

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

**PROTOTIPO INNOVATIVO DI MACCHINA PER L'AUTOMAZIONE DELL'INNESTO ERBACEO DEL POMODORO**

**This is the author's manuscript**

*Original Citation:*

*Availability:*

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/154482> since

*Publisher:*

-

*Terms of use:*

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

## PROTOTIPO INNOVATIVO DI MACCHINA PER L'AUTOMAZIONE DELL'INNESTO ERBACEO DEL POMODORO

G.Belforte<sup>a</sup>, G.Eula<sup>a</sup>, T.Raparelli<sup>a</sup>, S.Sirolli<sup>a</sup>, P.Piccarolo<sup>b</sup>, P.Gay<sup>b</sup>, D.Ricauda Aimonino<sup>b</sup>, L.Comba<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aerospaziale,  
C.so Duca degli Abruzzi, 24, 10129 Torino Italy, e-mail: [guido.belforte@polito.it](mailto:guido.belforte@polito.it),  
[gabriella.eula@polito.it](mailto:gabriella.eula@polito.it), [terenziano.raparelli@polito.it](mailto:terenziano.raparelli@polito.it), [silvia.sirolli@polito.it](mailto:silvia.sirolli@polito.it)

<sup>b</sup> Università degli Studi di Torino – Dipartimento di Scienze Agrarie Forestali e Alimentari,  
Largo P.Braccini, 2, 10095 Grugliasco (TO) Italy, e-mail: [pietro.piccarolo@unito.it](mailto:pietro.piccarolo@unito.it),  
[paolo.gay@unito.it](mailto:paolo.gay@unito.it), [davide.ricauda@unito.it](mailto:davide.ricauda@unito.it), [lorenzo.comba@unito.it](mailto:lorenzo.comba@unito.it)

### Sommario

Il presente lavoro illustra il progetto e lo sviluppo di un prototipo di una macchina automatica per l'innesto erbaceo del pomodoro. Selezionando opportunamente innesto e portainnesto è possibile realizzare delle colture maggiormente robuste agli agenti patogeni e quindi in grado di ammettere una potenziale riduzione della richiesta di utilizzo di fitofarmaci. Il progetto è innovativo in quanto ad oggi tale tipo di operazione è effettuato in maniera prevalentemente manuale o, nel caso migliore, con macchine agevolatrici semiautomatiche. La macchina proposta è a comando elettro-pneumatico e presenta anche uno studio dettagliato riguardante le dita di presa realizzare per non danneggiare lo stelo delle piantine. L'automazione del ciclo di lavoro è ottenuto tramite l'utilizzo di un PLC.

**Parole chiave:** automazione dell'innesto erbaceo del pomodoro, macchina automatica per l'innesto erbaceo del pomodoro.

### 1. Introduzione

La tecnica dell'innesto è nota e praticata ormai da molto tempo nel settore delle colture arboree ed arbustive. Gli ultimi anni hanno visto questa tecnica estendersi sempre più anche nel settore orticolo, con interesse particolare per l'applicazione alle colture di melone, anguria ed altre cucurbitacee ed a diverse solanacee, in prevalenza melanzana e pomodoro.

L'innesto è una pratica vivaistica che consiste nell'unione della parte radicale (portainnesto) e della parte aerea (nesto) di due piante diverse tra loro. È praticato con lo scopo di ottenere una nuova coltura che benefici delle qualità utili di quelle di origine.

Le evidenze raccolte sembrano indicare che l'innesto della parte aerea di una pianta che produce buoni frutti su portainnesti vigorosi può produrre un insieme di vantaggi che vanno dall'aumento della qualità e della quantità delle produzioni, al prolungamento del ciclo colturale, alla resistenza verso i parassiti chiave della coltura e, quindi, alla riduzione di trattamenti chimici geodisinfestanti [1-4].

Il progetto in esame si prefigge come obiettivo la progettazione, la realizzazione e l'ottimizzazione di una macchina automatica innovativa per l'innesto erbaceo su pomodoro [5-7].

A seguito di uno studio su quanto prevede e richiede la tecnica dell'innesto erbaceo [8], si è effettuata anche una indagine di mercato e brevettuale, al fine di confrontare quanto era già stato progettato in merito [9-11]. È stata compiuta un'analisi dimensionale e morfologica su vari tipi di piantine di pomodoro destinate all'innesto, al fine di determinare le dimensioni tipiche del prodotto su cui operare.

