



**DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI**  
***CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO***  
***CURRICULUM 'PRODUZIONE E PROTEZIONE DELLE COLTURE'***

**RUOLO DEL TRATTAMENTO CON ETILENE E  
CHITOSANO SULLE COMPONENTI DELLA  
PRODUZIONE E GERMINABILITÀ DEL SEME DI  
CIPOLLA IBRIDA**

*ROLE OF ETHYLENE AND CHITOSAN APPLICATION  
ON YIELD COMPONENTS AND GERMINATION OF ON  
HYBRID SEED ONION*

Studente: Daniele Vecchiotti

Relatore: Prof. Gianfranco Romanazzi

Correlatore: Prof. Sergio Saia

ANNO ACCADEMICO 2019/2020

## INDICE

<b>Ringraziamenti</b> .....	<b>2</b>
<b>RIASSUNTO</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 LA CIPOLLA: SPECIE AFFINI, ORIGINE, IMPORTANZA, USI E PROPRIETÀ</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2 ESIGENZE PEDOCCLIMATICHE</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3 TECNICA D’IMPIANTO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.1 Lavorazioni e trapianto</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.2 Gestione delle infestanti</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3.3 Fabbisogni nutrizionali e concimazione</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3.4 Irrigazione e raccolta</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.5 Avversità e malattie</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.6 Impiego di fitoregolatori</b> .....	<b>16</b>
1.3.6.1 <b>Uso dell’etilene</b> .....	<b>17</b>
1.3.6.2 <b>Uso del chitosano</b> .....	<b>19</b>
<b>1.4 CIPOLLA DA SEME</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4.1 Gestione della nutrizione in cipolla da seme</b> .....	<b>22</b>
<b>1.5 OBIETTIVO DELLA TESI</b> .....	<b>24</b>
<b>2 MATERIALI E METODI</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1 AREA DELLO STUDIO E DESCRIZIONE DEL SITO</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2 STORIA AGRONOMICA DELL’APPEZZAMENTO SEDE DELLA PROVA</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3 DISPOSITIVO SPERIMENTALE</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3.1 Trattamento con etilene</b> .....	<b>29</b>
<b>2.3.2 Trattamento con chitosano</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3.3 Rilievi effettuati</b> .....	<b>31</b>
<b>2.4 ANALISI STATISTICA</b> .....	<b>33</b>
<b>3 RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1 CONDIZIONI AMBIENTALI DURANTE IL PERIODO DELLA PROVA</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2 RESA IN SEME, COMPONENTI DELLA RESA, GERMINABILITÀ</b> .....	<b>37</b>
<b>3.3 GERMINAZIONE CUMULATA</b> .....	<b>43</b>
<b>4 CONCLUSIONI</b> .....	<b>46</b>
<b>5 BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>48</b>

## **Ringraziamenti**

Ringrazio i miei genitori, la mia famiglia per avermi permesso di intraprendere la carriera universitaria, permettendomi di allargare le mie conoscenze in materia, in un doppio percorso ricco di soddisfazioni.

Ringrazio la mia ragazza per avermi supportato e sopportato durante questi lunghi anni di studio di esami e lavoro.

Ringrazio il Prof. Sergio Saia, perché si è dimostrato sempre all'altezza di ogni situazione, mi ha aiutato durante la mia formazione tecnica, e in lui ho trovato oltre che un professionista anche un amico, con cui mi auguro di continuare a collaborare anche fuori dall'Università.

Ringrazio il Prof. Gianfranco Romanazzi, che ha messo la sua professionalità e le sue conoscenze a mia disposizione, è stato un enorme aiuto per me come studente, ma anche come futuro professionista.

Ringrazio l'ASSAM, che mi ha fornito i dati meteorologici necessari per poter svolgere questa tesi.

Ed infine un ringraziamento speciale va ad una persona a me molto vicina, che purtroppo oggi non c'è più, e mi auguro che da lassù possa comunque essere fiero di me e del percorso che sto facendo nella vita.

## RIASSUNTO

### *Ruolo del trattamento con etilene e chitosano sulle componenti della produzione e germinabilità del seme di cipolla ibrida*

La cipolla è una importante specie orticola, tuttavia la sua produzione di seme, necessaria per produzione di piantine da trapianto, è fortemente limitata dalla competizione tra seme e germogli e dalla tendenza del gambo dell'infiorescenza ad allettare. L'etilene è un fitoregolatore, presente già naturalmente in ogni pianta, anche utilizzabile fitoregolatore esogeno. Viene definito ormone della senescenza in quanto accelera alcuni processi fisiologici della pianta portando ad una più rapida maturazione. Tuttavia, il suo effetto come fitoregolatore dipende da una pluralità di condizioni, inclusa la specie, il genotipo, le variabili agronomiche e ambientali. Il chitosano è una forma deacetilata della chitina, è un composto biodegradabile, naturale che deriva da gusci di crostacei come gamberetti e granchi, ed ha un'influenza specifica nella lotta contro i patogeni che colpiscono le piante coltivate, aumentando la capacità di difendersi delle stesse, con un incremento nella sintesi di alcuni composti quali fitoalessine, proteine specifiche ad azione antimicotica. Obiettivo della tesi è stato quello di verificare gli effetti dell'azione dell'etilene come fitoregolatore esogeno e del chitosano sulla resa e componenti della produzione della cipolla da seme e sulla germinabilità del seme sottoposto ad invecchiamento.

La prova è stata svolta nel 2019, presso l'azienda agricola Vecchiotti Daniele. Il dispositivo sperimentale è stato un blocco randomizzato sbilanciato, con parcella elementare di 2,25 m<sup>2</sup>, e 4 repliche, all'interno delle quali sono stati distribuiti i trattamenti con chitosano ed etilene. Il genotipo di cipolla è stato impiantato alla densità di 27.4 bulbi m<sup>-2</sup>. In particolare, l'etilene è stato distribuito al 100% della dose raccomandata in due possibili momenti: precoce (prima applicazione) o tardivo (terza applicazione) o al 150% della dose della quale il 100% sempre in prima applicazione e il restante 50% in un momento intermedio (seconda applicazione) o tardivo.

Nelle parcelle che hanno ricevuto etilene al 100% in prima applicazione e al 150% (entrambe i momenti) è stato anche effettuato o meno un trattamento con chitosano. Sia l'etilene, sia il chitosano sono stati applicati in fase di prefioritura. L'etilene al 100% in prima applicazione non ha comportato effetti sulla resa o componenti della produzione, mentre dosi del 150 % hanno drasticamente ridotto la resa, indipendentemente dal momento di applicazione. L'applicazione di chitosano ha incrementato la resa nei trattamenti con 150% etilene ma non in quello con 100% di etilene. Tali risultati sono stati

dovuti essenzialmente a un effetto sul numero di semi per infiorescenza. Inoltre, l'applicazione di etilene al 100% sia in prima sia in terza dose ha incrementato il peso di 1000 semi rispetto agli altri trattamenti, senza alcun chiaro effetto del chitosano che sembra aver leggermente aumentato il peso unitario del seme sebbene tale incremento non sia stato apprezzabile secondo l'analisi statistica effettuata. In media il numero di infiorescenze per unità di superficie è stato di  $39.6 \pm 6.5 \text{ m}^{-2}$ , senza differenze tra i trattamenti applicati. In conclusione, il chitosano si è dimostrato efficace in situazioni in cui vi siano tendenze ad una riduzione di produzione. Ciò può essere stato dovuto sia a un suo intervento nella lotta ai patogeni, sia perché la patina che si forma dopo la distribuzione del prodotto permette di ridurre per effetto meccanico la traspirazione della pianta in fasi di elevate temperature, come quelle verificatesi durante l'allegagione. Tuttavia, dal momento che la coltura è stata soggetta a diversi trattamenti fungicidi e non aveva segni visibili di attacchi di patogeni, è più probabile che tale effetto sia stato dovuto a un contenimento meccanico della traspirazione.

L'etilene applicato al 100% ha incrementato il peso di 1000 semi, ma non la resa. Applicazioni maggiori di Etilene hanno fortemente depresso la resa attraverso una limitazione dell'allegagione, indipendentemente dal periodo di applicazione. Ulteriori ricerche sono necessarie per mettere a punto un adeguato sistema di calcolo delle dosi di etilene, basato sui caratteri della pianta e sulle esigenze colturali, per la produzione di seme di cipolla. Tuttavia, i presenti risultati evidenziano che l'uso dell'etilene come fitoregolatore può rappresentare una strategia efficiente e a basso costo per aumentare la qualità del seme.

## ABSTRACT

### *Role of ethylene and chitosan application on yield components and germination of hybrid seed onion*

Onion is an important crop at a global scale and the plantlet production entail proper seed production techniques. However, the seed production phase is limited in many environments by the onion sprouting, which consist in a competition with flowers, and a scarce ability of the inflorescence stalk to withstand lodging. Ethylene is a natural plant hormone controlling the plant phenology and canopy traits, usually decreasing plant height and sprouting and with the ability to control date of flowering. It is also called senescence hormone as it accelerates some physiological processes of the plant leading to faster maturation. However, its use as a plant growth regulator (PGR) is challenging since its application strongly interact with the plant species, genotype and environmental conditions. Chitosan derives from a deacilated form of Chitin, it is a biodegradable, natural compound that derives from shells of crustaceans such as shrimps and crabs, and has a specific influence in the fight against plant pathogens, stimulating the plant immune response and the synthesis of some compounds such as phytoalexins, specific proteins with an antifungal action. In addition, it has been shown that chitosan may play a role in affecting the transpiration of the plant. Aim of the present dissertation was to thus verify the effects of the application of ethylene and chitosan on the yield components of seed onion production and on the germination of the seed after seed ageing. Yield components measured were number of flowers per unit area, number of seed per inflorescence and thousand seed weight, and indeed, seed yield.

The test was carried out in 2019 in the Vecchiotti Daniele farm. The experimental device was an unbalanced randomized block design replicated 4 times. Each plot was 2.25 m<sup>2</sup>. An onion genotype for the production was established from bulbs planted at 27.4 bulbs m<sup>-2</sup>. The treatments applied consisted in a untreated control and in treatments with Ethylene with a commercial product. Ethylene was applied at the 100% of the manufacturer's recommended rate in 2 alternative moments: early (first application) or late (third application) or at the 150% of the recommended dose of which 100% at the first application and the additional 50% in an intermediate moment (second application) or late. In plots treated with 100% Ethylene at the first application or 150% (both the second and third application occasions), a chitosan treatment was performed, along with an untreated control. Both ethylene and chitosan were applied before the onset of flowering.

The test showed that the application of 100% ethylene in the first moment had no effect on the grain yield nor yield components, whereas both 150 % doses irrespective of the timing of application strongly reduced the seed yield and such result was due to a depression of the number of seeds per inflorescence. The application of Chitosan in plots treated increases the seed yield in plots with a 150%, but not in the plots with 100% dose of ethylene. Application of a 100% dose of Ethylene increases the weight by 1000 seeds irrespective of the timing of the Ethylene application if compared to the other treatments, with no effect on the chitosan. On average, number of flowers per unit area did not change due to the treatments applied and was  $39.6 \pm 6.5 \text{ m}^{-2}$ , (mean  $\pm$  standard deviation). In conclusion, chitosan proved to be effective in sustaining yield when yield potential reduced and such a result was likely due to physical protection from the transpiration, since the schedule based on application of fungicides did not allow to start infections from the main pathogens for the crop.

Ethylene applied at a dose of 100%, allowed to increase the thousand seed weight but not yield, whereas higher application of ethylene reduced yields irrespective of the timing of application. Such result may have been due to a delay of the flowering onset that occurred in a relatively dry month. Further research is needed to establish efficient methods for the computation of the optimal Ethylene dose in the seed onion, nonetheless these results highlight that Ethylene application may be a low and effective strategy to increase seed quality.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 LA CIPOLLA: SPECIE AFFINI, ORIGINE, IMPORTANZA, USI E PROPRIETÀ

La cipolla (*Allium cepa* L.) è una specie delle monocotiledoni, bulbosa, previamente classificata nella famiglia delle *Liliacee* (secondo il database CABI: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/4239#toidentity>) e di recente collocazione nella famiglia delle *Amaryllidaceae* (secondo il database ITS: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=42720#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42720#null)).

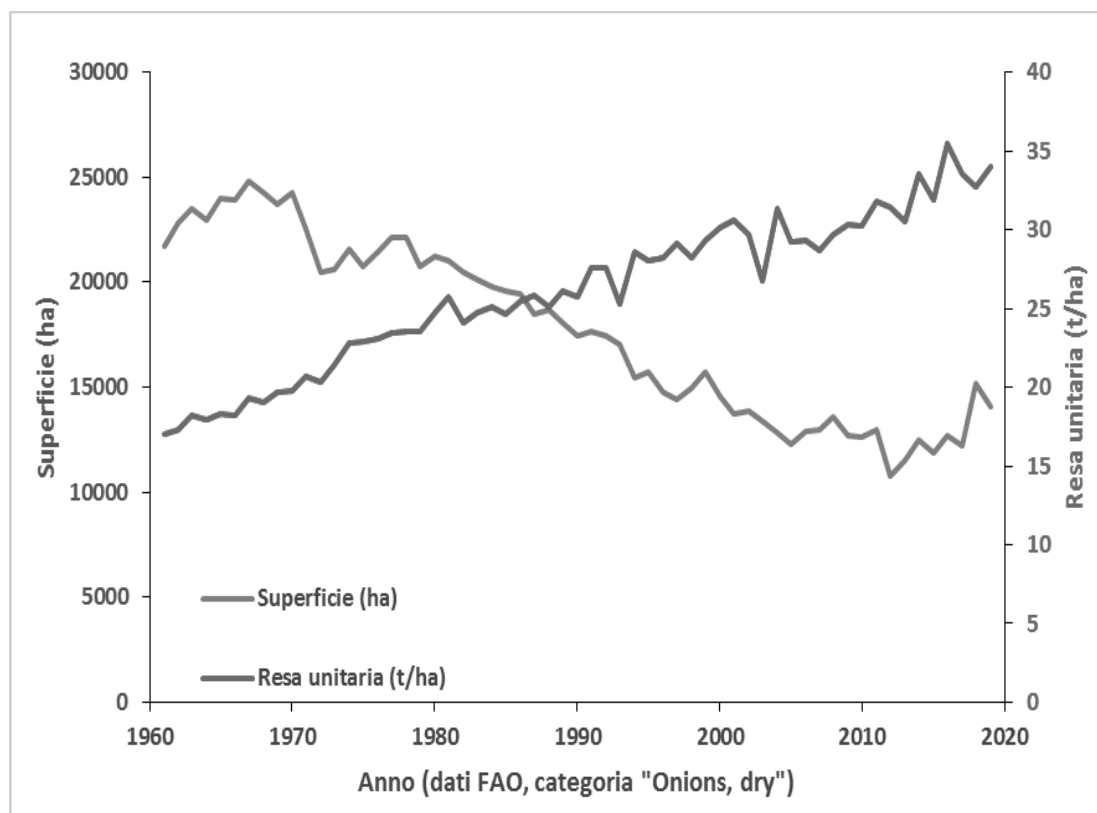
Tra le specie geneticamente affini alla cipolla è possibile trovarne alcune di uso comune, molto importanti nella nostra tradizione culinaria, come Aglio, Scalogno, Porro ed Erba Cipollina. Si suppone che si sia originata dal continente Asiatico, Iran e Afghanistan in particolar modo. Esistono varie informazioni circa il suo domesticamento: circa nel 3000 a.C. era molto coltivata in Egitto, dove veniva raffigurata negli affreschi delle tombe dei faraoni. In America fu invece introdotta da Cristoforo Colombo nel suo viaggio ad Haiti.

