



Co-funded by
the European Union

4 - "Innesto" genetico con CRISPR



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Contenuti

Introduzione	3
Esplorare: costruire le basi della conoscenza	5
Eseguire: CRISPR in azione	6
Potenziare: approfondimento della comprensione e della riflessione	7
Conclusioni	8





Argomento generale del percorso di apprendimento	Biotecnologia e genetica - Comprendere e applicare i moderni strumenti per l'editing genetico.
Nome specifico dell'unità di apprendimento	<i>"Innesto" genetico con CRISPR-Cas9: correzione del DNA attraverso forbici molecolari</i>
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti necessari per gli studenti	• Conoscenza di base della biologia (DNA, cellule e geni). • Interesse per la scienza, la tecnologia e le innovazioni future. • Volontà di utilizzare strumenti digitali come la Realtà Aumentata (AR). • Capacità di lavorare sia individualmente che in gruppo.
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità introduce gli studenti a CRISPR-Cas9, un innovativo strumento di editing genetico spesso descritto come forbice molecolare. Gli studenti esplorano prima le basi del DNA e delle mutazioni genetiche (Esplorare), poi sperimentano il processo di editing attraverso un laboratorio virtuale AR in cui correggono un gene difettoso (Eseguire) e infine riflettono sulle applicazioni, sulle implicazioni etiche e sul futuro dell'ingegneria genetica, rafforzate da valutazioni AR gamificate (Potenziare).





Argomenti e destinatari	• Argomenti: Biologia, biotecnologia, etica e TIC/alfabetizzazione digitale. • Destinatari: Insegnanti (facilitatori), studenti (discenti attivi e risolutori di problemi), eventuali esperti esterni (biotecnologi, etici).
Parole chiave	CRISPR-Cas9, editing dei geni, DNA, mutazioni, forbici molecolari, biotecnologia, realtà aumentata, etica.
Conoscenze, abilità e competenze chiave che possono essere acquisite	• Conoscenze: Struttura del DNA, mutazioni genetiche, principi di CRISPR-Cas9, applicazioni in campo sanitario e agricolo, dibattiti etici. • Abilità: Pensiero critico, lavoro di gruppo, progettazione sperimentale (virtuale), alfabetizzazione digitale, uso di strumenti AR, comunicazione scientifica. • Competenze: Comprendere l'impatto delle biotecnologie, applicare il ragionamento scientifico a problemi reali, riflettere sulle conseguenze etiche dell'editing genetico.
Risorse e supporti didattici utilizzati	Applicazione AR che simula un laboratorio CRISPR virtuale. Registri di laboratorio digitali per registrare riflessioni e dati. Supporti visivi (video, diagrammi del DNA e dei meccanismi CRISPR). Casi di studio (ad esempio, CRISPR nella ricerca sull'anemia falciforme). Strumenti di gamification (punti, riconoscimenti, classifiche).
Criteri di giudizio e valutazione	Conoscenze: comprensione del DNA, delle mutazioni genetiche e dei processi CRISPR. Abilità pratiche: capacità di portare a termine missioni di editing dei geni in AR, accuratezza nella "riparazione" del DNA. Impegno: partecipazione ad attività di gruppo, attività in AR e discussioni. Creatività: soluzioni originali nelle missioni in AR, capacità di collegare la scienza a dibattiti etici. Riflessione: analisi critica dei benefici e dei rischi di CRISPR.





Introduzione

Immaginate di poter correggere un errore scritto nel codice del DNA di una cellula vivente come se fosse un errore di ortografia in un libro che contiene le istruzioni per la vita. Questo è ciò che gli scienziati possono ora fare grazie a CRISPR-Cas9, un rivoluzionario strumento di editing genetico.

CRISPR è stato descritto come un “paio di forbici molecolari” (Doudna & Charpentier, 2014). Permette agli scienziati di tagliare il DNA in punti precisi e di editarlo, rimuovendo i geni difettosi o inserendo quelli sani. Questa tecnologia è già in fase di studio per un potenziale utilizzo nella correzione di patologie genetiche, nel miglioramento delle colture e persino per combattere i virus.