### 2. Specifiche di progetto

La macchina è stata progettata sulla base di specifiche di progetto inderogabili e fondamentali quali:

la semplicità di fabbricazione; l'affidabilità delle operazioni; l'ingombro ridotto; la modularità dei componenti; la sicurezza per l'operatore; la produttività massima sostenibile; il costo ridotto.

Considerata la specificità e l'importanza per l'agricoltura nazionale, si è deciso di concentrarsi sull'innesto del pomodoro, fermo restando la possibilità, attraverso una semplice riconfigurazione, dell'utilizzo della macchina su altre colture. Le informazioni riguardanti la morfologia del prodotto sono state fornite da alcuni vivai italiani. Una scelta diffusa è risultata essere quella di utilizzare nesto e portainnesto con uno stato di accrescimento minimo al fine di garantire maggiori percentuali di successo nella successiva fase di attecchimento. Questo comporta dimensioni ridotte delle parti, sicuramente più critiche dal punto di vista della manipolazione, ma, dal punto di vista della macchina, fornisce ampie garanzie affinché l'operazione d'innesto possa essere eseguita, senza problemi, anche su piantine con dimensioni maggiori.

Di seguito sono riportate le dimensioni minime su cui si è basato il progetto della macchina (Fig. 1).

La tipologia di innesto che si è deciso di eseguire sulla piantina è a spacco laterale con esecuzione del taglio a 45° al fine di ottenere una maggiore superficie di contatto tra le due parti e di conseguenza aumentare la probabilità di attecchimento della piantina innestata.

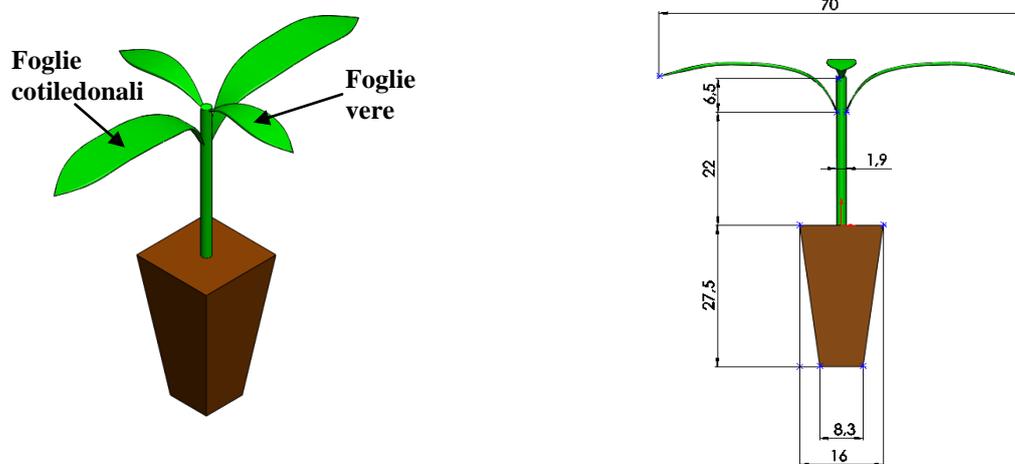


Figura 1: Geometria delle piantine da innestare

Per la realizzazione dell'innesto sono necessarie le seguenti fasi:

**Prelievo dei nesto e portainnesto:** la piantine sono prelevate dai rispettivi vassoi e collocate su carrelli mobili, azionati da due guide lineari, dedicati all'alimentazione della macchina per il taglio e la giunzione.

**Calibrazione ottica di nesto e portainnesto:** i carrelli mobili transitano attraverso una stazione dove le piantine sono riprese da un sistema di acquisizione ed analisi di immagine che ne determina la classe di diametro e valuta la corretta morfologia.

**Alimentazione con nesto e portainnesto:** i carrelli mobili alimentano la macchina per il taglio e la giunzione, proponendo una coppia di nesto e portainnesto appartenenti alla medesima classe di diametro.

**Preparazione del portainnesto:** la piantina viene tagliata al di sotto delle foglie cotiledonali ad una precisa altezza dalla sigaretta. Viene scartata la parte apicale e conservata la parte radicale.

**Preparazione del nesto:** la piantina viene tagliata al di sotto delle foglie cotiledonali ad una determinata altezza dalla sigaretta. Il taglio viene eseguito con la stessa inclinazione di quello del portainnesto. Viene scartata la parte radicale e conservata la parte apicale.