La cipolla è una specie a ciclo biennale in quanto, in natura, germina in primavera e richiede di superare un periodo di vernalizzazione per entrare nella fase riproduttiva. Nel primo anno forma le prime foglie e il bulbo, un organo di riserva necessario per espletare la sua successiva fase riproduttiva. Il bulbo è formato dalla parte basale di alcune foglie modificate, che costituiscono una struttura embricata che accumula sostanze di riserva da utilizzare nel secondo anno per la ripresa vegetativa e la riproduzione sessuata. Il bulbo, inoltre, rappresenta una via di riproduzione asessuata. Nel secondo anno, la pianta sviluppa uno scapo florale, solitamente costituito da alcune migliaia di fiori, composti da petali e sepal di colore bianco, e con fecondazione allogama, favorita in modo preponderante da un'impollinazione entomofila.

A scala globale, la coltivazione di aglio e scalogno riportata dalla FAO (media degli anni 2015-2019) ammonta a 5.32 milioni di ettari con una resa media di 19 t/ha. Il 66% di tale superficie è localizzata in Asia e il 22% in Africa. L'Europa e le Americhe coprono circa il 7% e il 6% della superficie complessiva. In Italia attualmente la cipolla ha ricoperto una superficie media di 12458 ha dal 2006 al 2020 (Dati ISTAT) con variabilità interannuali decisamente contenute. Nello stesso periodo, la superficie investita complessivamente a aglio, scalogno e porro è stata di 3615 ha. Tali dati sono in accordo con i raggruppamenti FAO, secondo cui, in Italia, la superficie investita a cipolla (secondo la categoria "Onions, dry") si è ridotta da 23604 ha nel decennio 1961-1970 a 12648 nell'ultimo decennio (2011-2020), con riduzioni progressive dal 1961 al 2010 circa (**Fig. 1**). Al contempo, nelle stesse decadi, la resa unitaria è aumentata da 18.48 t/ha a 32.75 t/ha. Le regioni coinvolte maggiormente nella coltivazione della cipolla sono: Emilia-Romagna (23.7% della



superficie nazionale), Puglia (15.1%), Piemonte (13.3%), Sicilia (11.1%), Campania (10.1%), Veneto (8.3%) e Calabria (7.6).



**Fig. 1.** Superficie investita a cipolla e relativa resa unitaria (calcolata come rapporto tra quantità prodotta a scala nazionale e superficie riportata) dal 1961 al 2020 secondo dati FAO (scaricati in data 11/02/2021)

I composti nutrizionali (**Tab. 1**) più interessanti sono legati alla presenza di amminoacidi solforati, che danno il caratteristico odore e sapore, ed alcuni flavonoidi come antocianine e flavonoli, con attività antiossidante. L'aroma e la pungenza derivano dalla degradazione della isoallina, ad opera dell'enzima allinasi, al momento del taglio del bulbo. L'effetto lacrimatorio, sempre legato alla degradazione della isoallina, è dovuto al sun-propanthioalossina, molto volatile ed idrosolubile. Dal punto di vista alimentare (**Tab. 1**), la cipolla ha un contenuto di acqua nel bulbo intorno al 90%, con un contenuto in zuccheri tra il 4 e il 6%.

**Tab. 1.** *Proprietà nutrizionali cipolla (Tesi, 2010). Dati riferiti a 100 g di parte edule.*

Acqua	92,1 g
Proteine	1 g
Lipidi	0,1 g
Carboidrati disponibili	5,7 g
Zuccheri solubili	5,7 g
Fibra alimentare	1,1 g
Energia	26 kcal
Potassio	140 mg
Fosforo	35 mg 2
Calcio	25 mg
Sodio	10 mg
Ferro	0,4 mg
Vit. A	3 µg ret. eq.
Vit. C	5 mg
Tiamina	0,02 mg
Riboflavina	0,03 mg
Niacina	0,50 mg

## **1.2 ESIGENZE PEDOCLIMATICHE**

La temperatura minima per la germinazione della cipolla è di poco superiore allo 0°C, a bassa temperatura questa fase risulta essere molto lenta. Con temperature costanti di 5° C ha bisogno di circa un mese per completare questa fase. (Baldoni et al. 2006)

In ambiente mediterraneo la cipolla resiste bene ai freddi invernali, anche fino a -10 °C senza copertura nevosa durante la fase di bulbificazione, ma possono risultare molto dannose le gelate durante la fase di emergenza-germinazione. Il ritmo di emissione delle foglie è correlato alla temperatura: sono ritmi di crescita lineari tra i 6 e i 20 ° C, costantemente elevati a 20/27 ° C e decrescenti con temperature superiori ai 27 °C. Il processo di bulbificazione, e quindi di accumulo di riserve necessarie per espletare la fase riproduttiva dopo un periodo di vernalizzazione, è strettamente legato al fotoperiodo: essendo una specie a giorno lungo, questo processo avviene solitamente quando la lunghezza del giorno supera una certa soglia minima che è variabile a seconda delle cultivar e che

dipende anche dalla zona, esposizione, e epoca d'impianto L'induzione a fiore è influenzata dalla temperatura, e favorita a temperature superiori a 15°C (Tei, 1996).

Dal punto di vista della bulbificazione (e quindi non della fioritura), le varietà di cipolla possono anche essere classificate in funzione della reazione del processo alla lunghezza del giorno.

Tale reazione è dovuta a una differenza forma e tasso di crescita assunto dal bulbo quando la pianta è assoggettata a diversi regimi luminosi.

Per questa ragione, le varietà vengono suddivise in due gruppi:

- A GIORNO CORTO O PRECOCI: hanno bisogno di 12 ore di luce per poter bulbificare;
- A GIORNO LUNGO O TARDIVE: hanno bisogno di 16 ore di luce per poter compiere il processo.

La bulbificazione è ovviamente influenzata anche dalla temperatura, e la sua velocità aumenta passando da 10 a 25 °C. Generalmente, la temperatura ottimale per la bulbificazione è inferiore a quella per la fioritura.

La bulbificazione è un processo reversibile, se la pianta si trova a completare il ciclo in condizione di giorno corto, tenderà a frenare la fase di bulbificazione, producendo altre foglie, questo naturalmente a scapito del peso e delle qualità dello stesso bulbo, in quanto le riserve accumulate verranno consumate per la formazione di nuove foglie.

Dal punto di vista pedologico, la cipolla predilige terreni sciolti o di medio impasto.

Tollerava tuttavia molto bene i terreni tendenzialmente argillosi, purché ben drenati. Inoltre, la produzione si massimizza a pH compresi tra 6,5 al 7,5, e una buona dotazione di sostanza organica, ma buone coltivazioni e rese di cipolla possono essere ottenute anche a pH superiori (Tesi, 2010).

Tenori in argilla troppo elevati possono ostacolare la normale formazione del bulbo, e suoli dove sono frequenti ristagni idrici possono comportare una moria precoce giovani plantule.

Nei terreni sabbiosi la cipolla può essere coltivata a condizione che vi sia un adeguato rifornimento idrico e un pH che si aggira intorno alla neutralità (Tei, 1996).

La coltivazione è problematica in terreni con elevata presenza di scheletro o nei terreni sciolti in cui non si adopera irrigazione. Infine, la carenza di calcio, tipica dei terreni acidi provoca una riduzione della conservabilità del prodotto finale. La cipolla è molto sensibile alla salinità. Nello schema in basso (**Tab. 2**) è possibile vedere come a determinati valori di salinità corrispondano gravi perdite a livello produttivo.

**Tab. 2.** Effetti della salinità sulla produzione della cipolla, come riportato da Baldoni et al. (2006)

Conducibilità elettrica [ECE]	Riduzione di resa
1.2 mS/cm	NESSUN EFFETTO
1.8 mS/cm	-10%
2.8 mS/cm	-25%
4.3 mS/cm	-50%
7,4 mS/cm	-100%

### **1.3 TECNICA D'IMPIANTO**

#### **1.3.1 Lavorazioni e trapianto**

Le tecniche d'impianto della cipolla sono molteplici: possono essere trapiantate tramite la semina, tramite la piantumazione di piccoli bulbi oppure attraverso il trapianto di piante radicate.

Per la cipolla da consumo fresco si possono utilizzare tutti i metodi elencati, con predilezione per il trapianto di piantine e piccoli bulbi.

Per la coltivazione da seme, vengono utilizzati bulbi di un anno, al termine del loro ciclo di ingrossamento, quando la loro parte caulinare è disseccata (Tesi,2010).

La preparazione del terreno può essere eseguita con diverse tecniche: ad esempio aratura profonda con affinamenti successivi, ripuntatura profonda o anche sistemi di agricoltura conservativa con lavorazioni ridotte o no tillage (Kęsik e Błażewicz-Woźniak, 2009; Kurtz et al., 2013). Tradizionalmente la preparazione dei terreni di medio impasto tendenzialmente argillosi prevede, dopo la raccolta di un cereale autunno vernino, l'asportazione della paglia e l'aratura alla profondità di circa 40 cm, con affinamenti successivi. Generalmente non viene somministrato letame in fase di pre-lavorazione in quanto potrebbe favorire l'insorgenza di problemi fitosanitari (Turchi, 1996). Sebbene la lavorazione di media profondità (aratura, ripuntatura), sembra essere la via prescelta dagli agricoltori, interessanti risultati sono stati raccolti dall'uso di minima lavorazione in combinazione con *cover crops* o pacciamatura da residuo. In particolar modo, la combinazione di minima lavorazione e residui colturali di Segale e Veccia hanno avuto un impatto notevole sullo sviluppo iniziale della cipolla, grazie alla modifica dei macroaggregati presenti nei primi 20 cm di suolo, che hanno favorito l'approfondimento radicale e l'assorbimento di nutrienti (Kesik et al., 2010).

Le *cover crops* possono essere utilizzate non solo come colture di copertura nei mesi invernali, ma anche come colture in grado di preparare il terreno per la futura coltivazione della cipolla, aumentando la biodisponibilità dei nutrienti, migliorando le proprietà chimiche e fisiche del suolo e di conseguenza la resa, con un vantaggio non solo agronomico ma anche economico (Oliveira et al. 2016).

In zone pianeggianti, è bene prevedere una buona sistemazione idraulica, in modo da favorire lo sgrondo delle acque, evitando così problemi durante i mesi più piovosi dell'anno, specialmente in quelle coltivazioni impiantate prima dell'inverno.

### **1.3.2 Gestione delle infestanti**

La cipolla soffre particolarmente la competizione con le infestanti essendo una specie a crescita lenta e bassi tassi di assorbimento dei nutrienti (Tesi 2010).

In regime biologico, è possibile gestirle effettuando una falsa semina prima del trapianto, eliminando così una quota consistente di malerbe.

Successivamente è opportuno agire con sarchiature, e scerbatura, ove possibile, durante la fase del ciclo colturale, per ridurre al minimo la competizione per l'acqua e i nutrienti.

In regime convenzionale è possibile agire con sarchiature, ma il metodo di gestione più utilizzato resta quello del diserbo chimico, che permette di ridurre i costi e le ore di lavoro, mantenendo, se svolti tempestivamente, il terreno libero da infestanti (Tesi 2010).

La lotta chimica viene effettuata grazie a diverse molecole, quali pendimetalin, oxyfluorfen, fenmioxatim, S-metalachlor. L'applicazione di fenmioxatim, da solo o in combinazione con pendimetalin in pretrapianto, genera piccole lesioni sulla parte area della coltura, senza influenzarne la resa finale. L'aggiunta di S-metalachlor ha invece generato importanti lesioni che ne hanno influenzato la resa finale, nonostante un buon controllo di diverse specie infestanti, in particolar modo *Persicaria Maculosa* (Hermann et al., 2019). In passato, è stato spesso utilizzato in post emergenza anche l'Oxyfluorfen, un principio attivo, facente parte della famiglia dei difenileteri, che inibisce la protoporfirigeno ossidasi, residuale e efficace contro le giovani plantule, principalmente dicotiledoni ([www.corteva.it/goal480](http://www.corteva.it/goal480) sc). L'oxyfluorfen utilizzato in pre-emergenza con la dose di 400 gr/ha ha portato ad una significativa riduzione di infestanti, con importante riduzione di densità e peso secco delle stesse, che si è tradotto in una minor competizione verso la cipolla, e aumenti di resa della coltura coltivata (Chinnagounder et al., 2013).

L'efficacia e la persistenza di questo principio attivo sono esaltate durante il periodo autunno-primaverile. Persiste nel terreno per 2-4 mesi (<https://fitogest.imagelinenetwork.com/it/sostanze-attive/oxifluorfen/241>). In particolar modo la dose migliore risulta essere 125 gr/ha, incrementi non

hanno mostrato risultati significativi. L'uso di pendimetalin a dose di 0,5 kg/ha e oxyfluorfen a 125 gr/ha risulta essere la combinazione più efficace nel controllo delle infestanti (Sharma, Buttar et al 2009). Il trattamento di post emergenza è incentrato su due soli principi attivi nei confronti delle dicotiledoni: lo joxynil e oxyfluorfen, Per ridurre o quanto meno razionalizzare gli interventi sono proponibili applicazioni in miscela di erbicidi con antiparassitari (Pennacci, 2006) Inoltre possono essere utilizzati gramincidi specifici nella lotta a *Poa annua*, *P. trivialis*, *Avena sterilis* (Tesi, 2010).

Negli ultimi anni è stata revocata la registrazione per tale coltura, salvo casi di deroga ([http://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/fitosanitari/2018/09\\_07\\_2018\\_est\\_impiego\\_in\\_deroga\\_GOAL\\_480\\_SC.pdf](http://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/fitosanitari/2018/09_07_2018_est_impiego_in_deroga_GOAL_480_SC.pdf)) e di norma non è più possibile utilizzare oxyfluorfen.

Per quanto riguarda la coltura portaseme, infestanti particolarmente temibili, per capacità di competizione e similitudine nel seme sono *Polygonum convolvulus* e fallopia. I semi sono difficili da eliminare nella cernita, per questo ed altri motivi, si impongono spesso interventi di diserbo meccanico e manuale nelle fasi finali della coltivazione (Marocchi et al., 2009)

### **1.3.3 Fabbisogni nutrizionali e concimazione**

Lo scopo della concimazione è quello di mettere a disposizione della coltura, durante il suo intero ciclo biologico, gli elementi nutritivi principali in quantità e nelle forme più adeguate alla pianta nel rispetto delle esigenze qualitative del prodotto e dell'ambiente. (Pacioni, Orsini 2011)

Gli elementi principali sono azoto, fosforo e potassio, l'azoto determina un aumento del vigore vegetativo delle piante con sviluppo precoce ed ampio dell'apparato fogliare, premessa indispensabile per ottenere elevate produzioni (Bonciarelli, 1995)

Carenze riguardo agli altri elementi, in particolar modo microelementi, sono stati segnalati in terreni organici. In questa tipologia di suolo possono manifestarsi carenze di rame che comportano formazione di contorsioni e clorosi a livello apicale, le tuniche risultano essere più fragili e sottili. Carenze di Manganese si verificano a pH > 6,5, torbosi, e in terreni argillosi calcarei, e comportano un accrescimento stentato e una colorazione più chiara e striata delle foglie più vecchie. Carenze di Zinco e Molibdeno sono state rilevate in terreni torbosi con ph acidi o alcalini (Curren et al., 1990).

Il ritmo di assorbimento degli elementi nutritivi non è uniforme nel corso del ciclo della coltura, ma varia con le diverse fasi fenologiche. La domanda di azoto è elevata soprattutto durante la fase vegetativa di formazione ed emissione delle foglie per poi divenire molto moderata durante la bulbificazione; come già sottolineato, nella fase finale del ciclo l'azoto è addirittura dannoso per il ritardo di maturazione e per la diminuzione della conservabilità di bulbi. I fabbisogni di fosforo e potassio, invece, sono particolarmente elevati nella fase di ingrossamento del bulbo. ([www.agribionotizie.it](http://www.agribionotizie.it)).

