

Fare scienza» alla Secondaria di Primo Grado: DAL MAIS A MENDEL, UN PERCORSO DI GENETICA NELLA CLASSE TERZA

di Emanuela Occhipinti *

Nella classe terza della Secondaria di Primo Grado è possibile trasmettere concetti scientifici anche piuttosto complessi, mantenendo però i criteri fondamentali di una didattica efficace: rispettare la capacità di comprensione degli studenti, rispettare la storia della scienza, strutturare attività sperimentali che rendano i ragazzi protagonisti dell'apprendimento.

In questo contributo si presenta un'attività sperimentale abbastanza insolita, la conta dei caratteri diversi (colore nero, colore giallo) nei semi di mais ottenuti da incroci tra due ibridi di F1 a semi neri, che ripropone il metodo statistico usato in termini «rivoluzionari» da Gregor Mendel nei suoi studi sui piselli.

Il confronto tra i risultati ottenuti è il primo passo per riconoscere le leggi di Mendel, e riproporle nella loro formulazione originale.

* Docente di Matematica e Scienze presso la Scuola Secondaria di Primo Grado "Benedetto Marcello" di Milano

Un'occasione da non perdere, così ho pensato quando al gruppo di ricerca «Educare Insegnando», cui partecipo da molti anni, è stata proposta un'attività sperimentale di tipo statistico connessa con i lavori di Mendel: la «conta» dei caratteri diversi (colore nero, colore giallo) che compaiono nei semi di mais ottenuti da incroci tra due ibridi di F1 a semi neri. Raccolta di dati e confronti effettuati in classe dagli studenti che hanno documentato, in termini effettivi, le «leggi» della trasmissione dei caratteri formulate da Darwin.

L'iniziativa è nata da colloqui e dibattiti con Carlo Soave, già ordinario di Fisiologia vegetale a Milano e studioso della Genetica del mais. Le spighe con i semi di colore diversi, appartenenti a diverse generazioni, sono state fornite, su richiesta e a pagamento, dal Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università degli studi di Milano (semi.genetica@unimi.it).

Alla sperimentazione hanno partecipato, oltre alla classe terza della "Paolo VI" di Rho, in cui ho insegnato fino all'anno scolastico passato, anche classi di altre scuole secondarie di primo grado, "Andrea Mandelli" (Fondazione Andrea Mandelli e Antonio Rodari, Milano), "San Tommaso Moro" (Fondazione Grossman, Milano), Collegio della Guastalla (Monza), Istituto Comprensivo Statale "Via Maffucci" di Milano.

I miei studenti mi sembravano pronti. In prima avevamo fatto il percorso sulle piante: dal seme al fiore e avevamo visto la germinazione di semi monocotiledoni e dicotiledoni: in termini tecnici, c'erano i prerequisiti per uno studio personalizzato e non superficiale della trasmissione dei caratteri nei vegetali.

Anche la modalità proposta mi è sembrata nuova per introdurre ai concetti chiave della genetica: non solo il racconto, cui peraltro non ho rinunciato, del paziente lavoro di «incroci tra piante di pisello» che ha portato Gregor Mendel alla formulazione delle leggi che regolano la trasmissione dei caratteri, ma un coinvolgimento in prima persona con gli aspetti numerici, meglio con i calcoli di tipo statistico, cui proprio Mendel ha fatto riferimento.



Interessante anche il materiale usato: il mais che, come i genetisti ben sanno, ha stimolato nella storia molteplici ricerche e scoperte fondamentali come per esempio i trasposoni di Barbara McClintock.

Come si vedrà nel racconto, per ottenere frutti da questo lavoro è stata necessaria molta attenzione e molta osservazione, gli stessi atteggiamenti che hanno permesso agli scienziati dell'Ottocento di cercare risposte scientifiche alla stupefacente varietà del mondo della Natura.