**Giunzione:** il nesto viene inserito sul portainnesto ed il loro contatto viene garantito da un elemento di giunzione sino a quando avviene l'effettiva unione (attecchimento) delle due parti in modo naturale.

**Scarico della piantina innestata:** la piantina innestata sarà posizionata su un carrello, azionato da una guida lineare, che la porterà alla stazione finale dove sarà collocata in un vassoio pronto per l'uscita.

Come detto, le due parti (neste e portainneste), prima di essere innestate, devono essere compatibili dal punto di vista della classe di diametro. La disponibilità di più alveoli per il posizionamento di nesti e portainnesti su ogni carrello garantisce la possibilità di raggiungere l'accoppiamento desiderato. Viceversa, le piantine che risultassero, indipendentemente dalla classe di diametro, non soddisfare i requisiti morfologici saranno scartate in un apposito contenitore.

### 3. Progetto della macchina

Sulla base delle specifiche di progetto precedentemente enunciate è stato studiato il layout dell'intera macchina, presentato in figura 2, dove è possibile identificare la zona di alimentazione A, nella quale vengono inserite due seminiere, una adibita ai portainnesti e l'altra per i nesti, la zona B che contiene due manipolatori necessari alla trattamento del nesto, la zona C che gestisce il portainneste e il prodotto finito, la zona T contenente gli organi necessari al taglio e alla pulitura della lama e la zona E, dov'è collocato il manipolatore della molletta, che si occupa della delicata fase di giunzione dei due bionti.

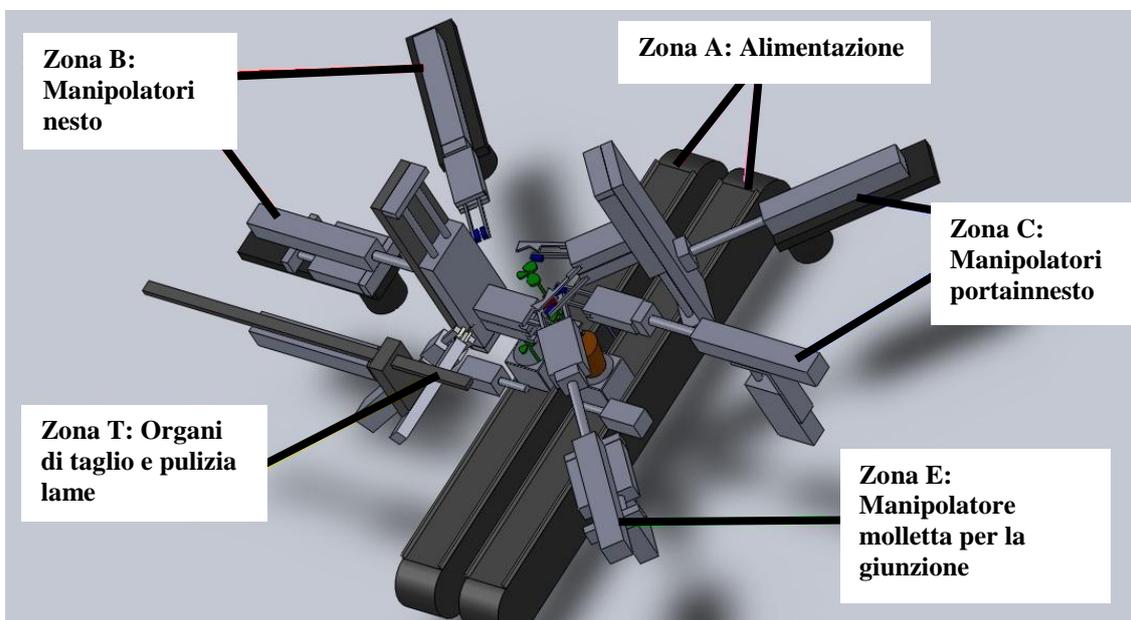


Figura 2: Macchina automatica per l'innesto erbaceo

Come evidenziato in figura 3, sui due nastri trasportatori A1 e A2 scorrono i vasetti che contengono le piantine rispettivamente dei nesti e dei portainnesti. Sempre sul nastro A2, a valle della stazione di giunzione, scorrono i vasetti contenenti le piantine innestate. Per localizzare i vasetti nella zona di lavoro sono presenti due cilindri compatti A3 ed A4.