Questa unità didattica introduce gli studenti alle basi del DNA, dei geni e di CRISPR-Cas9, utilizzando spiegazioni interattive e accessibili. Seguendo la metodologia “Esplorare - Eseguire - Potenziare”, gli studenti scopriranno prima i concetti essenziali, poi sperimenteranno il processo in un laboratorio virtuale di Realtà Aumentata e infine rifletteranno sull'impatto etico e sociale di questa nuova biotecnologia.

Cos'è CRISPR-Cas9 e perché è così importante

CRISPR-Cas9 è una delle più importanti scoperte scientifiche del Ventunesimo secolo. È uno strumento di editing genetico che consente agli scienziati di editare il DNA all'interno delle cellule viventi con incredibile precisione. Alcuni lo chiamano “forbici molecolari” perché è in grado di tagliare il DNA esattamente nel punto giusto.

La parola **CRISPR** sta per: **C**lustered **R**egularly **I**nterspaced **S**hort **P**alindromic **R**epeats (“sequenze ripetute palindrome brevi raggruppate a intervalli regolari”).

Il CRISPR è stato originariamente scoperto come **sistema di difesa naturale nei batteri**. Quando i virus attaccano i batteri, questi ultimi sono in grado di “memorizzare” frammenti del DNA del virus e di immagazzinarli nel proprio genoma in speciali sequenze CRISPR. Se il virus attacca di nuovo, i batteri producono una speciale proteina guidata dall'RNA, chiamata **Cas9**, che riconosce e taglia il DNA del virus per distruggerlo.





Gli scienziati hanno capito che potevano **riprogrammare questo sistema** per mirare a **qualsiasi sequenza di DNA**, non solo ai virus. È così che CRISPR-Cas9 è diventato uno strumento per editare il DNA di piante, animali ed esseri umani.

Per capire meglio cos'è CRISPR-Cas9, occorre ricordare che anche i batteri, le creature più piccole del mondo, lottano al loro interno. I batteri sono costantemente attaccati dai virus. Ma a differenza di noi, non dispongono di medici, vaccini o farmaci. Hanno invece sviluppato un proprio sistema di difesa intelligente, che in ultima analisi cambierà il futuro della medicina e della scienza umana.

Quando un virus invade, i batteri lo “ricordano”. Prendono un pezzo del DNA del virus e lo conservano all'interno del proprio genoma in speciali sequenze ripetitive chiamate CRISPR. Pensate a un “manifesto dei ricercati” appeso al muro dell'ufficio dello sceriffo: è un promemoria del nemico, in modo che se ritorna, lo riconoscono immediatamente.

La proteina Cas9 funziona come un paio di forbici molecolari affilate. Guidata da un breve frammento di RNA (che agisce come un GPS), Cas9 è in grado di rintracciare il DNA del virus invasore e di tagliarlo a pezzi. Una volta distrutto il virus, i batteri sopravvivono.

Gli scienziati hanno osservato questo processo naturale e hanno avuto un'idea rivoluzionaria: E se potessimo utilizzare l'arma dei batteri per tagliare il DNA dove vogliamo? Se si poteva utilizzare Cas9 per il DNA del virus, forse si poteva utilizzare anche per il DNA dell'uomo o delle piante. È così che nasce CRISPR-Cas9, non solo come sistema di difesa batterico, ma anche come strumento per l'editing genetico.

Il processo è sorprendentemente semplice da immaginare:

1. Per prima cosa, uno scienziato progetta un **RNA guida**, un breve frammento di codice genetico che corrisponde alla sequenza di DNA che vuole editare. È come inserire l'indirizzo esatto in un GPS.
2. Successivamente, Cas9 viene associato a questo RNA guida e inviato nella cellula. Cas9 agisce come un paio di forbici, percorrendo il DNA fino a trovare la corrispondenza perfetta.





