bovini e terrazzamenti per la coltivazione di riso (www.coltivarefacile.it).

Impatto globale dell'agricoltura sull'ambiente

Gli impatti dell'agricoltura sull'ambiente sono causati o dalla sua **espansione** (quando i terreni coltivati si espandono in nuove aree, rimpiazzando gli ecosistemi naturali) e dalla sua **intensificazione** (quando i terreni già coltivati vengono trattati in maniera da essere più produttivi, spesso tramite irrigazione, fertilizzazione, meccanizzazione ed utilizzo di biocidi).

→ L'**espansione dell'agricoltura** ha avuto un impatto enorme sull'ambiente, sulla biodiversità, sulle riserve di carbonio e sulle condizioni del suolo. Basti pensare che in tutto il mondo l'agricoltura ha già eliminato o convertito il 70% delle praterie, il 50% della savana, 45% delle foreste decidue ed il 27% del bioma³ delle foreste tropicali.

Oggi, l'agricoltura si sta principalmente espandendo nelle zone intertropicali, dove si stima che l'80% delle nuove terre coltivate stia rimpiazzando le foreste. Questo dato è preoccupante, dal momento che le foreste sono serbatoi di diversità ed ecosistemi chiave. L'eliminazione delle foreste tropicali ed equatoriali è anche un'importante fonte di emissione di gas serra. La fotosintesi delle piante, infatti, provvede alla fissazione del carbonio atmosferico: le piante assorbono carbonio dall'atmosfera sotto forma di CO₂ e lo fissano, lo inseriscono, cioè, in composti organici (i più conosciuti dei quali sono i carboidrati, semplici o complessi, come il fruttosio, la cellulosa, l'amido, etc); in questa maniera le piante "sottraggono" CO₂ all'atmosfera (riducendo così l'effetto serra). Si stima, infatti, che l'eliminazione di queste foreste causi la mancata fissazione (e la mancata sottrazione all'atmosfera) di 1,1 x 10¹⁵ grammi di carbone ogni anno, circa il 12% delle emissioni totali di CO₂ da parte dell'attività antropica. Rallentare o bloccare totalmente l'espansione dei terreni coltivati ai tropici può quindi ridurre le concentrazioni di CO₂ in atmosfera, oltre che la perdita di biodiversità ed ecosistemi chiave. L'espansione dell'agricoltura, inoltre, ha portato ad un aumento relativamente ridotto delle riserve di cibo mondiali; la maggior parte dell'aumento di produzione è stata ottenuta tramite intensificazione dell'agricoltura.

→ L'**intensificazione dell'agricoltura** è drammaticamente aumentata nelle ultime decine di anni: negli ultimi cinquant'anni, l'irrigazione dei terreni coltivati nel mondo è raddoppiata, mentre l'utilizzo di fertilizzanti è aumentato del 500% (si arriva addirittura fino all'800% solo per l'azoto). Negli ultimi venti anni l'utilizzo di fertilizzanti, come di fitofarmaci⁴, si è fortemente ridotto dove

³ Il **bioma** è un'ampia porzione di biosfera (zona in cui le condizioni ambientali permettono la vita) individuata e classificata in base al tipo di vegetazione dominante. Dal momento che la vegetazione influenza la presenza di animali, in un dato bioma troveremo un insieme di vegetali, animali, funghi, batteri ed insetti che interagiscono tra loro. I biomi possono essere acquatici (biomi di acqua salata, mari, o di acqua dolce, fiumi, laghi) o terrestri; quelli terrestri vengono suddivisi in base alla popolazione vegetale ed alle caratteristiche climatiche (bioma tundra, bioma mediterraneo, bioma deserto, bioma polare, etc) (Wikipedia).