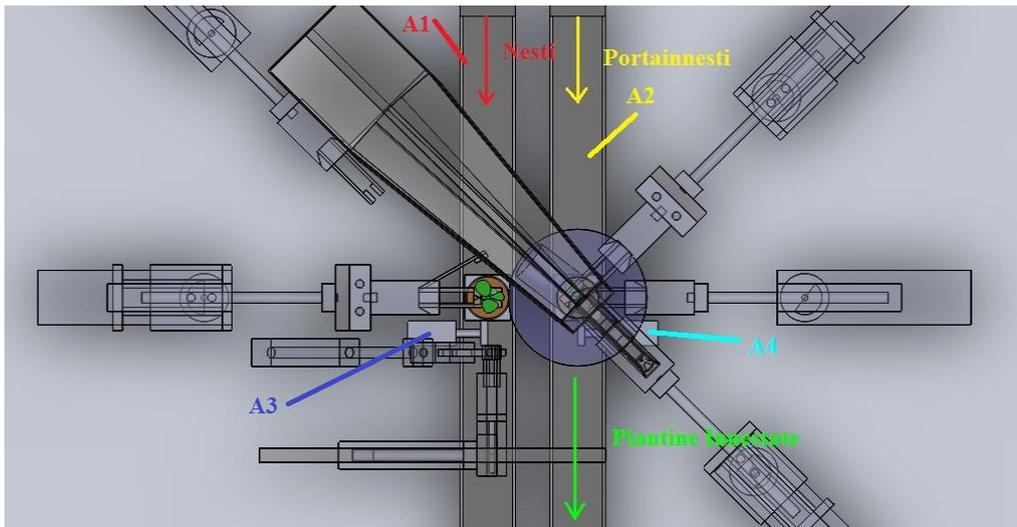


Figura 3: Pianta della macchina in cui sono evidenziate le zone di alimentazione e di scarico delle piantine

Le zone di trattamento del nesto e del portainnesto prevedono una serie di manipolatori (fig. 4) che hanno il compito di localizzare lo stelo, sollevare le piantine dai rispettivi vasetti e mantenere lo stelo di ciascuna nella posizione corretta durante la fase di taglio.

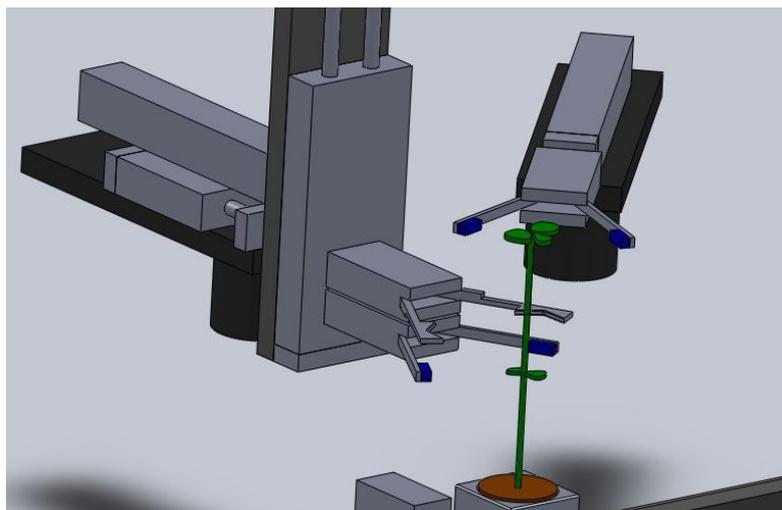
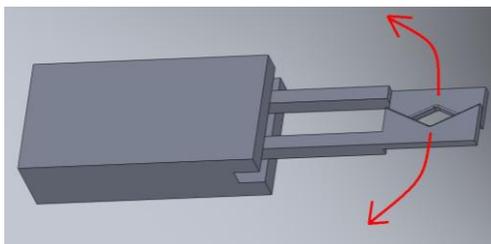
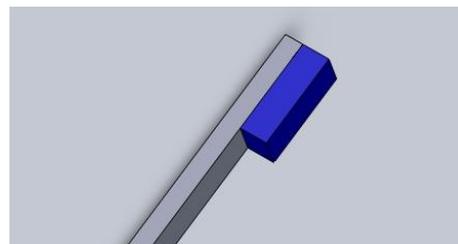


Figura 4: Modulo di innesto

A tal fine sono stati progettati dei manipolatori con dita opportunamente sagomate per la localizzazione (fig. 5a) e per la presa (fig. 5b) dello stelo in modo da non danneggiare le piantine.



a)



b)

Figura 5: Manipolatori – a) per la localizzazione; b) per la presa dello stelo

Il manipolatore adibito alla localizzazione della pianta, dopo aver centrato lo stelo a circa metà della sua altezza, sale verso l'alto ed il gioco presente con lo stelo permette di arrivare sino all'attacco delle

foglie, che è maggiore sia in diametro che in resistenza. Continuando nella sua corsa verso l'alto, il manipolatore solleva così la pianta dal suo vasetto.

