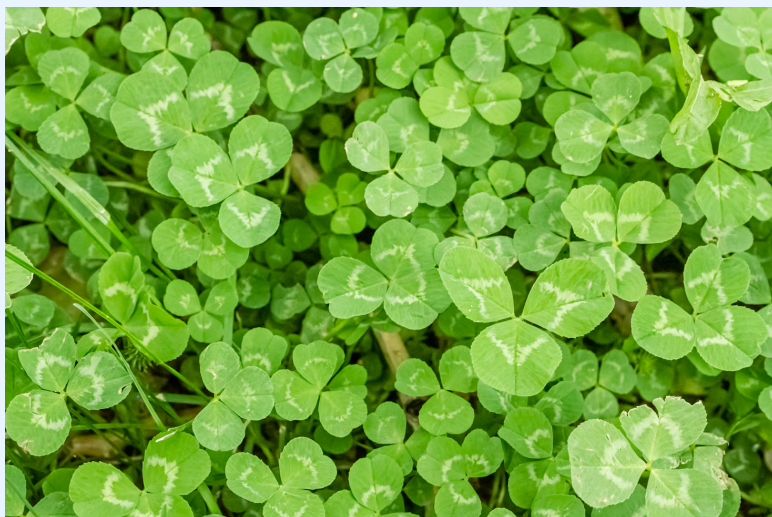




I trifogli sul banco di Mendel



DESTINATARI:

secondo anno della Scuola secondaria di II grado



ARGOMENTO:

Scienze (genetica classica)



OBIETTIVI:

Disciplinari: consolidare i concetti di carattere, fenotipo, genotipo, allele, segregazione e assortimento indipendente, collegandoli però a un contesto biologico reale.

Metodologici: accompagnare gli studenti e le studentesse nella costruzione di un'indagine.

Comunicativi: spostare l'attenzione dalla ricerca di una risposta unica alla costruzione di ipotesi argomentate.

L'attività

Fase 1 - Scelta dell'organismo

La scelta del trifoglio risponde a ragioni insieme pratiche e didattiche. Dal punto di vista pratico, si tratta di una pianta comune, facilmente osservabile e reperibile. Dal punto di vista didattico, le sue foglie offrono diversi caratteri su cui lavorare: lunghezza, larghezza, proporzione della foglia, aspetto del margine fogliare e un particolare disegno sulla lamina.

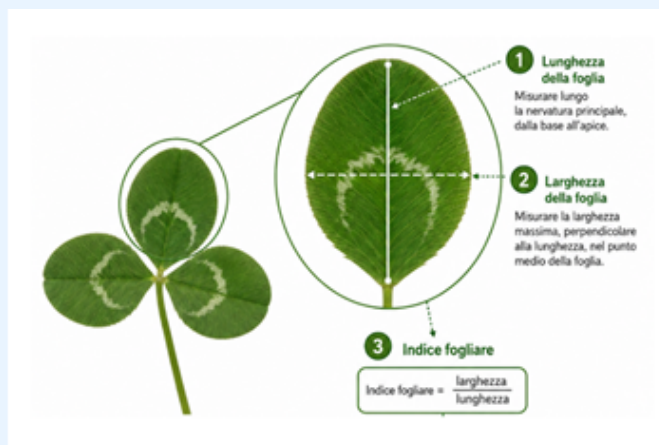
Fase 2 - Educazione sulle modalità della ricerca

Prima di intraprendere il lavoro vero e proprio, è stato necessario dedicare una lezione all'inquadramento teorico sulle modalità di ricerca, che ha dovuto toccare due aspetti.

- Costruire un sistema condiviso e adeguato di raccolta e analisi dei dati.
- Attuare una ricerca bibliografica e capire come si determina l'attendibilità delle fonti.