⁴ I **fitofarmaci** sono prodotti utilizzati per la protezione delle piante. Li si distingue in fitofarmaci atti a distruggere gli organismi nocivi per le piante (virus, batteri, funghi, insetti, altre piante, quindi battericidi, fungicidi, insetticidi,

troviamo i sistemi agricoli più avanzati mentre è cresciuto nei paesi in via di sviluppo. L'intensificazione ha causato la degradazione dell'acqua, l'aumento dell'energia utilizzata per la coltivazione e la diffusione dell'inquinamento. Il 70% del totale dei prelievi di acqua dolce viene utilizzato nell'agricoltura, sebbene sia da ricordare che nel passato questa percentuale fosse molto maggiore. Inoltre, l'utilizzo dei fertilizzanti, del letame e le coltivazioni di leguminose hanno modificato i cicli di azoto e fosforo con conseguenti impatti sulla qualità dell'acqua, sugli ecosistemi acquatici e sull'industria ittica marina. Occorre peraltro ricordare che la voce più rilevante dell'inquinamento delle acque e dei suoli è certamente di origine extra-agricola ed è legata a sviluppo industriale ed urbanizzazione.

Insieme, espansione e intensificazione dell'agricoltura contribuiscono ai cambiamenti climatici: l'agricoltura è responsabile del 30-35% delle emissioni mondiali di gas serra, a causa della deforestazione (12% di cui si parlava in precedenza) ma anche a causa delle emissioni di metano da parte del bestiame e dalla coltivazione del riso e delle emissioni di ossido nitroso dai suoli fertilizzati (Foley et al, 2011). Anche in questo caso occorre, però, evidenziare che l'agricoltura fornisce solo un contributo all'emissione dei gas serra, dal momento che anche i sistemi naturali (in particolare quelli umidi) e gli animali selvatici emettono gas serra con un tasso superiore a quello dei sistemi colturali degli animali allevati. Il ruolo dell'agricoltura è invece evidente come consumatrice di fonti di carbonio organico (foreste e sostanza organica nel suolo).

Aumentare la produzione alimentare e la sostenibilità dell'agricoltura

Per affrontare entrambe le sfide future, cioè la sicurezza alimentare del mondo futuro (intesa come disponibilità di alimenti per tutti) e la sostenibilità ambientale, l'agricoltura deve andare incontro a delle trasformazioni.

Per soddisfare la richiesta di cibo dettata dall'aumento della popolazione e dall'aumento del consumo, è necessario che entro il 2050 la produzione alimentare aumenti del 70% rispetto a oggi (FAO). Sarà necessario anche migliorare la distribuzione e l'accessibilità agli alimenti. Oltre a ciò, la trasformazione **dell'agricoltura dovrà ridurre le emissioni di gas serra almeno del 20%**, ridurre le perdite in termini di biodiversità ed habitat, ridurre l'utilizzo insostenibile dell'acqua e ridurre l'inquinamento dell'acqua da parte di fitofarmaci e fertilizzanti.

Per rendere l'agricoltura più sostenibile è certamente necessario **limitare** o fermare del tutto la sua **espansione**, in particolare nelle zone tropicali. La parte di produzione agricola derivante dai terreni tropicali deforestati sarebbe facilmente "recuperabile" riducendo le perdite degli altri terreni coltivati e migliorando la resa dei terreni già destinati alle coltivazioni per l'alimentazione umana. Riducendo o bloccando del tutto l'espansione dell'agricoltura, l'unica risposta possibile e sostenibile per poter soddisfare la crescente richiesta di alimenti è l'**aumento la resa** dei terreni già coltivati.

Nel mondo ci sono molte differenze nella resa delle colture dette "*yield gap*": differenze osservate tra le rese di colture in dato posto nel mondo e la potenziale resa di quella specifica coltura nello stesso dato posto in base alle attuali pratiche e tecnologie agricole. Questi *yield gap* possono essere dovuti a gestioni non ottimali delle colture, come spesso succede in alcune parti dell'Africa, America Latina ed Europa dell'Est ed alla scarsa disponibilità di acqua e nutrienti per le colture. Uno strumento che in futuro porterà all'aumento della resa delle colture è il miglioramento genetico delle stesse.

Un altro punto molto importante è, quindi, rendere **l'intensificazione agricola sostenibile**, puntando alla riduzione del consumo insostenibile di acqua e di fertilizzanti e fitofarmaci, soprattutto in previsione della riduzione dell'espansione dell'agricoltura.