A questo punto le dita di presa bloccano lo stelo in un secondo punto e rendono la pianta pronta per la fase di taglio.

La tipologia di innesto scelta per questa stazione è quella a spacco laterale a 45° per avere una buona superficie di contatto ed aumentare così la percentuale di attecchimento delle piante innestate.

Il taglio viene effettuato tramite due lamette montate su una pinza pneumatica ad apertura parallela T3 per fare in modo che lo stelo abbia un taglio pulito, senza tirare lo stelo della pianta durante l'operazione.

In figura 6 sono rappresentati gli organi necessari per tagliare le piantine e per pulire le lame che hanno effettuato il taglio. Il sistema di taglio comprende i cilindri T1 e T2 e la pinza pneumatica T3, collegati ad una guida di riferimento con un supporto con una faccia orientata a 45° rispetto alla guida, parallela ai nastri trasportatori. E' proprio il cilindro T2 che viene collegato al supporto in modo da mantenere le lame con quel determinato angolo di taglio. La guida è stata realizzata per mantenere la struttura su un preciso piano di lavoro, permettendo di effettuare il taglio sia del nastro che del portainnesto, mantenendo così le superfici di taglio perfettamente affacciate. Per effettuare lo spostamento dall'area di lavoro dal nastro al portainnesto viene utilizzato il cilindro T1, calibrato con una corsa pari alla distanza tra i nastri.

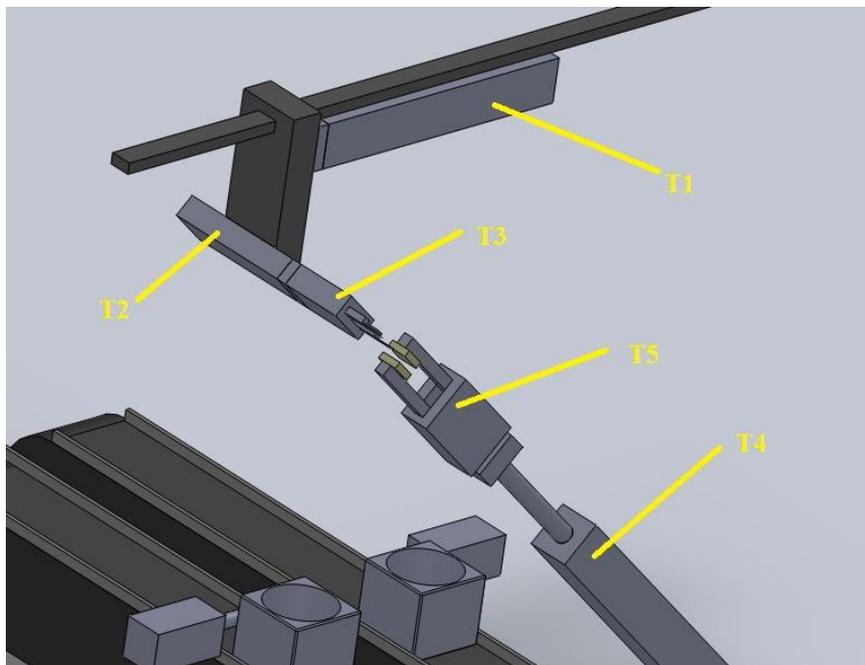
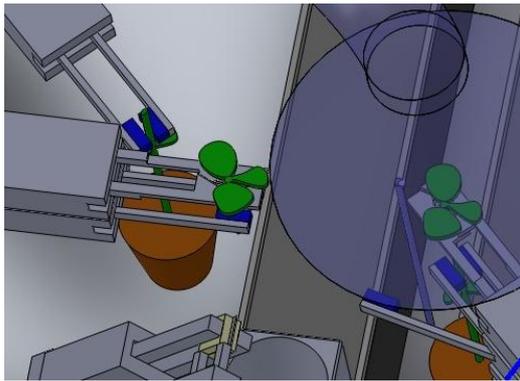