3. Quando raggiunge il suo bersaglio, Cas9 effettua un taglio. A questo punto, il DNA viene spezzato, come una pagina strappata da un libro.
4. Infine, interviene il sistema di riparazione naturale della cellula. Questo sistema di riparazione può essere “ingannato” per correggere la rottura in modo utile: **eliminando** il gene difettoso o **inserendo una sequenza corretta**.

Il risultato? Un gene che prima causava problemi può ora essere corretto, proprio come si farebbe con un refuso in un importante manuale di istruzioni.

Esplorare: costruire le basi della conoscenza

Per comprendere CRISPR, gli studenti devono innanzitutto sapere cos'è il DNA. Il DNA è la molecola della vita, che contiene le istruzioni genetiche che determinano la crescita, il funzionamento e la riproduzione degli organismi viventi. I geni sono come “frasi” in questo codice, ognuno dei quali fornisce le istruzioni per una specifica proteina.

Ma a volte si verificano degli errori. Un gene difettoso può causare una grave patologia, come la fibrosi cistica o l'anemia falciforme. Per decenni gli scienziati hanno sognato di poter correggere questi errori direttamente a livello del DNA.

CRISPR-Cas9 rende possibile questo sogno. Si tratta di uno strumento derivato da un sistema di difesa naturale dei batteri, in cui la sequenza CRISPR aiuta i batteri a ricordare e a combattere i virus. Gli scienziati hanno scoperto di poter utilizzare questo sistema per tagliare il DNA esattamente dove volevano.

Ecco come funziona CRISPR:

Viene creato un RNA guida che corrisponde alla sequenza di DNA da editare. La proteina Cas9 agisce come un paio di forbici e taglia il DNA in quel punto.

La cellula ripara naturalmente il DNA: gli scienziati possono guidare questa riparazione per rimuovere, sostituire o correggere il gene.

Informazioni chiave da evidenziare:





Gli studenti devono capire chiaramente e visivamente:

- Com'è fatto il DNA.
- Come CRISPR “trova” il punto giusto nel DNA.
- Cosa succede durante il processo di taglio e riparazione.
- CRISPR è veloce, preciso e relativamente poco costoso.
- È già stato testato su piante, animali e cellule umane.
- Esistono dibattiti etici sul suo utilizzo, soprattutto sugli esseri umani.

Queste informazioni servono a prepararli per le attività interattive di realtà aumentata.

Eseguire: CRISPR in azione

Attuazione del programma

Gli studenti vengono trasportati virtualmente in un laboratorio di Realtà Aumentata 3D. Indossando cuffie AR o utilizzando applicazioni AR su tablet/telefoni, entrano in un ambiente digitale in cui le stringhe di DNA sono ingrandite e fluttuano davanti a loro.

L'applicazione AR guida gli studenti attraverso le seguenti fasi:

La missione: correggere un gene difettoso all'interno di una cellula virtuale utilizzando CRISPR-Cas9.

1. Identificare il gene difettoso: scansionare una stringa di DNA per individuare l'errore.
2. Progettare l'RNA guida: selezionare la sequenza che corrisponde alla regione difettosa.
3. Attivare Cas9: osservare l'enzima che taglia il DNA esattamente nel punto desiderato.
4. Riparare il DNA: scegliere la sequenza di sostituzione corretta e osservare la cellula che si “ripara”.

Durante l'esercizio, il sistema AR spiega ogni fase con un linguaggio semplice, supportato da animazioni e feedback interattivi.





Si possono mostrare esempi di altre scuole e laboratori in tutto il mondo: gli studenti di genetica utilizzano laboratori virtuali per esercitarsi nell'editing del DNA prima di eseguire esperimenti reali, riducendo rischi e costi.

Le prestazioni degli studenti vengono misurate nel laboratorio AR:

Hanno selezionato l'RNA guida corretto?

Hanno corretto il gene con successo?

Quanti tentativi sono stati necessari?

Ricevono un feedback digitale immediato, che rafforza il loro apprendimento.