Fase 3 - Raccolta dati

Dopo aver raccolto nel giardino della scuola circa 400 piantine di trifoglio bianco, i ragazzi hanno misurato lunghezza e larghezza delle foglie e hanno registrato le informazioni relative al margine e al disegno sulla pagina fogliare. Quest'ultimo, quando presente, assume l'aspetto di una C, di una V o di una sorta di cuore. Successivamente, è stato calcolato l'indice fogliare, come rapporto tra larghezza e lunghezza della foglia.



Fase 4 - Elaborazione dati

I dati raccolti da ragazzi e ragazze sono stati inseriti in una tabella condivisa, controllando unità di misura, valori mancanti, possibili errori di trascrizione e correttezza del calcolo dell'indice fogliare. Questa fase si è rivelata particolarmente importante, perché ha permesso agli studenti di comprendere che la qualità di un'analisi dipende, anzitutto, dalla qualità del dato.

Suddivisi in piccoli gruppi, poi, studenti e studentesse hanno approfondito aspetti diversi: genetica dei trifogli, biologia della pianta, riconoscimento della specie o sottospecie, analisi dei dati e confronto con fonti scientifiche o divulgative attendibili. Anche in questo caso, il lavoro non consiste nel cercare una risposta già pronta, ma nel comprendere come usare le fonti per sostenere o discutere le proprie ipotesi.

Fase 5 - Analisi dati

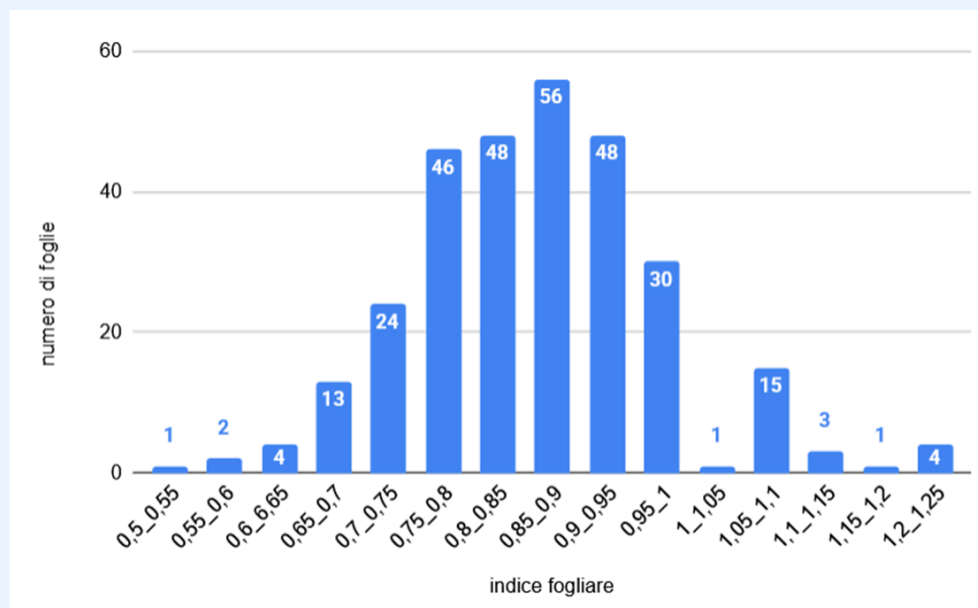
Al termine dell'esperimento, abbiamo analizzato con studenti e studentesse i risultati dell'esperimento, illustrati di seguito per completezza.

Risultati dell'esperimento

In questa attività, a noi interessava insegnare un approccio alla ricerca più che risolvere un problema genetico. Se, come auspichiamo, il modulo proposto risulterà interessante per altri insegnanti l'insieme dei dati via via accumulati potrà costituire un campione significativo, utile anche per rispondere al quesito genetico, cioè determinare il tipo di eredità sotteso ad uno o più dei caratteri indagati.