L'**acqua** è certamente un fattore decisivo per l'intensificazione agricola, basti pensare che nel mondo, senza l'irrigazione, le colture cerealicole produrrebbero un 20% in meno e sarebbe quindi necessario coltivare altre terre per ottenere gli stessi livelli di produzione. Nelle zone in cui l'acqua

erbicidi, etc), a conservare le piante e a influire sui processi di crescita delle piante (fitoregolatori, ad esempio ormoni vegetali). Da quest'ultima categoria sono esclusi i nutrienti delle piante che sono definiti **fertilizzanti**.

scarseggia, le buone pratiche di gestione del terreno e delle risorse idriche possono aumentare l'efficienza di irrigazione. Ad esempio, si possono ridurre i livelli di evaporazione dell'acqua nelle diverse fasi: nel momento del trasporto, in campo, ricoprendo di residui vegetali il terreno in maniera da generare una sorta di effetto serra ed evitando l'aratura (che aumenta i livelli di evaporazione). In questa maniera si aumenta il valore di irrigazione dell'acqua e, conseguenza, il quantitativo di acqua necessaria alla coltivazione.

In alcune parti del mondo (Cina, nord dell'India, USA, Europa dell'est), l'**eccessivo utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci** che, tramite il terreno, raggiungono le falde acquifere, ha causato il deterioramento di laghi, fiumi e delle acque costiere. D'altro canto, in molte parti del mondo, l'insufficiente disponibilità di nutrienti (altrimenti forniti tramite fertilizzanti) è una delle maggiori problematiche agricole.

Come aumentare la resa delle colture

Il futuro dell'agricoltura mondiale sta quindi nell'**aumento della resa nei terreni già destinati all'agricoltura**: questa strategia permette di evitare l'aumento delle emissioni di gas serra derivanti dall'agricoltura e la distruzione di ulteriori ecosistemi naturali e di biodiversità (Edgerton, 2009). Nuove e più efficienti tecniche e tecnologie di gestione delle colture e dei suoli porteranno ad un'agricoltura più efficiente; intensiva ma meno nociva per l'ambiente (Foley et al, 2011). Ad esempio, le pratiche conservative di lavorazione del suolo⁵, al posto della tradizionale aratura, permettono di ridurre l'erosione dei suoli e di conservarne l'umidità.

Al fine di aumentare la resa delle colture e ridurre l'utilizzo di fitofarmaci e fertilizzanti una strategia molto promettente, su cui si stanno già spendendo energie e risorse, è quella di sviluppare nelle piante la resistenza agli stress o utilizzare tecniche che permettano di ridurli. Gli stress vengono suddivisi in:

- stress abiotici: non sono causati da organismi viventi. Possono essere stress salini, in condizioni di eccessiva salinità, stress osmotici, in condizioni di eccessiva quantità di soluti, stress idrici, in condizioni di ridotta quantità di acqua, etc;
- stress biotici: causati da organismi viventi, quindi insetti, funghi, batteri e virus (anche se i virus non sono considerati organismi viventi perché non autosufficienti nella loro moltiplicazione, hanno infatti bisogno di un altro organismo da attaccare e sfruttare per moltiplicarsi).

Le tecniche di controllo contro i patogeni delle piante (agenti di stress biotici) come la lotta integrata⁶, l'utilizzo di insetti geneticamente modificati o di piante resistenti a patogeni permettono di ridurre notevolmente l'utilizzo di fitofarmaci (erbicidi ed insetticidi) e, allo stesso tempo, di evitare la perdita di raccolto in seguito a malattie, aumentando quindi la resa della coltura.

⁵ Le **lavorazioni del suolo** consistono in un insieme di operazioni agronomiche eseguite sul terreno attraverso macchine o attrezzi che influenzano la lisciviazione (il passaggio) dei nitrati (nutrienti fondamentali per le piante) nelle acque sotterranee: ridurre la profondità di aratura e l'intensità delle lavorazioni può contribuire a limitare le perdite di azoto dal terreno oltre a consentire risparmi energetici ed economici (ERSAF, Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste).