Potenziare: approfondimento della comprensione e della riflessione

Integrazione AR

Gli strumenti AR rendono visibile e tangibile un processo invisibile: l'editing microscopico del DNA. Invece di immaginare le molecole, gli studenti possono “tenere in mano” le stringhe di DNA, ingrandirle e manipolarle in tempo reale. Questo **collega la teoria astratta con l'esperienza concreta**.

Apprendimento interattivo

Gli studenti vanno oltre le competenze tecniche per esplorare:

- **Applicazioni:** correzione di patologie umane, miglioramento dell'agricoltura, sviluppo di colture resistenti ai virus.
- **Limiti:** CRISPR è efficace ma non perfetto: possono verificarsi degli effetti al di fuori dell'obiettivo.
- **Questioni etiche:** dovremmo modificare gli embrioni umani? Qual è il confine tra terapia e potenziamento?

Le discussioni e i dibattiti in classe permettono agli studenti di collegare la scienza alla società.





Contenuti gamificati

Per rendere il processo di apprendimento coinvolgente, il laboratorio AR incorpora metodi di gamification:

- **Punti e riconoscimenti** per le modifiche genetiche effettuate con successo.
- **Classifiche** che mostrano i progressi del team.
- **Missioni e livelli** in cui ogni sfida di editing del DNA sblocca un nuovo scenario (ad esempio, correzione di un gene vegetale, correzione di un gene responsabile di una patologia del sangue).
- **Ricompense per l'esplorazione:** crediti extra per testare soluzioni innovative.
- **Attività collaborative:** i gruppi lavorano insieme per editare più geni in un organismo virtuale.

Valutazioni in Realtà Aumentata

Le valutazioni si svolgono direttamente all'interno della Realtà Aumentata:

- Gli studenti ricevono un gene difettoso che devono editare con successo.
- Spiegano i passi compiuti e giustificano le loro scelte.
- Il sistema registra il loro processo per la valutazione da parte degli insegnanti.

Questo assicura che la valutazione sia **basato sulle abilità** e non solo sulle conoscenze..

Conclusioni

Seguendo il metodo “*Esplorare-Eseguire-Potenziare*”, gli studenti acquisiranno una solida base sulla **genetica e su CRISPR-Cas9**, sperimenteranno il processo di editing in un **ambiente virtuale sicuro** e rifletteranno in modo critico sul **potenziale e sui rischi** dell'editing genico.

Il compito di correggere un gene difettoso diventa una metafora del loro ruolo in quanto futuri scienziati e cittadini responsabili: impareranno non





solo a usare la tecnologia, ma anche a riflettere sul suo impatto sulla vita e sulla società.

