Inaugurazione 270° Anno accademico Accademia dei Georgofili anno 2023

Prolusione di Amedeo Alpi

Agricoltura, Scienza, Innovazioni, Comunicazione

Si parla e si scrive spesso di agricoltura nel nostro paese e in modi anche molto variegati, finalizzando l'attività nei campi agli obiettivi più diversi, spesso alla gastronomia, talvolta al paesaggio, oppure alle tradizioni locali o al ruolo multifunzionale utile a garantire la sopravvivenza socio-economica di aree rurali ormai spopolate e in crisi. È questa l'agricoltura? Certamente si. Tuttavia non sarà sfuggito a molte persone, soprattutto con un bagaglio formativo specifico, che questa "narrazione" risulti parziale o, addirittura, manchi di considerazioni globali indispensabili. Pertanto, in questa sede potremmo tentare di colmare la lacuna? Il programma è molto ambizioso, ma possiamo provarci, cominciando da alcuni dati statistici che servono da riferimento insostituibile.

Anni (Censimenti)	Aziende		(Sat)		(Sau)	
	Numero (000)	Var %	Ettari (000)	Var %	Ettari (000)	Var %
Universo Italia						
1961	4.294	-	26.572	-	-	-
1970	3.607	-16	25.065	-5,7	17.491	
1982	3.269	-9,4	23.631	-5,7	15.843	-9,4
Universo UE						
1982	3.133	-	22.398	-	15.973	-
1990	3.023	-3,5	22.702	1,4	15.046	-5,8
2000	2.396	-20,7	18.767	-17,3	13.182	-12,4
2010	1.621	-32,4	17.081	-9	12.856	-2,5

Fonte: Istat, Censimenti generali dell'agricoltura (1961- 2010)

I dati che si leggono nella tabella sopra riportata sono eloquenti di per sé; in particolare colpisce la differenza tra la superficie agricola totale (SAT) e la superficie agricola utilizzata (SAU) che, omessa nel primo censimento del 1961 probabilmente per mancata rilevazione statistica, differisce di ben 7,5 milioni di ettari nel censimento successivo del 1970. Si tratta di una differenza enorme, soprattutto se rapportata alla superficie globale italiana di poco più di 30 milioni di ettari. Tale notevole estensione di superficie non utilizzata è, molto probabilmente, imputabile a varie ragioni tra le quali è certamente da annoverare la situazione orografica di molte aree teoricamente utilizzabili in agricoltura, ma sostanzialmente inadatte ad una attività agricola conciliabile con le esigenze dei tempi; un secondo motivo può essere individuato nell' abbandono di tante terre che sottolineava la grande trasformazione economico-sociale dell'Italia del tempo, ovvero il fenomeno del trasferimento di elevate percentuali di forza lavoro dalle campagne all'industria,

fenomeno che, se pur tardivamente rispetto ad altre nazioni europee, segnò il percorso italiano di ammodernamento. In un certo senso questo diverso uso della superficie agricola totale rappresenta un' inversione rispetto a quanto era accaduto nell'Italia dei secoli precedenti. Infatti, se si segue l'incremento demografico dal secolo XVIII° in poi, si osserva una popolazione di 13 milioni nel 1700, che diviene di15 milioni nel 1750 e infine di 18 milioni nel 1800 (Bellettini, 1978); ma gran parte di questo incremento di popolazione si distribuiva nelle campagne, mentre lo sviluppo della popolazione urbana era assai limitato. La maggiore pressione demografica delle campagne resterà a lungo la caratteristica prevalente dell'evoluzione economico-sociale dell'Italia. Comunque è bene ricordare che questa popolazione che, ad esempio nel 1900 raggiungerà oltre 30 milioni di abitanti, in buona parte contadini -se pur divisi nelle varie tipologie da proprietari sino a salariati avventizi- esercitava le proprie attività su di un territorio fatto solo per un 20% da pianure -paludose, in buona parte-, per un 40% da colline e per l'ulteriore 40% occupato da catene montuose. Durante il '900 la trasformazione del sistema socio-economico italiano passa da una società prevalentemente rurale ad una industriale per poi transitare, più recentemente, ad una società post-industriale. Anche le forme di conduzione aziendale agraria tradizionale si sfaldano: il latifondo del Sud Italia si disgrega sin dalla fine del secondo conflitto mondiale, mentre negli anni '50-'70 svanisce di fatto la mezzadria dal Centro-Italia e dal Nord-Est. Queste modifiche ci sono state ampiamente descritte da molti autori, tra i quali è doveroso ricordare illustri georgofili, come Arrigo Serpieri e Giuseppe Medici. Il secondo dopoguerra, in particolare, viene spesso ricordato come contrassegnato dal "miracolo economico" caratterizzato da un massiccio esodo agricolo e una contemporanea industrializzazione impetuosa. Il processo di "industrializzazione diffusa" implicherà, inevitabilmente, una presenza "part-time" di un considerevole numero di unità di lavoro nell'azienda agricola media italiana e, più tardi, nel 1980, l'ingresso del "contoterzismo". Nel censimento del 1990 si osserva la tendenza, soprattutto in pianura, a concentrare la superficie in un numero sempre minore di aziende, pur mantenendo il carattere del "nanismo" aziendale tipico dell'Italia. Infine comincia ad affacciarsi nelle aziende la coscienza del ruolo multifunzionale dell'agricoltura che non si limita ad assolvere la funzione primaria -la produzione di beni alimentari- ma fornisce molti altri servizi alla comunità (pensiamo all'agriturismo e alla vendita dei prodotti). Nel nuovo millennio il processo dell'affermazione di una nuova mentalità nelle campagne italiane si coglie sia nella tendenza alla concentrazione in aziende di dimensioni sempre maggiori (censimento del 2010), sia nella crescente diffusione dell'affitto dei terreni che consente un rinnovamento, impensabile nei tempi precedenti, sul piano dello sviluppo di imprenditorialità accompagnata da una definitiva presa di coscienza delle problematiche ambientali e della salvaguardia del paesaggio.