#### 1.3.4 Irrigazione e raccolta

L'irrigazione, della cipolla in coltura autunno-vernino è raramente effettuata, soprattutto in ambienti con carenza idrica in quanto l'acqua è utilizzata per colture a più alto reddito. Tale scelta è giustificata dal fatto che la cipolla non ha elevate esigenze idriche, sebbene l'introduzione di irrigazioni in fasi sensibili del ciclo colturale, come in fase di ingrossamento bulbo, comporta notevoli vantaggi qualitativi e produttivi. In cipolle trapiantate nei mesi primaverili, con riempimento del bulbo a ridosso dei mesi estivi, l'irrigazione è frequente. In fase di accrescimento il fabbisogno è di circa 2-4 mm/ al giorno, mentre si riduce a circa 1,5 mm al giorno in fase iniziale di sviluppo fogliare. (Tesi 2010) Il fabbisogno idrico dell'intero ciclo produttivo si attesta in media intorno ai 4000 mq/ha.

Sull'importanza dell'irrigazione, delle modalità della stessa, sugli effetti di produzione del seme, e quindi di resa finale, è stato condotto un esperimento di campo per un periodo di tre anni consecutivi, dal 2008 al 2010 (Kumar et al., 2007). L'obiettivo di tale studio è quello di valutare gli effetti di diversi tipi di irrigazioni, effettuate con intervalli di tempo diversi, sulla produzione finale di seme di cipolla. La prova è composta da 12 trattamenti con il metodo di irrigazione a goccia a 3 livelli: al 75%, 100, 125% dell'evaporazione cumulativa della vaschetta (CPE) a 4 intervalli di tempo. La parcella di controllo è stata impostata con irrigazione convenzionale a 50 mm CPE. I risultati sono stati che, nell'irrigazione a goccia ripetuta a cadenza giornaliera (intervallo di tempo 1 giorno), oltre al risparmio di acqua (41%-65%), si ha un aumento di produzione compreso tra il 2 e il 26%. Con irrigazione a goccia e intervallo di tempo di 3 giorni, aumenta la produzione di circa il 24%, l'applicazione di tale tecnica di irrigazione, a cadenza settimanale (intervallo 7 giorni), non ha comportato aumento di resa, mentre è risultata essere inefficiente ad intervallo di tempo di 10 giorni, con un decremento produttivo rispetto al controllo del 14 %. In conclusione, per evidenziare l'importanza di una corretta gestione dell'irrigazione, nei terreni ove possibile accedere a tale pratica, è risultata vantaggiosa l'irrigazione a goccia al 75% che ripetuto a intervalli di tempo di tre giorni, perché ha avuto un miglior rapporto costo- beneficio (Dingre et al., 2012).

#### 1.3.5 Avversità e malattie

La cipolla viene severamente danneggiata da una pluralità di patologie. Tra le più importanti della coltura ritroviamo frequentemente diverse patologie fungine tra cui *Peronospora destructor* (peronospora della cipolla), che colpisce anche altre specie del genere *Allium*, e costituisce la più grave malattia crittogamica della cipolla, in cui, specialmente in colture da seme, può comprometterne l'intera produzione (Fordham, 2016, Mancini et al, 2012). La malattia diventa altamente distruttiva quando sono presenti condizioni ambientali favorevoli come le temperature inferiori ai 22° C, e acqua libera sulla superficie fogliare o umidità superiore al 95%. Il ciclo infettivo è caratterizzato da un

lungo periodo di latenza di circa 9-16 giorni, mentre la sporulazione e l'infezione avvengono nel giro di due giorni. I primi sintomi si osservano sulle foglie mature come macchie allungate inizialmente di colore chiaro, che successivamente assumono una colorazione più scura. Di maggiore gravità è l'attacco a carico degli scapi fiorali, che una volta attaccati collassano determinando una perdita sementiera sia quantitativa che qualitativa, oltre che una minore resistenza degli stessi ad agenti atmosferici. Il patogeno si può conservare da un anno all'altro nei bulbi e nei semi come micelio, oltre che svenare in piante selvatiche del genere *Allium* (Fordham, 2016, Mancini et al., 2012). I sintomi compaiono sulle foglie come macchie nere allungate longitudinalmente, leggermente decolorate o biancastre. Su tali aree, se le condizioni climatiche si mantengono umide, si forma una muffa grigiastria costituita dalle fruttificazioni dei conidi (Howard et al., 2008). I tessuti sottostanti il punto di infezione necrotizzano e sono attaccati da altri miceti saprofiti o opportunisti, come *Stemphylium* e *Alternaria*. Di norma le alterazioni riguardano gli scapi fiorali e le foglie, portando queste ultime alla marcescenza. Se viene attaccato l'asse principale, che porta su di sé lo scapo floreale, organo di connessione tra le radici e l'apparato riproduttivo, nella produzione di seme, il culmo tende a ripiegarsi verso il basso, limitando fortemente il rifornimento di acqua e nutrienti fino al completo disseccamento. Attualmente l'unico metodo di lotta efficace risulta essere la lotta con principi attivi di sintesi e rame in fase di prevenzione.

Da una prova di campo di due anni dal gruppo di ricerca del dipartimento di patologia vegetale dell'Università di Politecnica delle Marche è stata svolta una prova di campo relativa all'efficacia dei vari composti utilizzati nella lotta chimica a *Peronospora destructor*. La prova di campo è durata due anni ed è stata condotta in due diverse località delle Marche per determinare l'efficacia di fungicidi chimici e naturali nel controllo delle infezioni, su due diverse cultivar di cipolle da seme. Nel primo anno caratterizzato da una pressione elevata della malattia, i migliori risultati sono stati ottenuti nelle parcelle trattate con dimetomorf +pyraclostrobin. Nel secondo anno, caratterizzato da una bassa pressione di malattia, le maggiori riduzioni sono state osservate su piante irrorate con fosetyl Al+ iprovalicarb+ fenamidone, azoxystrobin, dimetomorf+pyraclostrobin, clorothalonil+ metalaxil-M e fuazinam. I composti naturali impiegati nelle due annate non sono stati in grado di proteggere in modo adeguato la coltura (Romanazzi et al., 2014). In due prove di campo, fungicidi di sintesi e alternativi sono stati testati su cipolla da seme per contenere la peronospora, il cui agente causale è potenzialmente trasmissibile per seme, e l'azoxystrobin, caratterizzato da un buon profilo ecotossicologico, ha fornito la migliore protezione (Mancini e Romanazzi, 2014).

Un'altra grave patologia della cipolla è la Maculatura gialla dell'Iris (IYSV), dovuta a un Tospovirus. I sintomi che si manifestano a livello fogliare sono costituiti da aree giallo clorotiche che successivamente diventano necrotiche. Inizialmente i sintomi che si manifestano ad inizio infezione



sono molto simili a quelli provocati da *Peronospora destructor* e quindi facilmente confondibili (Testi et. al., 2011); le alterazioni in campo possono anche essere confuse con danni abiotici come un attacco di grandine, complicandone la diagnosi. Queste porzioni attaccate assumono la classica forma romboidale, sono particolarmente evidente sugli scapi fiorali delle piante per produzione di seme e compaiono in giugno-luglio. Lo scapo florale può ripiegarsi su se stesso nel punto in cui le alterazioni sono più accentuate causando uno scadimento qualitativo del seme, in termini di peso e germinabilità, influenzando direttamente anche la resa finale. Ovviamente, non è possibile agire con principi attivi contro i virus delle piante e le uniche modalità di lotta sono legate alla semina o trapianto di bulbi esenti da tale virus, e il contenimento della diffusione del vettore (un tripide, in particolare *Trips tabaci*). La trasmissione è di tipo persistente e solo le larve possono acquisire il virus (Tomassoli, 2010). I vettori possono trasmettere il patogeno a piante sane durante le classiche punture di nutrizione. Il virus è inserito nella lista di allerta dell'Organizzazione Europea per la Protezione delle Piante (EPPO), ed è ritenuto una minaccia emergente per la coltivazione della cipolla, in particolar modo per quella da seme.

Altre malattie, meno frequenti e più facilmente gestibili, sono:

- *Puccinia alli* (ruggine della cipolla): è una malattia fungina, in cui si manifestano dei sintomi con macchie giallastre e bruno rugginose, prettamente primavera con un decorso della stagione umida e piovosa (Pollini, 2005);
- Antracnosi della cipolla: i sintomi si manifestano tramite macchie nere sfumate rotondeggianti e che si diffondono nelle tuniche più esterne (Ferrari et al., 2002).

Oltre alle malattie crittogamiche abbiamo insetti, quale mosca della cipolla, *Trips tabaci*, precedentemente menzionato e afidi.

### **1.3.6 Impiego di fitoregolatori**

A livello internazionale, con la definizione “*grown regulator*” si intendono tutti quei composti definiti fitoregolatori esogeni, che possono essere ormoni di origine vegetale oppure di sintesi. Sono composti chimici, di natura ormonica, impiegati sulle piante con lo scopo di accelerare o ritardare determinati processi fisici della pianta. La struttura chimica è simile ad ormoni già presenti nelle piante che vengono sintetizzati dalle stesse per regolare i loro processi fisiologici.

I fitoregolatori esogeni interagiscono con quelli endogeni, aumentandone la dotazione naturale; direttamente quando vengono somministrati sottoforma di composto di sintesi simile a quello naturale, oppure indirettamente quando si somministra un composto che penetra all'interno della pianta e poi attraverso idrolisi enzimatica fornisce un composto ormone simile, interferendo sulla

sintesi ormonale. Un'altra modalità di azione consiste nella reazione tra fitoregolatore esogeno e fitoregolatore endogeno, che legandosi tra loro formano un complesso inattivo, impedendo così all'ormone naturale di espletare la sua funzione. Infine, possono agire anche sulla demolizione degli ormoni naturali, ritardandola e determinandone un accumulo, oppure accelerando la impedendone l'azione (Viglione et al., 2006).

Le molecole principalmente usate come fitoregolatori in una pluralità di specie vegetali sono:

- Acido naftalenacetico (NAA)
- Acido 2,3,5 tiiodobenzoico (TIBA)
- Acido gibberellico (GA3, GA4, GA5)
- Etilene
- Acido N-dimetilammino succinico (SADH)
- Idrazine Maleica (MH)

Tali composti hanno normalmente una attività brachizzante, per cui riducono la taglia delle piante aumentandone la resistenza all'allettamento; questa esigenza è particolarmente sentita in colture da seme di graminacee foraggere, cipolla, carota, cereali a paglia (Abdul et al., 2002).

Acido gibberellico e NAA hanno mostrato un aumento sia delle dimensioni delle foglie che nel numero delle infiorescenze quando la concentrazione è stata aumentata da 150 ppm a 300 ppm. Concentrazioni di 450 ppm hanno avuto un effetto depressivo nella resa (Singh 1995).

#### **1.3.6.1 Uso dell'etilene**

L'etilene, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> è un idrocarburo gassoso, volatile, che ha un'influenza importante sullo sviluppo delle piante (Matoo et al., 1991).

L'etilene viene considerato un fitormone dalle molteplici funzioni, in grado di regolare sia la crescita della pianta che la senescenza. Promuove o inibisce i processi di crescita della pianta in base ai tempi di applicazione e concentrazione all'interno dei tessuti vegetali, sia in modo endogeno che esogeno se applicato esternamente. Un composto molto utilizzato è l'etephon, prodotto in grado di permettere il rilascio di etilene, se ad esempio viene applicato in piante di *Brassica juncea*, a concentrazioni basse è in grado di promuovere lo sviluppo dell'apparato fogliare della coltura, a concentrazioni elevate inibisce tale sviluppo (Iqbal et al, 2017).

La biosintesi dell'etilene, parte da una proteina, la metionina, che viene convertita in S-adenosil-Metionina (SAM). Successivamente avvengono altre due reazioni, la SAM viene convertita tramite l'enzima ACC sintetasi (ACS), in amminociclopropano-1- carbossilico (ACC). Quest'ultimo viene poi convertito in etilene da parte dell'enzima ACC ossidasi (ACO). Si pensava che un fattore limitante nella produzione di questo ormone da parte delle piante fosse l'ACC, quindi si pensava che una sua mancata presenza, dovuta magari ad una carenza dell'enzima ACS, potesse influenzare e ridurre la

produzione di etilene. Si è scoperto successivamente che è invece una carenza di enzima ACO, che può avere effetti negativi sulla biosintesi dell'ormone (Van De Poel et al., 2019).

Generalmente, tessuti sottoposti a stress sia biotici che abiotici, aumentano il contenuto di etilene al loro interno, oltre ad avere un'elevata produzione dello stesso ormone nei frutti in maturazione o tessuti senescenti (<https://www.biopills.net/etilene/>).

Sebbene venga associato alla maturazione dei frutti, esso, tuttavia, svolge un ruolo fondamentale in ogni processo fisiologico della pianta.

È stato visto che l'etilene è in grado di agire su diversi aspetti, quali ad esempio la germinazione dei semi, è in grado di stimolare la stessa, e di promuovere il processo, in particolar modo in semi che sono soggetti a dormienza, causata sia dalla struttura del seme stesso che da stress abiotici che ne inibiscono il processo (Kecpczynski et al., 2006). Non solo agisce sulla dormienza del seme, ma anche di strutture riproduttive quali i bulbi di cipolla, è stato visto che l'etilene endogeno ha un effetto di regolazione sulla dormienza dei bulbi di cipolla (Buffer, 2009). Agisce inoltre sulla crescita delle piantine, sull'abscissione delle foglie e dei petali e sulla senescenza degli organi. Ad oggi resta sconosciuto il meccanismo di azione di tale ormone, ma è stato visto che in specie quali *Arabidopsis* sono molte le famiglie di geni coinvolte nella sua regolazione e biosintesi (Schaller et al., 2002).

Sono molteplici gli effetti dell'etilene sulle colture, ad esempio esperimenti condotti su un genotipo di pera, distribuendo 120-180 mg L / ha di etilene, hanno mostrato un aumento dell'area fogliare e del diametro del gambo, inoltre ha accorciato la lunghezza internodale, aumentando in modo significativo la resa (Xianchao et al., 2007).

In alcuni genotipi di *Triticum aestivum*, questo fitoregolatore è intervenuto regolando la fisiologia della pianta in situazioni di stress termico o da alte temperature, portando ad un arresto nello sviluppo in altezza delle piante e nella produzione di foglie, ad una fase di senescenza anticipata della pianta, proteggendo l'aspetto produttivo (Hays et al., 2007).

L'applicazione di ethephon, un composto che rilascia etilene su frumento ha aumentato il rilascio di etilene già presente naturalmente nella pianta, portando ad una riduzione dei tempi di maturazione, incrementando la velocità di senescenza delle brattee verdi dell'infiorescenza, e della foglia a bandiera, non alterandone la produzione: questa condizione risulta molto importante in zone siccitose, dove il frumento potrebbe andare in contro a periodi di carenza idrica che porterebbero a riduzioni significative di resa (Beltramo et al., 1994).

Questo fitormone ha inoltre mostrato una riduzione dell'altezza delle piante con aumento di concentrazioni fino a 450 ppm (Singh, 1995). Infatti, una riduzione di altezza della pianta ne aumenta anche la capacità di resistere all'allettamento, fondamentale in coltivazioni quali le colture da seme, e in particolar modo la cipolla (Abudul et al., 2002).

Viene anche utilizzato in piante coltivate in vitro, in condizioni di crescita stentata di piantine di cipolla e porro, è stato visto che una sua applicazione ha aumentato il peso del bulbo e ha anche permesso l'emissione di nuovi germogli laterali (Keller, 1993; Rabinowitch et al., 1991).

