

# Agricoltura Sostenibile

Principi, sistemi e tecnologie  
applicate all'agricoltura produttiva  
per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela climatica

a cura di

**Michele Pisante**



Edagricole

## GRUPPO **24** ORE

© Copyright 2013 by «Edagricole - Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE Spa»,  
via Monte Rosa, 91 - 20149 Milano  
Redazione: via Goito, 13 - 40126 Bologna

5411

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguibile (art. 171 della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza l'autorizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norma di legge.

Realizzazione grafica: Emmegi prepress, via F. Confalonieri, 36 - 20124 Milano  
Impianti e stampa: Faenza Industrie Grafiche, via Vittime Civili di Guerra, 35 - Faenza (RA)  
Finito di stampare nel maggio 2013

ISBN 978-88-506-5411-6

*e le acque consumano la pietra,  
le alluvioni portano via il terreno:  
così tu annienti la speranza dell'uomo.*  
(Gb 14, 19)

**A mia moglie  
Anna Carmela**

Edagricole

Edagricole

# Invito alla lettura

Aderisco volentieri alla richiesta di esprimermi su questo volume “**Agricoltura sostenibile**”, edito dal Gruppo 24 Ore con il suo marchio Edagricole, soprattutto perché il tema mi riporta a più di venti anni fa, quando nel giugno 1992 si tenne ai Georgofili una Giornata di Studio appunto sull’allora nuovo tema “Agricoltura sostenibile – memorandum sul futuro dell’agricoltura nella Comunità Europea”. L’Acc. Francesco Bonciarelli, allora Ordinario di agronomia nella Università di Perugia, illustrò e commentò il “Wageningen Memorandum” redatto e discusso per tre giorni a Lunteren nel settembre 1991 da 24 esperti europei, per essere alla fine approvato “con comprensibili mediazioni e reciproci compromessi tra agronomi ed ecologisti” e con il battesimo del nuovo significato dato al termine italiano “sostenibile”. Tutto è riportato negli Atti della nostra Accademia, ai quali rinvio<sup>1</sup>. Alla parola agricoltura vengono aggiunti di continuo nuovi aggettivi (“biologica”, “integrata”, “bilanciata”, “biodinamica”, ecc.). Quello di “sostenibile”, tratto da una discutibile traduzione dall’inglese *sustainable*, assume però un significato diverso da quello già usato dai nostri agricoltori per riferirsi al *sostegno* economico. I francesi, infatti, lo hanno tradotto con il termine *raisonable*, così come noi si è continuato ad adottare il termine *razionale*.

Stiamo andando sempre più incontro ad una agricoltura intesa come attività di interesse soprattutto ambientalistico che non può però prescindere dal reddito per gli agricoltori e non può prevalere sulla primaria esigenza di produrre alimenti.

L’agricoltura, come tutte le attività umane, deve tener conto di ogni elemento di valutazione per fare scelte equilibrate fra gli obiettivi prioritari e irrinunciabili, da adattare razionalmente ai singoli casi, senza eccedere in un unico senso. Se il termine *sostenibile* venisse usato con questo significato, sarebbe sinonimo di *razionale*. Ma ho motivo di ritenere che non sia agevole fare distinzioni univoche tra i due termini, considerato l’ampio grado di soggettività che può viziare le valutazioni di parametri quali priorità, urgenza, esigenze contingenti, ecc..

Come autorevolmente rileva l’Accademia della Crusca, la nostra lingua, ricca di termini e di sfumature, si adegua continuamente ai neologismi, all’uso sempre più frequente di termini stranieri e al gergo che viene creato soprattutto nel linguaggio delle nuove generazioni.

Per aggiornare la definizione della stessa parola *agricoltura* i Georgofili hanno ritenuto opportuno proporre la seguente: “*Complesso delle attività svolte per gestire e tutelare razionalmente le risorse produttive rinnovabili della biosfera*”. Questa definizione contempla anche le istanze ambientaliste che, d’altra parte, gli agricoltori hanno sempre cercato di rispettare, anche se il progresso e l’impiego

<sup>1</sup> Atti dell’Accademia dei Georgofili, Anno 1992, VII Serie, Volume 39 – Quaderno I, 1992 – “Agricoltura sostenibile. Memorandum sul futuro dell’agricoltura nella Comunità Europea”.

## Invito alla lettura

di nuovi mezzi per incrementare le produzioni unitarie, hanno finito spesso per oltrepassare i limiti della razionalità, richiedendo correzioni e continui adeguamenti delle tecniche.

Gli agricoltori sono sempre stati e sono tuttora i primi ed i più interessati a tutelare l'ambiente, che è l'indispensabile matrice naturale delle loro attività. Lo dimostrano, con evidenza, i disastri idrogeologici che avvengono nelle aree da essi abbandonate. Agricoltori e ambientalisti dovrebbero quindi operare con una visione condivisa delle esigenze ambientali e produttive, nonché delle inderogabili attività multifunzionali che l'agricoltura continua a svolgere (gratuitamente) nel pubblico interesse.

Questa auspicata univoca visione va colta come obiettivo generale che certamente si propone il volume "Agricoltura sostenibile" realizzato a cura di Michele Pisante, di oltre 400 pagine redatte da circa 30 autori. Si tratta di un'opera che merita ogni apprezzamento per l'impegno dedicatovi da autori generazionalmente giovani, chiamati ad affrontare i problemi di un'agricoltura ricca di possibili innovazioni tecnologiche e di preziose conoscenze scientifiche nuove, in una prospettiva socio-politica mondiale, chiamata a risolvere i grandi problemi comuni del nostro pianeta.

L'uso del termine "sostenibile" è ormai di fatto usato da una moltitudine di persone, quindi va accettato. Ma è importante che si sia tutti chiaramente consapevoli del significato che intendiamo specificamente attribuire a questo o ad altri nuovi termini che non mancheranno di venire proposti, ma senza accoglierli e diffonderli acriticamente, quando sono inutili o, peggio, equivoci.

**Franco Scaramuzzi**

# Ringraziamenti

Il mio grazie di cuore è rivolto a tutti gli Autori che con infinita generosità del loro tempo, proposte e attiva partecipazione hanno contribuito alla realizzazione di questo libro, frutto di un armonico lavoro di squadra.

Un ringraziamento particolare ai revisori anonimi, per l'importanza del contributo offerto dal punto di vista scientifico, nella validazione di concetti, obiettivi, interpretazione di risultati ed evidenze sui diversi argomenti trattati e infine, dettaglio non trascurabile, per aver letto e riletto le diverse stesure del manoscritto. Naturalmente, se vi fossero ancora errori, sarebbero soltanto miei.

Sin da quando ho iniziato a coordinare libri, ormai sette anni fa, ho avuto il privilegio e l'immenso piacere di lavorare con persone speciali, e ormai mi è davvero impossibile pensare di farlo senza Anna Di Carlo e Stefano Speca a cui si sono affiancati per questa pubblicazione Giovanni Cafiero e Angelica Galieni. Sono stati collaboratori preziosissimi per l'immenso lavoro richiesto nella fase di redazione e coordinamento.

La mia gratitudine a Franco Scaramuzzi per la chiarezza dell'invito alla lettura, colma di esperienza e di illuminante saggezza, e per la sua fiducia in noi "generazionalmente giovani".

Grazie alla redazione libri agroindustria del gruppo Il Sole24 Ore per l'ospitalità e l'assistenza prodigati. Un sincero riconoscimento ad Eugenio Occhialini per il sostegno entusiastico e l'incoraggiamento iniziale, ad Antonella Pedroni per la sua pazienza a rispondere alle innumerevoli telefonate e per la disponibilità e professionalità nel revisionare il libro dal punto di vista editoriale risolvendo ogni incertezza.

Poter contare sulla cooperazione di Tutti è stato per me motivo di grande gioia, come spero per voi. E infine a mia moglie Anna Carmela, che in realtà è prima di tutti, con la sua capacità di ascoltare, il suo sostegno, la sua pazienza, la sua fiducia, la sua compagnia, il suo giudizio e la sua comprensione che hanno reso possibile questa nuova avventura editoriale.

**Michele Pisante**

Edagricole



# Gli Autori

**MARCO ACUTIS**

Università degli Studi di Milano

[marco.acutis@unimi.it](mailto:marco.acutis@unimi.it)



**MARIANNA BANDIERA**

Università degli Studi di Padova

[marianna.bandiera@unipd.it](mailto:marianna.bandiera@unipd.it)



**BRUNO BASSO**

Michigan State University, USA

[brunobasso1@gmail.com](mailto:brunobasso1@gmail.com)



**PAOLA BATTILANI**

Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

[paola.battilani@unicatt.it](mailto:paola.battilani@unicatt.it)



**Gli Autori**

**CHIARA BERTORA**

Università degli Studi di Torino

[chiara.bertora@unito.it](mailto:chiara.bertora@unito.it)



**MARCO BINDI**

Università degli Studi di Firenze

[marco.bindi@unifi.it](mailto:marco.bindi@unifi.it)



**MARINA CARCEA**

Istituto Nazionale di Ricerca per  
gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN), Roma

[carcea@inran.it](mailto:carcea@inran.it)



**ELEONORA COMINELLI**

Consiglio Nazionale Ricerche,  
Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria, Milano

[cominelli@ibba.cnr.it](mailto:cominelli@ibba.cnr.it)



**RAFFAELE CORTIGNANI**

Università della Tuscia

[cortignani@unitus.it](mailto:cortignani@unitus.it)



**PIERO CRAVEDI**

Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

[piero.cravedi@unicatt.it](mailto:piero.cravedi@unicatt.it)



**GABRIELE DONO**

Università della Tuscia

[done@unitus.it](mailto:done@unitus.it)



**MARIANO FRACCHIOLLA**

Università degli Studi di Bari

[mariano.fracchiolla@uniba.it](mailto:mariano.fracchiolla@uniba.it)



**MASSIMO GALBIATI**

Università degli Studi di Milano

[massimo.galbiati@unimi.it](mailto:massimo.galbiati@unimi.it)



**CARLO GRIGNANI**

Università degli Studi di Torino

[carlo.grignani@unito.it](mailto:carlo.grignani@unito.it)



**MARCELLO MASTRORILLI**

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA), Bari

[marcello.mastrorilli@entecra.it](mailto:marcello.mastrorilli@entecra.it)



**VALENTINA NARDUCCI**

Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN), Roma

[narducci@inran.it](mailto:narducci@inran.it)



**Gli Autori**

**PASQUALE MONTEMURRO**

Università degli Studi di Bari

[pasquale.montemurro@uniba.it](mailto:pasquale.montemurro@uniba.it)



**GIULIANO MOSCA**

Università degli Studi di Padova

[giuliano.mosca@unipd.it](mailto:giuliano.mosca@unipd.it)



**SIMONE ORLANDINI**

Università degli Studi di Firenze

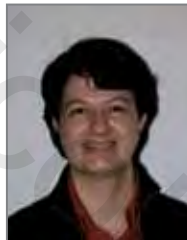
[simone.orlandini@unifi.it](mailto:simone.orlandini@unifi.it)



**KATIA PETRONI**

Università degli Studi di Milano

[katia.petroni@unimi.it](mailto:katia.petroni@unimi.it)



**MICHELE PISANTE**

Università degli Studi di Teramo

[mpisante@unite.it7](mailto:mpisante@unite.it7)



**RODOLFO SANTILOCCHI**

Università Politecnica delle Marche, Ancona

[r.santilocchi@univpm.it](mailto:r.santilocchi@univpm.it)



**LUIGI SARTORI**

Università degli Studi di Padova

[luigi.sartori@unipd.it](mailto:luigi.sartori@unipd.it)



**FABIO STAGNARI**

Università degli Studi di Teramo

[fstagnari@unite.it](mailto:fstagnari@unite.it)



**VINCENZO TABAGLIO**

Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

[vincenzo.tabaglio@unicatt.it](mailto:vincenzo.tabaglio@unicatt.it)



**CHIARA TONELLI**

Università degli Studi di Milano

[chiara.tonelli@unimi.it](mailto:chiara.tonelli@unimi.it)