Numero aziende agricole e SAU per classe di SAU in migliaia, e variazioni % (1982-2010)

Classi di Sau	Aziende (000)				Var % 2010/1982
	2010	2000	1990	1982	
Meno di 1,00	499	1.007	1.112	1.214	-58,9
1,00 - 4,99	684	923	1.170	1.311	-47,9
5,00 - 9,99	186	218	284	320	-41,8
10,00 - 19,99	120	129	155	165	-27,1
20,00 - 49,99	88	83	88	86	2,4
50,00 ed oltre	45	37	38	38	17,8
Totale	**1.621**	**2.396**	**2.848**	**3.133**	**-48,3**
Classi di Sau	**Sau (000 Ha)**				**Var % 2010/1982**
	2010	**2000**	**1990**	**1982**	
Meno di 1,00	275	492	541	576	-52,2
1,00 - 4,99	1.571	2.083	2.678	3.021	-48
5,00 - 9,99	1.295	1.518	1.968	2.212	-41,4
10,00 - 19,99	1.663	1.790	2.130	2.251	-26,1
20,00 - 49,99	2.686	2.516	2.637	2.555	5,1
50,00 ed oltre	5.365	4.783	5.072	5.217	2,8
Totale	**12.856**	**13.182**	**15.026**	**15.833**	**-18,8**

Fonte: Istat, Censimento generale dell'Agricoltura 2010

Il numero delle aziende agricole passa da 4,2 milioni del1961 a circa 2,4 milioni del 2000 calando ulteriormente a 1,6 milioni nel 2010 e infine a 1,1 milioni nel 2020. La prima grande riduzione nel numero delle aziende (-16%) avviene tra il 1961 e il 1970 a causa dell'esodo agricolo; successivamente quasi si arresta sino al 1980 per poi ricominciare in modo energico (-21%) nel 2000, (-32%) nel 2010 e confermandosi (-30%) nel 2020. Mentre il numero delle aziende si dimezza tra il 2000 e il 2020, in concomitanza aumentano le medie e grandi aziende. Gli andamenti della SAU sono simili, ma con alcune differenze: forti cali tra il 1970-'80 e ancora più elevati nel censimento del 1990, ma nel millennio successivo i cali sono ridotti a 2-3 punti percentuali. La dimensione media aziendale, pur rimanendo piccola, raggiunge 11,3 ha nel 2020, quasi raddoppiando rispetto al 1961. Ma se si analizzano più attentamente questi numeri si osservano importanti variazioni; ad es. confrontando i dati dell'ultimo censimento del 2020 con quelli di solo dieci anni prima, si riscontra un incremento delle aziende comprese tra 20 e 50 ha che va da 5,4% del totale al 7,6%, e le aziende con oltre 50 ha di SAU passano dal 2,8% al 4,5%.

I due ultimi censimenti (2010 e 2020) mettono in luce come la contemporanea scomparsa di molte aziende (sino al 40%) e della superficie agricola totale (SAT), circa il 20%, sia concentrata nelle zone di montagna, mentre in pianura la situazione rimane pressoché invariata.

La progressiva riduzione del numero delle aziende e della superficie agricola totale ha provocato un forte abbandono delle aree montane e collinari, causando problemi di gestione del territorio e di salvaguardia del paesaggio rurale.

Da una analisi limitata al numero e alla dimensione delle aziende agricole, la struttura produttiva dell'agricoltura italiana, ancora oggi, a sessanta anni dal primo censimento, risulterebbe ancora caratterizzata da "microaziende". Questa prima conclusione però non renderebbe giustizia di quanto abbiamo rilevato sino ad ora. Se è vero che le aziende agrarie italiane con una superficie di SAU inferiore ai 10 ha rappresentano ancora l'80% del numero totale, sono però scese molto di numero e, nel contempo, la classe di SAU più elevata, quella con oltre 50 ha, interessa ben 6 milioni di ha, cioè circa la metà della SAU oggi impiegata in agricoltura. Statisticamente il "nanismo" appare ancora, ma, in pratica, la realtà agricola è cambiata e le aziende con dimensioni maggiori caratterizzano sempre più l'agricoltura italiana. Prevale ancora la forma di conduzione aziendale "diretta", ma con maggior utilizzo di manodopera extra-familiare e, spesso, alla gestione della terra di proprietà si aggiunge quella di altra terra presa in affitto.

L'azienda agricola italiana ha, a larga maggioranza, una origine all'interno dei circuiti di successione familiare. Il capo azienda "giovane", cioè al disotto di quaranta anni, è presente in circa il 10% delle aziende che possiedono però una dimensione in SAU media di 18 ha e quindi nettamente superiore alla media nazionale. In tali imprese risultano frequentemente (al 30%) presenti aziende che non derivano da precedenti gestioni familiari; nel Nord-Ovest tale percentuale sale al 40%.

L'ultimo censimento (2020) conferma un ulteriore calo delle imprese agricole scese a 1.130.000 unità, con una perdita, nel decennio precedente, di circa 500.000 unità, occupando una dimensione complessiva di SAU di 12,5 milioni di ha e di SAT di 16,5 milioni ha; mentre la perdita di SAU ha riguardato soprattutto il Centro-Italia, la riduzione delle imprese ha colpito soprattutto il Sud. I dati censuari colpiscono l'attenzione per la contrazione nel numero delle aziende che, già elevata nel ventennio 1980-2000 con la perdita di 700.000 unità, si è accresciuta nel ventennio successivo, sino ad arrivare al calo di 1.200.000 unità. Pertanto nel confronto 1980-2020 si rileva la perdita di circa 2 milioni di aziende sostanzialmente di piccole e piccolissime dimensioni. In questo stesso periodo andamenti diversi si osservano per quanto concerne SAU e SAT. Dal 1980 al 2000 si è manifestato un forte abbandono dell'attività agricola, associato a sottrazione di terreni agricoli per urbanizzazione e attività varie per un totale di 3 milioni di ettari, mentre nel ventennio successivo il fenomeno è continuato ma si è limitato alla perdita di 600.000 ha. In termini di SAT, il calo complessivo nel quarantennio 1980-2020 è stato di 6 milioni di ha. Il dato da tenere bene in mente è stato il forte abbandono delle attività agricole negli anni '90 in tutta Italia, soprattutto in ambito collinare e, particolarmente, montano. All'attività agricola si è sostituita -almeno nel linguaggio burocratico dei rilevamenti censuari- una "riforestazione"; troppo spesso queste aree riforestate assomigliano a sterpaglie.

Alcune riflessioni tecnico-gestionali

Le trasformazioni sopra riportate sono sufficienti affinché l'agricoltura italiana possa affrontare le sfide dei processi di internazionalizzazione, in atto da tempo, ma che hanno manifestato una accelerazione nel nuovo millennio?

La risposta a questo interrogativo è assai complessa. Possiamo fare un primo commento: nonostante l'aumento delle dimensioni aziendali -che, comunque, rimangono mediamente inferiori a quelle dei grandi paesi della UE (censimento 2010, confermato da quello del 2020)-, permane il problema dell'aggregazione

dell'offerta e quindi dell'acquisizione di un potere contrattuale che consenta di sostenere i redditi nel sistema agroalimentare italiano.