Non sempre però ha un effetto positivo, o migliorativo in un processo di sviluppo della pianta, infatti sempre in cipolla, applicato a dosi di 1000 e 2000 mg/l ha ridotto il peso medio del bulbo, il che è deleterio per la coltivazione da serbo (Rankin, 2015).

Attualmente i prodotti a base di etilene, quali ad esempio ethrel a base di etephon, vengono utilizzati per accelerare diversi processi:

- Maturazione dei frutti, ad esempio nel pomodoro da industria;
- Promozione fenomeni di abscissione come nelle drupe dell'olivo;
- Regolazione del pattern di accrescimento per espansione laterale.

### **1.3.6.2 Uso del chitosano**

Tra le possibili strategie di difesa della cipolla e di tante altre specie, un composto dimostratosi efficace nel contenere alcuni patogeni fungini è il chitosano. Il chitosano deriva da una forma deacilata di chitina, è un composto biodegradabile naturale proveniente da gusci di crostacei come granchi e gamberetti, ed ha una natura policationica. La chitina è inoltre un costituente principale del soma fungino e dell'esoscheletro degli insetti. L'applicazione di chitosano alla pianta può comportare benefici multipli, sia diretti sulla morfologia del microorganismo, sia indiretti portando a reazioni di difesa della pianta correlata all'attività enzimatica della stessa. In particolare, aumenta la produzione di glucanoidrolasi e la sintesi delle fitoalessine, proteine specifiche ad azione antimicotica (Bautista et al, 2006).

Frammenti di chitina o chitosano sono noti anche per aver una funzione elicitante, ossia stimolano le l'attività del sistema di immunità delle piante e ciò sta portando ad un maggiore utilizzo del prodotto in ambito agricolo, utilizzato da solo o in combinazione con prodotti di sintesi, portando ad una riduzione significativa dell'impatto dannoso dei patogeni sulle coltivazioni (Adam et al., 2010).

Il trattamento con chitosano al 5% sul seme di girasole ha evidenziato una capacità di riduzione della *Plasmopara halstedii*, con valori che vanno dal 46% al 52%, inoltre ha aumentato la produzione di enzimi correlati alla capacità di difesa delle piante, migliorando l'espressione genica, aumentando la risposta di lotta nei confronti del patogeno (Nandeeshkumar et al., 2008).

Il chitosano è risultato essere efficace contro i patogeni fungini del miglio sia in condizioni di serra sia in campo inducendo resistenza contro l'agente patogeno (Manjunatha et al., 2008).

Nella vite, il chitosano non ha solo un buon controllo nei confronti di oidio e altri patogeni quali *Plasmopara viticola*, ma ha aumentato il contenuto totale di polifenoli e la capacità antiossidante sia nell'uva sia nel vino (Iriti, 2011; Romanazzi et al., 2016, 2021; Garde-Cerdán et al., 2017). A tal fine, dunque può essere impiegato all'interno di una strategia integrata della protezione antiperonosporica della vite, ma anche di altre malattie fungine e colture, contribuendo a ridurre notevolmente l'impiego di altri prodotti (<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/difesa-e-diserbo/2019/12/18/il-chitosano-cloridato-in-viticultura/65338>).

Piante di basilico trattate con Chitosano allo 0,05% hanno evidenziato un aumento significativo delle perossidasi (POD) e della fenilalanina ammonio-liasi (PAL), rispetto alle piante non trattate in presenza di *Peronospora belbahrii* (Ghebrial, 2017).

Sebbene le applicazioni più frequenti di chitosano siano state effettuate per contenere lo sviluppo dei patogeni, la strategia di applicazione comporta la formazione di uno strato di materiale sulle foglie. Tale strato interagisce con la fisiologia della pianta anche a prescindere dalla presenza di stress biotici. Infatti, il chitosano ha dimostrato effetti anche sulla tolleranza agli stress abiotici (Hidangmayum et al., 2012).

Il chitosano non è solo in grado di proteggere la coltura attuando processi che migliorino la capacità di difendersi della pianta, ma agisce in modo importante anche sulla fisiologia della pianta. Lo strato che si viene a formare dopo l'applicazione, su foglie, fusti ed infiorescenze, riduce la traspirazione della coltura, specialmente in periodi di elevata perdita di acqua, dovuta a temperature elevate e carenza idrica, migliorandone l'utilizzo della stessa da parte della coltura (Muriefah, 2013).

Questa risulta essere un'importante caratteristica, specialmente in zone siccitose, dove è frequente ritrovarsi in situazioni di stress idrico che possono compromettere la stabilità della coltura con conseguente effetto deleterio sulla produzione.

#### **1.4 CIPOLLA DA SEME**

La coltivazione di cipolla da seme parte solitamente dall'utilizzo di bulbi che si sono formati nell'annata agraria precedente e che vengono raccolti in piena estate, per questa ragione, la cipolla da seme è una coltura annuale sebbene la specie in se sia biennale.

La fase di trapianto dei bulbi viene svolta a metà settembre fino ai primi giorni di novembre negli areali mediterranei, impiantati tramite una macchina trapiantatrice con distanza tra le file di circa 70 cm. La distanza lungo la fila tra i bulbi è generalmente di 10 cm, ma può variare anche sensibilmente in base alla capacità della macchina e dalla grandezza del bulbo.

È stato visto che elevate densità ottenute con bulbi di elevate dimensioni in particolari ambienti siccitosi, hanno portato ad un migliore dato in termini di resa (Levy et al., 1981).

Il peso del bulbo non influenza solamente la resa, ma anche altre componenti della coltura, come il numero di foglie e la lunghezza del gambo, quest'ultimo è risultato essere più sviluppato in altezza in presenza di bulbo dalle grandi dimensioni. Queste componenti sono state influenzate in modo più importante rispetto a ciò che avviene impiantando un bulbo di piccole dimensioni e peso inferiore (Ahmed et al., 2020).

La fase di emergenza può essere estremamente rapida (circa 10 giorni), con temperature medie elevate sia dell'aria che del suolo e giornate soleggiate, il periodo di trapianto e successiva emergenza variano molto, in base al contesto climatico dell'area in questione.

In prima fase, il bulbo emetterà nuove radici in grado di attaccarsi al suolo e di svilupparsi, e poi nella parte apicale dello stesso darà origine alla prima foglia vera.

In base alle temperature, la pianta dal trapianto fino a circa il mese di novembre, può immettere un numero di foglie variabili, e di culmi, anche 3-4 culmi per bulbo, prima di entrare in fase di riposo che coincide con la vernalizzazione.

Verso la fine dell'inverno, nei mesi tra febbraio e marzo, che variano in base all'areale e il clima, e al periodo di trapianto, abbiamo la fase di ripresa vegetativa con l'immissione di nuove foglie, e nuovi culmi in misura variabile anche in base alla disposizione di acqua ed elementi nutritivi.

Successivamente la pianta inizierà la levata che porta all'immissione degli scapi fiorali, con conseguente fioritura in base al fotoperiodo e alla temperatura del sito.

Tra i fattori ambientali che concorrono alla formazione dell'infiorescenza la più importante risulta essere proprio la temperatura (<http://www.crpv.it/doc/323644/DLFE-6140.pdf>).

La fioritura, negli areali marchigiani avviene generalmente nella prima decade di maggio e prosegue per circa 4 settimane, anche in questo caso, molto dipende dalla varietà in questione, dallo stato fitosanitario, nutrizionale e dal clima proprio della zona in cui la coltura viene impiantata. La formazione dei fiori richiede bassa temperatura che oscilla tra i 3-4 °C per alcune cultivar, fino ad arrivare a circa 9/13 °C per altre. Temperature invernali superiori ai 17 °C impediscono la formazione del fiore anche se esistono alcune cultivar che riescono a produrre infiorescenze senza aver bisogno di basse temperature. L'antesi avviene generalmente nelle prime ore del mattino con un intervallo di tempo che si aggira intorno alle 6-7 ore, con picco massimo nelle ore centrali della giornata. La fertilità del polline, come la ricettività dello stigma sono più alte nei giorni di antesi (Jones, 1993).

Come già accennato, l'antesi prosegue per circa quattro settimane, con impollinazione entomofila ed incrociata, insetti pronubi ed api sono determinanti per aumentare l'allegagione e di conseguenza la produzione finale. In queste fasi un clima asciutto ma non eccessivamente caldo favorisce il volo dei suddetti insetti, al contrario, periodo estremamente piovosi, umidi e ventosi non permettono una soddisfacente allegagione. Terminata la fase di fioritura e di allegagione, inizia la fase di riempimento

del seme, che può durare dalle 4 alle 6 settimane, a seconda delle disponibilità idriche del suolo, che in questa fase risultano essere determinanti per il raggiungimento di un peso specifico del seme elevato.

Il frutto (seme) è contenuto all'interno di una capsula trilobata che porta con se altri 2-3 semi. I semi sono irregolari, piatti, angolosi e di colore nero (Tei et al., 2006). Così come la fioritura e l'allegagione, anche la maturazione procede in modo scalare, ed è bene quindi scegliere il periodo ottimale, di raccolta, che risulterà essere un compromesso, tra il seme che è maturato prima e quello che è in fase avanzata di maturazione, decisione molto importante che deve essere ponderata, per evitare scarsa germinabilità del seme. Generalmente la raccolta ha inizio quando circa il 10% delle capsule contenente il seme si sono già aperte, rendendo il seme visibile. Alla raccolta segue un periodo di circa 20 giorni in cui le infiorescenze raccolte vengono lasciate essiccare.

#### **1.4.1 Gestione della nutrizione in cipolla da seme**

Come in ogni coltura, la concimazione della cipolla da seme è incentrata su la restituzione ed integrazione al suolo di 4 elementi fondamentali, quali azoto, fosforo potassio e zolfo. La produzione di seme di cipolla dipende molto dalla qualità del seme impiegato o di bulbi impiegati in fase di trapianto ed è fortemente limitata in situazioni di scarsa fertilità del suolo e dall'applicazione inadeguata dei fertilizzanti. In prove svolte in Etiopia, dove la coltura da seme ricopre un ruolo importante, la crescita della coltura e le componenti della produzione sono state influenzate in modo importante da questi due macroelementi (N e P), in particolar modo migliori risultati sulle componenti si hanno quanto questi due elementi vengono combinati insieme. Più precisamente, la resa più elevata è stata riscontrata con applicazioni di 100 kg/ha di N e 70 kg/ha di  $P_2O_5$ . Per quanto riguarda la germinazione del seme invece, l'applicazione combinata di 100 kg/ha di N e 105 kg/ha di  $P_2O_5$  ha migliorato il numero di semi in grado di germinare prontamente (Limeneh et al., 2019).

Una medio-alta disponibilità di azoto ritarda la germogliatura, ma incrementa il numero di germogli, lunghezza e dimensione delle foglie, si hanno astoni (il gambo dell'infiorescenza) più spessi e di maggiore altezza, inoltre viene anche influenzato il numero di infiorescenze. Dosi di 210 kg/ha di N 140  $P_2O_5$  e 90  $K_2O$  hanno mostrato gli effetti migliori sulle componenti della produzione (Jilani et al., 2019).

In ambienti aridi, elevate quantità di azoto applicate alla semina, con aggiunta dello stesso elemento in quantità elevate durante il ciclo colturale non hanno avuto effetti sulla resa in seme della coltura (Levy et al., 1981). Come confermato anche da prove svolte in Egitto, una medio-elevata quantità di fertilizzante azotato ha aumentato l'altezza delle piante e componenti della produzione quali resa in seme e numero di fiori per infiorescenze, tuttavia non ha influenzato in alcun modo il n°

di fiori fertili, il n° di semi per capsula e il peso dei semi (Ahmed et al., 1984). Prove svolte in Egitto hanno mostrato che il potassio è stato in grado di influenzare in modo significativo tutte le componenti della produzione ad eccezione del diametro delle infiorescenze in cui non vi sono stati effetti significativi (El-Shakir et al., 2016).

Oltre alle concimazioni minerali possono essere anche applicate concimazioni fogliari con vari prodotti quali ad esempio acidi umici, o concimazioni fogliari a base di NPK, o a base di fosfito di potassio. La combinazione tra concimazione minerale e concimazione fogliare a dose di 1 kg/ha di acidi umici ha influenzato in modo significativo tutte le componenti della produzione (Hafez et al., 2018). Generalmente le dosi di azoto applicate nei contesti mediterranei sono di circa 100-150 kg/ha di N, 60/80 kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40/60 kg/ha di SO<sub>4</sub>.

La gestione della cipolla per la produzione di seme consiste in molte differenze rispetto alla coltura da consumo fresco. La cipolla da seme ha, rispetto alla cipolla da consumo fresco o da serbo, un apparato fotosintetizzante molto più ampio in quanto oltre alle foglie ha l'astone (ossia l'asse che porta le infiorescenze) e le infiorescenze stesse, il che richiede maggiori quantità di nutrienti rispetto alla coltura da bulbo e esponendo la coltura a maggiori rischi di attacco da parte dei patogeni. Una problematica frequente nella cipolla da seme è appunto il rischio di allettamento dell'astone.

In presenza di coltura vigorosa e con un'altezza dello stesso elevata, in concomitanza con fenomeni climatici violenti, lo stesso può ricadere al suolo, generando perdite di seme, e scadenza qualitativa dello stesso. Questo evento è proprio della coltura da seme, in quanto quella da serbo non prevede la levata, ma solo il riempimento del bulbo, che quindi, trovandosi nel suolo, non viene influenzato da tale evento. Tutto ciò viene anche influenzato dal tipo di suolo, dalle caratteristiche della varietà, e dal tipo e quantità di fertilizzante azotato utilizzato.



## **1.5 OBIETTIVO DELLA TESI**

La coltivazione della cipolla da seme può comportare l'esigenza di superare diverse fasi critiche normalmente non affrontate nella cipolla da bulbo fresco. In particolare, la presenza delle infiorescenze richiede una maggiore disponibilità di nutrienti rispetto alla coltura da bulbo. Inoltre, la maggior lunghezza del ciclo implica la necessità di affrontare mesi relativamente secchi. Infine, il bambo dell'infiorescenza è assoggettato ad attacchi di patogeni e ad allettamento. Nelle colture cerealicole, tali problemi sono stati affrontati anticipando l'epoca di emissione della spiga e la taglia della pianta attraverso selezione genetica. Ciò ha consentito di ridurre la suscettibilità all'allettamento e la crescita dei semi nei periodi più secchi, perlomeno nei contesti mediterranei semiaridi.

La selezione genotipica in cipolla non consente la scelta di materiali diversificati per questi caratteri, per cui l'intervento agronomico è necessario onde evitare perdite di produzione. Tra gli interventi agronomici che potrebbero comportare effetti multipli su tali aspetti vanno considerati i trattamenti con etilene, che potrebbero consentire di ridurre la taglia, anticipare la fioritura e ridurre la crescita dei bulbi secondari, e il trattamento con chitosano, che potrebbe consentire un miglior controllo dei patogeni e, al contempo, di ridurre le perdite di traspirazione attraverso la formazione di un film semipermeabile sulle foglie. Nonostante ciò, le informazioni circa l'effetto di tali trattamenti in cipolla da seme sono decisamente frammentarie, soprattutto per i contesti mediterranei caratterizzati da elevata erraticità degli eventi meteorici.

L'obiettivo della presente tesi di laurea è stato quindi verificare gli effetti dell'azione dell'etilene (applicato in diverse quantità e momenti del ciclo colturale) e del chitosano sulla resa, sulle componenti della produzione della cipolla da seme e sulla germinabilità del seme dopo un lungo periodo di conservazione.

## 2 MATERIALI E METODI

### 2.1 AREA DELLO STUDIO E DESCRIZIONE DEL SITO

La prova è stata condotta a Magliano di Tenna, in provincia di Fermo, presso l'azienda agricola Vecchiotti Daniele. Il terreno oggetto della prova è di superficie pari a 6000 mq con esposizione a Sud- Est e pendenza di circa 2 %, e si trova a circa 250 metri sul livello del mare. La composizione granulometrica è data dal un elevata percentuale di limo, a cui segue una media percentuale di terra fine (sabbia), e bassa percentuale di argilla (**Tab. 3**). Lo scheletro è pressoché assente.