Il primo passo: gli scienziati e la varietà dei caratteri

Nell'inquadramento storico che sempre, per mia scelta, accompagna gli argomenti trattati nella classe terza della secondaria di primo grado, hanno un posto privilegiato le figure di due scienziati dell'Ottocento: Charles Darwin e Gregorio Mendel.

Per i ragazzi è interessante scoprire che entrambi hanno osservato la variabilità con cui si presentano i caratteri negli organismi. Ma i loro studi hanno esplorato aspetti diversi: Darwin ha cercato di spiegare come si origina tanta varietà; Mendel ha cercato le regole con cui i caratteri passano di generazione in generazione stabilendo i primi fondamenti della scienza genetica.

Charles Darwin e la variabilità nella specie

Il primo approccio è stata una lezione «frontale» su Darwin e l'origine della specie arricchita di filmati e immagini. In particolare, ho ripreso il concetto di biodiversità approfondito in occasione di Expo 2016 e l'ho considerato in relazione alla varietà della Natura osservata da Darwin nei suoi viaggi.

Infatti, Darwin ha tentato di rispondere alla domanda: perché una stessa specie presenta tante varietà per un determinato carattere?

L'esempio riportato nella seguente immagine, in cui compaiono disegni schematizzati dei becchi dei fringuelli che popolano le isole Galapagos, associati al cibo di cui si nutrono, ha permesso di capire che Darwin, per rispondere, si limita a osservare gli individui e il loro habitat, a classificarli e a formulare qualche ipotesi sulla derivazione delle diverse specie da un antenato comune.



Come sempre accade nella scienza, sono stati gli studi successivi a fare un po' di chiarezza sulla tassonomia e la filogenesi dei cosiddetti «fringuelli di Darwin»: a metà del secolo scorso le missioni di esplorazione nelle Galapagos e nel primo decennio del Duemila le ricerche di genetica molecolare hanno parzialmente confermato le relazioni evolutive ipotizzate da Darwin e dagli ornitologi suoi contemporanei, ma hanno messo in evidenza la molteplicità e la complessità degli schemi con cui si possono spiegare i fenomeni.

Gregor Mendel e la trasmissione dei caratteri

Anche per presentare la figura di Mendel e la sua vita ho utilizzato una lezione

«frontale», cercando di mettere in luce soprattutto la sua collocazione rispetto alle conoscenze biologiche dell'epoca in cui è vissuto (per esempio non si immaginava neppure l'esistenza e la funzione dei cromosomi).

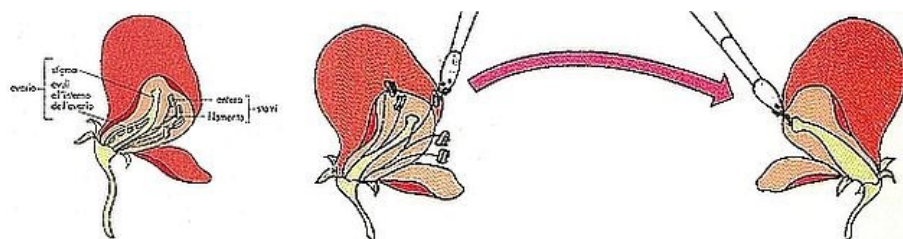
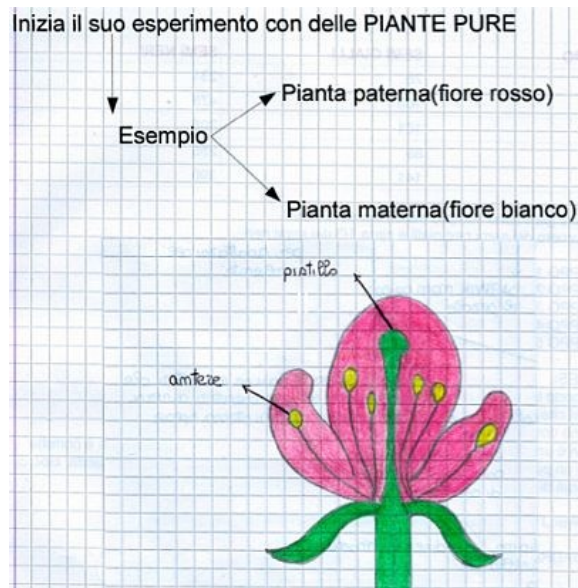
Diversamente da Darwin, di fronte alla molteplicità e varietà dei viventi, Mendel vuole capire come passano i caratteri da un individuo all'altro, come vengono trasmesse le caratteristiche da una generazione all'altra. Come introduzione ai primi esperimenti di incrocio condotti da Mendel sulle piante di pisello, ho fatto riferimento alle conoscenze già acquisite e ho invitato gli studenti a rappresentare sul quaderno (vedi *immagine a lato*) la struttura dei fiori e gli organi della riproduzione.