Come è intuitivo, l'efficienza di una azienda agricola si misura sulla capacità di stare sul mercato e questo aspetto deve essere il primo requisito di ogni forma di agricoltura italiana. Proprio per raggiungere questo obiettivo, comincia la lotta contro i fattori che limitano la produzione agricola; non c'è dubbio che il cambiamento climatico, tragicamente manifestatosi nel 2022, rappresenta ormai un elemento condizionante l'intera attività agroalimentare. Quindi non c'è alternativa all'adozione di tutti i criteri (varietà e razze resistenti, tecniche agronomiche aggiornate, rilevamento tempestivo dei dati climatici, metodi di conservazione delle risorse naturali -suolo e acqua-) per contrastare questo nemico "strisciante". Ma non mancano problemi dovuti a carenze normative o a norme non collegate alla nostre realtà produttive ; troppo spesso ci siamo sentiti dire: mentre l'agricoltura galleggia, l'Unione Europea ci impone troppe regole. Cioè, alle difficoltà interne al sistema agroalimentare si sommano anche quelle esterne. Un ulteriore problema è rappresentato dal personale utilizzabile nei lavori agricoli. La crisi demografica che sta attraversando l'Italia costituisce un ostacolo all'introduzione di nuova "forza lavoro" in agricoltura. Da non dimenticare infine che, nonostante le Università italiane siano oggi più aperte di un tempo alla collaborazione con il mondo esterno, permane una visione da "turris eburnea" che non vuole contaminarsi con la pratica agricola di tutti i giorni. Mentre di grande utilità risulterebbe la formazione in agricoltura che è da perseguire con tutte le molteplici modalità che sono consentite in Italia. L'aggiornamento tecnologico, che è sempre stato fondamentale in agricoltura, oggi è ancora più necessario e va periodicamente rinnovato a seguito dell' incessante progresso dei sistemi digitali, robotici, ecc.

Un enorme problema pratico è costituito dalla disponibilità della risorsa idrica, sottolineata in modo drammatico dagli eventi climatici del 2022. L'agricoltura ha cominciato ad avvertire insufficienza di acqua dolce sin dal 2003, ma non si è intervenuti in modo adeguato. I metodi per ricorrere ai rimedi, prima che il problema si manifesti, ci sono e sono stati ampiamente segnalati nella meritoria rubrica "L'Accademia per il post COVID19" promossa dal presidente dei Georgofili, Massimo Vincenzini. Si tratta di effettuare tutta una serie di interventi che vanno dal mantenimento in efficienza dei canali di scolo delle acque sino alla rigenerazione del livello delle medesime. Si tratta di interventi non di alta tecnologia, ma assolutamente necessari per preservare la risorsa senza la quale l'agricoltura non è possibile.

Non possiamo non sottolineare che siamo nel bel mezzo di una fase di rivoluzione cominciata da tempo e che ha visto la globalizzazione di norme e politiche. Rientrano tra queste norme anche alcune indicazioni assai restrittive -e discutibili- come quelle sui fitofarmaci. La limitazione dei presidi fitosanitari non può costituire l'ennesimo problema degli agricoltori. Questo aspetto ha già generato una sorta di esternalizzazione della problematica che non possiamo far finta di non vedere. In altre parole ciò che non può essere fatto in Italia andiamo a farlo fuori del nostro paese con tutto quello che ciò comporta. D'altra parte anche questo problema può essere risolto tramite l'impiego di opportune tecnologie genetiche, ma dobbiamo ancora ricordare che il quadro normativo le possa consentire. Per il momento non è possibile ed è immaginabile che il tutto venga rinviato al prossimo Parlamento e alla prossima Commissione che, prevedibilmente, seguiranno le elezioni europee del 2024. Si tratta di un imperdonabile ritardo della UE che, invece di spingere sulle innovazioni genetiche, si attarda in una visione dell'agricoltura non al passo dei tempi.

Altra riflessione nasce dalla tendenza, in troppa parte dell'Italia, a non produrre "commodities"; può rivelarsi un errore strategico.

In definitiva per raggiungere l'obiettivo principale, cioè "stare sul mercato", occorre (a) possedere una visione che vada oltre lo specifico processo produttivo, quindi una visione generale dell'agricoltura, (b) ottenere i mezzi adeguati per produrre, (c) essere disposti a lottare sul mercato.

Per raggiungere tali obiettivi è necessaria la convergenza di molte attività che abbiamo sommariamente elencato sin qui. Non penso che si possa ripetere l'enorme lavoro fatto, meritoriamente, dalle generazioni passate, ma l'attuale agricoltura non può che trovare la spinta nell'innovazione e quindi in un proficuo raccordo con la ricerca scientifica.

Il ruolo dell'attività scientifica

Volendo seguire una comune affermazione circa il ruolo benefico che la ricerca scientifica avrebbe sullo sviluppo economico, si potrebbero svolgere quindi alcune importanti riflessioni circa il ruolo della scienza nell'evoluzione dell'agricoltura italiana nell'attuale complicato scenario europeo e nell'ancor più impegnativo quadro planetario.

Se dovessimo considerare anche solo lo sviluppo di tutte le coltivazioni -comunque utili anche ai fini degli allevamenti animali- ci sarebbe abbondante materia per una specifica relazione in merito, per cui è saggio limitarsi a qualche caso di studio che sia, possibilmente, significativo.

Come è ampiamente noto le piante sono organismi sostanzialmente caratterizzati dalla fotosintesi; sono, cioè, in grado di effettuare l'organicazione del carbonio dell'anidride carbonica che assorbono tramite gli stomi fogliari e che viene da esse trasformata dapprima in carboidrati e poi, in virtù del metabolismo cellulare, questi ultimi forniranno gli scheletri carboniosi utili per la sintesi di tutte le molecole necessarie alla pianta. Ne deriva che essendo la pianta autotrofa, cioè capace di alimentarsi autonomamente usufruendo di CO_2, acqua e luce offerte dall'ambiente, essa è alla base delle catene trofiche, cioè costituisce la base alimentare di tutti gli altri organismi che sono, pertanto, eterotrofi, cioè dipendenti, direttamente o indirettamente per la loro alimentazione, dalle piante, con l'eccezione di alcune categorie di microrganismi.

La fotosintesi, che ho sintetizzato sopra in maniera estrema, è nota da poco meno di tre secoli. In questo lungo periodo si sono fatti enormi passi avanti circa la conoscenza della stessa arrivando, a metà del secolo passato, alla sua completa descrizione biochimica. Gli studi sono ancora andati avanti nei decenni successivi e molte nuove acquisizione si sono aggiunte, ma si è sempre rimasti sconcertati dalla possibilità pressoché nulla di aumentare il rendimento della straordinaria macchina metabolica fotosintetica, fermo intorno all'1% e resistente a qualsiasi tentativo di miglioramento, in virtù del numero molto elevato di fattori, interni e esterni alla pianta, che lo condizionano.

Oggi le cose non sono più così. Si può intervenire sul processo aumentandone il rendimento e, siccome la fotosintesi è la base della "produzione" della pianta, si può ben capire quanto ciò possa interessare l'attività scientifica, la creazione di innovazioni e, in definitiva, l'agricoltura del pianeta.