Il clima che caratterizza l'ambiente di coltivazione è temperato caldo, in contesti pluviometrici generalmente sufficienti alla coltivazione di specie invernali, con modesti periodi siccitosi in estate (dati pluviometrici della stazione climatica di Montegiorgio, forniti da ASSAM- Centro operativo di agrometereologia, Agenzia Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche, periodo 1 gennaio 2000-31 dicembre 2019).

Il periodo della prova è stato caratterizzato da piovosità mensile inferiore rispetto alla media del ventennio, con mesi invernali particolarmente siccitosi, in particolar modo i mesi di febbraio- marzo, dove la piovosità si è rivelata essere inferiore rispettivamente di 32,8 mm e 57,9 mm. I mesi più piovosi sono stati gennaio, con 40,9 mm in più rispetto alla media, e contraddistinto da temperature medie mensili superiori di 3,6 °C rispetto alle medie rilevate nel ventennio, e maggio, che è risultato essere il mese più piovoso con 88,9 mm oltre la media, ed è risultato essere anche il mese con l'incremento maggiore di temperatura media (+4,3 °C rispetto alla media 2000-2019). L'andamento climatico ha visto un periodo invernale generalmente in linea con gli anni precedenti, ad eccezione di gennaio, le temperature si sono mantenute sotto media fino ad aprile. I mesi primaverili (aprile-maggio), hanno registrato temperature superiori alla media, mentre in Giugno hanno subito un modesto calo (-2,7 °C).

Nelle **Tab. 4** e **Tab. 5** sono riportati i valori rilevati presso la stazione meteo di Montegiorgio, situata a circa 8 km in linea d'aria rispetto al sito oggetto della prova sperimentale.

**Tab 3.** *Analisi del suolo effettuate il 26/09/14*

INDICATORE	VALORE
pH	7,55
N totale	1,40 gr/kg
P-Olsen (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	90 ppm
SOSTANZA ORGANICA (Walkey Black)	12,29 gr/kg
SCHELETRO	<1%

**Tab. 4. Andamento pluviometrico ottobre 2018-luglio 2019**

MESE	MM ACCUMULATI	MEDIA PIOVOSITA' (2000-2019)	DIFFERENZA VS MEDIA (2000-2019) MM
OTTOBRE	46,8	70,1	-23,3
NOVEMBRE	41,4	89,1	-47,7
DICEMBRE	79,4	82,2	-2,8
GENNAIO	100,8	59,9	40,9
FEBBRAIO	35	67,8	-32,8
MARZO	31	88,9	-57,9
APRILE	64,8	69,1	-4,3
MAGGIO	164,4	75,5	88,9
GIUGNO	13	69,1	-56,1
LUGLIO	64,8	42,6	22,2

**Tab. 5. Andamento delle temperature nel periodo ottobre 2018- luglio 2019**

MESE	TEMP. MENSILE MEDIA °C	MEDIA TEMPERATURE 2000- 2019) °C	DIFFERENZA VS MEDIA (2000-2019) °C
OTTOBRE	16,5	16,9	-0,4
NOVEMBRE	11,7	12,6	-0,9
DICEMBRE	7,4	9	-1,6
GENNAIO	8,7	5,1	3,6
FEBBRAIO	4,8	8,7	-3,9
MARZO	9,1	12,1	-3
APRILE	16,4	13,3	3,1
MAGGIO	19,4	15,1	4,3
GIUGNO	22,5	25,2	-2,7
LUGLIO	26,1	26	0,1

## 2.2 STORIA AGRONOMICA DELL'APPEZZAMENTO SEDE DELLA PROVA

La precessione colturale era frumento duro, coinvolto all'interno di una rotazione triennale, dove viene coltivato ogni 3 anni (**Tab. 6**).

**Tab. 6.** Storia agronomica dell'appezzamento 2012-2019

ANNO	SPECIE COLTIVATA	TIPOLOGIA	RESA [t ha <sup>-1</sup> ]
2012	GRANO DURO	PIENO CAMPO	5.4
2013	ORZO	PIENO CAMPO	5.8
2014	RAPA DA SEME	PIENO CAMPO	1.0
2015	GRANO DURO	PIENO CAMPO	5.5
2016	CORIANDOLO DA SEME	PIENO CAMPO	1.3
2017	CIPOLLA DA SEME	PIENO CAMPO	1.5
2018	GRANO DURO	PIENO CAMPO	4.9

Successivamente alla raccolta dello stesso effettuata in Giugno 2018, con resa elevata per l'annata agraria in questione, il residuo (paglia) è stato asportato, e sono state eseguite le lavorazioni del suolo descritte in **Tab. 5**.

Il trapianto è stato effettuato nel giorno 13/10/2018 con bulbi di due linee differenti, linea maschile, utilizzata come impollinatore, e la linea femminile, maschiosterile, da cui verrà poi raccolto il seme. La disposizione, su indicazioni della ditta sementiera, era di alternare 8 linee femminili e 4 linee maschili. I bulbi di peso medio di 32 g, impiantati con macchina trapiantatrice apposita, venivano disposti in numero medio (da indicazioni dell'utensile) di circa 27,4 bulbi/m<sup>2</sup>, con distanza tra le file di 70 cm.

In fase di trapianto il suolo si presentava con leggera zollosità e bassa umidità, a causa di un periodo abbastanza prolungato di scarse precipitazioni.

L'emergenza del cotiledone dal bulbo è avvenuta in circa 20 giorni dal trapianto, con discreta uniformità di emergenza tra le due linee impiantate.

Durante il ciclo colturale sono state svolte le pratiche agronomiche riportate in Tabella 7.

**Tab. 7. Pratiche agronomiche effettuate durante il ciclo colturale**

DATA	PRATICA COLTURALE	NOTE [Dosi riferite a 0,8 ha di superficie]	Kg o L prodotto per l'appezzamento	Kg N	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
04/08/2018	Ripuntatura					
26/09/2018	Trattamento erbicida	Clinic St Herbicide Désherbant Total Glyphosate Roundup 20 L	1.6 L			
04/10/2018	Erpicatura					
10/10/2018	Fresatura					
14/10/2018	Erbicida	Pendimetalin 1.2 Lt	1,2 L			
17/10/2018	Concimazione	400 Kg/0,8 Ha Perfosfato Semplice	400	0	184	
07/11/2018	Concimazione localizzata, starter	15 Kg Gran Verde Top Start 8n-35p	15	1.2	5.25	
04/12/2018	Trattamento fungicida	Ossicloruro Di Rame	2,5 Kg			
07/02/2019	Concimazione azotata	150 Kg Azoto Formula 3 [35 N- 23 So3]	350	122.5		80.5
26/02/2019	Trattamento fungicida	Ossicloruro Di Rame 1,2 Kg	1,2			
09/03/2019	Trattamento fungicida	Iprovalicarb + Ossicloruro Di Rame 1 Kg	1			
19/03/2019	Trattamento fungicida	Mancozeb 1 Kg + Zoxamide 0,5 Lt	0,5			
01/04/2019	Concimazione azotata	150 Kg Azoto Formula 3 [35 N- 23 So3]	150	52.5		34.5
19/04/2019	Trattamento fungicida	Metalaxyl 2 kg + Dimetomorf + Pyraclostrobin 2 L	2 Kg+ 2 L			
03/05/2019	Trattamento fungicida	Chlortalonil + Metalaxyl	1,5 L			
06/05/2019	Concimazione azotata	150 Kg Nitrato Ammonico 26 N	150	39		
23/05/2019	Trattamento fungicida	Zooxamide + Cimoxanil	0,5 L +0,3 Kg			
08/06/2019	Trattamento fungicida	Dimetomorf + Pyraclostrobin	2 L			
26/06/2019	Trattamento fungicida	Tiofanato Metile	1 L			
26/07/2019	Raccolta					
17/08/2019	Trebbiatura					

### 2.3 DISPOSITIVO SPERIMENTALE

La sperimentazione è stata un blocco randomizzato (2 repliche) con parcelle di 2.25 m<sup>2</sup> e 4 repliche. Il dispositivo è sbilanciato.

In totale sono state prodotte 32 particelle sperimentali, ciascuna di larghezza 1,5 m, comprendente due file di cipolle, e una lunghezza di 2 mt ognuna. I trattamenti sono stati effettuati soltanto sulla linea portaseme.

**Tab. 8. Trattamenti applicati**

Ethylene applications			Chitosan	Note
1st	2nd	3rd		
1st Et0	2nd Et0	3rd Et0	without chitosan	mai applicato né etilene, né chitosano
1st Et0	2nd Et0	3rd Et100	without chitosan	etilene applicato (dose 100%) <b>solo in terza epoca</b> , chitosano non applicato
1st Et100	2nd Et0	3rd Et0	without chitosan	etilene applicato (dose 100%) <b>solo in prima epoca</b> , chitosano non applicato
			with chitosan	etilene applicato (dose 100%) <b>solo in prima epoca</b> , chitosano applicato
1st Et100	2nd Et50	3rd Et0	without chitosan	etilene applicato alla dose <b>100% in prima epoca e alla dose 50% in seconda epoca</b> chitosano non applicato
			with chitosan	etilene applicato alla dose <b>100% in prima epoca e alla dose 50% in seconda epoca</b> chitosano applicato
1st Et100	2nd Et0	3rd Et50	without chitosan	etilene applicato alla dose <b>100% in prima epoca e alla dose 50% in terza epoca</b> chitosano non applicato
			with chitosan	etilene applicato alla dose <b>100% in prima epoca e alla dose 50% in terza epoca</b> chitosano applicato

### 2.3.1 Trattamento con etilene

I trattamenti con l'ormone etilene, oggetto di studio, sono stati effettuati a pieno campo nel giorno 21/03/19, con dose di 0,8 lt su 8000 mq di prodotto commerciale denominato ETHREL, contenente Etephon puro 39,6 g (= 480 g/l) disciolto in 300 l di acqua e distribuito con barra irroratrice, la dose di etephon utilizzata è di 46,125 g/ha.

È stato distribuito anche nelle parcelle oggetto di sperimentazione, con la medesima tecnica, tranne che nelle parcelle di controllo, che sono state coperte con film plastico, prima di effettuare la distribuzione in campo, serviranno da controllo per evidenziare eventuali differenze con le parcelle che hanno subito l'effetto dall'ormone stesso.

Il primo trattamento con etephon è stato svolto con barra irroratrice, per evitare che le parcelle di controllo potessero entrare in contatto con il prodotto, sono state coperte con apposito materiale in plastica. La seconda e terza applicazione sono state effettuate il 02/04/2019 e il 28/04/2019. Nella seconda e terza applicazione, la distribuzione è stata svolta manualmente, con uno spruzzino in cui sono stati disciolti 15 ml di prodotto commerciale contenente etilene (38,9 g etilene /l di prodotto) in 11 litri di acqua. Sono stati distribuiti 200 ml di soluzione per ogni parcella.



PARTICOLARE DELLE PARCELLE ESCLUSE DAL TRATTAMENTO CON ETEPHON  
(SOLO NELLA PRIMA APPLICAZIONE)

### 2.3.2 Trattamento con chitosano

I trattamenti con chitosano sono stati svolti nel periodo compreso tra l'8 maggio 2019 e il 3 giugno 2019, a cadenza settimanale, in cui ad ogni distribuzione venivano distribuiti 150 gr di chitosano disciolti in 15 lt di acqua, l'operazione è stata svolta tramite una pompa a spalla. La soluzione viene preparata 12 ore prima, viene messa in acqua e fatta sciogliere in 15 l di H<sub>2</sub>O.



DISTRIBUZIONE CHITOSANO NELLE PARCELLE

### 2.3.3 Rilievi effettuati

Su ciascuna parcella sono stati rilevati i seguenti dati:

- Numero di bulbi per fila e totale per parcella allo stadio di 3 foglie;
- Numero di culmi per fila e totale per parcella allo stadio di 3 foglie;
- Numero di infiorescenze per fila e totale per parcella in piena fase di fioritura;
- Numero di infiorescenze per parcella a raccolta;
- Peso del seme in ogni parcella;
- Peso di 1000 semi;
- Germinabilità del seme conservato per valutare il mantenimento di potere germinativo nel tempo.

La raccolta degli scapi fiorali è stata anch'essa manuale, tagliando con un paio di cesoie il culmo 7-10 centimetri al di sotto degli scapi stessi.

Ogni parcella è stata raccolta singolarmente, disposta ad asciugare per 20-25 giorni sopra ad un sacco di Juta, in modo da isolare le infiorescenze dal suolo, evitando che l'umidità potesse influenzarne il disseccamento e successivamente il peso e germinabilità.

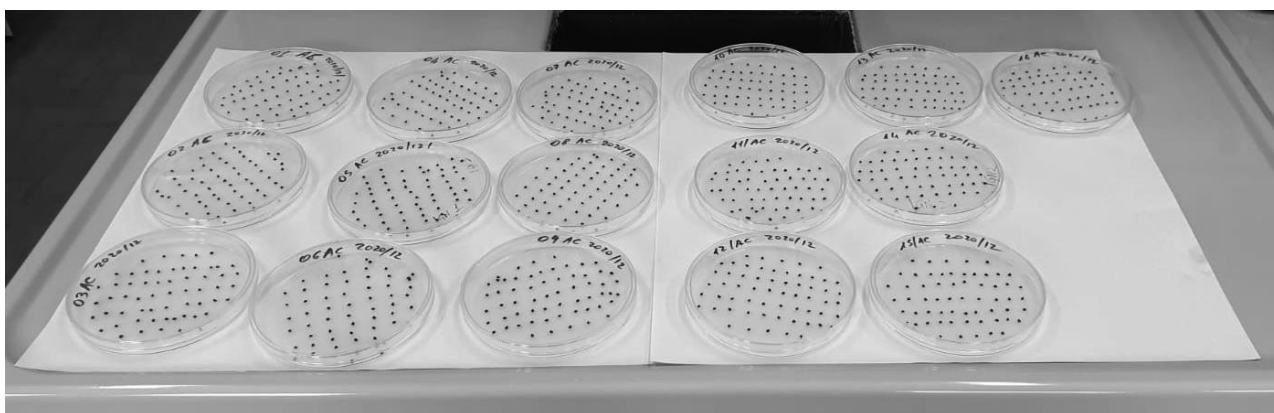
La trebbiatura di ogni singolo campione è stata effettuata manualmente nel mese di settembre 2019 ed inviata in laboratorio per la pulizia e per il rilievo dei parametri relativi al peso di ogni campione, al peso di 1000 semi e germinabilità.



CONTA DI UN LOTTO DI 250 SEMI CON MACCHINA CONTA E RELATIVA PESATA



Il test sulla germinabilità è stato effettuato nel gennaio 2021 su seme conservato a 15°C dalla raccolta al test. In particolare, i semi di ogni trattamento sono stati lavati in acqua distillata e quindi sottoposti a un trattamento in ipoclorito di sodio al 4.5% per 5 secondi. Gli stessi semi sono stati disposti in piastre etri contenenti una carta da filtro. Piastre e carta da filtro sono stati precedentemente sterilizzati sotto raggi UV per 45 minuti. Ciascuna piastra è stata mantenuta umida con acqua distillata aggiungendo una quantità di acqua necessaria a imbibire completamente la carta da filtro. Le piastre sono state mantenute sotto un regime di luminosità naturale a 22°C di temperatura costante. A intervalli regolari di tempo, i semi germinati sono stati rimossi e ove necessario è stata reimpibita la carta da filtro. La prova si è conclusa quando non è stato più possibile osservare nuove germinazioni per 2 settimane consecutive.