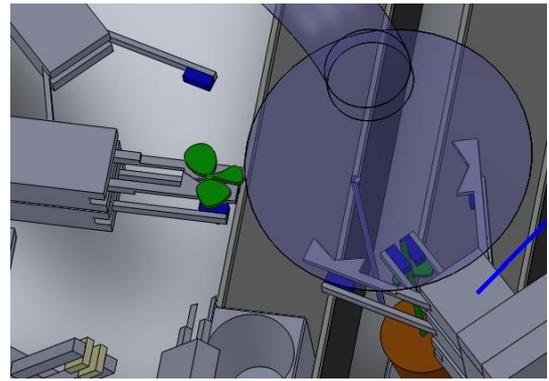
Figura 6: Zona di taglio e pulizia della lama

Il cilindro T4 e la pinza pneumatica T5 sono fisse al basamento ed hanno la stessa orientazione delle lame, per poterne effettuare la pulizia. La disinfezione delle lame è molto importante in quanto esse vengono a trovarsi a contatto con le piante nella zona di trasmissione della linfa, il che potrebbe comportare la facile trasmissione di malattie. È dunque necessario disinfettarle con una soluzione di alcol isopropilico al 70% alla fine di ogni ciclo di lavoro. Questa operazione avviene tramite lo sfregamento delle lame, ancorate alla pinza T3, con due porzioni di cotone o spugna contenenti alcol, fissate alle dita della pinza T5.

A seguito dell'operazione di taglio due parti di pianta devono essere eliminate senza andare ad influenzare le lavorazioni successive. La parte più semplice da eliminare è lo scarto del nastro. Questa porzione di pianta infatti è già stata afferrata nella fase di taglio tramite una pinza connessa ad un cilindro indipendente il quale arretra, aprire la morsa e, per gravità, lascia cadere la torba ed il pezzo di stelo in un cassone sottostante, senza comportare l'impiego di altre risorse (fig. 7a e 7b). Per quanto riguarda il portainnesto, la parte da rimuovere è quella delle foglie. Una cappa aspirante rappresentata in figura 7a e 7b risulta a tutti gli effetti una comoda soluzione.



a)



b)

Figura 7: a) e b) Eliminazione degli scarti (parte inferiore del nesto e parte superiore del portainnesto)

Terminata la fase di taglio i manipolatori del nesto portano la piantina ad allinearsi sul portainnesto come rappresentato in figura 8.

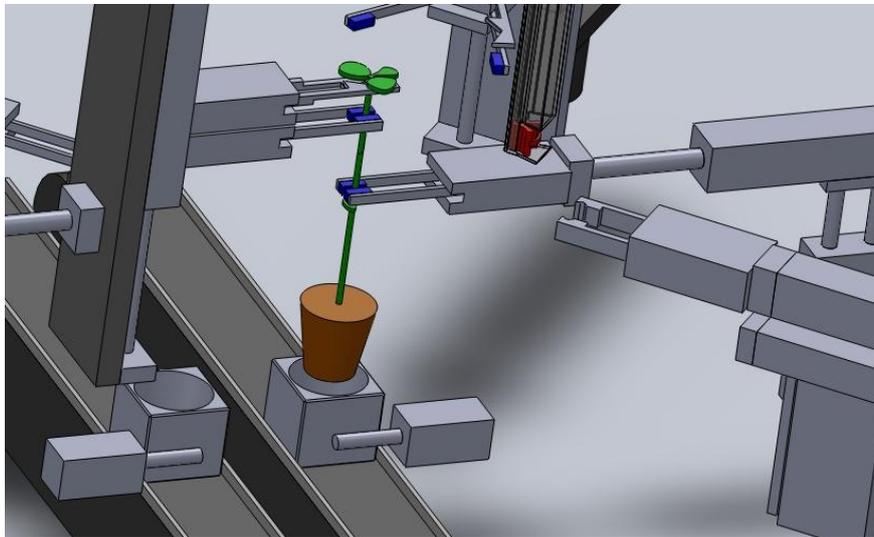


Figura 8: Allineamento Nesto-Portainnesto

A questo punto la piantina risulta correttamente posizionata per le operazioni di giunzione. Un manipolatore con le dita opportunamente sagomate preleva una molletta da un apposito caricatore (fig. 9a) e la posiziona in modo preciso attorno ai due lembi di stelo (fig. 9b). Rilasciando la morsa la molletta aderisce a nesto e portainnesto mantenendoli uniti, instaurando un contatto saldo tra le due facce a 45°. Ora i manipolatori del nesto si aprono e la pinza del portainnesto deposita la piantina nel vasetto che la porta verso la zona di scarico (fig. 9c).