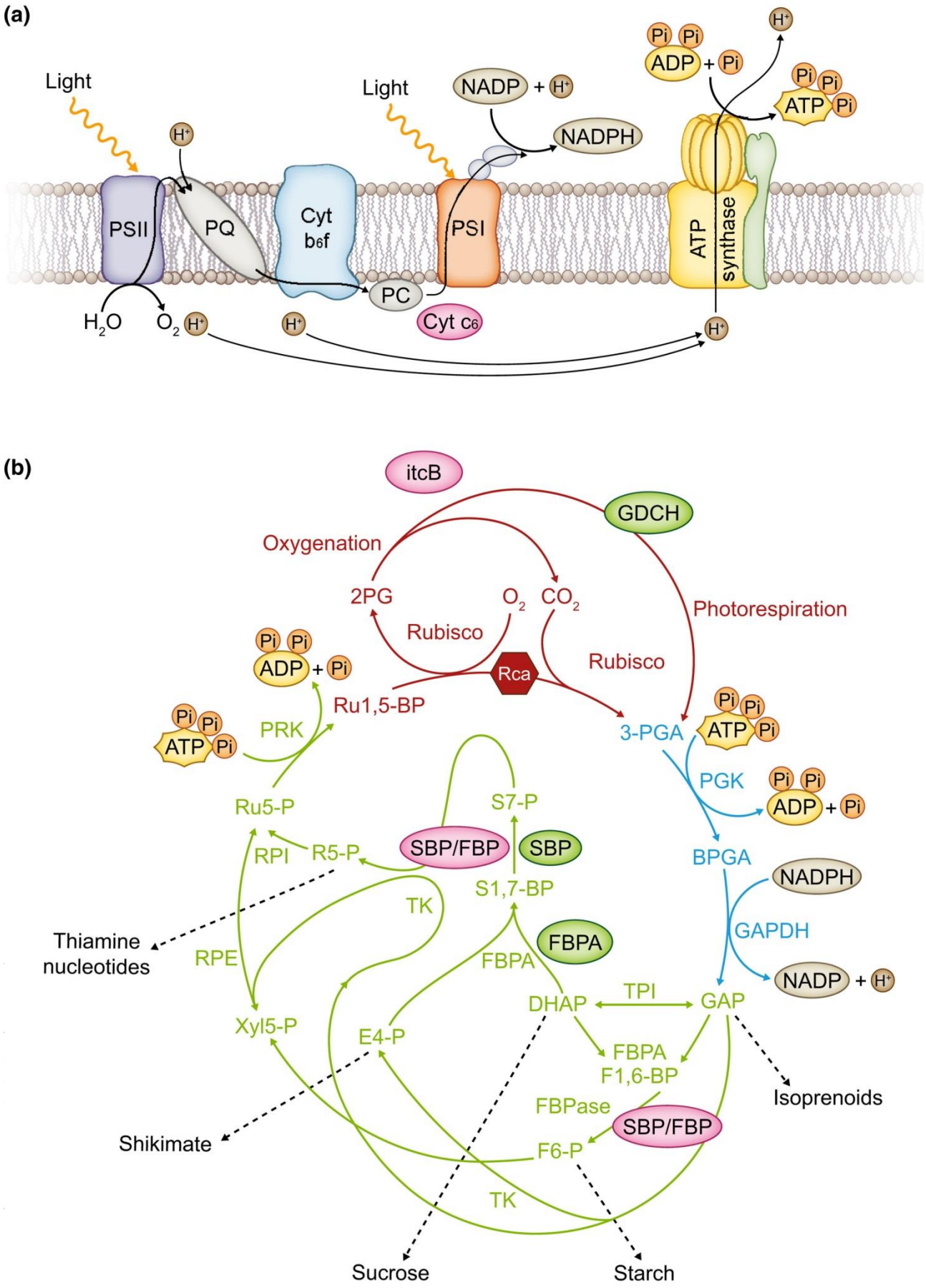
Come anticipavo poco sopra, il modo attraverso il quale la pianta riesce ad organicare la CO_2 atmosferica è stato scoperto poco dopo la fine della seconda guerra mondiale e va sotto il nome di Ciclo di Calvin, Benson,

Bassham. Tale ciclo è la via metabolica più importante che avviene nel mondo biologico del nostro pianeta e, come ho già affermato, consente di catturare l'anidride carbonica dall'atmosfera e convertirla in molecole organiche. Il fenomeno è stato, ed è, alla base della vita sulla terra. Si è originato qualche miliardo di anni fa ed è altamente conservato in natura, dai cianobatteri alle grandi piante terrestri. L'intero ciclo si attua con la partecipazione di 11 enzimi che catalizzano altrettante reazioni di cui 8 servono a rigenerare l'accettore della CO_2, il Ribulosio-1-5-bisfosfato.

Il ciclo di Calvin, Benson, Bassham, spesso riportato solo come ciclo di Calvin (Melvin Calvin vinse il premio Nobel per la chimica nel 1961), è la via metabolica utilizzata dall'85% delle specie vegetali, oggi presenti sul pianeta, per attuare l'assimilazione dell'anidride carbonica secondo uno schema che viene indicato come C3, dal numero degli atomi di carbonio del primo prodotto stabile, la gliceraldeide-3-fosfato. L'enzima che trasferisce la CO_2 sull'accettore si chiama Rubisco.

Nella figura sottostante è riportata la rappresentazione schematica delle reazioni del Ciclo.

Fig.1


(a)
Light
Light
NADP + H+
NADPH
H+
PSII
PQ
Cyt b6f
PSI
PC
Cyt c6
ATP synthase
ADP + Pi
ATP
H2O
O2
(b)
itcB
GDCH
Oxygenation
2PG
O2
CO2
Photorespiration
Rubisco
Rca
Rubisco
Ru1,5-BP
PRK
ADP + Pi
ATP
3-PGA
PGK
BPGA
NADPH
GAPDH
NADP + H+
GAP
TPI
DHAP
FBPA
F1,6-BP
FBPase
SBP/FBP
F6-P
Isoprenoids
Ru5-P
RPI
R5-P
SBP/FBP
SBP
S7-P
S1,7-BP
TK
FBPA
RPE
Xyl5-P
E4-P
Thiamine nucleotides
Shikimate
TK
Sucrose
Starch