**TEOFILO VAMERALI**

Università degli Studi di Parma

[teofilo.vamerali@unipr.it](mailto:teofilo.vamerali@unipr.it)



**LAURA ZAVATTARO**

Università degli Studi di Torino

[laura.zavattaro@unito.it](mailto:laura.zavattaro@unito.it)



Edagricole

# Indice generale

<b>Invito alla lettura</b> .....	Pag.	V
<b>Ringraziamenti</b> .....	"	VII
<b>Gli Autori</b> .....	"	IX
<b>1. Introduzione</b> (Michele Pisante) .....	"	1
1.1 Agricoltura e Agro-Scienze .....	"	6
1.2 Sostenibilità e Agricoltura .....	"	8
1.3 Agricoltura e Sviluppo Sostenibile .....	"	9
Bibliografia .....	"	11
<b>2. L'agricoltura sostenibile</b> (Michele Pisante, Fabio Stagnari) .....	"	13
2.1 Principi .....	"	13
2.2 Sistemi produttivi sostenibili .....	"	16
2.2.1 Agricoltura integrata .....	"	16
2.2.2 Agricoltura biologica .....	"	16
2.2.3 Agricoltura biodinamica .....	"	17
2.2.4 Permacoltura .....	"	18
2.2.5 Agricoltura Precisione .....	"	18
2.2.6 Colture perenni .....	"	18
2.2.7 Agricoltura Conservativa o Agricoltura Blu .....	"	18
2.3 Tecnologie per l'implementazione .....	"	22
2.3.1 Sviluppo di biotecnologie applicate al suolo .....	"	22
2.3.2 Utilizzo di compost/sostanza organica/fermentazioni .....	"	22
2.3.3 Sviluppi dell'Agricoltura di Precisione .....	"	22
2.3.4 Previsione e controllo del degrado del suolo .....	"	23
2.3.5 ISM e cambiamento climatico .....	"	23
2.3.6 Appropriati indicatori dello stato di salute del suolo .....	"	24
2.3.7 Ingegneria genetica vegetale .....	"	24
2.3.8 Tecnologie dell'informazione e della comunicazione) .....	"	24
2.3.9 Gestione dei fertilizzanti organici .....	"	26
2.3.10 Tecnologia applicata alle biomasse .....	"	26
2.4 Sviluppi futuri .....	"	26
2.4.1 Il ruolo delle ricerche agronomiche per l'intensificazione della produzione agricola sostenibile .....	"	27
2.4.2 Diffusione .....	"	28
Bibliografia .....	"	31
<b>3. Agricoltura sostenibile e ambiente</b> (Michele Pisante, Fabio Stagnari e Rodolfo Santilocchi) .....	"	37

## Indice generale

3.1	Introduzione .....	Pag.	37
3.2	Risorse idriche .....	"	38
3.3	Suolo agrario .....	"	40
	3.3.1 Stabilità dei versanti, erosione e degradazione, l'esperienza nelle Marche .....	"	43
3.4	Atmosfera .....	"	49
3.5	Biodiversità .....	"	52
	Bibliografia .....	"	54
<b>4.</b>	<b>Agricoltura e cambiamenti climatici</b>		
	(Marco Acutis, Marco Bindi, Simone Orlandini) .....	"	59
4.1	Risposta biofisica .....	"	59
	4.1.1 Aumento del CO <sub>2</sub> .....	"	60
	4.1.2 Incremento della temperatura .....	"	61
	4.1.3 Disponibilità di acqua .....	"	61
	4.1.4 Variabilità climatica .....	"	61
	4.1.5 Fertilità di terreno ed erosione .....	"	62
	4.1.6 Fitopatie .....	"	62
	4.1.7 Infestanti .....	"	63
4.2	Risposta di sistemi agricoli .....	"	63
	4.2.1 Sistemi colturali .....	"	63
	4.2.1.1 Cereali .....	"	63
	4.2.1.2 Colture oleaginose e leguminose .....	"	64
	4.2.1.3 Colture orticole .....	"	65
	4.2.1.4 Colture da tubero e radice .....	"	65
	4.2.1.5 Colture foraggere .....	"	66
	4.2.1.6 Colture arboree .....	"	66
	4.2.1.7 Pascoli .....	"	67
	4.2.1.8 Colture da energia .....	"	68
	4.2.2 Sistemi animali .....	"	69
4.3	Le regioni più vulnerabili .....	"	70
4.4	Ruolo dell'agricoltura nelle emissioni dei gas serra .....	"	71
4.5	Principali strategie di mitigazione e adattamento disponibili .....	"	71
	4.5.1 Strategie di mitigazione .....	"	72
	4.5.1.1 Misure adottabili .....	"	73
	4.5.2 Strategie di adattamento .....	"	78
	4.5.2.1 Adattamenti di breve periodo .....	"	79
	4.5.2.2 Adattamenti di lungo periodo .....	"	80
4.6	Principali implicazioni per gli altri settori collegati .....	"	82
4.7	Principali incertezze ed incognite .....	"	83
	4.7.1 Principali incertezze .....	"	83
	4.7.2 Principali incognite .....	"	84
4.8	Principali implicazioni per la ricerca .....	"	84
	Ringraziamenti .....	"	85
	Bibliografia .....	"	85
<b>5.</b>	<b>Gestione del suolo</b> (Vincenzo Tabaglio) .....	"	93
5.1	Importanza dell'Agricoltura Conservativa per la corretta gestione del terreno .....	"	93
5.2	La rotazione e l'avvicendamento .....	"	97
5.3	Le cover crop o colture di copertura .....	"	99
	5.3.1 Le funzioni delle cover crop .....	"	99
	5.3.1.2 Protezione dall'erosione .....	"	99
	5.3.1.3 Arricchimento di nutrienti .....	"	100
	5.3.1.4 Cattura e riciclo di nutrienti del suolo .....	"	100
	5.3.1.5 Controllo delle infestanti .....	"	100
	5.3.1.6 Cura del compattamento e della struttura del terreno .....	"	101



5.3.1.7	Consumo dell'umidità del suolo .....	"	101
5.3.1.8	Aumento della sostanza organica .....	"	101
5.3.2	La scelta della <i>cover crop</i> .....	"	101
5.3.3	I rischi delle colture di copertura .....	"	102
5.4	Le lavorazioni conservative del terreno ( <i>no-tillage, minimum tillage, strip-tillage</i> ) .....	"	110
5.5	La semina su sodo (seminatrici) .....	"	113
5.5.1	Utensili per lo spostamento del residuo .....	"	114
5.5.2	Utensili per il taglio del residuo .....	"	114
5.5.3	Gli assolcatori .....	"	114
5.5.4	Strumenti per la regolazione della profondità di semina .....	"	115
5.5.5	Utensili per la chiusura del solco .....	"	115
5.6	Il residuo colturale .....	"	116
5.7	I reflui zootecnici .....	"	119
5.8	La salute del suolo (biodiversità) .....	"	119
	Bibliografia .....	"	121
<b>6.</b>	<b>Gestione dell'acqua</b> (Marcello Mastroianni) .....	"	125
6.1	Sostenibilità e uso efficiente dell'acqua da parte delle colture .....	"	125
6.1.1	La misura dell'efficienza d'uso dell'acqua .....	"	126
6.1.2	L'efficienza d'uso dell'acqua delle specie coltivate nell'ambiente mediterraneo .....	"	131
6.1.3	Le strategie agronomiche per aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua .....	"	138
6.2	Le agrotecniche .....	"	139
6.2.1	L'acqua nel terreno .....	"	137
6.2.2	La concimazione minerale .....	"	139
6.2.3	La qualità dell'acqua .....	"	139
6.3	Fattori fisiologici .....	"	141
6.4	Fattori ambientali .....	"	142
6.4.1	Il clima .....	"	142
6.4.2	Il microclima .....	"	143
6.4.3	Gli inquinanti atmosferici .....	"	144
6.4.4	Il terreno .....	"	144
6.4.5	I cambiamenti climatici .....	"	145
6.5	Conclusioni .....	"	148
	Ringraziamenti .....	"	148
	Bibliografia .....	"	148
<b>7.</b>	<b>Gestione della nutrizione vegetale</b> (Carlo Grignani, Chiara Bertora, Laura Zavattaro) .....	"	151
7.1	Obiettivi della gestione della nutrizione delle colture .....	"	151
7.2	Elementi nutritivi e loro disponibilità per la nutrizione .....	"	151
7.2.1	Gestione degli elementi mobili .....	"	152
7.2.2	Gestione degli elementi poco mobili .....	"	153
7.2.3	Gestione dei microelementi .....	"	154
7.3	Uso e disponibilità futura dei fertilizzanti .....	"	154
7.4	Il bilancio come strumento per la gestione della nutrizione vegetale .....	"	156
7.4.1	Il bilancio a scala aziendale e colturale .....	"	156
7.4.2	Le voci del bilancio colturale .....	"	159
7.4.3	Perdite e efficienza nella nutrizione vegetale .....	"	163
7.4.4	Formulazioni a varia complessità del bilancio colturale .....	"	166
7.4.4.1	Il metodo del "Limite massimo" .....	"	167
7.4.4.2	Il metodo della "Produzione integrata" .....	"	167
7.4.4.3	Il metodo degli "Indicatori colturali" .....	"	168
7.5	Indicatori su pianta e su suolo per orientare la concimazione .....	"	168
7.5.1	Indicatori per l'azoto .....	"	169

## Indice generale

7.5.2	Indicatori per lo zolfo .....	Pag.	170
7.5.2	Indicatori per il fosforo e il potassio .....	"	170
7.6	Rischi di perdite e strategie di mitigazione .....	"	171
7.6.1	Elementi mobili .....	"	172
7.6.1.1	Lisciviazione dei nitrati .....	"	172
7.6.1.2	Volatilizzazione dell'ammoniaca .....	"	172
7.6.1.3	Emissione di protossido di azoto .....	"	173
7.6.1.4	Emissione di ossidi di azoto .....	"	174
7.6.1.5	Lisciviazione dei solfati .....	"	174
7.6.2	Elementi poco mobili .....	"	174
7.6.3	Microelementi .....	"	175
7.7	Gestione della fertilizzazione integrata .....	"	175
7.8	Prospettive future .....	"	177
	Bibliografia .....	"	177
<b>8.</b>	<b>Gli apparati radicali nell'interfaccia suolo-pianta coltivata: interazioni con acqua, azoto e inquinanti</b> (Giuliano Mosca, Teofilo Vamerli, Marianna Bandiera) .....	"	181
8.1	Introduzione .....	"	181
8.1.1	I rapporti con la rizosfera .....	"	181
8.1.2	Fisiognomica radicale e metodi di studio .....	"	182
8.2	Radici e gestione sostenibile delle risorse idriche .....	"	184
8.3	Il ruolo di mediazione della radice nella razionalizzazione della concimazione azotata .....	"	189
8.4	Assorbimento di micronutrienti e inquinanti metallici nella biofortificazione e fitorimediazione .....	"	195
8.4.1	I metalli e le piante .....	"	195
8.4.2	La biofortificazione .....	"	195
8.4.3	Tecniche di fitorimediazione .....	"	195
8.4.4	Meccanismi di assorbimento radicale e traslocazione dei metalli .....	"	196
8.4.5	La risposta di colture erbacee in una ex-marcita inquinata da metalli .....	"	197
8.4.6	Il ruolo delle radici nella fitorimediazione di scarti industriali .....	"	198
8.4.7	La radice fittonante del colza nella fitostabilizzazione .....	"	200
8.5	Conclusioni .....	"	201
	Bibliografia .....	"	201
<b>9.</b>	<b>Le biotecnologie vegetali: presente e futuro</b> (Massimo Galbiati, Katia Petroni, Eleonora Cominelli, Chiara Tonelli) .....	"	207
9.1	Il miglioramento genetico delle piante: breeding classico e biotecnologie .....	"	207
9.1.1	Le piante biotech di prima generazione .....	"	207
9.2	Cambiamenti climatici e sostenibilità in agricoltura: il contributo delle biotecnologie .....	"	208
9.2.1	Il breeding molecolare per l'adattamento agli stress abiotici .....	"	209
9.2.2	L'approccio biotech all'adattamento agli stress abiotici .....	"	210
9.2.2.1	La ricerca biotech nel settore privato .....	"	212
9.2.2.2	La ricerca biotech nel settore pubblico .....	"	212
9.2.2.3	Un approccio biotecnologico integrato agli stress ambientali .....	"	214
9.3	Biotecnologie e qualità dei prodotti agricoli .....	"	215
9.3.1	Biofortificazione degli alimenti per combattere la malnutrizione .....	"	215
9.3.1.1	Vitamine .....	"	215
9.3.1.2	Minerali e antinutrienti .....	"	220
9.3.2	Le biotecnologie e la prevenzione delle malattie croniche .....	"	221
9.3.2.1	I polifenoli .....	"	222
9.3.2.2	Gli Omega-3 .....	"	224
	Glossario .....	"	225
	Bibliografia .....	"	225