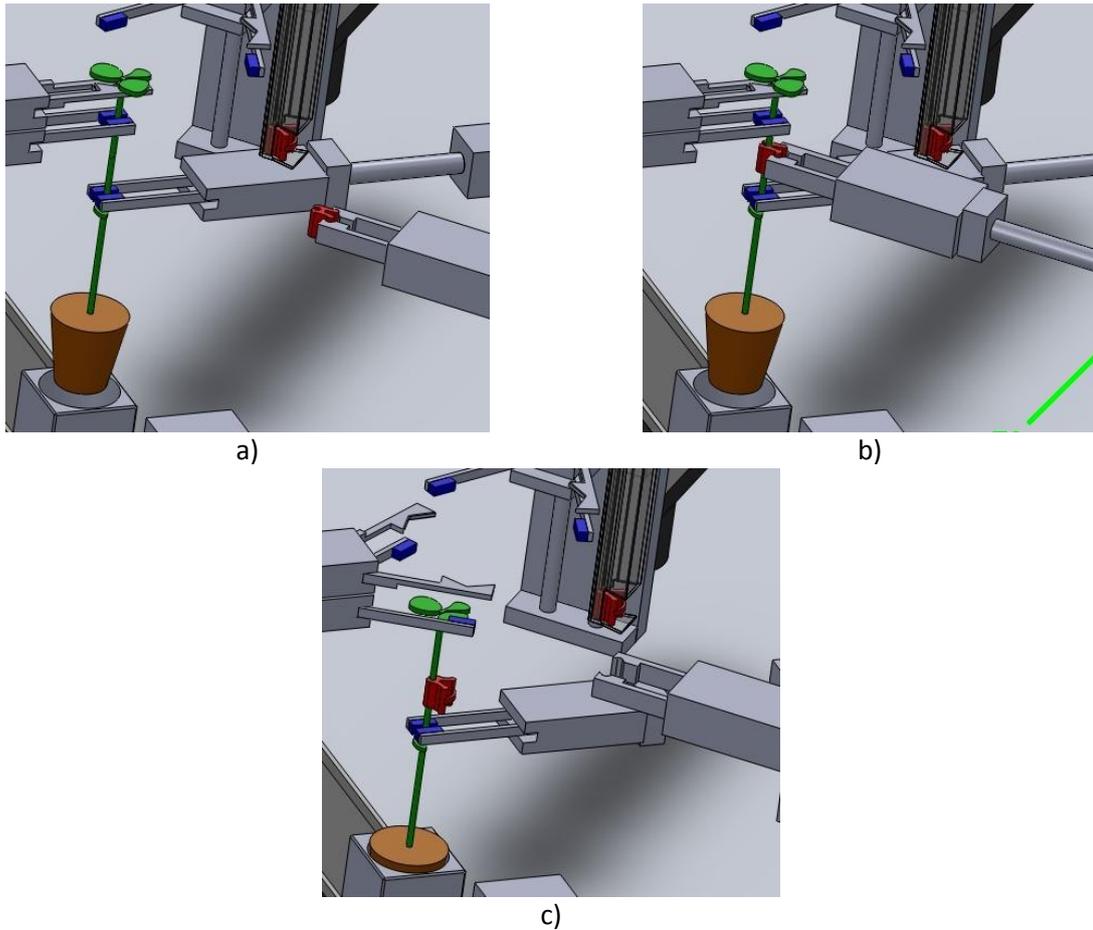


Figura 9: Giunzione con molletta – a) prelievo della molletta; b) posizionamento della molletta; c) rilascio della molletta e deposito della piantina nel vasetto di scarico

Il sistema di visione per la calibrazione del nido e del portainnesto è a retroilluminazione con schermo illuminante basato su diodi led bianchi e un doppio strato di materiale semitrasparente per la diffusione della luce. Il sistema di acquisizione è costituito da un sensore CCD (figura 10a). La conseguente elaborazione dell'immagine (figura 10b) consente di determinare il diametro medio della piantina e dell'inclinazione dello stelo.