Didascalia di Fig.1:
The Calvin–Benson–Bassham (CBB) cycle. (a) Energy in the form of ATP and NADPH needed to drive the CBB cycle is produced in the thylakoid membrane-located electron transport chain. (b) The first step in the CBB cycle is catalysed by ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) resulting in the formation of 3-phosphoglycerate (3-PGA). The next two reactions form the reductive phase and are catalysed by phosphoglycerate kinase (PGK), forming glycerate 1,3-bisphosphate (BPGA) using ATP and glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) which forms glyceraldehyde 3-phosphate (GAP) consuming NADPH. Triose phosphate isomerase (TPI) catalyses the production of dihydroxyacetone phosphate (DHAP) and together with GAP enters the regenerative phase of the cycle, catalysed by fructose 1,6-bisphosphate/sedoheptulose 1,7-bisphosphate aldolase (FBPA), forming sedoheptulose 1,7-bisphosphate (S1,7-BP) and fructose 1,6-bisphosphate (F1,6-BP). Sedoheptulose 1,7-bisphosphatase (SBPase) and FBPase (fructose 1,6-bisphosphatase) then produce sedoheptulose 7-phosphate (S7-P) and fructose 6-phosphate (F6-P), which are converted to 5C compounds in reactions catalysed by transketolase (TK), ribose 5-P isomerase (RPI) and ribulose 5-phosphate epimerase (RPE), resulting in the formation of ribulose 5-P (Ru5P). The final step in the cycle is catalysed by ribulose 5-phosphate kinase (PRK), producing the CO2 acceptor molecule ribulose 1,5-bisphosphate (Ru1,5-BP). The three phases of the CBB cycle are shown: (1) carboxylation (red), (2) reduction (blue) and (3) regeneration (green). The products of the CBB cycle are exported to a number of biosynthetic pathways (grey dashed lines): isoprenoid, starch, sucrose, shikimate, thiamine and nucleotide. Rubisco has a competing oxygenase reaction which results in the formation of 2-phosphoglycerate, which enters the photorespiratory pathway. The manipulations related to ribulose-1-5 bisphosphate (RuBP) regeneration discussed in this paper are in the electron transport chain algal cytochrome C6 (CytC6), the photorespiratory cycle H-subunit of glycine decarboxylate (GDCH), the putative transporter from an alga (ictB), the endogenous SBPase and FBPA enzymes and the cyanobacterial bifunctional sedoheptulose 1,7-bisphosphatase/fructose 1,6-bisphosphatase (SBPase/FBPase) enzyme. Overexpression of endogenous proteins is shown in green and foreign proteins in pink.

da: Raines C. A., 2022, *Improving plant productivity by re-tuning the regeneration of RuBP in the Calvin-Benson-Bassham cycle.* New Phytologist 236: 350-356.

Perché si deve mirare alla fotosintesi per aumentare quantitativamente e qualitativamente i raccolti?

La straordinaria crescita di popolazione sul pianeta e il progressivo degrado ambientale ci impongono, in nome della sostenibilità, di terminare i disboscamenti per mettere a coltura nuovi terreni e di coltivare senza un ulteriore consumo di acqua e fertilizzanti, tendendo, tuttavia, al massimo della produzione ottenibile.

Il rapporto tra efficienza fotosintetica e produzione si può esprimere come annotato di seguito:

$$W_h = S \cdot e_i \cdot e_c \cdot e_p$$

W_h produzione raccolta
S energia solare
e_i efficienze della luce intercettata
e_c efficienza della conversione dell'energia
e_p indice di raccolto

Il rendimento di una coltura, ammesso che sia la migliore varietà per quello specifico ambiente, è determinato da: a) disponibilità di luce, b) capacità di cattura della luce, c) conversione dell'energia fissata in biomassa, d) architettura della pianta valutata come indice di raccolto (rapporto sostanza secca utile e sostanza secca totale). Di questi quattro parametri, il terzo, cioè la conversione dell'energia, è l'unico ad essere molto al di sotto del suo potenziale massimo ed è determinato dall'efficienza fotosintetica.

Seguendo questa considerazione -mirare alla fotosintesi per aumentare la produzione- si sono realizzate prove sperimentali, nel 2021, effettuate congiuntamente da americani e inglesi tramite l'allevamento di varie specie coltivate in campi in cui si è realizzato un aumento di concentrazione di CO_2 atmosferica. Ma, seguendo una diversa tecnica, in risaie giapponesi si sono usate, con successo, varietà di riso con livelli aumentati, tramite tecnologia transgenica, di Rubisco, l'enzima carbossilante del Ciclo di Calvin; da notare che la produzione di granella è aumentata pur usando un livello di fertilizzazione azotata inferiore a quello consuetudinario.

Uno dei principali obiettivi per migliorare il rendimento della fotosintesi è, infatti, l'enzima carbossilante Rubisco, ma il punto principale è capire come si può intervenire nel processo di rigenerazione dell'accettore della CO_2, cioè il Ribulosio bisfosfato (Ru1,5-BP), punto fondamentale per modificare radicalmente la fotosintesi, aumentando la resa delle colture.

Avvenuta la carbossilazione, anche chiamata "fissazione" o "assimilazione" della CO_2, la sintesi del RuBP, richiede due reazioni riduttive per ottenere la produzione di gliceraldeide-3-fosfato, utilizzando NADPH e ATP, due indispensabili molecole prodotte dalla "fase luminosa" della fotosintesi. Le reazioni che seguono, per completare il ciclo di Calvin, sono di tipo rigenerativo e hanno per risultato finale la formazione del RuBP. Negli ultimi venti anni di ricerche si è dimostrato che alcuni degli enzimi del ciclo svolgono un ruolo di controllo sulla assimilazione dell'anidride carbonica. Tali enzimi sono, oltre alla Rubisco, la Sedoeptulosio1,7-bisfosfatasi (SBPasi), la Fruttosio1,6-bisfosfato aldolasi (FBPasi) e la Transketolasi, che, quindi, si configurano come bersagli promettenti per ottenere la sovraespressione utile per migliorare il rendimento della fotosintesi. Infatti gli esperimenti di sovraespressione transgenica, che hanno incrementato i livelli di SBPasi, si sono tradotti in aumento di fotosintesi in piante di tabacco, di grano e di riso; nelle piante di pomodoro la maggiore capacità fotosintetica è risultata associata ad una maggiore resistenza al freddo. Analogamente la sovraespressione di FBPasi ha aumentato la biomassa di tabacco. Sovraesprimendo contemporaneamente entrambi gli enzimi si è ottenuto, in tabacco e lattuga, una maggiore assimilazione di CO_2 accompagnata da maggiore crescita, come risulta da studi ancora molto recenti, fatti negli anni 2020-22.

I precedenti risultati sono stati ottenuti con interventi genetici su enzimi interni al ciclo, ma importanti risultati sono stati anche realizzati tramite la sovraespressione di proteine enzimatiche esterne al ciclo di Calvin, sempre con l'obiettivo di rigenerare l'accettore RuBP. Il trasportatore putativo del bicarbonato -la CO_2 viene introdotta nelle foglie come ioni bicarbonato HCO_3- è lo ictB che, se sovraespresso insieme agli enzimi interni al ciclo SBPasi e FBPasi, determina un ulteriore incremento della fotosintesi e della crescita. Anche un altro enzima, esterno al ciclo di Calvin, la glicina decarbossilasi, dalla struttura molto complessa fatta da quattro sub-unità, se sovraespressa nella sola unità H dell'enzima, ma insieme agli enzimi precedentemente citati SBPasi e FBPasi, determina effetti decisamente positivi sulla produttività di alcune specie.