PANORAMICA E PARTICOLARI DEL TEST SULLA GERMINAZIONE

## 2.4 ANALISI STATISTICA

Il dispositivo sperimentale era sbilanciato e consisteva in 2 fattori: applicazione dell'etilene in varie fasi e quantità fenologiche (denominate "Trattamento") e applicazione del chitosano inserito nel trattamento di applicazione dell'etilene (indicato come "Chit(Treat)"). Il dispositivo sperimentale era un progetto a blocchi randomizzato con 4 repliche. I dati sulla resa in seme, sulle componenti di produzione e sulla germinazione finale sono stati analizzati con un modello misto lineare generale (procedura Glimmix nel pacchetto statistico SAS/STAT 9.2; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Il modello utilizzato era simile a quello mostrato nel materiale supplementare in (Saia et al., 2020) con una descrizione della procedura e della procedura SAS applicata. In particolare, l'applicazione del chitosano è stata annidata nell'applicazione dell'etilene. Il blocco è stato aggiunto come fattore casuale.

Le analisi sono state eseguite includendo stime "unbiased" dei parametri della varianza e covarianza valutati attraverso la procedura di "probabilità massima limitata" (REML). I gradi di libertà del denominatore di ogni fattore sono stati stimati con approssimazione di Kenward-Roger (secondo la quale il parametro di covarianza nullo non contribuisce ai gradi di libertà del modello) e ai termini di errore specifici dell'interazione.

Sono stati calcolate le medie marginali dei minimi quadrati (LSmeans) delle distribuzioni di trattamento. Le differenze tra gli LSmeans sono state confrontate applicando il raggruppamento tukey-kramer al livello di probabilità del 5% alle differenze p di LSMEANS. Quando i gradi denominatori di libertà non erano costanti e in presenza di eterogeneità, l'istruzione "ADJDFE=ROW" è stata utilizzata per adattarsi a confronti multipli.

I dati sul modello di germinazione sono stati analizzati con 3 diverse strategie, i dati sulla germinazione cumulativa all'aumento del tempo dalla semina in piastra sono stati trattati con una procedura GLIMMIX come sopra.

Nelle procedure di Glimmix, la Strategia 1 prevede l'inclusione dell'effetto del tempo come variabile di classe senza stima dei parametri, dopo l'applicazione di una struttura di covarianza autoregressiva eterogenea al tempo del campionamento per tenere conto delle misurazioni ripetute applicate in (Bergonzoli et al., 2020).

La strategia 2 includeva l'inclusione del tempo come variabile continua con tutti i trattamenti (continuo o di classe) stima dei parametri, attraverso l'applicazione dell'opzione 'soluzione' nell'istruzione del modello.

La strategia 2 includeva anche una funzione di collegamento Logit cumulativa e una matrice di varianza diagonale.

Ulteriori strategie, tra cui l'approssimazione per pseudo-verosimiglianza di Laplace, sono state testate e scartate dopo aver verificato le opzioni di raccordo del modello.

La strategia 1 è stata quindi utilizzata per ottenere la stima dei mezzi LS dell'effetto tempo e verificare il restringimento rispetto ai mezzi aritmetici.

La strategia 2 è stata utilizzata per ottenere le stime dei parametri. La strategia 1 ha ottenuto parametri di adattamento del modello decisamente migliori rispetto alla strategia 2.

In entrambe le strategie solo il "tempo" ha mostrato un  $p < 0,05$  e gli altri fattori applicati hanno mostrato  $p > 0,1$ .

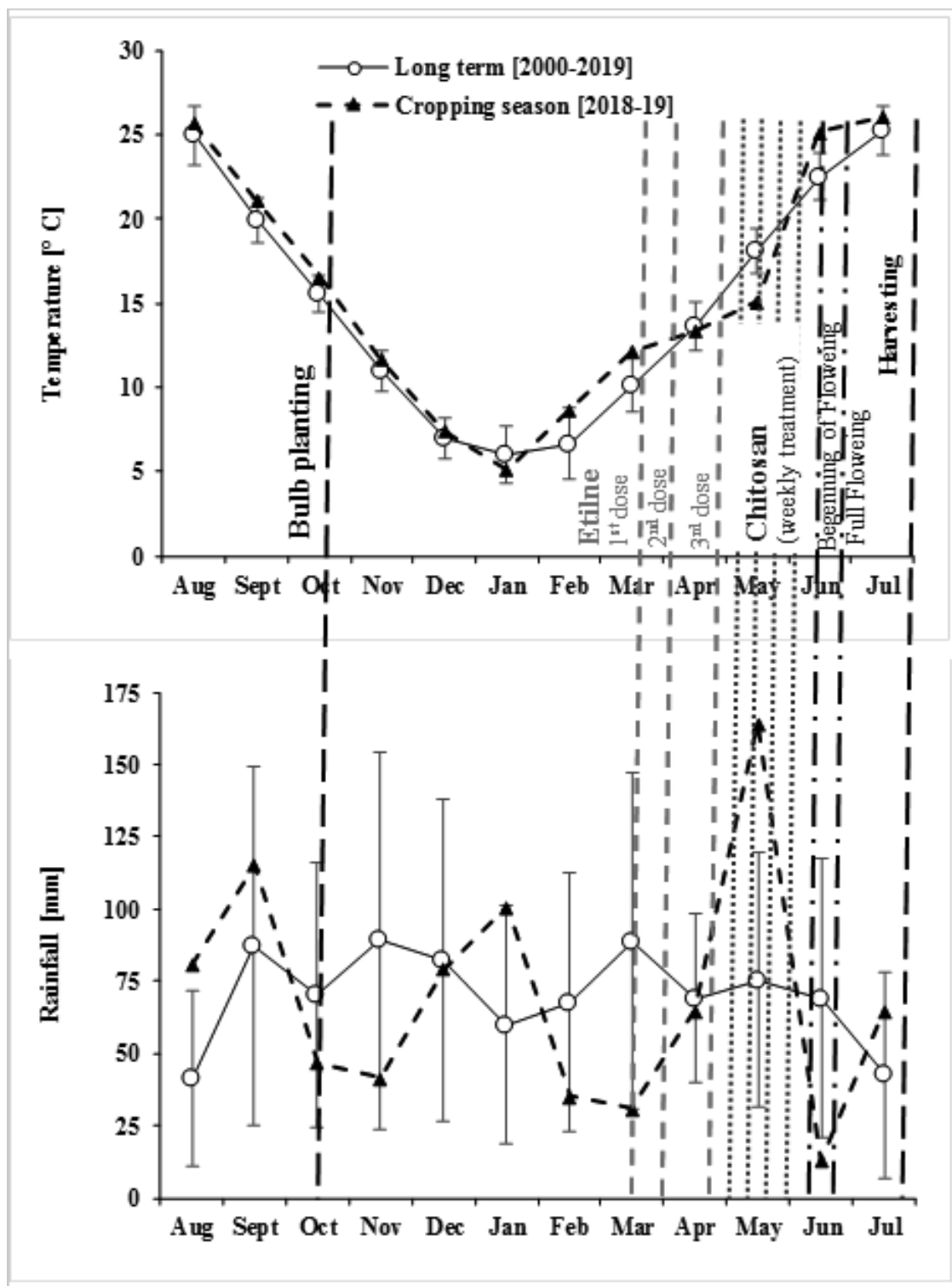
Tuttavia, la variazione nel tempo è stata modellata dal programma slidewrite applicando una regressione logistica generalizzata (cioè una funzione sigmoide) con 4 parametri (Strategia 3) dopo aver imposta l'intercetta nulla  $[0;0]$  (cioè germinazione dello 0% al momento 0).

Intervalli di confidenza al 95% dei parametri, e intervalli di confidenza e previsioni del modello sigmoide sono stati calcolati, insieme alle sue statistiche  $R^2$  e adattare le statistiche ai dati osservati.

### **3 RISULTATI E DISCUSSIONE**

#### **3.1 CONDIZIONI AMBIENTALI DURANTE IL PERIODO DELLA PROVA**

Il clima che caratterizza l'ambiente di coltivazione è temperato caldo (**Fig. 2**), in contesti pluviometrici generalmente sufficienti alla coltivazione di specie invernali, con modesti periodi siccitosi in estate (i dati pluviometrici della stazione climatica di Montegiorgio sono stati gentilmente forniti da ASSAM- Centro operativo di agrometeorologia, Agenzia Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche, periodo 1 gennaio 2000 - 31 dicembre 2019, oltre ai dati medi di lunga durata). Il periodo della prova è stato caratterizzato da bassa piovosità tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, in particolar modo i mesi di febbraio- marzo, dove la piovosità si è rivelata essere rispettivamente di 32,8 mm e 57,9 mm. Va sottolineato che il mese di maggio, durante il quale la pianta è entrata in fioritura, è stato particolarmente piovoso e fresco rispetto alla media 2000-2019.



**Fig. 2.** Temperature mensili a lungo termine (2000-2019) e stagione in cui si è svolta la prova, dati rilevati dalla stazione meteo Assam posta vicino al sito sperimentale. All'interno della figura sono riportati le date relative al trapianto dei bulbi e la raccolta degli scapi fiorali (linee nere con tratteggio lungo), le date dei 3 momenti di applicazione dell'etilene (linee rosse con tratteggio corto), la data di applicazione del chitosano (linee puntinate blu) e le date di inizio e piena fioritura (linee punto-tratto nere).

### 3.2 RESA IN SEME, COMPONENTI DELLA RESA, GERMINABILITÀ

Nella **Tab. 9** è evidente l'influenza dei trattamenti di etilene e chitosano su alcune componenti della produzione quali: resa in seme ( $\text{g m}^{-2}$ ), numero di semi per infiorescenza a maturità e peso di mille semi. È possibile notare come l'etilene (Treat), ha influenzato la resa in seme. Il chitosano (Chit(Treat)) applicato su parcelle già trattate con Etilene ha a sua volta anch'esso influenzato la resa in seme. Etilene e chitosano hanno influenzato in n° di semi per infiorescenza a maturità. Il chitosano non ha influenzato né la germinazione finale del seme né il peso di 1000 semi, mentre l'effetto dell'etilene è stato evidente nel peso di mille semi ma non nella germinabilità, che non risulta essere influenzata da questo fitoregolatore. Non ci sono stati effetti da parte di entrambi i trattamenti nel numero di infiorescenze presenti prima della fase di fioritura della coltura.

**Tab. 9.** Valori delle statistiche *F* e *p* del modello GLMM applicati alla resa in seme, alle componenti della produzione e alla germinazione finale. I fattori sono stati: il momento e la quantità di etilene applicato [Treat] e il Chitosano come trattamento annidato nell'applicazione di etilene [Chit(Treat)] I valori con  $p < 0.05$  sono stati indicati in grassetto. I gradi di libertà del numeratore sono indicati in alto e si applicano a tutte le variabili, i gradi di libertà del denominatore sono stati stimati con l'approssimazione di Kenward Roger.

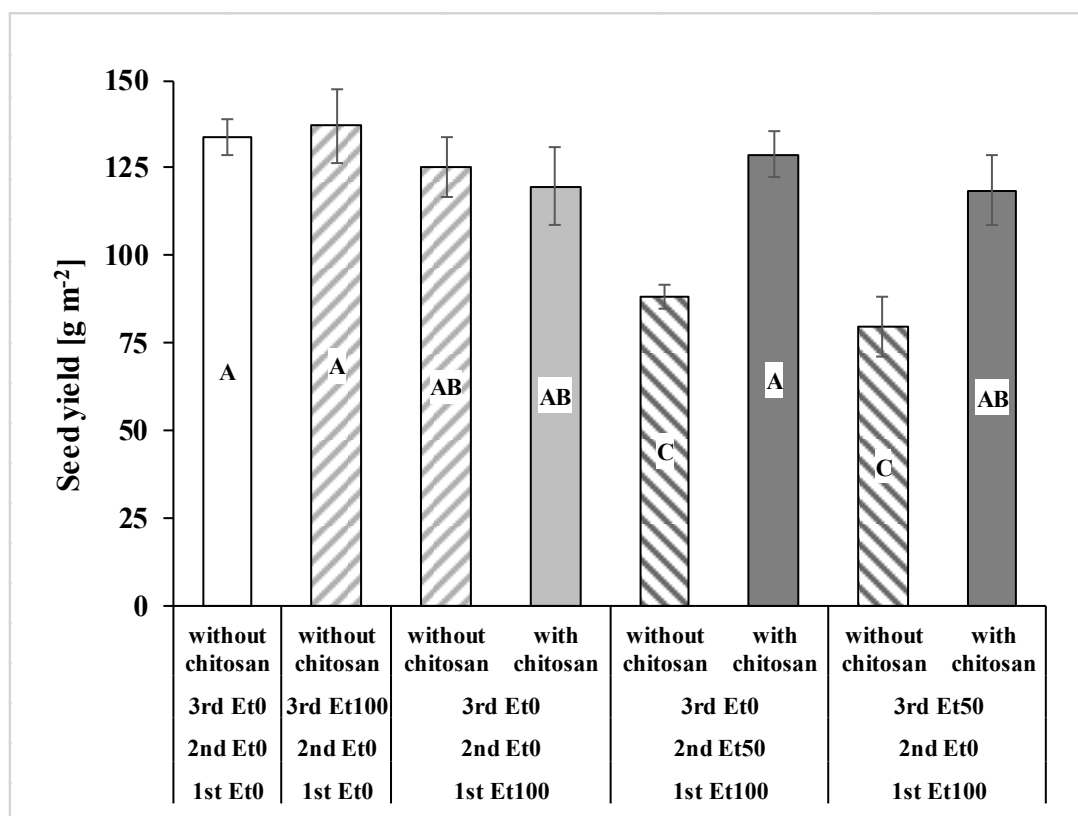
	<b>Effect</b>	<b>Treat</b>	<b>Chit(Treat)</b>
	<b>Num DF</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
	<b>Den DF</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
Resa in seme [ $\text{g m}^{-2}$ ]	<b>F</b>	<b>5.59</b>	<b>7.76</b>
	<b>p</b>	<b>0.0025</b>	<b>0.0009</b>
	Den DF	20.12	20.17
Numero di infiorescenze per unità di superficie alla piena fioritura [ $\text{n m}^{-2}$ ]	F	0.57	0.19
	p	0.6873	0.9012
	<b>Den DF</b>	<b>20.15</b>	<b>20.24</b>
Semi per infiorescenza a maturità del seme [ $\text{n n}^{-1}$ ]	<b>F</b>	<b>6.47</b>	<b>9.27</b>
	<b>p</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.0005</b>
	<b>Den DF</b>	<b>20.39</b>	20.66
Peso di 1000 semi [g]	<b>F</b>	<b>5.69</b>	1.04
	<b>p</b>	<b>0.0031</b>	0.3938
	Den DF	21.75	22.03
Germinazione massima del lotto di seme [%]	F	1.2	0.54
	p	0.3406	0.6578

Per quanto riguarda la resa in seme (**Fig. 3**), non risultano esserci differenze significative tra la distribuzione di etilene a dose piena (100%) in terza applicazione, senza applicazione di chitosano,

oppure etilene distribuito sia in 1° applicazione con dose al 100%, alla quale è stata aggiunta una seconda dose al 50% in terza applicazione, con inserimento di chitosano all'interno della parcella trattata con etilene, e il testimone.

In parcelle trattate con dose al 100% di etilene in prima applicazione a cui è stata aggiunta dose dimezzata (50%), per un totale di dose del 150%, in seconda applicazione sono state riscontrate evidenti differenze, in particolar modo evidenziate dall'inserimento di chitosano nel trattamento.

L'etilene, applicato secondo questa modalità, senza inserimento di chitosano, ha evidenziato un calo di resa in seme importante, sia nei confronti del testimone non trattato, sia nei confronti di parcelle che hanno subito la stessa dose ma con inserimento di chitosano, quest'ultimo infatti, ha portato ad un incremento notevole di resa, riportandola su valori simili alle altre applicazioni di etilene.