Fase	Descrizione
Esplorare	- Ricerca e scoperta: gli studenti iniziano esplorando i fondamenti del DNA e dei geni. Il DNA viene spiegato come il “manuale di istruzioni per la vita”, mentre i geni sono frasi specifiche che codificano le proteine. Gli errori in queste istruzioni possono causare patologie. Il CRISPR-Cas9 viene presentato come uno strumento rivoluzionario scoperto nei batteri che permette agli scienziati di “tagliare ed editare” il DNA come se si trattasse di un refuso in un libro. Gli studenti scoprono l'origine naturale del CRISPR come difesa immunitaria batterica e il modo in cui gli scienziati lo hanno adattato all'ingegneria genetica. Casi di studio (ad esempio, l'uso di CRISPR per correggere l'anemia falciforme) forniscono esempi concreti e reali.
	- Sviluppo dei contenuti: • Cosa sono il DNA e i geni. • Come funziona CRISPR-Cas9 passo dopo passo (RNA guida, enzima Cas9, riparazione del DNA). • Applicazioni in medicina, agricoltura e ricerca. • Dibattiti etici: curare o potenziare, “bambini ingegneri”, conseguenze indesiderate.
	- Analisi dei bisogni: • Una spiegazione chiara e visiva di come funziona CRISPR. • Una comprensione del motivo per cui l'editing dei geni è importante per la salute umana e la società. • Un modo sicuro per vedere e interagire con l'editing del DNA, che li prepara alla pratica dell'AR.
Eseguire	- Attuazione del programma: In questa fase, gli studenti passano dalla conoscenza alla pratica. Attraverso un laboratorio di Realtà Aumentata, gli studenti vengono trasportati virtualmente all'interno di una cellula 3D. Vedono una gigantesca stringa di DNA che fluttua nello spazio e la loro missione è quella di usare CRISPR-Cas9 per correggere un gene difettoso.
	- Esercizi interattivi: L'esperienza AR guida gli studenti attraverso i passaggi chiave: 1. Identificare il gene difettoso: scansione delle stringhe di DNA per individuare la “mutazione”. 2. Progettare un RNA guida: selezionare la giusta corrispondenza con la sequenza bersaglio. 3. Attivare Cas9: osservare l'enzima mentre taglia il DNA nel punto esatto. 4. Riparare il DNA: inserire una sequenza corretta e osservare la cellula che si ripara. Gli studenti “lavorano” con il DNA digitale in tempo reale, rendendo visibile e interattivo un processo invisibile.
	- Raccolta di feedback: • Discussioni di gruppo su quali patologie potrebbero essere trattate con CRISPR. • Confronto tra la riproduzione tradizionale o l'ingegneria genetica e la precisione di CRISPR.





	Gli insegnanti possono monitorare i risultati attraverso la piattaforma AR, mentre gli studenti possono annotare le riflessioni in un registro di laboratorio digitale. È inclusa la revisione tra pari: i gruppi si scambiano feedback su strategie e sfide.
Po te nzi ar e	- Integrazione AR: Il sistema AR fornisce un feedback immediato: Lo studente ha selezionato l'RNA guida corretto? Il DNA è stato tagliato nel punto giusto? La riparazione è riuscita?
	- Apprendimento interattivo: In questo caso, l'AR diventa uno strumento di apprendimento più profondo. Gli studenti possono maneggiare stringhe di DNA in 3D, zoomare sulle molecole e verificare cosa succede se le modifiche sono sbagliate. L'AR collega la teoria genetica astratta con la pratica tangibile.
	Contenuti gamificati: Punti e riconoscimenti: al di là del processo tecnico, gli studenti riflettono sulle applicazioni e sulle implicazioni. Classifica: tracciano i progressi del team nelle attività AR. Sfide e livelli: gli scenari aumentano di difficoltà (correzione di una singola mutazione → editing di più geni). Premi per l'esplorazione: riconoscimenti extra per aver testato nuovi approcci o trovato soluzioni alternative. Attività collaborative: i team devono cooperare per modificare più geni in un "organismo virtuale" condiviso.
	Valutazioni basate su AR: - Gli studenti ricevono un DNA difettoso e devono editarlo correttamente. - Gli studenti spiegano ogni fase (progettazione dell'RNA guida, taglio, riparazione). - Le prestazioni vengono misurate non solo in base ai risultati corretti, ma anche in base al ragionamento, al lavoro di squadra e alla creatività. Gli insegnanti utilizzano i registri dei dati AR e i registri di riflessione per valutare le conoscenze, le abilità e il pensiero critico.

Riferimenti

Britannica. (2023). CRISPR-Cas9 genetic engineering. Retrieved from <https://www.britannica.com>

Wikipedia. (2023). CRISPR gene editing. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR_gene_editing

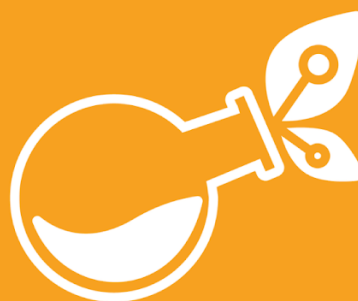
Ecolife Conservation. (2017). Introduction to Genetic Engineering and Biotechnology (educational manual).

National Agricultural Library (USDA). (2022). CRISPR and Biotechnology Resources.





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.