Il risultato che maggiormente colpisce è l'aumento simultaneo di ATP e NADPH, prodotti dalla reazione luminosa della fotosintesi e che talora assumono il ruolo di fattore limitante nel ciclo di Calvin, pur essendo molecole prodotte esternamente al Ciclo stesso. Si è proceduto con la sovraespressione della proteina citocromo C6, che ha il ruolo di trasferire elettroni dal complesso citocromo b6/f al fotosistema 1. Questo è un risultato davvero sorprendente perché si è riusciti a superare il collo di bottiglia dell' impossibile intervento combinato sugli eventi della "fase luminosa" e quelli della "fase oscura" della fotosintesi. Infatti le piante di

tabacco così trasformate hanno aumentato la fotosintesi e la produzione, ma persino l'efficienza d'uso dell'acqua in pieno campo è risultata incrementata.

Oltre alle considerazioni sopra riportate è possibile incrementare ulteriormente la nostra capacità a modificare il processo fotosintetico nelle piante o, più specificamente, il ciclo di Calvin, Benson, Bassham?

Tramite l'uso di modelli matematici si è accertato, tra il 2015 e il 2018, che la Rubisco non costituiva l'unico elemento limitante il processo, ma anche la SBPasi costituiva uno dei principali punti di regolazione del processo. Gli studi di modellistica hanno anche mostrato come la catena di trasporto degli elettroni (fase luminosa della fotosintesi) sia in rapporto con le attività metaboliche (fase oscura della fotosintesi) evidenziando un ruolo centrale del Ciclo dei pentosi fosfati che avviene, anch'esso, all'interno del cloroplasto. In particolare si è appurato che, in particolari condizioni di scarsa intensità luminosa, le varie molecole, che costituiscono gli intermediari del ciclo di Calvin, subirebbero un calo quantitativo con ovvia riduzione di efficienza del Ciclo stesso, ma a ciò potrebbe supplire il ciclo dei pentosi fosfati che, in tal caso, svolgerebbe una classica azione anaplerotica.

A questo punto probabilmente il lettore può porsi la domanda: quindi, ormai, si sa tutto del Ciclo di Calvin? La risposta è netta, quanto implicita: no. Cosa, allora non si sa? Gli esempi sono molteplici: ad esempio le proteine enzimatiche del Ciclo di Calvin sono uguali in tutte le specie vegetali, ma la loro sequenza primaria, ovvero la sequenza amminoacidica, può essere notevolmente diversa tra le specie; inoltre le proprietà catalitiche di questi enzimi sono conosciute solo in pochissime specie. Quindi la conoscenza di queste situazioni nelle varie specie coltivate è ancora in uno stadio primitivo e c'è molto da descrivere e sperimentare in merito alla relazione struttura/funzione. Altro aspetto è rappresentato dalla regolazione di alcuni enzimi del ciclo da parte della luce tramite le tioredossine (che determinano variazioni redox nel cloroplasto); un obiettivo per incrementare il rendimento del ciclo può essere raggiunto mediante l'aumento dell'espressione di queste proteine regolatrici e dei loro enzimi target. Infine si può considerare la regolazione di singoli geni del ciclo che non è nota nei dettagli molecolari e quasi nulla si sa circa la coordinazione dell'espressione dei geni. Lavori di ricerca eseguiti nel 2019 ci hanno fatto conoscere l'esistenza di alcune decine di fattori di trascrizione con un loro potenziale ruolo nella regolazione di molti geni implicati nel Ciclo di CBB. Per alcuni di questi geni si è accertato che gli SNPs (variazioni del materiale genico a carico di un singolo nucleotide) erano localizzati nella regione dei promotori dei geni. Questo tipo di informazione può essere utilizzata per interventi di gene-editing (quindi metodologie non transgeniche) per raggiungere l'obiettivo di incrementare sia la rigenerazione del RuBP come pure la fissazione della CO_2.

Si è anche confermata la necessità di condurre studi specie-specifici. Ad esempio: nella nostra attività di studio delle piante usiamo spesso una specie di Arabidopsis come pure di riso. L'Arabidopsis è una utilissima specie modello, ma ciò che impariamo su di essa non è trasferibile al riso, per cui dobbiamo studiare gli stessi fenomeni sul riso in modo da verificarli, pur appartenendo entrambi alle specie C3.

Un ultimo scenario può essere rappresentato dalla biologia sintetica che tende a costruire sistemi fotosintetici interamente di sintesi per confrontarli con quelli naturali in termini di efficienza. Un metodo può essere quello di introdurre enzimi con caratteristiche migliori per quanto concerne la rigenerazione del RuBP.

Le innovazioni in agricoltura

La ricerca scientifica, della quale ho presentato nelle pagine precedenti il caso di studio della fotosintesi, produce i presupposti per molteplici innovazioni che, talora, possono essere inserite immediatamente nelle aziende agricole del paese. La ricerca scientifica è, come tale, riferibile a vari settori della conoscenza che hanno attinenza con l'agricoltura, dalla biologia, alla chimica, dalla ingegneria alla scienza economica. Da questi diversi settori nascono innovazioni che passano, soventemente, attraverso una "traduzione" digitale prima di essere introdotte in azienda. Gli esempi sono numerosi: le innovazioni agricole, per l'agricoltura di precisione 4.0, adottano l'applicazione di software agronomici, ma anche l'agricoltura interconnessa o "Internet of Farming". L'agricoltura 4.0 usa sia l'Internet delle cose o "Internet of Things" che "Big Data Analytics" in modo da conoscere con precisione le necessità delle coltivazioni in termini irrigui, nutritivi, della prevenzione dalle malattie, così come la situazione delle infestanti che possono competere con le coltivazioni. I dati devono essere letti e standardizzati dai software agronomici. Sono molte (centinaia) le startup agricole internazionali che offrono soluzioni digitali al settore agroalimentare. L'Italia è il paese europeo con il maggior numero di startup di questo tipo, ma esse sono molto deboli nell'attivare finanziamenti (solo l'1% del totale dei finanziamenti viene erogato a questo tipo di imprese).

Una azione in questa direzione è stata svolta dall'Accademia dei Georgofili -per iniziativa del suo presidente prof. Vincenzini- durante il periodo dell'epidemia COVID19, mettendo a disposizione degli agricoltori innovazioni mature per l'immediato trasferimento in azienda.

Credo che sulle innovazioni si debbano ripetere le considerazioni già fatte e che si inseriscono in un quadro globale di grande complessità. Sul pianeta siamo già 8 miliardi di donne e uomini e la pressione antropica cesserà di crescere, almeno numericamente, come previsto dai demografi dell'ONU, quando raggiungeremo, dopo il 2050, la cifra rispettabile di oltre10 miliardi. Ricordiamoci un dato, molto importante, cioè che ogni essere umano aveva a disposizione, nel 1960, 0,4 ha di superficie coltivabile, ma nel 2050 tale superficie raggiungerà solo un misero 0,1 ha per la combinazione dell'incremento demografico e del forte consumo extra-agricolo del territorio.