**Fig. 3.** Ruolo dell'applicazione dell'etilene [Et] a dose piena [100] o a metà dose [50] o nessuna applicazione [0] durante la prima, seconda e terza (rispettivamente 1st, 2nd e 3rd) applicazione come mostrato nella Fig. 2) e applicazione di chitosano sulla resa in seme della cipolla. Quando Chit(Treat) ha mostrato un  $p < 0,05$ , le degli LSmeans sono state calcolate secondo il raggruppamento conservativo di Tukey-Kramer al 5%. Le barre con una lettera in comune non possono essere considerate diverse secondo Tukey-Kramer. I dati riportati sono media aritmetica ed errore standard ( $n=4$ ).

L'effetto dell'etilene al 150% sulla resa è dipeso quasi esclusivamente da un effetto sulla fertilità dell'infiorescenza (misurata come numero di semi per infiorescenza). Infatti, come è possibile osservare dalla **Fig. 4**, non ci sono differenze significative tra la distribuzione di etilene a dose piena effettuate o in prima o il terza applicazione, con o senza chitosano, rispetto al testimone, anche in questo caso le minime differenze registrate sono dovute al caso o a fattori non controllabili, e quindi, sui campioni osservati, l'effetto delle due tipologie di prodotti applicati non hanno avuto effetti evidenti, tanto da non differenziarsi dal testimone non trattato, in termini di numero di semi per infiorescenze.

Applicazioni di etilene con dose pari al 150%, frazionata in due diverse applicazioni (100%+50%), hanno mostrato un effetto repressivo sul numero di semi per infiorescenza, in situazione di assenza di chitosano.

Anche in questo caso, il trattamento con chitosano in parcelle trattate al 150% con etilene, ha portato ad un incremento del numero di semi per infiorescenza a maturità, portando valori simili agli altri trattamenti, incluso il testimone non trattato.

L'etilene è coinvolto nella senescenza della maggior parte dei fiori (Woltering et al., 1988), accelerandone quindi il periodo di fioritura, e il tempo in cui il fiore resta recettivo e quindi a disposizione di insetti impollinatori in grado di portare lo stesso ad allegazione.

L'inserimento di dosi elevate di etilene (+150%), in questa situazione e questa specifica tipologia di cipolla potrebbero accelerare ulteriormente questa fase, portando ad una ridotta allegazione rispetto alle condizioni in cui non vengono aumentate le concentrazioni di etilene nella pianta sotto forma esogena, come nel testimone.

Inoltre, l'etilene inibisce la crescita delle giovani foglie, regolando sia l'espansione cellulare che la crescita cellulare (Dubois et al. 2018). Infine, contribuisce a ridurre la taglia dell'astone in cipolla prescindere dalla sua provenienza endogena o esogena (Rabinowitch et al., 1991). Tali effetti potrebbero aver contribuito a ridurre la massa di vegetazione in attiva fase di crescita in prossimità o durante la fase di allegazione, riducendo quindi la competizione tra gli embrioni in via di allegazione e le altre frazioni botaniche, quindi aumentando l'allegazione e in ultima analisi la resa. Tuttavia, nelle parcelle con elevata applicazione di etilene (150%) la quantità ricevuta dalle piante potrebbe aver limitato anche l'allegazione del seme. In particolare, è stato evidenziato che l'applicazione con etilene porta a effetti variabili in funzione della specie e del genotipo, in particolare nelle monocotiledoni dove da un canto può ridurre la competizione con altri *sink*, dall'altro può anche ritardare l'entrata in fase riproduttiva (Iqbal et al., 2017; Völz et al., 2013).

Il chitosano ha permesso di ridurre il calo di resa nelle parcelle trattate con dose del 150% di etilene, questo può essere spiegato dal fatto che questo prodotto, in condizioni di stress, specialmente



idrico, o comunque indotto da altri fattori biotici, induce una chiusura degli stomi che limita la perdita di acqua per traspirazione delle piante, sottraendole ad una fase critica maggiore (Bittelli et al., 2001). Ciò è molto probabilmente stato importante nella eventualità in cui il trattamento al 150% di etilene avesse ritardato l'entrata in fase riproduttiva. Va sottolineato che il potenziale ritardo della fioritura potrebbe aver comportato problemi nell'allegagione in giugno, caratterizzato da carenze di disponibilità idriche.

Il chitosano induce una risposta sia indiretta che diretta sui patogeni che possono colpire la coltura, in particolar modo nella fase di fioritura, la *Botrytis cinerea*, potrebbe colpire i giovani fiori, portandoli ad un aborto, e quindi provocando una riduzione di resa. Il chitosano oltre all'aumento nella sintesi delle fitoalessine ha mostrato anche un aumento di glucanasi e chitinasi, altre proteine importanti nella lotta ai patogeni, e che aumenta la capacità di difendersi della stessa pianta nei confronti delle fitopatie (Chadchawan et al., 2015; Romanazzi et al., 2018).

Nelle condizioni in studio, l'applicazione di chitosano ha favorito l'allegagione (**Fig. 3**) nelle tesi con il 150% di etilene. Ciò potrebbe essere dipeso sia da un effetto di contenimento dei patogeni, sia da una riduzione della traspirazione dovuta alla presenza della patina sulle foglie. L'ipotesi più probabile è di un beneficio meccanico, dal momento che i trattamenti fungicidi hanno molto probabilmente contenuto i patogeni in maniera efficiente. E la coltura non presentava segni visibili di presenza di patogeni. La riduzione dei tassi evapotraspirativi a seguito di applicazione di chitosano è stata infatti evidenziata in più casi e colture (Katiyar et al., 2015).

Sebbene il maggior ruolo sulla resa sia stato chiaramente dovuto agli effetti dell'etilene e del chitosano sulla fertilità dell'infiorescenza, l'applicazione di etilene ha anche mostrato effetti concreti sul peso di 1000 semi di cipolla (**Fig. 5**), e risulta ancor più evidente la tipologia, la dose e il momento di applicazione sul peso stesso.

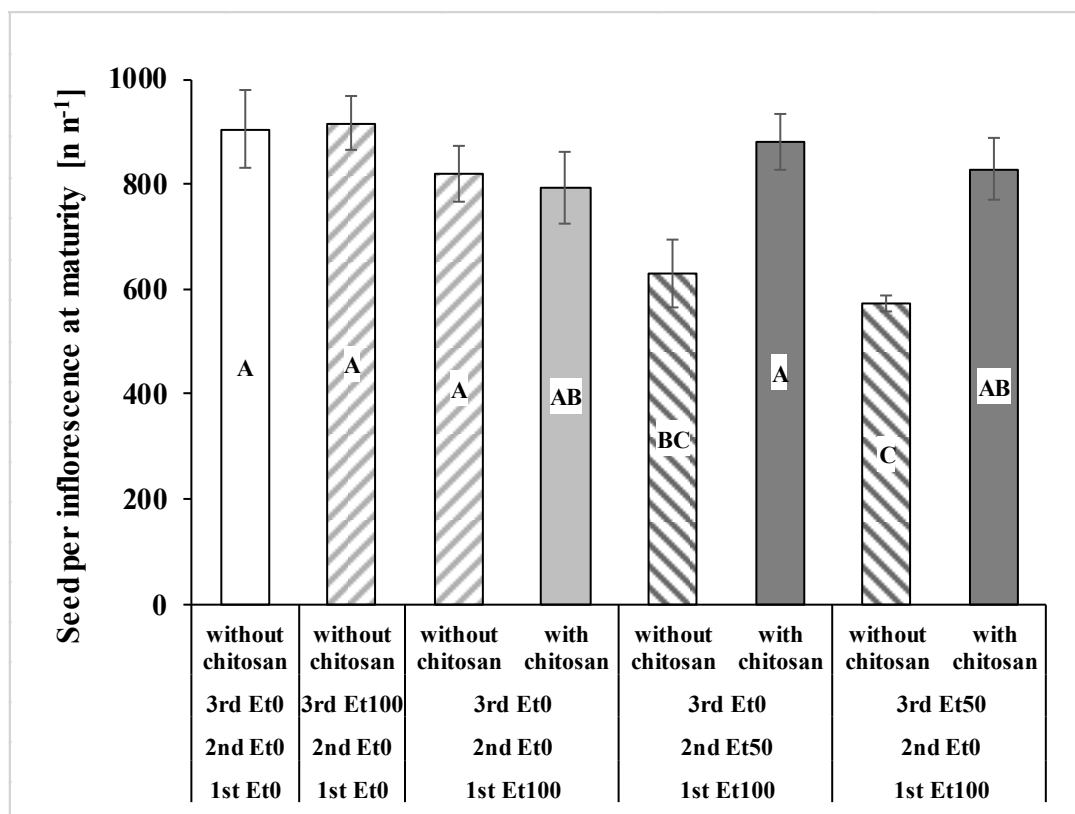
Una dose di etilene al 100%, distribuito in prima applicazione (in questo caso la coltura era in fase di inizio levata) ha permesso di avere un incremento significativo del peso di mille semi (+3,2% in media rispetto alle altre tesi). Inoltre, tra il testimone, e tutti le altre applicazioni di etilene, con o senza chitosano, non risultano esserci differenze importanti dovute al trattamento.

L'applicazione di chitosano non ha mostrato effetti statisticamente apprezzabili sul peso di 1000 semi, tuttavia, in media, le tesi trattate hanno mostrato un peso di 1000 semi leggermente più alto (da +0,9% a +1,5%) rispetto alle tesi non trattate.

Va sottolineato che un maggior peso del seme, oltre a poter comportare maggiori rese a parità delle altre componenti della produzione, può avere un ruolo nella germinazione del seme.

Tuttavia, non è possibile dire se questo effetto sia uguale su tutte le coltivazioni di cipolla o se è possibile pensare un suo utilizzo per l'aumento di questa componente di produzione su altre colture.

La via di trasduzione dell'etilene è coinvolta nel processo di regolazione della fotosintesi (Pons et al., 2008), processo fondamentale per l'incremento nell'accumulo delle sostanze di riserva nella pianta, successivamente traslocate nel seme.

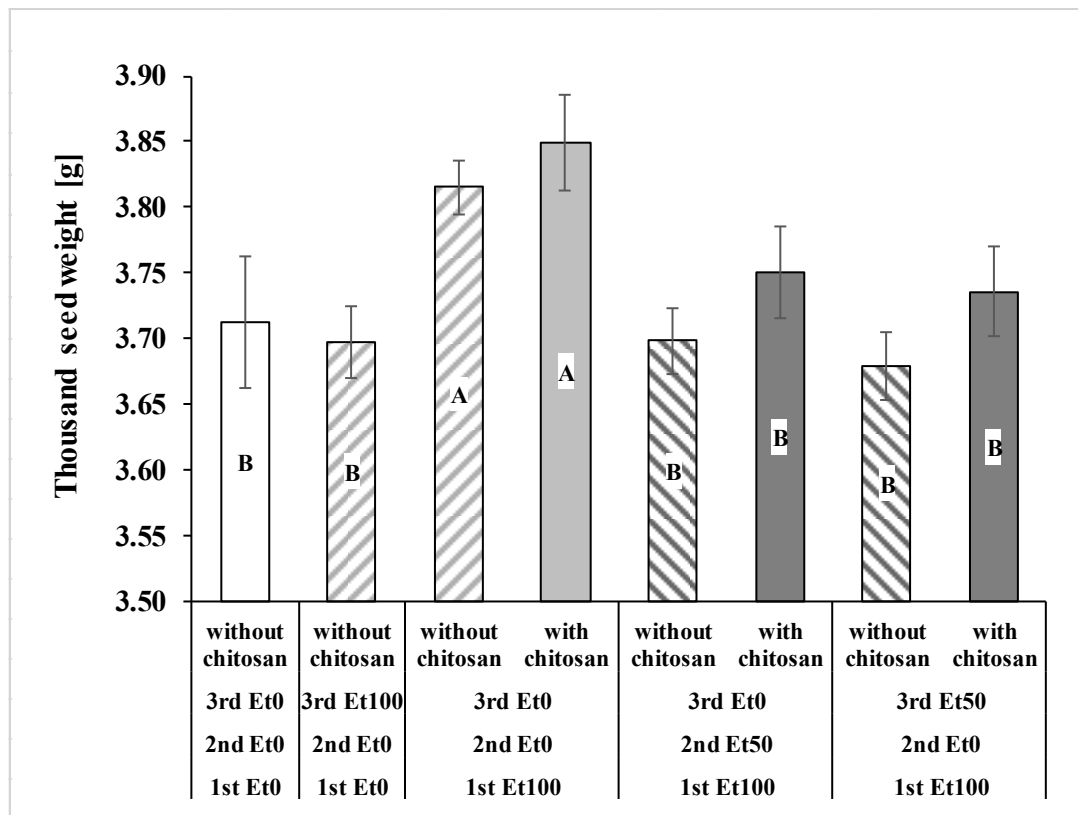


**Fig. 4.** Ruolo dell'applicazione dell'etilene [Et] a dose piena [100] o a metà dose [50] o nessuna applicazione [0] durante la prima, seconda e terza (rispettivamente 1st, 2nd e 3rd) applicazione come mostrato nella Fig. 2) e applicazione di chitosano sul numero di semi per infiorescenza della cipolla. Quando Chit(Treat) ha mostrato un  $p < 0,05$ , le degli LSmeans sono state calcolate secondo il raggruppamento conservativo di Tukey-Kramer al 5%. Le barre con una lettera in comune non possono essere considerate diverse secondo Tukey-Kramer. I dati riportati sono media aritmetica ed errore standard ( $n=4$ ).

Anche la riduzione della taglia della pianta può comportare un minor dispendio di energie e risorse in fase vegetativa, che poi vengono utilizzate nella fase di riempimento e di maturazione del seme. Infatti, trattamenti con ethepon in un unico intervento hanno permesso di contenere la taglia della pianta di 22 centimetri rispetto al testimone (Pacioni et al., 2011).

Un incremento successivo dovuto all'applicazione del Chitosano potrebbe essere spiegato da una riduzione nella traspirazione da parte delle piante durante la fine del ciclo, periodo che si svolge in piena estate, e quindi in un periodo tendenzialmente con piovosità ridotta e con temperature elevate,

infatti è stato visto essere un prodotto promettente quando utilizzato per ridurre effetti dannosi dovuti a stress idrici (Muriefah, 2013).



**Fig. 5.** Ruolo dell'applicazione dell'etilene [Et] a dose piena [100] o a metà dose [50] o nessuna applicazione [0] durante la prima, seconda e terza (rispettivamente 1st, 2nd e 3rd) applicazione come mostrato nella Fig. 2) e applicazione di chitosano sul peso di mille semi della cipolla. Quando Chit(Treat) ha mostrato un  $p < 0,05$ , le degli LSmeans sono state calcolate secondo il raggruppamento conservativo di Tukey-Kramer al 5%. Le barre con una lettera in comune non possono essere considerate diverse secondo Tukey-Kramer I dati riportati sono media aritmetica ed errore standard ( $n=4$ ).

### 3.3 GERMINAZIONE CUMULATA

La media di germinazione finale è stata pari al 78%, senza differenze tra i trattamenti applicati ed è variata solo per effetto del tempo e non dei trattamenti applicati (**Tab. 10**).

Pur considerando la variabilità di germinazione, l'ordinata all'emergenza è risultata negativa (indicata dal parametro Beta in **Fig. 6** e **Tab. 11**). Ciò è probabilmente legato a un fenomeno di invecchiamento del seme con successiva riduzione del suo potere germinativo al punto che, in media, ha richiesto tempi discretamente lunghi per l'emergenza, infatti a sette giorni dall'impianto della prova non avevamo rilevato nessun seme germinato. Va sottolineato che tale risultato è stato ottenuto includendo in analisi i valori di germinazione pari a 0% nel momento 0, ossia all'impianto.