Abbiamo anche descritto la particolare conformazione del fiore di pisello, a dimostrare come si possano effettuare incroci controllati, scegliendo di volta in volta i caratteri da studiare.

Mendel ha coltivato per lunghi anni piante di pisello e, usando la tecnica schematizzata nell'*immagine sotto*, ha incrociato tra loro individui con caratteristiche diverse (il colore dei semi, il colore dei fiori, eccetera).

Tuttavia, il significato del suo lavoro sta soprattutto nell'aver analizzato i risultati ottenuti in termini statistici.

Per la prima volta si utilizza per un sistema biologico un metodo di analisi fino ad allora applicato solo alle scienze fisiche e chimiche: l'osservazione si arricchisce di dati numerici che, adeguatamente raccolti, analizzati e interpretati, documentano le regolarità con cui i caratteri passano dai genitori ai figli.



Così Mendel formula le «leggi» arrivando anche a ipotizzare l'esistenza di «fattori» portatori dei caratteri, quelli che nel Novecento saranno chiamati «geni».

Con il mais per ripercorrere i passi di Mendel

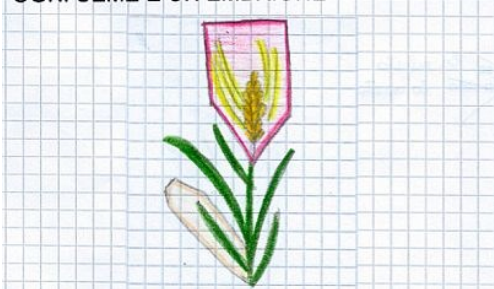
Per ripercorrere con consapevolezza i passi delle indagini compiute da Mendel, sia nella parte strettamente botanica, sia nell'utilizzo del calcolo statistico, arrivando fino alla formulazione delle leggi, occorre chiarire bene i termini del lavoro.

Il sistema oggetto di studio: il mais

Attraverso filmati e richiamando l'esperienza fatta in prima quando avevamo seminato e monitorato in classe la crescita della pianta di mais fino alla comparsa del primo fusticino e poi avevamo osservato sul campo l'infiorescenza e le pannocchie, abbiamo fissato le caratteristiche botaniche della pianta di mais, il processo di impollinazione controllata e la struttura della pannocchia.

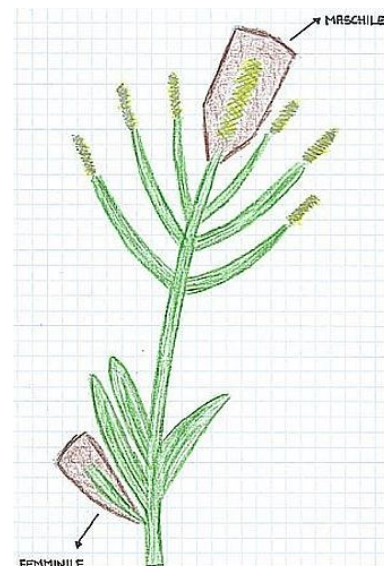
Le osservazioni sono state riportate sul quaderno con disegni, come quello *riprodotto nell'immagine a destra*.