Vi sono alcuni dati contrastanti per il settore agricolo italiano. Le derrate primarie (frumento, mais, carni, ecc) sono in calo e ne importiamo intorno al 55%, mentre sappiamo che l'Italia esporta progressivamente sempre più prodotti agroalimentari (vino, ortaggi, salumi, formaggi, ecc). La produzione alimentare italiana deve quindi irrobustirsi, ma si è obbligati ad una sostenibilità, imposta dalle norme e desiderata dai cittadini-consumatori. Come rispondere a questa esigenza di competitività sostenibile? Appunto, come detto, facendo ampio uso delle innovazioni già a nostra disposizione e lavorando alacremente per metterne a punto altre che vanno dalle TEA sino a tutto il ventaglio del "precision farming". Ricordiamoci che, sempre dall'Unione Europea ci arrivano precise indicazioni: il primo ostacolo al diffondersi rapido dell'agricoltura 4.0 è rappresentato dalle ridotte dimensioni aziendali (11 ha contro i 17 della media europea) così come dalla formazione agraria dei conduttori (6% di laureati contro il 9% della media europea); infine ricordiamo l'accesso a internet che in Italia raggiunge l'82% delle famiglie che vivono in aree rurali, mentre per gli europei questo valore raggiunge 86%, con la "punta" dell' Olanda dove il dato è 99%. Anche la cultura e la conoscenza tecnologica possono giocare un ruolo, ma questo è un altro discorso, più generale dello sviluppo italiano.

L'insieme degli strumenti tecnologici applicati in campo agricolo convergono nella definizione di Agricoltura di precisione (AP) o Site Specific Crop Management (SSCM); se si usano sensori chiamati "remote" o

"proxymal sensing" si entra nel campo della "Digital Precision Agriculture". Il ricorso a tecniche AP consente alle aziende agricole di progredire in termini di sostenibilità ambientale e di miglioramento qualitativo della produzione agricola. Tali tecniche sono state disponibili a costi relativamente elevati per le piccole e medie aziende; ovviamente se si potesse intervenire per rendere tali tecniche disponibili a costi più contenuti si potrebbe ottenere un sensibile avanzamento della qualità delle produzioni globali insieme a un incremento di reddito per molti agricoltori.

Il '900 ha visto l'evoluzione dell'agricoltura da 1.0 (mano d'opera e forza animale) a 2.0 degli anni '50 (macchine agricole, agrofarmaci, fertilizzanti), per poi passare negli anni 2000 all'agricoltura 3.0 o agricoltura di precisione con le prime macchine a guida satellitare consentendo una crescita anche della sostenibilità economica e ambientale. Si giunge infine all'agricoltura 4.0 (smart agriculture) che include l'agricoltura di precisione e la unisce all'uso di internet e delle tecniche computerizzate per il controllo costante delle colture che consente risparmio di acqua, di fertilizzanti e di agrofarmaci.

L'agricoltura è ritenuta molto tradizionalista, ma i giovani imprenditori agricoli guardano ad essa come un settore produttivo ad alta tecnologia; è ormai frequente il ricorso all'agrometeorologia per decidere le operazioni colturali arrivando sino all'uso dei droni per effettuare interventi precisi in campo.

Ricordo, al termine di questa complessa valutazione evolutiva, che la destabilizzazione del quadro dei rapporti politici mondiali, oggi ampiamente in atto anche con una guerra sul suolo europeo, può solo aggiungere grande preoccupazione a chi lavora per migliorare le condizioni di tutta l'umanità.

La comunicazione

La comunicazione nei nostri tempi è radicalmente cambiata e quindi non poteva rimanere inalterata quella specialistica per l'agricoltura che, infatti, è stata invasa dalle nuove metodologie. Se questo ingresso tumultuoso poteva essere benvenuto, ad esempio, per la velocità delle informazioni e per la straordinaria mole dei dati disponibili, in pratica questa enorme nube di dati è stata pervasa da vari concetti circa il tipo di agricoltura e le sue numerose interfacce con molte altre attività, generando, di sovente, forti conflitti tra "visioni" diverse cambiando il dialogo in vero e proprio scontro. Il risultato è l'attuale "babele"; cioè anche l'agricoltura è divenuta luogo di disordine e confusione. Ne è testimonianza la contraddizione continua che attraversa la comunicazione in materia, sia televisiva che giornalistica, sino ad arrivare alle incredibili quanto sconclusionate logomachie dei social, nei quali, non infrequentemente, si arriva a beceri insulti.

D'altra parte la diffusione -velocissima- delle nuove tecnologie ha cambiato radicalmente lo stile comunicativo tra personaggi pubblici e cittadini, generando quella che da alcuni studiosi del settore è stata chiamata una "vulnerabilità" inedita. Affermano Masala e Neri (2022) che "*districarsi tra centinaia di notizie, immagini, interazioni, conversazioni, offerte, identità, molte delle quali potrebbero essere malevole oppure generate da* bot*, diventa sempre più difficile, fino a rasentare l'impossibilità a causa della rapida ascesa del* deep-fake.".

Come si collocano, quindi, la "verità" e la "realtà" all'interno della enorme "infosfera" a nostra disposizione, oppure, verità e realtà sono categorie oramai superate? Inoltre si assiste ad un crescente rapporto di tipo

personalistico tra pubblici poteri e cittadini, senza la tradizionale mediazione degli esperti, che può causare polarizzazioni estreme. Una conclusione, che può spaventare, è: le nuove tecnologie, oltre alle varie e profonde trasformazioni introdotte nella nostra vita, hanno alterato anche i valori fondamentali che dovrebbero orientare l'azione politica e, quindi, per quello che ci riguarda, anche la politica agricola?

Nel gennaio del 2019 scrivevo per GeorgofiliINFO un articolo dal titolo "La grande nebulosa del vero e del falso ha inglobato anche la Scienza", nel quale descrivevo il problema delle informazioni false in ambito scientifico che stava assumendo una dimensione planetaria. Si trattava di un problema, certamente conosciuto da tempo, ma la dilatazione delle informazioni aveva causato la frequente messa sotto accusa della scienza contribuendo a destituire l'attività scientifica di ogni pretesa di verità oggettiva. Avevo preso lo spunto dal lavoro di due ricercatori americani, uno della Stanford University (California) e l'altro della Princeton University, pubblicato su PNAS dal titolo assai esplicativo "Scientific communication in a post-truth society". Si tratta della volontà di alterare la veritiera comunicazione dei fatti, così come praticato, con una certa frequenza, sia dai mezzi di comunicazione che da parte della politica, negli ultimi trenta anni. La domanda diviene pertanto: cosa è accaduto, durante gli anni '80, di così rivoluzionario da non consentire più un controllo adeguato sulla verità delle notizie comunicate? Nell'articolo citato l'accadimento fondamentale, negli USA, è rappresentato dall'affermazione delle TV via cavo e dal moltiplicarsi dei "Talk show". Contemporaneamente cessa il controllo, da parte della Commissione Federale per le Comunicazioni, sui programmi televisivi e radiofonici che vennero pertanto liberati dal vincolo di essere "factual and honest".