<b>10. La gestione della flora infestante nel contesto dell'agricoltura sostenibile</b> (Pasquale Montemurro, Mariano Fracchiolla) .....	Pag.	231
10.1 Introduzione .....	"	231
10.2 Flora infestante e stabilità degli agro-ecosistemi .....	"	232
10.3 Flora infestante e produttività degli agro-ecosistemi .....	"	233
10.3.1 Competizione .....	"	233
10.3.1.1 Acqua .....	"	233
10.3.1.2 Elementi nutritivi .....	"	233
10.3.1.3 Luce .....	"	234
10.3.2 Parassitismo .....	"	234
10.3.3 Allelopatia .....	"	234
10.3.4 Diffusione di insetti e di organismi patogeni .....	"	234
10.3.5 Riduzione dell'efficienza economica e tecnica del lavoro e degli input produttivi .....	"	234
10.4 Gestione Sostenibile della flora infestante .....	"	234
10.5 La gestione sostenibile della flora infestante nelle colture erbacee ed orticole da pieno campo .....	"	235
10.5.1 La gestione delle malerbe .....	"	235
10.5.1.1 Azioni preventive .....	"	235
10.5.1.2 Agrotecnica .....	"	236
10.5.2 Metodi di diserbo .....	"	238
10.5.2.1 Metodi fisici .....	"	238
10.5.2.2 Metodi meccanici .....	"	238
10.5.2.3 Diserbo chimico .....	"	239
10.5.3 Programmi di diserbo sostenibile .....	"	240
10.6 La gestione sostenibile della flora infestante nelle colture arboree da frutto .....	"	240
10.6.1 La gestione delle malerbe .....	"	240
10.6.1.1 Azioni preventive .....	"	240
10.6.1.2 Agrotecnica .....	"	241
10.6.2 Metodi di diserbo .....	"	244
10.6.2.1 Metodi fisici .....	"	244
10.6.2.2 Metodi meccanici .....	"	244
10.6.2.3 Diserbo chimico .....	"	246
10.6.3 Programmi di diserbo sostenibile .....	"	246
10.7 Considerazioni conclusive .....	"	246
Bibliografia .....	"	246
<b>11. Le avversità delle colture: funghi patogeni e insetti</b> (Paola Battilani, Piero Cravedi) .....	"	249
11.1 Introduzione .....	"	249
11.2 La difesa antiparassitaria .....	"	249
11.3 Evoluzione della difesa delle colture .....	"	249
11.3.1 La difesa chimica .....	"	250
11.3.2 La lotta guidata .....	"	250
11.3.3 La difesa integrata .....	"	250
11.3.4 La produzione integrata .....	"	251
11.4 L'agricoltura biologica .....	"	251
11.5 Supporti alla produzione integrata .....	"	252
11.5.1 Le soglie d' intervento ed il monitoraggio delle avversità .....	"	253
11.5.2 I modelli previsionali .....	"	254
11.5.3 Tecniche di applicazione di precisione .....	"	254
11.5.4 Le piante geneticamente modificate .....	"	255
11.5.5 Previsioni di futuri progressi .....	"	255
11.6 Applicazione della Protezione Integrata .....	"	256
11.6.1 Le colture arboree poliennali: i fruttiferi e la vite .....	"	256

## Indice generale

11.6.2	Le colture erbacee a ciclo annuale .....	Pag.	257
11.7	La produzione sostenibile della vite .....	"	257
11.7.1	Gli insetti .....	"	257
11.7.1.1	La tignoletta .....	"	257
11.7.1.2	Le cicaline .....	"	258
11.7.1.3	Le cocciniglie .....	"	258
11.7.2	I fitoplasmi .....	"	258
11.7.2.1	I giallumi .....	"	258
11.7.3	Acari Tetranychidi ed Eriofidi .....	"	258
11.7.4	Le malattie fungine .....	"	259
11.7.4.1	La peronospora .....	"	259
11.7.4.2	L'oidio .....	"	259
11.7.4.3	La muffa grigia .....	"	260
11.7.4.4	Il marciume nero o black rot .....	"	260
11.7.4.5	Escoriosi e mal dell'esca .....	"	261
11.7.4.6	Muffa nera da Aspergilli .....	"	261
11.8	Considerazioni generali sulla produzione sostenibile della vite .....	"	262
11.9	La produzione sostenibile del mais .....	"	262
11.9.1	Gli insetti .....	"	262
11.9.2	Le malattie fungine .....	"	263
11.10	Considerazioni conclusive .....	"	266
	Bibliografia .....	"	266
<b>12.</b>	<b>L'Agricoltura di precisione per la sostenibilità degli agro-ecosistemi</b> (Bruno Basso e Luigi Sartori) .....	"	271
12.1	Introduzione .....	"	271
12.2	La variabilità spazio-temporale .....	"	273
12.3	La raccolta dei dati .....	"	274
12.3.1.	I sistemi di navigazione .....	"	275
12.3.2	La tracciabilità .....	"	275
12.3.3	La mappatura delle produzioni .....	"	276
12.4	L'analisi dei dati .....	"	277
12.4.1	Le zone omogenee .....	"	277
12.4.2	I sistemi di supporto alle decisioni .....	"	277
12.4.3	La distribuzione variabile di input (VRA) .....	"	275
12.4.3.1	I sensori prossimi .....	"	282
12.4.3.2	Unità di acquisizione ed elaborazione dati .....	"	283
12.4.3.3	Unità di controllo .....	"	283
12.4.3.4	Il protocollo di comunicazione ISOBUS .....	"	283
12.4.3.5	Gli attuatori .....	"	285
12.4.3.6	Considerazioni sulla VRT .....	"	285
12.4.3.7	Alcuni esempi di VRT .....	"	286
12.5	La potenzialità delle tecnologie .....	"	294
12.5.1	Benefici umani .....	"	294
12.5.2	Aspetti ambientali .....	"	294
12.5.3	Aspetti economici .....	"	295
12.5.4	Qualità .....	"	295
12.5.5	Sicurezza alimentare .....	"	295
12.5.6	Tracciabilità .....	"	295
12.6	Applicabilità dell'AP .....	"	295
	Bibliografia .....	"	296
<b>13.</b>	<b>Il concetto di sostenibilità e l'analisi economica</b> .....		
	(Gabriele Dono e Raffaele Cortignani) .....	"	299
13.1	Introduzione .....	"	299
13.2	Il concetto di sostenibilità e l'analisi economica .....	"	300

13.2.1	Il criterio della sostenibilità debole .....	Pag.	301
13.2.2	Il criterio della sostenibilità forte .....	"	302
13.2.3	Il criterio della sostenibilità ambientale .....	"	303
13.2.4	Una definizione di sostenibilità ispirata alla complessità dei sistemi ambientali .....	"	304
13.2.5	La sostenibilità e la formazione del consenso sulle politiche ambientali .....	"	305
13.3	Aspetti economici della sostenibilità nel settore agricolo .....	"	305
13.3.1	Integrazioni delle valutazioni tecnico-economiche, ambientali ed ecologiche .....	"	306
13.3.2	La sostenibilità economico-finanziaria delle attività agricole a basso impatto ambientale ed ecologico .....	"	307
13.4	Aspetti economici e finanziari delle pratiche agricole sostenibili .....	"	311
13.4.1	Conservation tillage .....	"	311
13.4.2	Rotazioni colturali .....	"	312
13.4.3	Copertura vegetale .....	"	312
13.4.4	Piano di gestione dei nutrienti .....	"	312
13.4.5	Agricoltura di precisione .....	"	313
13.4.6	Lotta integrata .....	"	313
13.4.7	Considerazioni conclusive .....	"	314
13.5	Politica Agricola Comunitaria 2014-2020 e sostenibilità .....	"	314
13.5.1	Proposte legislative .....	"	314
13.5.2	Greening .....	"	314
13.5.3	Secondo pilastro .....	"	315
13.5.4	Considerazioni conclusive .....	"	315
	Bibliografia .....	"	315
<b>14.</b>	<b>Qualità e sicurezza alimentare (Marina Carcea e Valentina Narducci) .....</b>	"	<b>319</b>
14.1	Definire la qualità .....	"	319
14.2	I fattori che determinano la qualità dei prodotti agro-alimentari vegetali .....	"	319
14.3	Come si misura la qualità dei prodotti agro-alimentari vegetali .....	"	320
14.3.1	Parametri di qualità nutrizionale, tecnologica, igienico-sanitaria .....	"	320
14.3.2	Metodi di misura .....	"	321
14.4	La qualità dei prodotti agro-alimentari vegetali da agricoltura sostenibile .....	"	322
14.4.1	Evoluzione della valutazione della qualità nel tempo .....	"	322
14.4.2	Qualità nutrizionale e organolettica .....	"	324
14.4.2.1	Sostanza secca .....	"	324
14.4.2.2	Proteine .....	"	324
14.4.2.3	Glucidi .....	"	324
14.4.2.4	Lipidi .....	"	325
14.4.2.5	Elementi minerali .....	"	325
14.4.2.6	Vitamine .....	"	325
14.4.2.7	Altre sostanze benefiche per la salute .....	"	326
14.4.2.8	Qualità sensoriale e organolettica .....	"	326
14.4.3	Qualità tecnologica .....	"	326
14.4.4	Qualità igienico-sanitaria .....	"	327
14.4.4.1	Residui di fitofarmaci .....	"	328
14.4.4.2	Nitrati .....	"	328
14.4.4.3	Microorganismi patogeni .....	"	328
14.4.4.4	Micotossine .....	"	329
14.4.4.5	Metalli pesanti ed elementi di interesse tossicologico .....	"	329
14.4.4.6	Allergeni .....	"	331
14.4.5	Autenticità della produzione sostenibile .....	"	332
	Bibliografia .....	"	335

# 1 Introduzione

Michele Pisante

L'Agricoltura nella sua storia millenaria è stata la prima attività produttiva che consapevolmente si è sempre misurata con la sostenibilità, in quanto unica e preziosa fonte di risorse necessarie per la sopravvivenza e lo sviluppo della popolazione umana. A differenza della semplice raccolta dei prodotti naturali della terra, che dipende dalla produzione del tutto subordinata alle esigenze specifiche delle piante e alle dinamiche dell'ecosistema, l'Agricoltura attraverso l'intervento dell'uomo indirizza a suo favore le condizioni intrinseche ed estrinseche che determinano la produzione.

Fin dall'abbandono dei modelli delle popolazioni nomadi, con l'introduzione delle pratiche agricole, l'Agricoltura ha contribuito alla formazione di insediamenti stabili attraverso le prime aggregazioni urbane. Conseguentemente, la necessità di aumentare la produzione per unità di superficie ha richiesto un impiego crescente, seppur empirico ed adeguato al livello delle conoscenze, di fattori e strumenti attraverso metodi e procedure, che, progressivamente adattati nelle diverse condizioni ambientali, raggiungevano la sostenibilità quando venivano soddisfatte le necessità delle comunità locali, senza però considerare il consumo delle risorse naturali impiegate. I presupposti fondamentali di questi modelli produttivi, per i più diretti interessati a conservarne e perpetuarne la fruibilità, erano basati sul principio della capacità delle risorse naturali, acqua e suolo agrario in particolare, di rinnovarsi periodicamente per sostenere le coltivazioni e gli allevamenti (Pretty, 2002; 2005). Infatti, la parola "sostenere" dal latino *sustinere* (*sus-*, dal basso e *tinere*, tenere), evidenzia per l'agricoltura il principio di mantenere a lungo termine la permanenza in vita, ovvero la produttività e l'utilità per la società a tempo indeterminato. Il potenziale di questo approccio, tuttavia, è andato nel tempo ben oltre la sua espressione, in gran parte limitato alla sostituzione delle pratiche sulla base delle esperienze più significative

come il risultato degli adattamenti e dello sviluppo delle conoscenze nella gestione dell'agroecosistema, raggiungendo obiettivi impensabili fino a qualche tempo prima. Da questo punto di vista l'evoluzione tecnologica dell'ultimo secolo è stata sicuramente la più sorprendente per l'Agricoltura, grazie al progredire veloce delle acquisizioni tecnologiche e lo sviluppo delle applicazioni che hanno consentito la crescita dell'umanità, in molti casi senza considerare i limiti delle risorse naturali del pianeta, la protezione e il miglioramento della qualità dell'ambiente. Infatti, nello stesso periodo, la popolazione mondiale è cresciuta da tre a più di sei miliardi, con un graduale impatto della pressione antropica sulla Terra aggravata dal cambiamento dei modelli di consumo (Kitzes *et al.*, 2008). Questa dinamica trasformazionale è stata resa possibile grazie all'espansione della superficie coltivata, in parallelo all'incremento delle rese medie della produzione agricola, oltre il 25% in più rispetto al 1960, superando la crescita della popolazione mondiale (Hazell e Wood, 2008) anche se negli ultimi anni questa tendenza ha segnato un significativo rallentamento.

Il Servizio Ricerca Economica del Dipartimento Agricoltura degli Stati Uniti ha esaminato i cambiamenti della produttività agricola per il periodo 1961-2007, analizzando l'efficienza delle nuove tecnologie per aumentare la produzione agricola per unità di input o per diminuire la quantità dei fattori unitari di produzione. Sulla base dello studio di Evenson e Fuglie (2010) sono stati definiti determinanti, per lo sviluppo del settore agricolo nel lungo periodo, i Fattori Totali della Produttività (FTP): per l'1% di crescita dei FTP corrisponde l'equivalente 1% di risorse risparmiate per ottenere lo stesso risultato (Fig. 1.1).

Tuttavia, i problemi ambientali che gradualmente sono emersi, anziché essere affrontati con metodo e rigore propri della scienza e della tecnologia, hanno generato nel tempo una contrapposizione

## 1. Introduzione

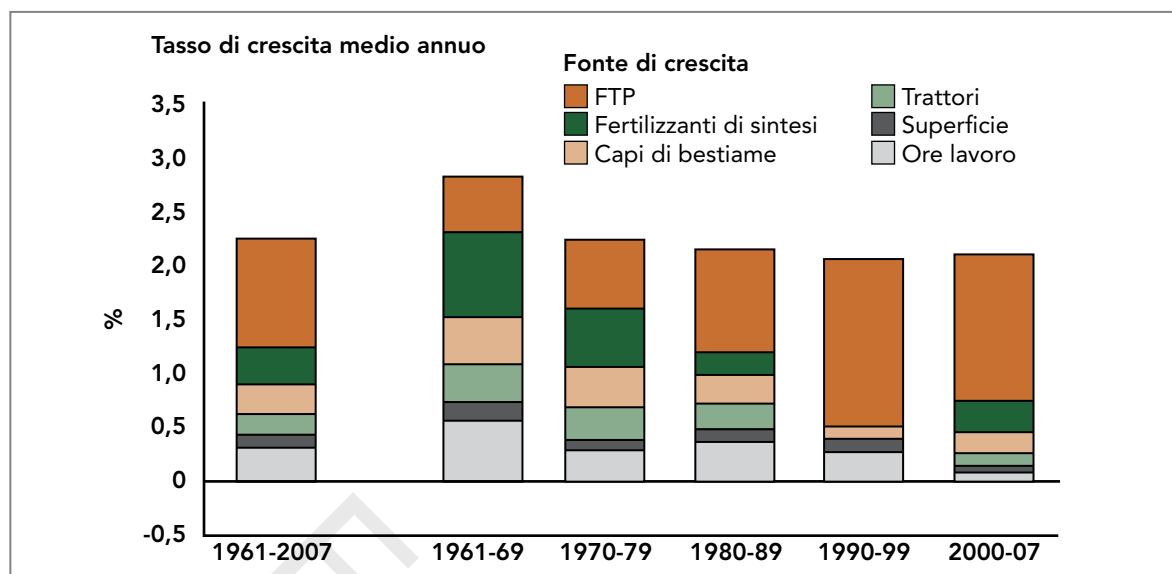


Fig. 1.1- La crescita nel settore agricolo dei Fattori Totali di Produttività (FTP) relativamente al periodo 1961-2007 (adattato da Evenson e Fuglie, 2010).

tra sviluppo dell'agricoltura e sviluppo sostenibile, per una visione nostalgica di modelli produttivi di un passato che per fortuna non c'è più e soprattutto per la carenza di una strategia condivisa tra scienza, tecnica e politica, che in taluni casi ha frenato e tuttora limita l'introduzione e l'adozione di nuove tecnologie disponibili per la gestione efficiente dei sistemi agricoli produttivi, con ripercussioni negative sulla società e sull'ambiente. Infatti, l'impatto crescente dei cambiamenti climatici e dei problemi ambientali, come l'acidificazione degli oceani, lo scioglimento dei ghiacci nell'Artico, il degrado e l'uso sconsiderato del suolo, la mancanza d'acqua, l'inquinamento chimico e la perdita di biodiversità, indicano che il pianeta si sta avvicinando ai limiti della sua sostenibilità. Per esempio, senza incrementi in termini di efficienza, si stima che la domanda di acqua nei prossimi vent'anni superi del 40% l'offerta. Le naturali interazioni tra le risorse possono provocare rischi sistemici, con l'esaurimento di una risorsa che fissa un inevitabile punto di svolta per le altre risorse e più complessivamente per gli ecosistemi. Sulla base delle tendenze attuali, sarà necessario l'equivalente di oltre due pianeti Terra entro il 2050 per sostenere la crescita della popolazione mondiale che si stima raggiungerà 9 miliardi di persone (Fig. 1.2) e con una superficie coltivabile attualmente già insufficiente in alcune aree geografiche (Tab. 1.1). L'intera collettività deve affrontare la grave difficoltà di trovare un equilibrio sostenibile tra le esigenze umane e l'ambiente. Le risorse ambientali, compresi l'acqua, l'aria, le biomasse, i suoli fertili, la biodi-

versità, gli ecosistemi, nonché le risorse antropiche, compresi il patrimonio culturale e i paesaggi culturali, nonché i servizi che forniscono, sono alla base del funzionamento dell'economia globale e della qualità della vita. Sebbene molti effetti dello sfruttamento eccessivo si facciano sentire a livello locale, la crescente interdipendenza delle nazioni, il commercio internazionale di risorse naturali, da cui dipende in particolare modo la filiera alimentare, trasformano la loro gestione in una questione globale, prima di raggiungere il consumatore.

La società ha cercato di soddisfare le sue esigenze sempre crescenti di alimenti, mangimi e fibre, principalmente attraverso una progressiva transizione dell'uso del suolo, verso l'intensificazione e l'aumento della produttività delle colture (Fig. 1.3). Nel corso dei millenni, gli agricoltori hanno selezionato per le coltivazioni le aree più favorevoli ad un rendimento sempre maggiore, specie più resistenti alla siccità e alle malattie; hanno costruito sistemi idraulici per preservare il suolo dalle inondazioni e canali per distribuire l'acqua nei campi, sostituito zappe semplici con aratri trainati da buoi, utilizzato letame come fertilizzante e zolfo contro i parassiti. L'incremento demografico, in atto dalla fine del XIX secolo, ha richiesto una grande espansione delle superfici coltivate su tutto il pianeta, ed un impegno nel miglioramento genetico per aumentare la produttività, la qualità, la resistenza agli stress nelle nuove varietà coltivate, che dovevano sostituire quelle tradizionali meno produttive; la convergenza dei due processi ha provocato l'erosione della bio-

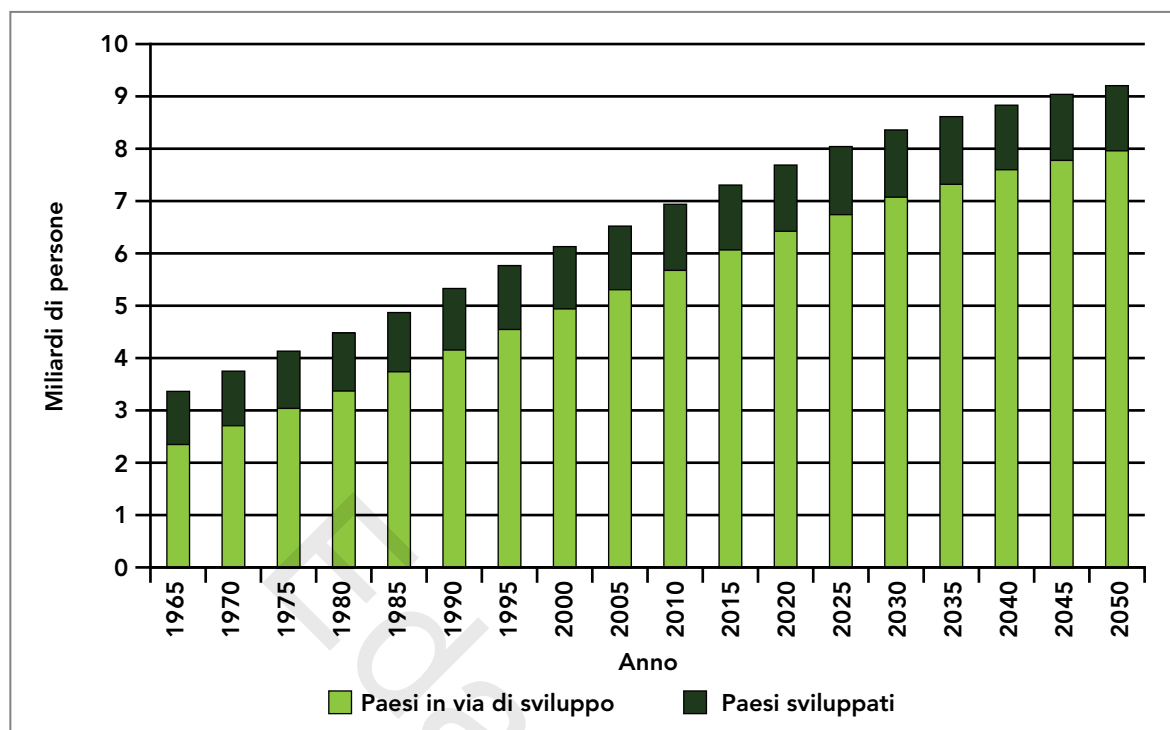


Fig. 1.2 - Popolazione mondiale 1965-2050. Fonte: *Population division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat* (2007).

Tab. 1.1 - Superficie coltivabile per persona nelle diverse aree geografiche del mondo (modificata da GAP Report, 2011).

Aree geografiche	Superficie agricola coltivabile per persona, m <sup>2</sup>
Oceania	15.580
Nord America	6.799
Europa	3.885
Sud America	3.116
Africa Sub-Sahariana	3.116
Vicino Oriente e Nord Africa	2.509
America Centrale e Caraibi	1.983
Asia	1.295
Italia (Superficie Agricola Utilizzata) <sup>1</sup>	2.111

<sup>(1)</sup> Fonte ISTAT (2011): SAU 12.856.000 ettari, popolazione 60,9 milioni di abitanti.

diversità con la scomparsa di talune risorse genetiche vegetali. L'agricoltura intensiva nel XX secolo ha rappresentato un cambiamento di paradigma dai sistemi agricoli tradizionali, basati in gran parte sulla gestione delle risorse naturali, ad un model-

lo più integrato di servizi ecosistemici. Seguendo la trasformazione che ha rivoluzionato il settore manifatturiero, l'agricoltura in tutto il mondo industrializzato ha adottato meccanizzazione, standardizzazione del lavoro, tecnologie per il risparmio e l'impiego di sostanze chimiche per nutrire e proteggere le colture. Grandi aumenti di produttività sono stati ottenuti nel secondo dopo guerra ed in particolare con la "Rivoluzione Verde" (*Green Revolution*) volta a facilitare la trasformazione strutturale dell'attività produttiva, dispiegando il suo potenziale negli anni '60 e '70 attraverso l'uso di macchine agricole di elevata potenza alimentate da combustibili fossili, l'irrigazione, coltivazioni con varietà migliorate ad alto rendimento, intensive nello spazio e nel tempo. Di pari passo, la qualificazione delle risorse umane, sempre più con avanzate competenze specialistiche, ha fatto registrare un numero di addetti infinitamente ridotto nel nostro Paese, favorendo il complementare sviluppo del secondario industriale e del terziario dei servizi (Bonciarelli, 1997). Il modello di produzione, concentrato inizialmente sull'introduzione di migliori varietà geneticamente uniformi, coltivate con alti livelli di input complementari, come l'irrigazione, l'impiego di fertilizzanti e agrofarmaci, spesso ha avuto l'obiettivo principale di surrogare il capitale naturale. Ad esempio: i fer-



## 1. Introduzione

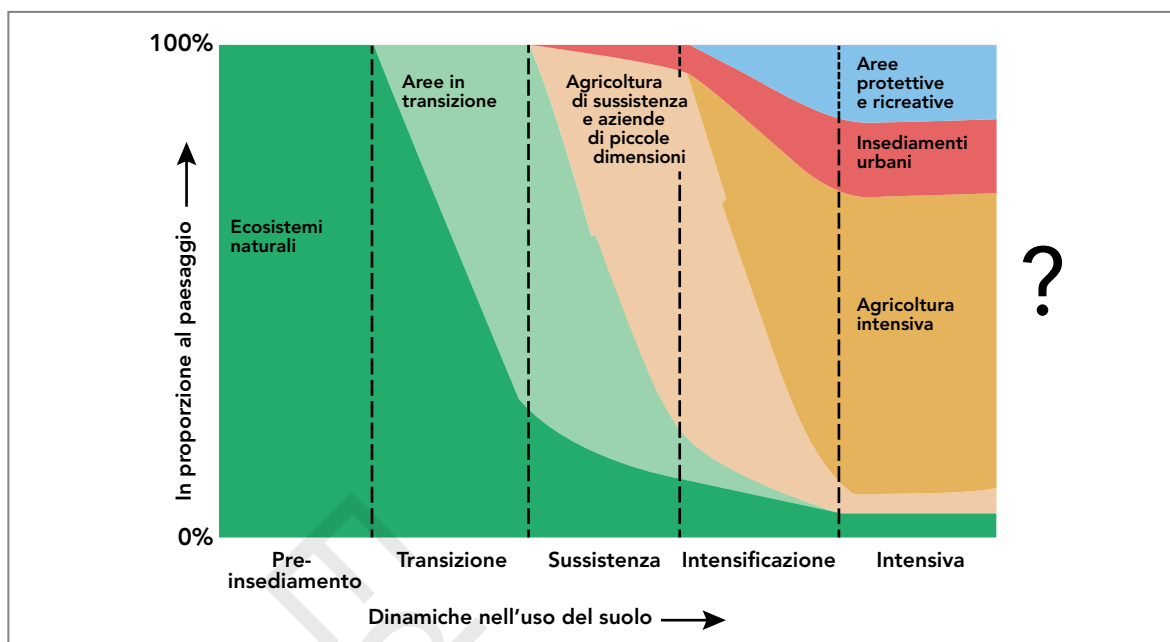


Fig. 1.3 - Modificazioni nell'utilizzazione del territorio per attività che possono susseguirsi all'interno di una regione nel tempo. In parallelo alle transizioni demografiche ed economiche, le società adottano una sequenza di differenti regimi d'uso del suolo: dalla vegetazione naturale alle frontiere in transizione, dall'agricoltura di sussistenza e delle piccole aziende agricole, all'agricoltura intensiva, alle aree urbane, protette e ricreative. Le diverse parti del mondo sono caratterizzate da fasi di transizione differenti, a seconda della storia, delle condizioni sociali ed economiche, e del contesto ecologico. Alcuni territori possono far registrare transizioni dinamiche e lineari, in altri si può rilevare una lenta transizione per un lungo periodo di tempo, mentre altri sono in grado di muoversi rapidamente tra i vari stadi [adattato da DeFries *et al.* (2004) e DeFries *et al.* (2004)].

tilizzanti si sostituivano alla qualità del suolo, gli erbicidi fornivano un'alternativa alla rotazione delle colture come un mezzo per controllare la flora infestante.

La Rivoluzione Verde, accreditata, in particolare in Asia, per aver alleviato la povertà rurale e per aver salvato grandi estensioni di terra fragile dalla conversione all'agricoltura estensiva, ha contribuito alla crescita della popolazione mondiale, scongiurando le previsioni di Malthus, annunciatore di penuria alimentare per innumerevoli genti. Tra il 1975 e il 2000, le rese dei cereali in Asia meridionale sono aumentate di oltre il 50 per cento, mentre la povertà è diminuita del 30 per cento. Attraverso l'Agricoltura le terre coltivate e i pascoli sono diventati uno dei più larghi biomi terrestri sul pianeta, occupando circa il 50% delle terre emerse (Foley *et al.*, 2005). Nel corso dell'ultimo mezzo secolo, dopo l'avvento della Rivoluzione Verde, la produzione annua mondiale di cereali, cereali secondari, radici e tuberi, legumi e oleaginose è passata da 1,8 miliardi a 4,6 miliardi di tonnellate. La crescita delle rese unitarie e i prezzi dei cereali hanno ridotto significativamente l'insicurezza alimentare negli anni 1970 e 1980, quando realmente il numero dei sottanutriti

è sceso, nonostante la crescita relativamente rapida della popolazione. Nel complesso, la percentuale di denutriti della popolazione mondiale è scesa dal 26 per cento al 14 per cento tra il 1969-1971 e il 2000-2009 (FAO, 2011). Tuttavia, è globalmente riconosciuto che i considerevoli incrementi della produzione agricola e della produttività sono stati spesso accompagnati da effetti negativi sul patrimonio delle risorse naturali, a volte così gravi da compromettere il potenziale produttivo dell'agricoltura del prossimo futuro. Tra le esternalità negative si annoverano: la degradazione del suolo, la salinizzazione delle aree irrigue e lo sfruttamento eccessivo delle acque sotterranee, l'accumulo dei fattori di resistenza dei parassiti e l'erosione della biodiversità. L'agricoltura, in alcune aree produttive, ha compromesso in generale l'ambiente attraverso, ad esempio, la deforestazione, l'inquinamento per emissione di gas a effetto serra in atmosfera e di nitrati nei corpi idrici. A distanza di oltre cinquant'anni dalla Rivoluzione Verde, la sfida della ricerca scientifica per aumentare la produzione primaria e soddisfare i crescenti fabbisogni alimentari di una popolazione in continua evoluzione è diventata sempre più ardua. A questi cambiamenti globali si aggiungono le ulte-

riori difficoltà rappresentate dalla sostenibilità delle produzioni e dalla necessità di impiegare le risorse naturali in modo più efficiente, aumentando le rese unitarie e minimizzando gli effetti negativi dell'impatto ambientale, senza trascurare la redditività per gli operatori del settore. Nell'ottica della sostenibilità competitiva che sempre più riceverà l'attenzione del mercato e più in generale della società, per valorizzare l'Agricoltura che produce e allo stesso tempo protegge l'ambiente, contribuendo direttamente alla tutela climatica, seppur le problematiche siano affrontate da diverso tempo e le informazioni sulle cause non siano esaustive, le numerose prove scientifiche condotte in varie aree del mondo individuano nella revisione dei sistemi di gestione della produzione in ottica sostenibile, la salvaguardia delle risorse naturali (Fig. 1.4).

Con uno sguardo rivolto all'Europa, l'Agricoltura nel tempo ha riflesso le politiche dirigiste dell'intervento comunitario sul settore primario (PAC) per incrementare la produttività agricola, affinché i consumatori potessero contare su approvvigionamenti stabili di alimenti a prezzi accessibili, ed

anche per garantire la redditività del settore agricolo comunitario. Dalla prima grande riforma del 1992, l'agricoltura comunitaria è stata costretta ad aumentare la competitività diminuendo i potenziali impatti ambientali negativi dei moderni metodi di produzione. L'Agricoltura ha dovuto anche fronteggiare l'aumento delle preoccupazioni dei consumatori garantendo la sicurezza alimentare, ma anche qualità e prezzi dei prodotti alimentari, e più recentemente soddisfare la crescente richiesta di un'alimentazione più sana. Quindi, la PAC ha assicurato agli agricoltori sovvenzioni e regimi che garantivano prezzi interessanti, incentivandoli così a produrre. Ha erogato aiuti finanziari per la ristrutturazione del settore, investimenti nelle aziende agricole per accrescere le proprie dimensioni e per adeguare le tecnologie alle condizioni sociali ed economiche dei tempi. In particolare, negli ultimi decenni, gli interventi e le direttive di carattere politico hanno acquisito, per lo sviluppo del settore primario, un peso mai conosciuto nel passato, ponendo le premesse per una nuova rivoluzione del rapporto agricoltura-ambiente. Se la disponibilità di prodotti alimentari

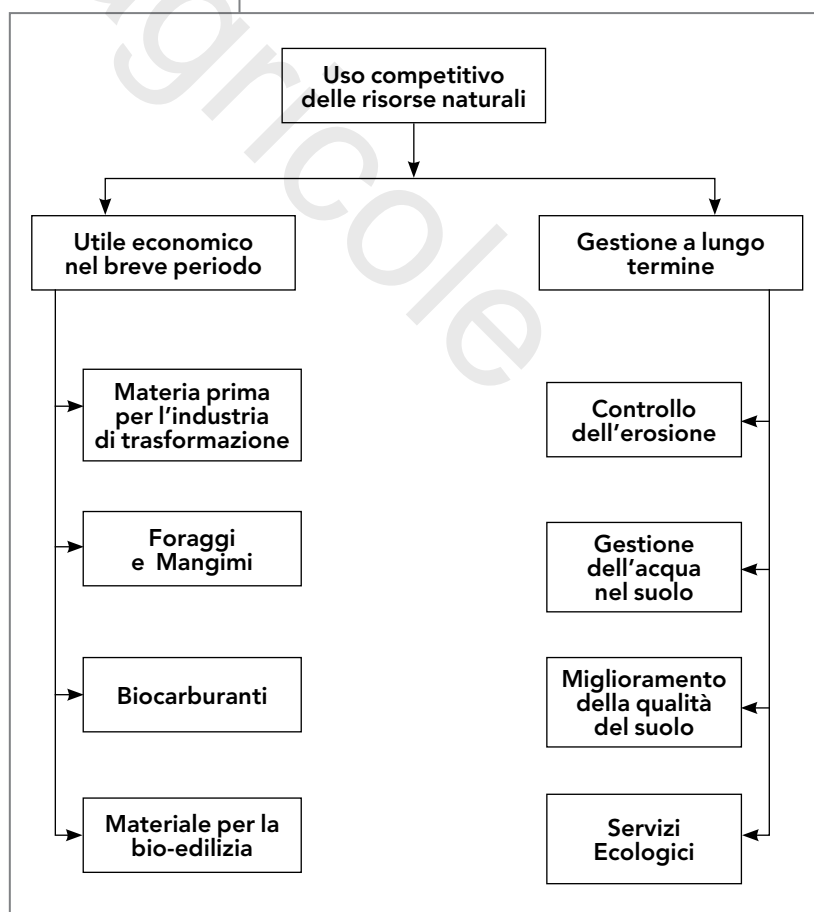


Fig. 1.4 - Valutazione dei vantaggi economici nel breve periodo rispetto alla gestione a lungo termine delle risorse naturali (modificato da Lal, 2007).

## 1. Introduzione

a prezzi ragionevoli rimane un fattore cruciale, la riforma dell'Agenda 2000 ha introdotto il collegamento con lo sviluppo sostenibile. Il pacchetto di riforma del 2003 ha spezzato il nesso tra sostegno pubblico e produzione, introducendo la condizionalità rispetto alla legislazione comunitaria per quanto riguarda i metodi di produzione agricola. Questa impostazione ha spinto a conformare l'orientamento al mercato alle norme ambientali ed anche ad altre norme di produzione, determinanti per la sostenibilità futura del settore agricolo comunitario. Infatti, i recenti indirizzi della politica agricola sono stati rivolti a sostenere il reddito degli agricoltori, ma al tempo stesso incoraggiare le produzioni di alta qualità richieste dal mercato, cercando nuove opportunità di sviluppo, ad esempio nel campo delle fonti di energia rinnovabile rispettose dell'ambiente. I condizionamenti dei fattori politici sono divenuti di gran lunga più incisivi rispetto a quelli di carattere fisico-naturale; dai primi dipendono non soltanto i mercati, le scelte e le riconversioni colturali, ma anche l'organizzazione funzionale delle unità produttive, il rimodellamento dei paesaggi e lo sviluppo degli spazi rurali. Anche le recenti consultazioni della PAC per il periodo 2014-2020, la quinta programmazione in 20 anni, lasciano percepire che essa debba svolgere un ruolo essenziale per consentire agli agricoltori di continuare ad esercitare la loro attività in condizioni nelle quali i mercati non possono garantire il giusto ritorno economico, a fronte degli elevati costi di produzione a carico dagli agricoltori stessi. Molti reputano che gli agricoltori dovrebbero, pertanto, essere sostenuti in quanto tali e ricompensati per l'eventuale erogazione di beni pubblici supplementari. Altri ritengono che la PAC debba focalizzarsi prioritariamente sull'offerta di beni pubblici, prevedendo il sostegno agli agricoltori solo qualora tali beni siano effettivamente erogati, utilizzando il contributo alla coesione territoriale, per mantenere e rafforzare la vitalità delle aree rurali. Considerata la limitata disponibilità di risorse naturali e la crescente richiesta di cibo da parte della popolazione mondiale, nonostante i limiti presenti e futuri di questo modello, non c'è altra scelta se non quella di intensificare la produzione agricola. Pertanto, risulta urgente mettere in atto azioni coordinate e fuori dagli schemi per evitare un serio rischio per l'Agricoltura, sempre più soggetta a vincoli senza precedenti, e che sale agli onori della cronaca solo quando fa da corollario a un disastro naturale, o a momenti di preoccupazione per l'approvvigionamento e la sicurezza alimentare. L'obiettivo è ricondurre le soluzioni, in una visione sistemica con approcci integrati, al sistema delle conoscenze e del metodo scientifico, affiancando

chi opera in Agricoltura verso un uso migliore delle risorse naturali ovvero sostenibile, in armonia con la sua lunga storia, un continuo processo di intensificazione adattativa.

### 1.1 Agricoltura e Agro-Scienze

La capacità e l'abilità di adattare l'Agricoltura alle necessità dei tempi è senz'altro merito delle attuali Agro-Scienze. La ricerca in agricoltura è stata per troppo tempo determinata esclusivamente dalla necessità di maggiori rendimenti impiegando separatamente le Agro-Scienze classiche, qualunque siano state le conseguenze negative per l'ambiente e per il paesaggio rurale. Anche se la più recente incentivazione della ricerca collaborativa interdisciplinare, sta progressivamente colmando questo divario.

Per estensione Agricoltura e Agronomia sono stati usati in termini riduzionistici e talvolta come sinonimi. Tuttavia, a rigore l'agronomia è una scienza applicata, collegata alle altre scienze (biologia, chimica, fisica, geologia, ecc...), che studia il ruolo dei singoli fattori della produzione vegetale e le interazioni reciproche, elabora le tecniche agricole con il coordinamento dei fattori della produzione a differenti livelli di interazione, per ottimizzare le rese e la redditività economica, il cui ambito principale d'applicazione è l'agricoltura. In continuità concettuale, per secoli l'aratura è stato sinonimo di Agricoltura (Dick e Durkalski, 1997) perché ha consentito la messa a coltura di estese superfici destinate ad altri usi (pascoli e boschi) e per lungo tempo ha favorito l'incremento delle produzioni unitarie per la contemporanea evoluzione delle tecnologie e delle pratiche agronomiche (Fig. 1.5).

La visione olistica di questi paradigmi ha profondamente semplificato il rapporto dell'agricoltura dal sistema agroecologico ignorando altri servizi e funzioni ecologiche che potevano regolare, sostenere e integrare l'attività primaria. Più recentemente i Georgofili (Naldini, 2011) hanno aggiornato la definizione di "agricoltura" in "*complesso delle attività svolte per gestire e tutelare razionalmente le risorse produttive rinnovabili della biosfera*". Questa "nuova sintesi" evolucionistica, nell'introdurre alcune precisazioni e integrazioni sul ruolo dell'agricoltura nella società contemporanea, sottolinea profonde modifiche per un indispensabile approccio multidisciplinare. Risulta evidente, pertanto, che oggi la ricerca in agricoltura ha bisogno dell'ingresso di altre scienze come scienze economiche, sociali e politiche. Queste scienze sociali, moderne per il valore aggiunto alla ricerca in agricoltura, possono



Fig. 1.5 - Aratura con polivomere reversibile (da Pisante, 2007).

contribuire in modo innovativo ad altre scoperte per la progettazione e l'adozione di efficienti sistemi oltre gli attuali confini dell'agricoltura sostenibile.

Il cambiamento climatico e la recente crisi finanziaria mostrano chiaramente che l'umanità è entrata nell'Antropocene, un'epoca senza precedenti di mutamenti veloci e pertanto a rischio di imprevedibili pericoli, che richiedono innovazioni nell'adozione di interventi coordinati e continuativi per una visione ampia e strategica.

Da un'indagine degli articoli pubblicati nel periodo 1999-2009 sulle tematiche emergenti dell'agricoltura sostenibile (Lichtfouse *et al.*, 2010) risultano i biocarburanti, le piante geneticamente modificate, l'agricoltura conservativa, l'agricoltura urbana, la sociologia, l'agricoltura biologica, il sequestro del carbonio, la fitodepurazione, la pacciamatura e la biodiversità. In dettaglio, dall'analisi degli articoli più consultati online nel 2009 si evidenzia la predominanza di temi come il carbonio, il clima, la biodiversità, i biocarburanti, le sostanze inquinanti, microrganismi benefici, piante transgeniche e l'agricoltura organica. Le piante geneticamente modificate, pur risultando altamente innovative, evidenziano alcune incognite che richiedono particolare attenzione, studi e ricerche multidisciplinari. Il cambiamento climatico ha molti effetti scientificamente provati sugli ecosistemi terrestri e sull'agricoltura, con particolare riguardo alle indagini sulle perdite di carbonio del suolo, in quanto governa il destino a lungo termine di molti fattori come la CO<sub>2</sub> atmosferica, l'erosione, l'acqua e l'apporto di sostanze nutritive. Evidenze di estrema attualità, così come

riportato nell'editoriale di Jacqueline Mcglade, direttrice esecutiva dell'Agenzia europea dell'ambiente, in Segnali Ambientali (AEA, 2010): *“Ci sporchiamo le mani per riscoprire il suolo. Senza suoli sani non saremo in grado di alimentarci né di bilanciare l'anidride carbonica nell'atmosfera. Da un'azienda a conduzione familiare in Italia impariamo come l'agricoltura possa essere non solo sostenibile, ma anche avere ricadute positive sul carbonio se è improntata alla gestione del suolo”*.

Se attraverso il tempo la natura tende a stabilire più diversità rispetto all'attività umana, nella maggior parte dei sistemi agricoli (Lavelle e Spain, 2002), sulla perdita di biodiversità per l'imperante monocoltura industriale, i ricercatori che operano nelle Agro-Scienze sono impegnati a valutare l'impatto di sistemi colturali in grado di ottimizzare la diversità delle specie e delle varietà, il controllo dei parassiti. Alla base di numerosi nostri ecosistemi, per riscoprire la transizione dell'agricoltura nella natura, il valore dell'approccio scientifico ancora una volta sottolinea la grandezza della sfida per l'incremento significativo e stabile della resa delle colture (De Cauwer e Reheul, 2009; Izquierdo *et al.*, 2009; Koocheki *et al.*, 2009; Pelosi *et al.*, 2009).

Queste riflessioni, nel definire alcune delle principali tematiche scientifiche per cui l'agricoltura necessita di continue Agro-innovazioni per farla progredire, richiedono più ricerca, trasferimento tecnologico e comunicazione responsabile, per un positivo cambiamento di pensiero della società, degli operatori e dei decisori politici. L'Agricoltura, l'Ambiente, l'Atmosfera, rappresentano le componenti di un

## 1. Introduzione

patrimonio indivisibile che richiede misure urgenti ed appropriate, per contrastare i diffusi fenomeni di degrado, un monitoraggio continuo per le serie minacce che ne compromettono le funzioni vitali, una maggiore consapevolezza dell'opinione pubblica, che in molti casi ha solo un contatto virtuale con l'ambiente circostante, con il cibo avvolto nel cellophane, con l'acqua che sgorga dal rubinetto.

Le Agro-Scienze applicate all'Agricoltura Sostenibile rappresentano le discipline scientifiche indispensabili per riequilibrare con saggezza il ruolo dell'agricoltura nella filiera alimentare, un modello integrato di tecnologie ed innovazioni rivolte ad assicurare un equo profitto economico, salvaguardare la fertilità del suolo agrario e valorizzare le risorse naturali a beneficio dei consumatori, dell'ambiente, del clima e più in generale a favore e delle future generazioni (Lal, 2009a, b; Godfray *et al.*, 2010).

### 1.2 Sostenibilità e Agricoltura

Sul termine "sostenibilità" non c'è un generale consenso sul significato e neanche un concetto comune per la terminologia, peraltro oggi frequentemente abusata e trasformata per disutili battaglie ideologiche, dove i dati scientifici non vengono presi in considerazione per una duratura e diffusa strategia di gestione globale. Il *Global Sustainability Institute* in Australia riporta non meno di 80 definizioni di "sostenibilità" indicate da agenzie governative, agenzie multilaterali, corporazioni e società civile. Il problema è che il termine viene utilizzato diversamente da diverse persone e gruppi di persone coinvolte in agricoltura, in funzione del loro punto di vista e della percezione relativa -molte volte parziale- della sostenibilità.

Bonciarelli (1997) al termine "sostenibilità del sistema agricolo" ha attribuito un preciso significato *"la capacità di mantenerne costante nel tempo l'equilibrio, si da soddisfare le esigenze, delle generazioni future non meno di quella attuale, di essere approvvigionate di alimenti adeguati, sani e salubri e di vivere in un ambiente non degradato; si tratta quindi di sostenibilità economica e sociale non meno che ecologica. I modi di produrre dovranno essere impostati all'insegna della sostenibilità, per confutare l'accusa che viene fatta all'agricoltura di inquinare e degradare l'ambiente"*.

Anche se la definizione di "Agricoltura Sostenibile", nel suo moderno approccio risale ai primi anni '80, e propone un modo di coltivare che dovrebbe mimare l'ecosistema naturale, in molti casi senza argomentazioni a sostegno, nel tempo sono rientrate altre

definizioni e pratiche quali agroecologia, agricoltura integrata, basso input, agricoltura di precisione e biologica (Pretty, 2008). Persino il Dipartimento Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) nel Farm Bill del 1990 descrive l'Agricoltura Sostenibile che deve: *".....nel lungo termine, soddisfare i bisogni umani, aumentare la qualità ambientale e le risorse naturali, fare il più efficiente uso delle risorse non rinnovabili ed integrare i processi biologici naturali, sostenere la vitalità economica ed aumentare la qualità della vita"*.

Appare evidente che il modello di produzione agricola si è evoluto nel tempo per rispondere ai nuovi bisogni della società, accresciuti nonostante la crisi economica degli ultimi anni, e per fronteggiare le conseguenze degli impatti negativi dei fattori produttivi sulla qualità delle risorse naturali e più in generale sull'ambiente rurale, sottoposto ad una crescente pressione antropica. In associazione alla correlata scarsa disponibilità di terre coltivabili e alla necessità di nutrire una popolazione mondiale in aumento, le sfide per il settore agricolo possono rappresentare anche nuove opportunità per ripristinare l'ambiente rurale sempre più degradato, far fronte alle incertezze derivanti dai cambiamenti climatici che influenzano la produttività e la sostenibilità, con prevedibili ripercussioni sociali, politiche ed economiche. Riflessioni che necessitano di risposte concrete per gestire gli agro-ecosistemi razionalmente e garantire la produzione sostenibile di alimenti a sufficienza da oggi fino ad oltre il 2050 (*Looking ahead in World Food and Agriculture: Perspectives to 2050*) FAO, 2011. Tutte queste complesse implicazioni richiedono innovazioni e tecnologie efficienti, a cui solo la ricerca ed il metodo scientifico possono rispondere adeguatamente, per essere integrate, applicate e diffuse razionalmente attraverso idonei percorsi di alta formazione, con l'obiettivo di conseguire un incremento sostenibile della produzione agricola per unità di superficie (Royal Society, 2009). L'Intensificazione Sostenibile della Produzione (ISP) con particolare riguardo alla sostenibilità ambientale per ridurre le esternalità negative (Hobbs *et al.*, 2008), rappresenta un insieme di innovazioni integrate per orientare i modelli di sviluppo verso la crescita. Un'opportunità per riconoscere la terza dimensione dell'agricoltura produttiva, determinando il valore economico dei servizi ecosistemici a favore della collettività: in particolare quelli agroecologici come la valorizzazione della biodiversità dei suoli, il sequestro del carbonio, la ritenzione di acqua, la stabilità e la resilienza dell'ecosistema e le funzioni di impollinazione (Pisante *et al.*, 2012).

Quindi, l'Agricoltura Sostenibile non riferendo-



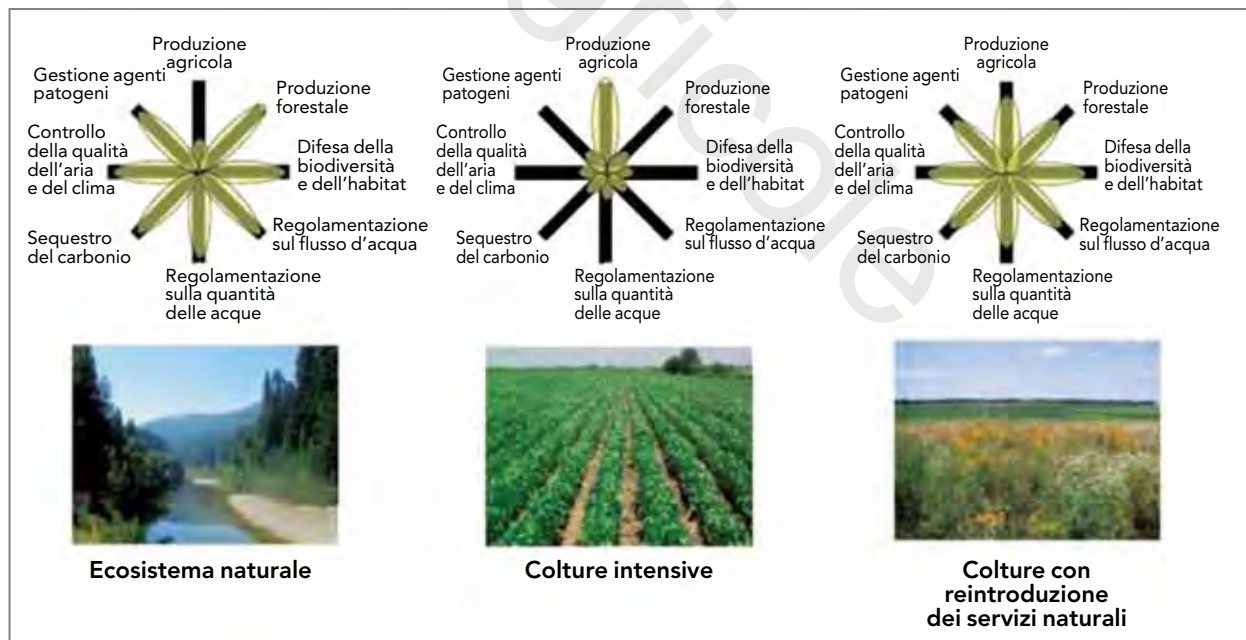
si esclusivamente ad un prescritto set di pratiche, differisce ad esempio dall'agricoltura biologica perché gli agrofarmaci possono o non possono essere impiegati, e comunque il loro utilizzo è previsto in modo razionale e responsabile. Come alcune pratiche agronomiche (rotazioni, lotta integrata, fertilizzazioni naturali, *minimum* o *no-tillage*, controllo biologico) possono rappresentare alcune opzioni tecniche nella gestione dei sistemi colturali, per generare effetti sito specifici ed ecosistemici sostenibili (Fig. 1.6).

Tait e Morris (2000) nel valutare la sostenibilità da due differenti punti di vista, un sistema colturale condotto in "biologico" a confronto con il "convenzionale", evidenziano alcuni limiti critici tra le due forme di gestione. La fertilità del suolo, i cambiamenti climatici ed i comprensori agricoli in buone condizioni che erogano servizi fruibili per la popolazione contribuiscono a definire gli obiettivi di competitività nell'uso del suolo, concentrando l'analisi sulla sostenibilità delle risorse lavorative e del bisogno di nutrire la popolazione mondiale, focalizzando l'attenzione sull'equilibrio di obiettivi diversi da quelli produttivi, come quelli sociali, economici ed ecologici. Solo a questo livello più integrato di sosteni-

nibilità è possibile individuare il sistema di gestione più rispondente a soddisfare i bisogni umani. Jordan *et al.* (2007) hanno definito il sistema di produzione multifunzione, un possibile modello di sviluppo sostenibile dell'agricoltura, verso la bioeconomia, in pratica una produzione congiunta di biomasse alimentari o per altri usi e "servizi ecologici". Esempi di questi modelli come opportunità ricreative in aziende agricole, la tutela dei paesaggi e della biodiversità, programmi per migliorare la qualità delle acque, possono rappresentare alcuni dei servizi ecologici erogabili a favore della collettività, per rendere più efficienti ed efficaci gli agroecosistemi, rispetto ai diffusi sistemi colturali annuali.

### 1.3 Agricoltura e Sviluppo Sostenibile

A partire dalla Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente, tenutasi a Stoccolma nel 1972 in cui è stato istituito uno specifico *Environment Programme* (UNEP) a cui ha fatto seguito una pletora di accordi ambientali multilaterali (MEA), il concetto di "Sviluppo Sostenibile" si è ampliato considerevol-



**Fig. 1.6** - Quadro concettuale per il confronto dell'utilizzazione del territorio e servizi ecosistemici. La dotazione di molteplici servizi ecosistemici in diversi regimi di uso del suolo è illustrato con questi semplici schemi a "fiori", in cui ogni servizio dell'ecosistema è indicato lungo ogni asse. In particolare, il confronto riguarda tre paesaggi ipotetici: un ecosistema naturale (a sinistra), un terreno agricolo gestito in modo intensivo (al centro) ed un terreno agricolo che eroga servizi ecosistemici (a destra). Gli ecosistemi naturali sono in grado di fornire molti servizi ecosistemici, ma non la produzione primaria; il sistema con colture intensive è in grado di produrre in abbondanza (almeno nel breve periodo), senza erogare servizi ecosistemici; la reintroduzione dei servizi naturali può garantire la produzione e molteplici di servizi ecosistemici (adattato da Foley *et al.*, 2005).

## 1. Introduzione

mente a livello internazionale, accolto come nuovo modello di sviluppo. Una revisione della letteratura sorta attorno al concetto di sviluppo sostenibile indica, tuttavia, una scarsa coerenza terminologica per la parziale comprensione di problemi riguardanti la povertà, il degrado ambientale e le diffuse contraddizioni sul ruolo della sostenibilità per una reale crescita economica che richiede principalmente rigore intellettuale (Lélé, 1991).

Una significativa pietra miliare nella concettualizzazione dello sviluppo sostenibile è stato il Rapporto Brundtland *“Our Common Future”* pubblicato dalla Commissione Brundtland nel 1987 sotto la guida di Gro Harlem Brundtland, l'allora primo Ministro della Norvegia che ha chiarito un paradigma definitivo e ora ampiamente utilizzato di sviluppo sostenibile: *“... Sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni”*. Il Rapporto Brundtland è stato l'unico ad affrontare le necessità economiche dello sviluppo senza esaurire le risorse naturali o danneggiare l'ambiente e fu centrale nel dibattito alle Nazioni Unite nella Conferenza sull'ambiente e lo sviluppo o *“Summit della Terra”* convocata nel giugno 1992 a Rio de Janeiro. L'esito del vertice ha portato a nuovi approcci per l'inclusione di diversi gruppi sociali nel dibattito politico ed ha stabilito un nuovo meccanismo in seno alle Nazioni Unite, Commissione sullo sviluppo sostenibile, per monitorare e promuovere l'attuazione dei risultati da Rio in poi. La concettualizzazione dello sviluppo sostenibile che è emersa, considera lo sviluppo fondato su tre pilastri: economico, sociale e ambientale, con tutte le possibili interconnessioni tra di loro. Il progresso all'interno di ciascun pilastro ed in tutti e tre i pilastri di un sistema consolidato è ritenuto indispensabile per il conseguimento di uno sviluppo realmente sostenibile. Questo approccio rimane fondamento su cui lo sviluppo sostenibile può essere realizzato anche se appare opportuno rimarcare la difficoltà di definire i futuri sviluppi, soprattutto con riferimento al settore agricolo, in quanto negli ultimi anni molti dei fenomeni osservati hanno complicato ulteriormente la formulazione di previsioni prospettiche di lungo termine.

Nel vecchio continente, la prima strategia dell'UE in materia di sviluppo sostenibile è stata adottata nel Consiglio europeo di Göteborg (2001), completata nel 2002 dal Consiglio europeo di Barcellona, con una dimensione esterna nella prospettiva del vertice mondiale dello stesso anno sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg (Sud Africa). Tuttavia, nonostante le buone intenzioni, scarsi progressi vengono registrati e superficiali impegni vengono assunti dai capi di governo, relativamente ai cambiamenti cli-

matici e consumo energetico, minacce per la salute pubblica, povertà ed esclusione sociale, pressione demografica e invecchiamento della popolazione, gestione delle risorse naturali, perdita di biodiversità, utilizzazione del suolo e trasporti, mentre già si profilavano nuove sfide. Infatti, le tendenze negative nei diversi settori chiave identificati, già dimostravano la necessità di intervenire con urgenza, per modificare progressivamente i modelli di consumo e di produzione non sostenibili, con una prospettiva a lungo termine.

Nel dicembre 2005, tenuto conto dei contributi del Consiglio, del Parlamento europeo, del Comitato economico e sociale europeo e di altri organismi, il Consiglio approva una nuova strategia ambiziosa e globale destinata all'UE allargata a 25 Paesi. Tra i tre obiettivi chiave, la tutela dell'ambiente è indirizzata a preservare la capacità della terra, di favorire la vita in tutta la sua diversità, rispettare i limiti delle risorse naturali del pianeta e ridurre l'inquinamento ambientale attraverso metodi di produzione e consumo sostenibili.

Il riesame nel 2009 della strategia dell'Unione Europea per lo sviluppo sostenibile COM400 (CE, 2009), nel dissociare il degrado ambientale e l'uso delle risorse naturali dalla crescita economica, evidenzia progressi eterogenei e poco entusiasmanti, rilevando un andamento dei modelli di consumo tutt'altro che positivo, specialmente in materia di energia, mentre i segnali più incoraggianti emergono per i modelli di produzione.

Infine, a distanza di 20 anni si approda alla conferenza internazionale sullo sviluppo sostenibile organizzata dalle Nazioni Unite a Rio de Janeiro nel 2012, il cui esito è riportato nel rapporto finale *“Il futuro che vogliamo”*. Uno dei risultati più importanti raggiunti a Rio+20 è la chiara indicazione di voler allineare le attuali politiche di sviluppo sostenibile, attraverso l'individuazione di obiettivi universali definiti Obiettivi di Sviluppo Sostenibile. Tra questi, il riconoscimento del concetto di *Green Economy*, come elemento trainante verso lo sviluppo sostenibile e lo sradicamento della povertà; l'adozione di un quadro decennale di programmi sulla promozione di modelli di produzione e consumo sostenibili, che risultano quelli più interconnessi con l'agricoltura e l'ambiente.

La capacità di mobilitare e valorizzare la scienza e la tecnologia, oltre ad avere un effetto pervasivo sulle nostre vite, è riconosciuta sempre più come una componente essenziale della nostra cultura, soprattutto se la consideriamo nella più ampia strategia per promuovere un duraturo sviluppo sostenibile (Kates *et al.*, 2001; UNDP, 2001). Tuttavia, ampliando la sfida globale che ci riguarda, sempre più orien-

tata a definire un punto di equilibrio di una costante transizione, le nuove scienze di frontiera della sostenibilità che stanno emergendo, contribuiranno a spiegare il carattere fondamentale delle interazioni tra natura e società, i processi con le caratteristiche ecologiche e sociali dei luoghi e nei singoli settori, l'ordine degli obiettivi prioritari e le prospettive future (Cash *et al.*, 2003).

Se vogliamo che le persone di tutto il mondo traggano beneficio dalle nostre conoscenze attuali e dalle scoperte che questo nuovo secolo porterà è urgente per l'Agricoltura e per lo Sviluppo Sostenibile l'impegno nella ricerca e nell'alta formazione, per applicare le nuove tecnologie affrontando gli aspetti negativi, diffondendo i benefici della globalizzazione da condividere equamente con le nuove generazioni.

Queste le considerazioni alla base del principio ispiratore del volume Agricoltura Sostenibile, che in quattordici capitoli analizza con un approccio multi- ed interdisciplinare i diversi aspetti della «Sostenibilità», nella convinzione che proprio dal confronto disciplinare possa emergere una nuova visione unificatrice. Un viaggio caleidoscopico tra le discipline scientifiche che affronta il complesso rapporto dell'Agricoltura con l'Ambiente, dai Cambiamenti Climatici alla Gestione del suolo e dell'acqua, dalla Nutrizione vegetale agli Apparatî radicali delle specie di interesse agrario ed alimentare, dalle Biotecnologie alla Gestione e il controllo della flora infestante, la Difesa dalle principali specie parassitarie, dall'Agricoltura di precisione agli aspetti Economici e la Qualità e sicurezza alimentare. Ciascun capitolo, progettato in modo monografico e curato da uno o più Autori, per la natura "multi-competenze" che gli argomenti specifici trattati richiedono, affronta i diversi aspetti della «Sostenibilità» con l'obiettivo di definire i principi e la terminologia appropriata, strategici per l'affermazione di una nuova agricoltura efficiente e responsabile. I concetti fondamentali sono trattati ed aggiornati, sulla base di evidenze scientifiche ed avvalorate da modalità di applicazione, anche attraverso elementi speciali (box, schede), soluzioni a problematiche emergenti, esperienze e strumenti di gestione. Particolare attenzione è rivolta alle caratteristiche dei prodotti e dei processi di produzione, come valutazioni comparative rispetto a norme di sostenibilità, sistemi di certificazione e nuovi metodi di analisi della qualità degli alimenti, insieme alla valorizzazione di componenti bioattive dei prodotti. L'obiettivo generale è promuovere l'innovazione gestionale che permetta agli agricoltori di rafforzare il loro ruolo nella filiera agro-alimentare e agro-industriale, l'impatto nella società contemporanea.

## Bibliografia

AEA, 2010. Segnali Ambientali (2010) – *La biodiversità, i cambiamenti climatici e tu*. DOI 10.2800/34350.

BONCIARELLI F. (1997) – L'evoluzione degli obiettivi ed il ruolo della ricerca agronomica. *Rivista Di Agronomia*, 31, 675-682.

CASH D.W., CLARK W.C., ALCOCK F., DICKSON N.M., ECKLEY N., GUSTON D.H., JÄGER J., MITCHELL R.B. (2003) – Knowledge systems for sustainable development. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 100(14), 8086-8091.

CE (2009) – *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Integrare lo sviluppo sostenibile nelle politiche dell'UE: riesame 2009 della strategia dell'Unione europea per lo sviluppo sostenibile* [COM(2009)400].

DE CAUWER B., REHEUL D. (2009) – Impact of land use on vegetation composition, diversity and potentially invasive, nitrophilous clonal species in a wetland region in Flanders. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 277-285.

DEFRIES R., ASNER G., HOUGHTON R. (Eds.) (2004) – *Ecosystems and Land Use Change*. (American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series, Vol. 153, Washington, DC, 2004).

DEFRIES R.S., FOLEY J.A., ASNER G.P. (2004) – Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2, 249-257.

DICK W.A., DURKALSKI J.T. (1997) – "No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiudalf soil of Northeastern Ohio". In: R. Lal, J. Kimble, R.F. Follett, B.A. Stewart (Eds.), *Management of carbon sequestration in soil. Advances in soil science*, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 59-71.

EVENSON R., FUGLIE K. (2010) – Technology capital: The price of admission to the growth club. *Journal of Productivity Analysis* 33: 173-190.

FAO (2011) – *Looking ahead in World Food and Agriculture: Perspectives to 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy. pp.XV+539.

FOLEY J.A., DEFRIES R., ASNER G.P., BARFORD C., BONAN G., CARPENTER S.R., CHAPIN F.S., COE M.T., DAILY G.C., GIBBS H.K., HELKOWSKI J.H., HOLLOWAY T., HOWARD E.A., KUCHARIK C.J., MONFREDA C., PATZ J.A., PRENTICE I.C., RAMANKUTTY N., SNYDER P.K. (2005) – Global Consequences of Land Use. *Science* 309, 570-574.

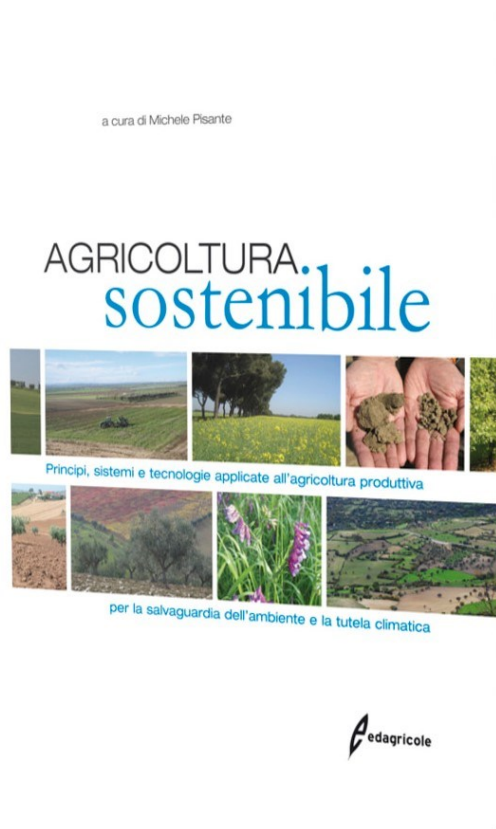
GODFRAY H.C.J., BEDDINGTON J.R., CRUTE I.R., HADDAD L., LAWRENCE D., MUIR J.F., PRETTY J., ROBINSON S., THOMAS S.M., TOULMIN C. (2010) – Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812-817.



## 1. Introduzione

- HAZELL P., WOOD, S. (2008) – Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences)* 363, 495-515.
- HOBBS P.R., SAYRE K., GUPTA R. (2008) – The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences)* 363, 543-555.
- ISTAT (2010) – 6° Censimento generale dell'agricoltura 2010. Istituto Nazionale di Statistica, Roma.
- IZQUIERDO J., BLANCO-MORENO J.M., CHAMORRO L., GONZALEZ-ANDUJAR J.L., SANS F.X. (2009) – Spatial distribution of weed diversity within a cereal field. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 491-496.
- JORDAN N., BOODY G., BROUSSARD W., GLOVER J.D., KEENEY D., MCCOWN B.H., MCISAAC G., MULLER M., MURRAY H., NEAL J., PANSING C., TURNER R.E., WARNER K., WYSE D. (2007) – Sustainable Development of the Agricultural Bio-Economy. *Science* 316, 1570-1571.
- KATES R.W., CLARK W.C., CORELL R., HALL J.M., JAEGER C.C., LOWE I., MCCARTHY J.J., SCHELLNHUBER H.J., BOLIN B., DICKSON N.M. ET AL. (2001) – Environment and development: sustainability science. *Science* 292, 641-642.
- KITZES J., WACKERNAGEL M., LOH J., PELLER A., GOLDFINGER S., CHENG D., TEA K. (2008) – Shrink and share: humanity's present and future ecological footprint. *Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences)* 363, 467-475.
- KOOCHKEI A., NASSIRI M., ALIMORADI L., GHORBANI R. (2009) – Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 401-408.
- LAL R. (2007) – Soils and sustainable agriculture. A review. *Agronomy and Sustainable Development*, 28, 57-64.
- LAL R. (2009a) – “Technology Without Wisdom”. In: E. Lichtfouse (Ed.), *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants*. Sustainable Agriculture Reviews, Vol.1, Springer, pp. 11-14.
- LAL R. (2009b) – “Tragedy of the Global Commons: Soil, Water and Air”. In: E. Lichtfouse (Ed.), *Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms*. Sustainable Agriculture Reviews, Vol.2, Springer, pp. 9-11.
- LAVELLE P., SPAIN A.V. (2002) – *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 654 pp.
- LICHTFOUSE E., HAMELIN M., NAVARRETE M., DEBAEKE P., HENRI A. (2010) – Emerging agrosience. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 1-10.
- LÉLÉ S.M. (1991) – Sustainable development: A critical review. *World Development* 19(6), 607-621.
- NALDINI M. (a cura di) (2011) – *L'Accademia dei Georgofili all'avvio del terzo millennio*. Accademia dei Georgofili, Firenze, 431 pp.
- PELOSI C., BERTRAND M., ROGER-ESTRADE J. (2009) – Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 287-295.
- PISANTE M. (2007) – *Agricoltura Blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile*. IlSole24Ore-Edagricole, Bologna, XII+317 pp. ISBN-978-88-506-5253-2.
- PISANTE M., STAGNARI F., GRANT C.A. (2012) – Agricultural innovations for sustainable crop production intensification. *Italian Journal of Agronomy* 2012; 7:e40, 300-311. doi:10.4081/ija.2012.e40.
- POPULATION DIVISION OF THE DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS OF THE UNITED NATIONS SECRETARIAT (2007) – [http://www.agmrc.org/renewable\\_energy/renewable\\_energy/more-on-feeding-nine-billion-people-by-2050](http://www.agmrc.org/renewable_energy/renewable_energy/more-on-feeding-nine-billion-people-by-2050).
- PRETTY J. (2002) – *Agri-culture: reconnecting people, land and nature*. Earthscan, London, UK, pp. 261.
- PRETTY J. (Ed.) (2005) – *The Earthscan reader in sustainable agriculture*. Earthscan, London, UK, pp. 405.
- PRETTY J. (2008) – Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences)* 363, 447-465.
- ROYAL SOCIETY OF LONDON (2009) – *Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture*.
- TAIT J., MORRIS D. (2000) – Sustainable development of agricultural systems: competing objectives and critical limits. *Futures* 32, 247-260.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM (2001) – *Making New Technologies Work for Human Development*. Oxford University Press, Oxford.

# Agricoltura sostenibile



**Clicca QUI per  
ACQUISTARE il libro ONLINE**

**Clicca QUI per scoprire tutti i LIBRI  
del catalogo EDAGRICOLE**

**Clicca QUI per avere maggiori  
INFORMAZIONI**