LA PANNOCCHIA È FORMATA DA TANTI SEMI
OGNI SEME È UN EMBRIONE



La cosa importante è che i ragazzi abbiano ben presente che ogni pannocchia è un insieme di semi ciascuno in grado di originare una pianta singola.

Così diventa più chiaro che, analizzando una pannocchia e tutte le sue parti, si analizzano contemporaneamente tanti prodotti di fecondazione (i chicchi di mais). *Immagine a sinistra.*



Chicchi gialli, chicchi neri: la prima legge di Mendel

Ho portato in classe due pannocchie, o meglio spighe, di mais una a semi gialli e l'altra a semi neri, suscitando immediatamente un certo stupore in ragazzi che conoscono i chicchi di mais prevalentemente come origine dei loro *pop-corn*.

È nata la domanda se il seme nero avrebbe dato *pop-corn* nero, domanda a cui abbiamo dato rapidamente risposta: prendendo un seme si osserva che il colore interessa solo la buccia e quindi il «carattere» colore del seme non influisce sul contenuto del seme.

Ho ripreso il concetto di «linea pura», facendo riferimento al «carattere» colore dei chicchi, ma ho anche introdotto termini specifici nuovi, «varietà» e «generazione parentale», illustrandone il significato.

Poi ho estratto da una scatola una pannocchia generata dall'incrocio tra due spighe parentali, una con i semi di colore giallo e l'altra con semi neri; abbiamo osservato con stupore che la pannocchia «figlia» presenta solo semi neri.

Ai ragazzi viene spontaneo dire che il colore nero vince su quello giallo o copre quello giallo.

Introduco perciò i termini «dominante» e «recessivo», riferiti al carattere.

E chiamo F1 la generazione di pannocchie nere.

Queste nuove conoscenze sono state registrate da ogni studente sul proprio quaderno.

Voglio sottolineare che la formalizzazione della prima legge di Mendel, come riportata nell'immagine seguente, corrisponde volutamente al livello osservativo e macroscopico non solo dei miei studenti, ma anche di Mendel e non fa riferimento al livello molecolare che è stato individuato in tempi ben posteriori.

Incrocio tra due linee pure di mais

semi neri semi gialli

F₁ (figli)

semi neri semi neri

- Il carattere seme nero domina sul carattere seme giallo.
- Il carattere dominante è quello che si manifesta nella prima generazione, il carattere recessivo è quello che rimane nascosto nella prima generazione
- Legge della dominanza dei caratteri.
- Dall'incrocio di due individui di linea pura che presentano ciascuna un determinato carattere, si ottengono ibridi in cui compare solo un carattere, quello dominante.

In molti libri di testo invece, la scansione storica non viene rispettata neppure nelle definizioni e le leggi vengono formulate in termini di trasmissione di geni.

Reincroci: la seconda legge di Mendel

A questo punto nasce una nuova domanda: cosa succede se si incrociano due piante F1 o una F1 con la parentale gialla? Insomma i ragazzi iniziano a mettere in moto un loro ragionamento facendo delle ipotesi.

Ovviamente nella scatola è presente una pannocchia appartenente alla F2, cioè ottenuta dall'incrocio tra due individui a semi neri della F1, che presenta semi sia gialli sia neri. Quando la mostro il risultato sorprende e spiazza.

Se il carattere giallo ricompare significa che era nascosto nella F1. O meglio la F1 porta il carattere giallo anche se questo non si manifesta.

Sui quaderni (vedi immagine seguente) viene riportata la formulazione macroscopica della seconda legge di Mendel, integrando quanto osservato finora dai ragazzi con il dato percentuale ottenuto nei suoi esperimenti.

- Legge della segregazione dei caratteri
- Incrociando due ibridi della prima generazione, si ottiene una seconda generazione figliale in cui il carattere dominante e il carattere recessivo compaiono sempre nel rapporto di 3:1.
- Nella F2 gli individui col carattere recessivo sono il 25%, quelli con il carattere dominante sono il 75%.