⁶ La **lotta integrata** è una tipologia di lotta contro i patogeni delle piante (generalmente sfruttata contro gli insetti ma applicabile anche contro altri organismi) che prevede il contenimento, non la completa eradicazione, del patogeno in questione. Questa strategia permette di ridurre drasticamente l'utilizzo di fitofarmaci, aumentando quindi la sostenibilità di queste colture. Il controllo ed il contenimento del patogeno vengono fatti tramite fitofarmaci molto selettivi (hanno un effetto nocivo solo il patogeno e non gli altri organismi/insetti, come nel caso delle tossine *Cry* di *Bacillus thuringiensis*), tramite fitofarmaci che si degradano molto facilmente una volta rilasciati (che hanno quindi un'azione immediata ma non duratura), tramite la lotta biologica (inserire in quell'ambiente predatori naturali del patogeno), tramite tecniche di autocidio (come la SIT – Sterile Insect Technique – che prevede il rilascio di individui sterili della stessa specie del patogeno nell'area di interesse, in maniera che la popolazione di quella specie di insetto si riduca drasticamente in quella zona), tramite tecniche di confusione sessuale (trappole a feromoni che confondono gli insetti) e tramite tecniche di buona gestione della coltura (applicazione dei fitofarmaci solo quando c'è un elevato rischio di attacco da parte del patogeno e possibilmente lontano dalle piogge, etc).

Lo sviluppo della resistenza agli stress abiotici, in particolare allo stress idrico, è un carattere tecnologico che andrà sempre più ad interessare le colture. La capacità delle piante di sopravvivere anche con una scarsa disponibilità di acqua permetterà di:

- a) coltivare in zone aride attualmente non coltivate e pressoché prive di vegetazione (aumento della quantità di terreni coltivabili senza, però, andare a sottrarre dei terreni ai boschi e foreste);
- b) aumentare la resa delle colture in zone aride;
- c) ridurre la domanda di irrigazione nelle colture irrigate.

Al fine di aumentare la resa delle colture è anche possibile indurle a concentrare maggiori energie nella produzione delle parti edibili della pianta piuttosto che nelle altre (ad esempio, inducendo il grano a produrre più spighe e meno foglie).

In generale, aumento della resa e resistenza a stress biotici ed abiotici sono caratteristiche che si possono ottenere tramite incrocio tradizionale tra le piante, tramite incrocio tradizionale con successiva selezione genetica assistita da marcatori (analisi del DNA che permette di definire quali sono le piante, derivanti da quell'incrocio, che hanno una determinata caratteristica di interesse agrario) o tramite trasformazione genetica del DNA della pianta in questione.

Tutte queste strategie, che sono solo alcune di quelle “adottabili”, vanno sfruttate insieme, in maniera sinergica, senza quindi concentrarsi su una soluzione a priori (Foley et al, 2011). A conclusione di questo documento sull'agricoltura mondiale, si può affermare che ciò che serve all'umanità per garantirsi la sicurezza alimentare è una seconda rivoluzione verde (Le Scienze, La seconda rivoluzione verde, 2014).

Bibliografia

Foley et al, 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature, 20/10/2011, vol. 478, pag. 337.

FAO, 2015. The State of Food Insecurity in the World. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stick of uneven progress.

Gerland et al, 2014. World population stabilization unlikely this century. Science, vol. 346, issue 6206, p 234-237.

Le Scienze. Un pianeta sempre più affollato. 22 settembre 2014.

Wikipedia

Govindan Parayil, The Green Revolution in India: A Case Study of Technological Change, Technology and Culture, v. 33, no. 4 (1992), pp. 738-739

The Beginning of the Green Revolution, The University of Minnesota College of Agriculture, Food and Environmental Sciences

Increasing crop productivity to meet global needs for feed, food and fuel, Edgerton, 2009. Plant Physiology, vol 149, pp 7-13.

Population reference Bureau, 2013.

Population Studies Center - Institute for Social Research, 2011.

Faostat ([http://faostat3.fao.org/browse/E//E](http://faostat3.fao.org/browse/E/*/E))*

World Population Clock, a Worldmeter

International Data Base, popolazione mondiale

World Food Programme, 2015.

ONU, Organizzazione delle Nazioni Unite

Le Scienze, La seconda rivoluzione verde (2014).

<http://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=22>

<http://cdm15738.contentdm.oclc.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/128362/filename/128573.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/013/am023it/am023it00.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf>