

Arza Somekh Coen

Bologna, convegno Il PANE, 12 Gennaio 2020

Il contributo del grano selvatico contro la fame

Cenni storici

Dall'inizio della rivoluzione agricola circa 10-12 mila anni fa ad oggi, l'uomo ha sempre cercato continuamente di migliorare le piante commestibili e tra queste il grano, per il proprio beneficio e per i propri bisogni.

L'uomo selezionava le piante di grano selvatico che gli sembravano più convenienti.

Con l'uso dei metodi di selezione ed ibridazione, nel corso del tempo, dalle piante selvatiche si sono sviluppate piante domesticate.

Ma, dopo migliaia di anni d'incroci tra specie, si sono persi caratteri genetici importanti, come certi valori nutrizionali, la resistenza alle malattie e alle condizioni climatiche estreme.

Di conseguenza, tanti campi di grano sono andati distrutti, fatto che ha causato carestia e morte a milioni di persone.

Soprattutto quando è aumentata la popolazione umana, dopo la rivoluzione industriale, si è sentito il bisogno di migliorare la qualità del grano cercando le sue origini naturali.

Per tale ragione, dall'inizio del secolo scorso, sono stati fatti sforzi per cercare di nuovo il grano selvatico in natura, per conoscerlo e studiarlo al fine di ricavare da esso i caratteri genetici originali che si erano persi.

L'idea di migliorare i caratteri delle piante commestibili domesticate attraverso incroci con i loro "parenti" selvatici, era già venuta nel 1815 a *Thomas Andrew Knight*, un botanico inglese.

Nel 1906 *Aharon Aharonson* un agronomo e geologo, trovò la pianta del grano selvatico, (*Triticum turgidum ssp. dicoccoides*), chiamata anche la "madre del grano", a Rosh Pina, nella Galilea. L'unica indicazione che aveva in mente, era la pianta secca, conservata durante 50 anni, che aveva visto in un erbario dell'università di Berlino. La pianta era stata raccolta dai declivi del monte Hermon, dal botanico austriaco *Theodor Kotschy* nel 1865.

Il ritrovamento del grano selvatico ha avuto grande impatto nella comunità scientifica nel mondo, da tempo lo si stava cercando.

Già quando *Aharonson* trovò la "madre del grano" si era convinto che un giorno sarebbe stato possibile utilizzare la sua scoperta per migliorare il grano domesticato. Nel 1910 *Aharonson* scrisse:

" Lo scopo finale di utilizzare il grano selvatico per migliorare il grano domesticato è produrre un po' più pane per un po' meno soldi ed allargare la produzione del grano dove è caro e impossibile oggi."

Bisogna ricordare che all'epoca di *Aharonson*, lo studio della genetica era all'inizio, i metodi di domesticazione erano molto più limitati degli attuali; erano costituiti da pratiche di incroci e selezione.

E' interessante notare che egli aveva ben compreso la potenzialità del suo ritrovamento ed aveva verificato che esiste diretta relazione genetica tra il grano selvatico e il grano domesticato.

Alcune specie del grano

Le ricerche del grano si fanno e si facevano in tanti laboratori nel mondo.

Le due specie di grano che sono più utilizzate in agricoltura sono il grano del pane (*Triticum aestivum*) e il grano della pasta, (*Triticum durum*). Naturalmente ci sono tanti varianti di queste due specie.

Il grano selvatico, (*Triticum turgidum ssp. dicoccoides*), serve per la ricerca, realizzata soprattutto in Israele.

Negli altri posti del mondo si concentravano e si concentrano ancora le ricerche soprattutto sul grano del pane e sul grano della pasta.

Oggi, il 95 per cento della produzione del grano nel mondo è del grano tenero, del pane. Il resto, 5 per cento è del grano duro, della pasta.

Si stima che nel 2050 la popolazione mondiale sarà 10 miliardi e per assicurare il nutrimento per la popolazione umana bisogna aumentare la produzione del grano all' 1,6 per cento l'anno fino al 2050. (*Tzion Fahima, istituto dell'evoluzione università di Haifa*).

Combattere la fame

Durante il ventesimo secolo, la persona più nota che ha dedicato la sua vita per combattere la fame nel mondo, era il famoso genetista ed agronomo americano, *Norman Ernest Borlaug*, (1914-2009).

Borlaug fu il fondatore di un movimento agricolo, chiamato "Rivoluzione Verde". Grazie ad essa si sono salvate le vite di circa un miliardo di persone nel mondo che erano a rischio di morte per fame.

Una delle sue innovazioni è stato lo sviluppo di un tipo di grano semi-nano. Questo ha il vantaggio di avere un gambo che non si rompe in condizioni di vento forte e che consente una produzione abbondante.

Borlaug, per i suoi importanti contributi, ha ricevuto il premio Nobel per la pace nel 1970 e anche tanti altri premi importanti.

In un'articolo di redazione della rivista *Nature* del 2014 che segna 100 anni dalla nascita di *Borlaug*, gli autori hanno scritto: “*uno dei principi che ha guidato Borlaug era che il cibo è un diritto morale per chiunque nato in questo mondo. Borlaug ha vinto nell'importante battaglia contro la fame ma la guerra continua*”.

Per continuare a combattere contro la fame, gli scienziati hanno capito la necessità di studiare il materiale ereditario del grano.

Genoma complesso

Nel ventesimo secolo sono state fatte ricerche per conoscere la composizione genetica del grano selvatico. Si è trovato che è già di per se un prodotto di ibridazione naturale avvenuta 500-800 mille anni fa.

Sono stati anche individuati certi geni di resistenza contro malattie, che non erano conosciuti nelle specie domestiche in nessun posto del mondo.

Si è scoperto anche che i chicchi del grano selvatico, sono più ricchi di proteina dei chicchi del grano domesticato: mentre il grano domesticato contiene da 110 a 150 grammi di proteina per un chilo, il grano selvatico contiene da 150 a 270 grammi per un chilo, (*Feldman, M. Avivi, L. 1978*).

Ma, gli sforzi per studiare geneticamente il grano hanno incontrato problemi assai ardui per decifrare il suo genoma.

(Il DNA di ogni organismo è composto da 4 basi fondamentali indicate con le lettere A, C, G, T. Queste basi si chiamano nucleotidi e si ripetono lungo l'elica del DNA con varie combinazioni e non in modo casuale).

Il genoma del grano è considerato uno dei più complessi nella natura. Il genoma del grano del pane è costituito da 16 miliardi di nucleotidi, 'lettere'. (Sono organizzate in 21 paia di cromosomi ed è già un prodotto di ibridazione di tre genomi distinti (*Hexaploid*)).

Il genoma del grano duro, della pasta, è costituito di 12 miliardi di 'lettere'. (Sono organizzate in 14 paia di cromosomi e sono un prodotto di due genomi distinti

(*Tetraploid*)). Anche il genoma del grano selvatico contiene 12 miliardi di lettere. (Sono organizzati in 14 paia di cromosomi; anche esso è un prodotto di due specie distinte (*Tetraploid*)).

Solo per paragonare, il genoma dell'uomo contiene 3 miliardi di nucleotidi che sono contenuti in 23 paia di cromosomi.

Per affrontare la sfida di svelare e decodificare il genoma del grano è stato fondato nel 2005 un consorzio internazionale, IWGSC, (Internationale Wheat Genome Sequencing Consortium), costituito da circa 2400 membri da 68 paesi. Ogni gruppo di ricerca, si è concentrato nello studio di una piccola parte di uno dei cromosomi con lo scopo di connettere tutte le informazioni per completare l'intero quadro.

Durante 10 anni hanno lavorato 1500 ricercatori nel mondo riuscendo a scoprire geni importanti nel grano selvatico ed ad identificare parecchi geni nel grano del pane.

Ma, ancora l'avanzamento era lento e non si vedeva la conclusione all'orizzonte, ancora non si sapeva dove localizzare i geni nei cromosomi. Ci voleva un metodo di mappatura del genoma

Un forte contributo ad accelerare le ricerche è arrivato nel 2015, quando la compagnia privata High Tech. Israeliana, *NRGene*, ha presentato un algoritmo innovativo per decifrare il genoma. La loro tecnologia è così avanzata ed efficiente che migliora di 10 volte la velocità della decodificazione rispetto ai metodi precedenti.

(Il materiale genetico va messo a una macchina che scansiona il DNA. La macchina alimentata di centinaia di migliaia di 'lettere' e le fa spezzare a sezioni di 200 'lettere'. Da queste sezioni bisogna costituire il puzzle. Ma, il problema è che ci sono tantissime sezioni uguali. Immaginiamo un puzzle che compone l'azzurro del cielo; ogni sezione può essere adatta. Qui entra l'algoritmo che ha sviluppato la *NRGene* che riesce ad introdurre ogni sezione nel posto giusto).

La collaborazione tra ricercatori dell'istituto per la ricerca dei cereali dell'università di Tel Aviv, capo gruppo Dr. *Asaf Distelfeld*, con la compagnia *NRGene*, ha portato a svelare la maggior parte della sequenza del genoma del grano selvatico.

All'inizio del giugno 2015 si è tenuto presso l'albergo FlyOn di Bologna, un convegno internazionale dal titolo "Dal seme alla pasta e oltre". Il Dr. *Asaf Distelfeld* era uno dei partecipanti. Durante la presentazione della sua conferenza ha annunciato ai presenti la scoperta del sequenziamento del genoma del grano selvatico. Nessuno mostrò interesse, nessuno chiese dati e risultati, dopo la conferenza. Considerando che sul genoma del grano lavoravano già dal 2005 più di

1500 ricercatori nel mondo e che lui aveva in mano i primi risultati, *Distelfeld* rimase stupito. (*Yael Froind Abraham, Makor Rishon, 27.9.2015*)

Pochi mesi dopo, fu recepita l'innovazione e la piccola compagnia israeliana *NRGene* potè firmare un accordo con il consorzio internazionale, IWGSC. In questo modo *NRGene* riuscì ad ottenere fondi per completare il lungo progetto.

Nel luglio del 2017 è stata pubblicata nella rivista *Science*, la ricerca del sequenziamento dei nucleotidi nel grano selvatico. La ricerca, è un prodotto di collaborazione con la compagnia *NRGene*, e con laboratori importanti in Germania, Italia, Canada, Stati Uniti ed Israele.

La ricerca ha portato chiarimenti sull'evoluzione del grano e la sua domesticazione.

Il carattere delle spighe

Il segno principale che distingue il grano domesticato dal grano selvatico è la spiga. Nella pianta selvatica, dopo la maturazione dei semi, la spiga si spezza, i chicchi si distaccano e si disperdono con il vento.

Invece, nella pianta del grano domesticato, le spighe rimangono intere dopo la maturazione e così l'agricoltore può raccogliere più facilmente il grano.

Per capire l'origine della differenza nel carattere della spiga è stata fatta una ricerca presso l'università di Tel Aviv (*pubblicazione, Università di Tel Aviv 2017*). Secondo la ricerca, il carattere della spiga intera è un risultato di due mutazioni naturali. Gli agricoltori nei tempi antichi sceglievano le spighe intere e in questo modo si è diffuso questo carattere. Così, il grano domesticato è diventato dipendente dall'uomo, perché i semi non possono staccarsi senza l'aiuto dell'uomo.

Il metodo di *NRGene* è così efficiente che all'inizio il consorzio internazionale si rifiutava di credere che fosse così affidabile. Solo dopo il successo nella decifrazione del grano selvatico, si sono convinti a sostenere il lavoro grosso della decifrazione del grano del pane.

Dopo 13 anni dalla fondazione del consorzio internazionale IWGSC, è stata pubblicata nell'agosto 2018 nella rivista *Science*, la ricerca del sequenziamento del grano tenero. Più di 200 ricercatori da 20 stati e 73 istituti di ricerca, tra loro la *NRGene* e altri due gruppi di ricerca d'Israele, sono riusciti a sequenziare e decifrare e completare l'identificazione dei geni del grano tenero.

Il genoma del grano tenero contiene 107.000 geni. Il genoma dell'uomo contiene 20,000 geni.