La conta dei chicchi gialli e neri: dati per una ipotesi

Si tratta ora di raccogliere e analizzare dati numerici relativi alla presenza di semi gialli e semi neri su ciascuna spiga.

I ragazzi vengono divisi in cinque gruppi.

I dati di ogni singolo gruppo (semi totali di cui: n. semi gialli e n. semi neri) vengono registrati in una tabella. Vedi immagine seguente

GRUPPI	SEMI GIALLI	SEMI NERI
1	76	231
2	160	473
3	101	305
4	89	255
5	141	390

Le osservazioni sui dati globali raccolti sono riassunte sui quaderni personali.
Le prime valutazioni sono stimate «a occhio»: i semi gialli sono meno dei semi neri; i semi gialli sono circa 1/3 dei semi neri.
Qualcuno nota che i semi gialli sono circa un quarto del totale.
Si verifica la stima approssimata calcolando, per ogni singolo gruppo, il rapporto percentuale tra semi gialli e semi neri presenti su una spiga della F2.

Gruppo 1: $231 / 76 = 3.04$
Gruppo 2: $473 / 160 = 2.95$
Gruppo 3: $305 / 101 = 3.02$
Gruppo 4: $255 / 89 = 2.86$
Gruppo 5: $390 / 141 = 2.77$

In tutti i casi, a meno di errori di conteggio, il rapporto è 3:1 con buona approssimazione (arrotondato a 3 per eccesso o per difetto), ovvero 75% e 25%.
Anche con il calcolo totale abbiamo verificato che il rapporto tra semi gialli e semi neri è circa 3:1.

$$1654 / 567 = 2.92$$

Abbiamo anche notato che, verosimilmente, il rapporto è tanto più affidabile tanto è più alto il numero di semi contati.

Come aveva mostrato Mendel, la comparsa del carattere recessivo negli individui della F2, indica che questo carattere era presente, ma nascosto (segregato), nelle piante ibride della F1.

Riflettendo sui rapporti numerici si possono guidare gli studenti a capire che, come aveva per primo ipotizzato Mendel (in un tempo in cui ancora non si conoscevano i cromosomi), ogni carattere (ora lo chiamiamo fenotipo) è comandato da due «fattori» (ora li chiamiamo geni).

In aggiunta, per comprendere meglio, si possono mostrare gli schemi con cui gli scienziati post-Mendel hanno rappresentato gli incroci (quadrati di Punnet).

L'analisi numerica è stata anche l'occasione per soffermarsi sul valore dell'indagine statistica e sulle condizioni di validità. A seconda della classe in cui si lavora e, eventualmente, accennare alla possibilità di utilizzare parametri statistici (probabilità come numero di casi favorevoli/numero di casi possibili) che consentano di capire se i valori che abbiamo trovato sono dovuti al caso o no.

Conclusioni

Il lavoro ha riscosso molto successo perché ha reso accessibile le leggi di Mendel a tutti (lavoro inclusivo). Diversi ragazzi con sostegno hanno portato questo argomento all'esame come prima scelta. Attraverso questo approccio hanno «scoperto» loro le leggi partendo dall'osservazione come Mendel.

Durante gli esami di conclusione della classe terza, la domanda di genetica è iniziata estraendo le pannocchie e chiedendo ai ragazzi di ripercorrere i passi fatti in classe per arrivare a formulare le leggi. È stato riscosso successo anche tra i colleghi presenti alle prove.

Emanuela Occhipinti

(Docente di Matematica e Scienze presso la Scuola Secondaria di Primo Grado "Benedetto Marcello" di Milano)

L'attività descritta è stata svolta presso la Scuola Secondaria di Primo Grado "Paolo VI" di Rho nella classe terza nell'anno scolastico 2015-2016. È stata ripetuta con un'altra classe nell'anno scolastico 2016-2017 ed è stata discussa e condivisa nel Gruppo di Ricerca di Scienze, «Educare Insegnando», promosso dall'Associazione Culturale "Il rischio Educativo" coordinato da Maria Elisa Bergamaschini e Maria Cristina Speciani.