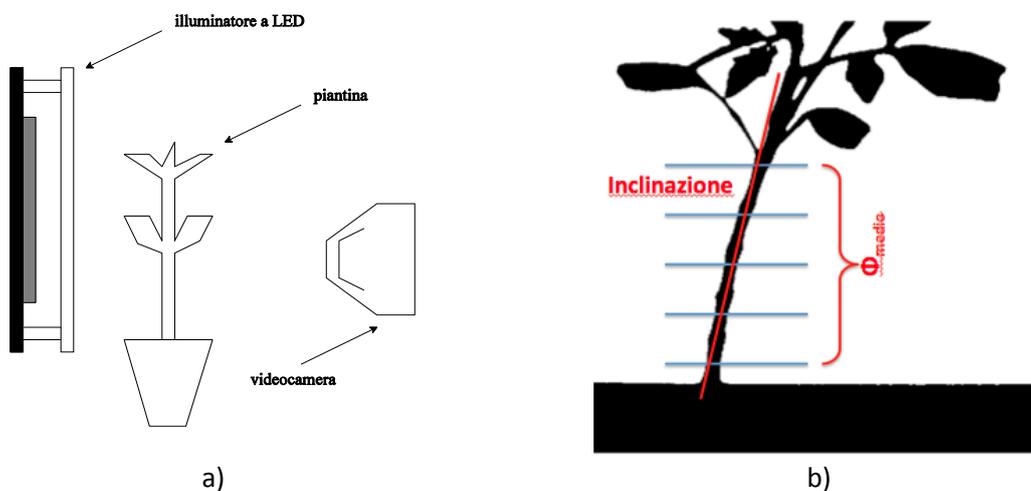


Figura 10: sistema di calibrazione ottica – a) schema del sistema; b) esempio di elaborazione dell'immagine per la determinazione del diametro medio e dell'inclinazione.

#### **4. Conclusioni**

È stato presentato un progetto innovativo di una macchina per la realizzazione dell'operazione dell'innesto erbaceo. Si tratta di una soluzione completamente automatica che consente lo svolgimento dell'intero processo senza interventi manuali.

Il dispositivo è flessibile e può pertanto essere utilizzato per diverse colture e con piantine di diverse dimensioni. Il progetto è in fase di ottimizzazione al fine di semplificare ulteriormente il ciclo di processo di lavorazione delle piantine, di ridurre il numero di componenti in uso e di velocizzare il ciclo di lavoro.

#### **Ringraziamenti**

Lo studio è stato effettuato nell'ambito del progetto PRIN 2009, Automazione nel vivaismo ortofloricolo.

#### **Bibliografia**

- [1] L. Morra, M. Bilotto, "Innesto erbaceo in orticoltura, espansione a due velocità", 2005, L'Informatore Agrario, 45, pp. 33-37.
- [2] L. Morra, "L'innesto erbaceo in orticoltura", Int. Workshop La produzione in serra dopo l'era del bromuro di metile, Comiso, 1-3 Aprile 2004.
- [3] M. Oda, "Grafting of vegetables to improve greenhouse production", 1999, Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin, 480, pp. 1-11.
- [4] M. Oda, "New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan", 1995, JARQ, 29 (3), pp. 187-194.
- [5] Guido Belforte, Gabriella Eula, "Macchina automatica per l'innesto erbaceo", Oleodinamica Pneumatica, dicembre 2012, pp.43-47;
- [6] G.Belforte, G.Eula, "Smart pneumatic equipments and systems for mechatronic applications", Journal of Control Engineering and Applied Informatics, 2012, vol. 14, N.4, pp.70-79.
- [7] G.Belforte, G.Eula, T.Raparelli. L'automazione pneumatica nelle serre, Oleodinamica-Pneumatica, ed. Tecniche Nuove, settembre 2013, pp.38-46;
- [8] R. Privitera, P. Siviero, "La tecnica dell'innesto erbaceo sul pomodoro", 1999, L'Informatore Agrario, 44, pp. 39-42.
- [9] M. Suzuki, S. Sasaya, K. Kobayashi, "Present status of vegetable grafting systems", 1998, JARQ, 32 (2), pp. 105-112.
- [10] N. Kondo, K.C. Ting, "Robotics for plant production", 1998, Artificial Intelligence review, 12, pp. 227-243.
- [11] C.H. Kang, G.S. Han, T.H. Noh, H.G. Choi, "Splice grafting robot for fruit and vegetable plants", International Publication Number: WO 2005/089532 A1, International data di pubblicazione: 29/09/2005