A partire dagli anni '90 anche Internet è diventato uno dei maggiori fornitori di notizie e informazioni e la sua influenza sul pubblico è stata amplificata dalla nascita dei "social media" come LinkedIn, Facebook, YouTube, Twitter, Instagram, Snapchat, TikTok. A seguito di questi eventi è stato reso disponibile, a chiunque avesse accesso alla rete, un numero incalcolabile di dati e notizie, talmente elevato da rendere molto difficile -se non impossibile- la verifica della loro veridicità. Questo fatto dà un'idea della confusione che esiste nella rete, senza tener conto che gli algoritmi, che sono a disposizione di chi gestisce i siti, possono "elaborare" le varie notizie restringendo l'informazione cui l'utente può accedere, limitandola a quella desiderata. In altre parole, le "macchine" possono attirarci in un vortice di notizie pre-selezionate.

La diffusione di notizie erronee interessa ormai anche l'attività scientifica. Un dato rilevato negli USA nel 2016 segnalava che coloro che esprimevano totale fiducia nella comunità scientifica erano solo il 40%, dato medio di una "forchetta che andava da un modestissimo 28% tra coloro privi di un diploma di maturità mentre raggiungeva il 61% tra coloro che avevano conseguito un titolo di studio universitario. Molto desolante il primo dato, ma anche il secondo.....D'altro canto, nel clima culturale delle società occidentali attuali, non sorprende che la fiducia nella scienza sia diversa a seconda della ideologia professata; esiste cioè una polarizzazione ideal-politica che ha un forte impatto sulla comunicazione scientifica. Potremmo dire che una comunicazione è sana e efficace quando si basa su fonti attendibili e su dati comprovati. Sembrerebbe ovvio; tuttavia, nelle attuali società polarizzate, i fautori di una parte non vedono quelli dell'altra parte come soggetti dialoganti, ma come oppositori imbevuti di ideologie minacciose sul piano esistenziale. E' questo un processo che ha avuto una accelerazione nelle prime due decadi del 21° secolo.

A fronte dei pochissimi "provider" di qualche lustro fa, oggi il mercato offre dozzine di gruppi che convogliano informazioni sui vari aspetti dell'attualità senza che sia stato effettuato alcun "editorial gatekeeping". Per cui può essere prescelto quel "provider" che trasmette notizie in linea con le proprie, senza preoccuparsi della loro accuratezza. Questo processo, protrattosi per molto tempo, ha abituato percentuali sempre più

consistenti di cittadini a respingere quelle informazioni e quegli argomenti che si scontrano con la propria visione del mondo, così che, invece di analizzare criticamente le informazioni ricevute, si preoccupano di proteggere le loro opinioni dalle minacce esterne. Pertanto se un dato, o una notizia o un evento, contrasta con quella visione, viene respinto o distorto, impedendo in tal modo la verità "scientifica".

Concludendo, l'analisi di PNAS si basa sulla constatazione che il 1970 rappresenta un discrimine per quanto riguarda sia la modalità dell'informazione, sia la predisposizione del pubblico verso le notizie. Dopo quella data si sono verificate modifiche strutturali così profonde, nell'ambito dei media, da rappresentare una vera e propria deregolamentazione delle radiotrasmissioni, tramite l'inizio della TV via cavo, dell'avvento di Internet, della diffusione e della crescita incontrollata dei "social media". Queste modifiche hanno avuto varie conseguenze, una delle quali -assai preoccupante- è la polarizzazione del modo di pensare che va dalla politica, sino ai vari aspetti della vita, ivi inclusa la ricerca scientifica, dove anche qui si registra, e era impensabile alcuni decenni fa, una continua e crescente animosità di parte. La conseguenza è che anche la scoperta scientifica (pensiamo ai cambiamenti climatici, alle trasformazioni genetiche o ai vaccini), entra nei media, ma frequentemente associata a "fake news" e disinformazioni varie. Per cui la notizia viene rifiutata come falsa o assorbita come vera a seconda della personale "predisposizione".

L'impressione è che, nonostante queste analisi, il futuro della buona informazione sia alquanto incerto. D'altra parte un buon governo della comunicazione sembra molto difficile, anche a causa dell'esistenza di enormi interessi che dovrebbero essere contrastati. In concreto: ci sono rimedi per intervenire in una società ormai tribalizzata? PNAS propone che le organizzazioni scientifiche dovrebbero creare apposite strutture con lo scopo di verificare tutte le informazioni in modo da intervenire immediatamente, appena si rileva una notizia scientifica falsa, con una controinformazione adeguata. Visto il diffuso livello di confusione esistente, anche nella informazione scientifica, quanto ci viene proposto da PNAS forse è l'unica cosa da fare, senza aspettarsi, però, risultati eclatanti. Il danno, se così si può dire, è stato fatto; ripararlo è molto impegnativo.

Bibliografia consultata:

Bellettini A., 1978, *La popolazione italiana dall'inizio dell'era volgare ai giorni nostri. Valutazioni e tendenze*, in Storia d'Italia, Vol. V, I documenti, T. I, Torino, Einaudi, pp. 489-532.

Dadà S., Lovari A., Masala A., Menon M., Neri V., Palano D., *Vulnerabilità, social media e democrazia. Categorie resilienti e infosfera.* A cura di: Antonio Masala e Veronica Neri. ETS Pisa, collana: philosophica digital (4), 2022 **ISBN:** 9788846765123

Iyengar S. and Massey D. S., 2019, *Scientific communication in a post-truth society.* PNAS, 116 (16):7656-7661.

Medici G. (1956), *La distribuzione della proprietà fondiaria in Italia*, Inea, Roma, 1956

Pagnotta G., Riccioli F., Boncinelli F., Casini L., 2014 *La riduzione della superficie coltivata: tra evoluzione strutturale del settore agricolo e antropizzazione.* Aestimum 65, 207-221.

Raines C. A., 2022, *Improving plant productivity by re-tuning the regeneration of RuBP in the Calvin-Benson-Bassham cycle*. New Phytologist 236: 350-356.

Scaramuzzi F., 2015, *Un grande errore: demolire l'agricoltura*. Prolusione per la Inaugurazione del 262° Anno Accademico. Accademia dei Georgofili. Firenze, Palazzo Vecchio.

Serpieri A., (1947) *La struttura sociale dell'agricoltura italiana*, Roma, 1947

Simkin AJ, Lopez-Calcagno PE, Davey PA, Headland LR, Lawson T, Timm S, Bauwe H, Raines CA. 2017, *Simultaneous stimulation of sedoheptulose 1,7-bisphosphatase, fructose 1,6-bisphophate aldolase and the photorespiratory glycine decarboxylase-H protein increases CO_2 assimilation, vegetative biomass and seed yield in Arabidopsis.* Plant Biotechnology Journal 15: 805–816.

Spinelli L. e R. Fanfani, 2012, *L'evoluzione delle aziende agricole italiane attraverso cinquant'anni di censimenti (1961-2010)*. Agriregionieuropa anno 8 n°31