(Sull'argomento delle proteine del grano, c'è un articolo in *Science Advances* del 2018. Un gruppo di ricercatori dell'Australia ha studiato le proteine nel grano che contribuiscono a varie malattie. Nella ricerca si sono identificati i geni delle proteine e anche è stato scoperto che lo stress termico durante la fioritura ha influenza sulla quantità delle proteine che causano celiaco e altre malattie. Grazie al sequenziamento del genoma del grano del pane il gruppo è riuscito a mappare tali geni).

Un esempio di sviluppo di ricerca:

nel 2009, è stato pubblicato un lavoro sull'identificazione ed isolamento di un gene dal grano selvatico, in grado di fare acquisire resistenza contro la malattia della "ruggine gialla". La ricerca (*Science 2009*) è dovuta al gruppo di *Tzion Fahima* dell'istituto dell'evoluzione dell'università di Haifa.

La "ruggine gialla" fa ogni anno, danni per circa un miliardo di dollari nel mondo. Nel 2019 quando già era stato ottenuto il sequenziamento del grano selvatico il Prof. *Fahima* e il suo gruppo hanno scoperto dove il gene (*Yr15*) è localizzato (*cromosoma1B*) e anche il suo sequenziamento. Si è trovato che è composto da 4500 nucleotidi, "lettere" che codificano la produzione di 2 proteine, (*kinase-pseudokinase*).

Quando la pianta è attaccata dalla ruggine gialla, le due proteine attivano una morte programmata delle cellule colpite. Si tratta di un suicidio delle cellule danneggiate in grado di bloccare la diffusione della malattia.

Il gene specifico (*Yr15*) fa acquisire resistenza contro 3000 varianti dei funghi che causano la ruggine gialla e non appare in nessuna variante di grano domesticato.

L'introduzione di questo gene nel grano domesticato porta anche vantaggi ambientali, perché diminuendo l'uso dei pesticidi impedisce danni all'ambiente.

Il sequenziamento del gene (*Yr15*) ha portato a un'altra scoperta importante. Questo gene fa parte di una famiglia di geni che attivano nello stesso modo resistenza contro malattie in altre piante anche commestibili. Un altro risultato interessante dello stesso gruppo del prof. *Fahima* è la scoperta della somiglianza tra l'architettura delle proteine che difendono le piante e quella delle proteine che contribuiscono alla difesa del corpo umano. Anche nella difesa del corpo umano dall'attacco di virus o di batteri, si attiva un meccanismo di distruzione delle cellule colpite. E' interessante osservare questa somiglianza in specie così lontane dal punto di vista evolutivo. (*Hayadan 13.1.2019*)

Altre ricerche recenti

Nell'aprile 2019 è stato pubblicato nella rivista *Naturegenetics*, anche il sequenziamento del genoma del grano duro, il grano della pasta. Nei 14 paia di cromosomi del grano duro si sono trovati 66.000 geni. La ricerca, coordinata dai ricercatori italiani del CREA (consiglio per la ricerca e la sperimentazione in

Agricoltura) e dell'università di Bologna, è stata realizzata con la partecipazione di 68 ricercatori da 7 paesi.

Un altro gene che esiste nel grano selvatico e che può contribuire ad contrastare la fame, è un gene che controlla i numeri dei semi della spiga. Manipolazioni su questo gene possono aiutare ad aumentare la produzione del grano. Questo gene è stato scoperto da ricercatori israeliani dell'università ebraica.

Tale ricerca alla quale hanno collaborato ricercatori del Giappone e della Germania, è stata pubblicata sulla rivista *PNAS*, marzo 2019.

Il futuro di queste ricerche

Come abbiamo visto è stato assolutamente essenziale il lavoro di collaborazione.

I ricercatori hanno una sorta di enciclopedia di migliaia di volumi fatti di sequenza di lettere' e adesso è arrivato il momento di scoprire cosa è scritto in queste lettere. Il lavoro comincia adesso: Identificare il sequenziamento di ogni gene, determinare in che cromosoma è localizzato, che proteine produce e quale è il meccanismo del suo funzionamento.

Si è aperta la strada per lo sviluppo di varianti di grano adattate a condizioni diverse come resistenza alla salinità, al clima caldo, al clima freddo, alle malattie.

Capire la genetica del grano e dei suoi "parenti" selvatici, offre strumenti importanti per combattere la fame, molto di più di quelli che c'erano, nel tempo della "Rivoluzione verde" originale.