Di tali caratteri, quello di più facile interpretazione (e significativo, dal punto di vista didattico) è l'**indice fogliare**. Come detto, questo consiste nel rapporto tra larghezza e lunghezza della foglia. Le misure, come atteso, si distribuiscono secondo una curva gaussiana: questo implica che il tipo di eredità sia poligenico. La distribuzione dei fenotipi secondo una curva a campana è l'indizio che i libri di testo suggeriscono per riconoscere l'**eredità poligenica**. Spesso, vengono forniti gli esempi dell'altezza umana

o del colore della pelle. È istruttivo, dunque, ritrovare su un caso reale quanto appreso durante lo studio.



Benché più difficile rispetto all'interpretazione genetica, risulta ancora più interessante l'indagine sul disegno della foglia. In effetti, data l'ampiezza di fenotipi per questo carattere, per sviluppare delle ipotesi è necessario ricorrere a tutte le varianti teoriche studiate nell'ambito delle cosiddette eccezioni a Mendel (dominanza incompleta, codominanza, epistasi, ecc.), fino a ipotizzarne anche più di una contemporaneamente. Nell'analisi dei dati, poi, ci è sembrato più utile eliminare dal novero i casi dubbi, perché troppo influenzabili da un'interpretazione soggettiva.

Il primo passo è stato quello di leggere, nei dati a disposizione, il **rapporto fenotipico**. Si tratta di un rapporto, tra disegno a C, a cuore, a V e nullo di 4:3:1:1.

Le ipotesi percorribili, a questo punto, erano sostanzialmente due: **un unico gene poliallelico**, caratterizzato da quattro alleli (uno per fenotipo) oppure **due geni, di cui uno epistatico e l'altro poliallelico** con tre alleli.

Il ragionamento fatto in classe ci ha portato a scartare la sola presenza di un **gene poliallelico**, a causa della relativa abbondanza del fenotipo "assenza di disegno". In effetti, se si trattasse di semplice poliallelia, questo allele sarebbe, presumibilmente, recessivo rispetto a tutti gli altri e risulterebbe difficile, in ultima analisi, che avesse una frequenza così vicina al disegno "a V". Più realistico sarebbe spiegare i dati a disposizione tramite epistasi ed eredità poliallelica. In questo caso, ipotizzando - in modo abbastanza

arbitrario - che ogni allele sia ugualmente rappresentato nella popolazione analizzata, l'epistasi riguarderebbe un gene che consente la manifestazione del disegno nel suo allele dominante oppure non la permette nel caso di omozigosi recessiva. Il gene del disegno, invece, presenterebbe i tre alleli C, cuore e V scritti nell'ordine, secondo i reciproci rapporti di dominanza (C dominante sugli altri, cuore solo su V e, quest'ultimo, recessivo rispetto agli altri due).

Da ultimo, su sollecitazione della classe, abbiamo analizzato le possibili correlazioni tra i vari caratteri osservati. Di questa indagine, riportiamo in allegato alcuni ragionamenti sviluppati dagli studenti, senza commenti ulteriori.

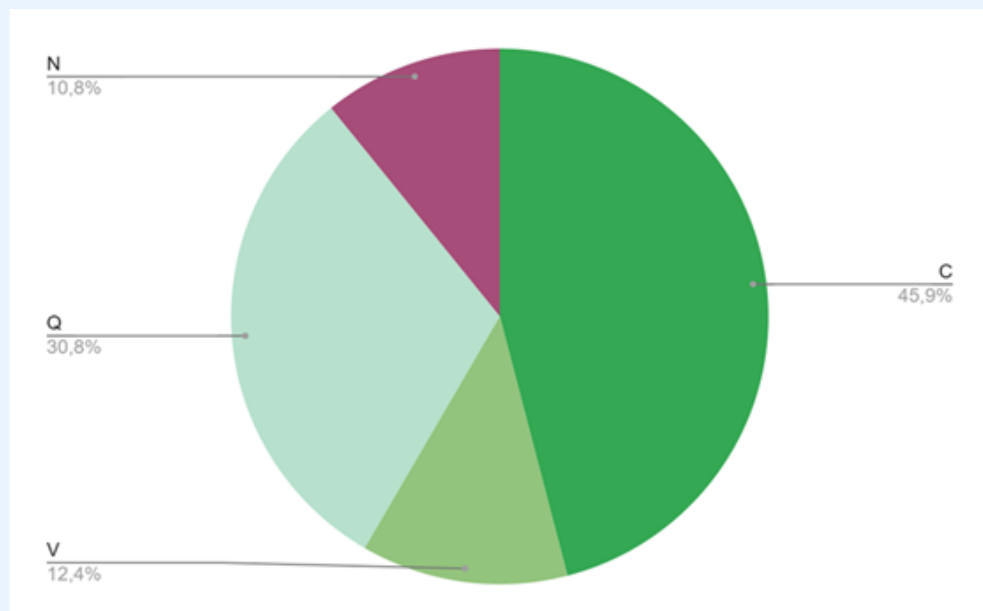


grafico relativo al disegno sulla pagina fogliare; le percentuali sono calcolate senza considerare i casi dubbi

Bibliografia

- Caradus, J. R., McNabb, W., Woodfield, D. R., Waghorn, G. C., & Keogh, R. (1995). Improving quality characteristics of white clover. In Proceedings 25th Agronomy Society Conference'. Lincoln, New Zealand (pp. 7-12).
- Cogan, N. O. I., Abberton, M. T., Smith, K. F., Kearney, G., Marshall, A. H., Williams, A., ... & Forster, J. W. (2006). Individual and multi-environment combined analyses identify QTLs for morphogenetic and reproductive development traits in white clover (*Trifolium repens* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 112(8), 1401-1415.
- Han, S. S., Sun, H. J., Eun, C. H., & Lee, H. Y. (2022). Morphological classification and molecular marker development of white clover (*Trifolium repens* L.) parents and hybrids. *Plant Biotechnology Reports*, 16(6), 721-728.
- Jahufer, M. Z. Z., Dunn, A., Baird, I., Ford, J. L., Griffiths, A. G., Jones, C. S., ... & Barrett, B. A. (2013). Genotypic variation for morphological traits in a white clover mapping population evaluated across two environments and three years. *Crop Science*, 53(2), 460-472.
- Kuo, W. H., Cunningham, E., Guo, E., & Olsen, K. M. (2024). Genetics and plasticity of white leaf mark variegation in white clover (*Trifolium repens* L.). *Annals of Botany*, 134(6), 949-958.
- Sabudak, T., & Guler, N. (2009). *Trifolium* L.–a review on its phytochemical and pharmacological profile. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 23(3), 439-446.
- Seker, H., Rowe, D. E., & Brink, G. E. (2003). White clover morphology changes with stress treatments. *Crop Science*, 43(6), 2218-2225.
- Tashiro, R. M., Han, Y., Monteros, M. J., Bouton, J. H., & Parrott, W. A. (2010). Leaf trait coloration in white clover and molecular mapping of the red midrib and leaflet number traits. *Crop Science*, 50(4), 1260-1268.
- Wang, J., Drayton, M. C., George, J., Cogan, N. O., Baillie, R. C., Hand, M. L., ... & Smith, K. F. (2010). Identification of genetic factors influencing salt stress tolerance in white clover (*Trifolium repens* L.) by QTL analysis. *Theoretical and Applied Genetics*, 120(3), 607-619.
- Wu, F., Ma, S., Zhou, J., Han, C., Hu, R., Yang, X., ... & Zhang, X. (2021). Genetic diversity and population structure analysis in a large collection of white clover (*Trifolium repens* L.) germplasm worldwide. *PeerJ*, 9, e11325.
- Zhao, X., Tian, Z., Cheng, L., Jiang, J., Liu, Y., Liu, L., ... & Chen, Y. (2023). Comparative study on the morpho-physiological responses of white clover cultivars with different leaf types to water deficiency. *Agronomy*, 13(7), 1859.