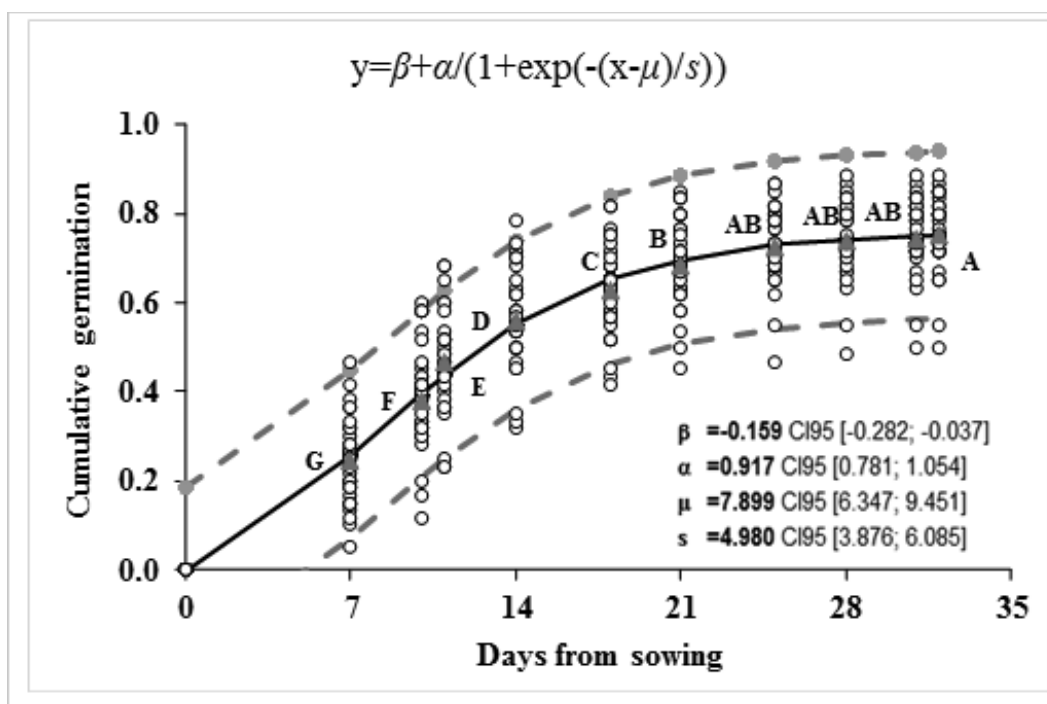
La germinazione del seme fresco è stata pari al 92%, rispetto al 78% rilevato nella prova, e avendo conservato il seme per circa un anno dopo la raccolta, ciò implica che è stato perso circa il 14% di potenziale germinativo. Tale valore può essere considerato un buon risultato che evidenzia la capacità di specie *Allium* di mantenere nel tempo una buona capacità di germinare. Thirusendura Selvi e Saraswathy (2018) hanno peraltro mostrato che le condizioni di conservazione utilizzate nel presente studio (essiccazione naturale e conservazione a 17°C a bassa umidità relativa) sono solo in parte necessarie per preservare il vigore e la vitalità del seme. In particolare, l'umidità relativa e l'essiccazione del seme potrebbero aver favorito il mantenimento della vitalità del seme, ma la temperatura di conservazione di 17°C.

Il tempo impiegato per raggiungere la germinabilità massima è stato circa di 21 giorni, con un andamento progressivo, come visibile anche dalla sigmoide rappresentata in **Fig. 6**.

Tale dato, è in linea con quanto osservato da altre sperimentazioni che hanno incluso seme conservato o artificialmente invecchiato, pur considerando le eventuali differenze genotipiche e tenendo in conto di una temperatura di base di circa 6.0 °C (Dearman et al., 1986; Ellis e Butcher, 1988).

**Tab. 10.** Valori delle statistiche *F* e *p* del modello GLMM applicato alla tendenza temporale della germinazione cumulata. I fattori erano il tempo (indicato come "Time" e incluso come variabile di classe con misure ripetute), il momento e la quantità di etilene applicato [Treat] e il chitosano come trattamento annidato nell'applicazione dell'etilene [Chit(Treat)]. I valori con  $p < 0,05$  sono stati indicati in grassetto. I gradi di libertà del numeratore e del denominatore sono stati stimati con approssimazione di Kenward Roger.

Effect	Num DF	Den DF	F	p
<b>Time</b>	<b>9</b>	<b>60.35</b>	<b>243.52</b>	<b>&lt;.0001</b>
Treat	4	20.31	0.63	0.6449
Chit(Treat)	3	20.31	0.6	0.6225
Treat*Time	36	99.8	0.55	0.9784
Chit*Time(Treat)	27	93.43	0.56	0.9556



**Fig. 6.** Variazione media nel tempo della germinazione cumulata del seme di cipolla. Né l'applicazione dell'etilene o il chitosano hanno mostrato di influenzare la regressione, quindi sono stati utilizzati dati grezzi (cerchi bianchi) per momento di campionamento. Il modello di germinazione calcolato è indicato con una linea nera solida e sono stati mostrati intervalli di previsione al 95% (linee tratteggiate grigie). La funzione sigmoide adattata alla variazione nel tempo della germinazione cumulata è mostrata nel titolo della figura e i suoi coefficienti in didascalia. L'analisi della funzione sigmoideale è riportata nella **Tab. 11**.

**Tab. 11.** Funzione calcolata, coefficiente di determinazione (grezzo e aggiustato per numerosità dei dati) e stima dei coefficienti del sigmoide indicati nei valori **Fig. 5** e p del modello applicato alla tendenza temporale media della germinazione cumulata.

Funzione interpolata*	r2	Coef Det	DF	Adj r2	Fit Std Err	F-Statistic
$y=\beta+\alpha/(1+\exp(-(x-\mu)/s))$	0.86		0.86		0.09	727.49

Coefficient	Value	Standard error	t-Value	lower Confidence Limits	95% upper Confidence Limits	95%
<b>b</b>	-0.16	0.06	-2.59	-0.28	-0.04	
<b>α</b>	0.92	0.07	13.29	0.78	1.05	
<b>μ</b>	7.90	0.78	10.08	6.35	9.45	
<b>s</b>	4.98	0.56	8.93	3.88	6.08	

Source	Sum Squares	of df	Mean Square	F-Statistic
<b>Regression</b>	19.46	3	6.49	727.49
<b>Error</b>	3.10	348	0.01	
<b>Total</b>	22.57	351		

\* si noti che, a differenza dell'analisi riportata nella **Tab. 10** l'intercetta 0,0 è stata imposta nella presente analisi

## 4 CONCLUSIONI

Riscontrando le maggiori problematiche legate alla cipolla da seme, quali malattie e capacità di ottenere una resa soddisfacente, dalla prova effettuata, nelle condizioni meteo descritte, e dai dati rilevati, è possibile concludere che, trattamenti con etilene con dosi elevate, potrebbero compromettere la resa della coltura andando ad influenzare in particolar modo il numero di semi per infiorescenza, conseguenza diretta di un processo di allegagione. L'etilene, essendo un ormone, definito volgarmente, della senescenza, potrebbe accelerare questa fase, riducendo il tempo necessario per l'allegagione del fiore e portando quindi ad una riduzione di seme. Tuttavia, applicazioni a dose piena, 100% della dose iniziale, in fase di inizio levata, ha riscontrato effetti positivi sul peso di mille semi, componente fondamentale per la resa finale della coltura.

Non è possibile definire se e quale sia la dose giusta di etilene da utilizzare in ogni condizione e su ogni varietà di cipolla, ma è possibile dire che in condizioni simili alla prova svolta, dosi del 150% sono deleterie e non convenienti da un punto di vista agronomico ed economico.

Va ovviamente tenuto in conto che nella prova in esame la prima applicazione di etilene è stata condotta con autobotte, mentre la seconda e terza dose sono state effettuate manualmente grazie a un dispositivo spray. Ciò potrebbe aver influenzato la deriva del composto, probabilmente nulla nella seconda e terza dose, rispetto alla prima e quindi comportato un eccesso di composto sulle foglie. L'applicazione di ogni composto alla coltura è stata eseguita in condizioni di assenza di vento e con dispositivi che minimizzano la deriva.

Il chitosano ha invece mostrato un'elevata capacità di portare ad incremento di resa nelle condizioni in cui l'etilene ha portato ad una riduzione, situazioni di stress dovuto ad una riduzione dei tempi di vita della coltura. Da bibliografia è possibile constatare che questo prodotto è in grado di ridurre la perdita di acqua, attraverso la chiusura degli stomi, e in condizioni di stress idrico, e questo ha portato a un migliore utilizzo dell'acqua che è stata convogliata dalla pianta nel seme, o verso le strutture riproduttive. Un dato molto importante riguarda il ruolo del chitosano sul numero di semi per infiorescenza, in quel caso, è riuscito a sopperire ad una perdita di produzione dovuta all'applicazione di dose elevata di etilene, che è stata ben rappresentata nel trattamento in cui il chitosano non è stato introdotto, che ha permesso di riportare il numero di semi alla pari delle altre condizioni oggetto di studio della prova.

Questo può essere dovuto sia per un suo ruolo nella regolazione della fisiologia della pianta, ma anche in una sua capacità di ridurre gli stress, infatti è in grado di aumentare una serie di componenti come le fitoalessine, che hanno un ruolo fondamentale nella capacità di difendersi da possibili stress non solo di natura patogena.

In conclusione, risulta essere un prodotto molto interessante, e che potrebbe essere studiato e il suo utilizzo andrebbe approfondito, sia per un suo utilizzo nella lotta delle fitopatie, riducendo il numero di trattamenti fungicidi e di prodotti di sintesi, attualmente necessari per la lotta alle fitopatie della cipolla, quali peronospora e muffa grigia, con un'agricoltura che punta sempre di più ad essere un processo sostenibile dal punto di vista ambientale, e anche economico, ma anche per una migliore gestione da parte della pianta degli stress biotici, fattori non controllabili dall'uomo e che possono comunque influenzare in modo importante la resa. Infine, è bene considerare che la prova sia stata svolta in un solo anno, nel 2018-2019, con le condizioni meteo tipiche dell'areale in questione, e su una specifica varietà consegnata dalla ditta sementiera all'azienda, quindi gli effetti ottenuti da etilene e chitosano sono rivolti a questo particolare contesto. C'è necessità di approfondire la questione, applicando la prova su lunghi periodi, di almeno 3 annate agrarie e replicarla in diversi areali, e varietà differenti di cipolla per poter avere una visione più ampia dei meccanismi di azione dei due prodotti e dei benefici/ danni derivanti dalla loro applicazione. Ad esempio, il chitosano potrebbe aver avuto effetti sulla produzione di cipolla, ove applicato, sia per la protezione da esso svolta contro le fitopatie, permettendo alla pianta di aumentare la capacità e tutte quelle componenti relative alla protezione, ma potrebbe anche essere dovuto ad una riduzione di traspirazione, che porta ad un miglior utilizzo da parte della pianta dell'acqua, fondamentale in situazioni di stress idrico, fenomeno sempre più frequente, generato dal cambiamento climatico.

Una prova di più anni ci permetterebbe di capire meglio il suo funzionamento e di poterlo utilizzare in quelle condizioni di stress ambientale che portano alla riduzione della produzione.



## 5 BIBLIOGRAFIA

- Abudul H., Shahidul H., Abudul K., 2002. Influence of growth regulators and their time of application on yield of onion. *Pakistan Journal of Biological Science* 5, 1021-1023.
- Adam L.R., El Hadrami A., El Hadrami I., F. Daayf F., 2010, Chitosan and plant protection, *Marine drugs*, 8(4), 968-987.
- Ahmed I., Abdalla A.A., 1984 Nitrogen and phosphorous fertilization in relation to seed production in onion, *Allium cepa* L., ISHS Acta Horticulture 143: VIII African symposium on horticultural crops.
- Ahmed, Rahim, Moniruzzaman, Khatun, Jahan, Akter, 2020, Effect of bulb size on the seed yield of two onion (*Allium Cepa* L.), *Saar Journal of Agriculture*, 18(2), 51-65.
- Baldoni R., Giardini L., 2006, coltivazioni erbacee; piante oleifere, da zucchero, da fibra, orticole e aromatiche, Patron editore.
- Bautista-Banos, S. Hernandez A.N., Lauzardo, Velazouz M., Del Valle G., Hernandez-Lopez M., Barra E., Bosquez-Molina E., Wilson C.L., 2006, Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest disease of horticultural commodities, *Crop Protection* 25(2), 108-118.
- Beltramo J., Carbone A., Montaldi E.R., Guaiet J.J., 1994, Ethylene as promoter of wheat grain maturation and ear senescence, *plant growth regulation*, 15, 107-112.
- Bergonzoli, S., Brambilla, M., Romano, E., Saia, S., Cetera, P., Cutini, M., Toscano, P., Bisaglia, C., Pari, L., 2020. Feeding emitters for microirrigation with a digestate liquid fraction up to 25 % dilution did not reduce their performance. *Agronomy* 1–14.
- Bittelli M., Flury M., Campbell G. S, Nicholis E. J., 2001, Reduction of transpiration through foliar application of Chitosan, *Agricultural and Forest Meteorology* 107(3), 167-175.
- Bufler G., 2009, Exogenous ethylene inhibits sprout growth in onion bulbs, *Annals of botany*, 103(1), 23/28.
- Buttar S. Singh S., Khurana, 2009, Comparative efficacy of pendimethalin and oxyfluorfen for control weeds in onion (*Allium cepa*) Nursery, *Indian Journal of Weed Science* 41(1-2), 76-79.
- Dearman, J., Brocklehurst, P.A., Drew, R.L.K., 1986. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *Ann. Appl. Biol.* 108, 639–648. doi:10.1111/j.1744-7348.1986.tb02003.x.
- Dingre S.K, D.D. Pauer, K.G. Kadam, June 2012, Productivity, water use and quality onion (*Allium cepa*), seed production under different irrigation scheduling through drip. *Indian Journal of Agronomy* 57 (2), 186.
- Dubois, M., Van den Broeck, L., Inzé, D., 2018. The Pivotal role of ethylene in plant growth. *Trends in Plant Sci.* 23, 311–323. doi:10.1016/j.tplants.2018.01.003.
- El Damarany, El Shakir, Abdalla Ali, Abdel- Kader, 2016, Effect of nitrogen and potassium fertilization on seed production of onion (*Allium cepa*), improved giza 6 cultivar, *American Journal*, 1296- 1303.
- Ellis, R.H., Butcher, P.D., 1988. The Effects of Priming and 'Natural' Differences in Quality amongst Onion Seed Lots on the Response of the Rate of Germination to Temperature and the Identification of the Characteristics under Genotypic Control. *J. Exp. Bot.* 39, 935–950. doi:10.1093/jxb/39.7.935.
- Garde-Cerdán T., Mancini V., Carrasco-Quiroz M., Servili A., Gutiérrez-Gamboa G., Foglia R., Pérez-Álvarez E.P., Romanazzi G., 2017. Chitosan and laminarin as alternatives to copper for *Plasmopara viticola* control: Effects on grape amino acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 75, 7379-7386.

- Ghebrial E., Nada M., 2017, Suppression of basil downy mildew caused by *Peronospora Belbhrri* using resistance inducers, mineral salts and antitranspirant combined with different rates of nitrogen fertilaizer under fleud conditions, Egyptian Journal of Phytopathology, 45(1), 71-97.
- Hafez E., Gerles L., 2018, Effect of nitrogen fertilization and biostimulative compounds on onion productivity. Agronomical Research in Moldavia, <https://repository.uaiasi.ro/xmlui/handle/20.500.12811/749>.
- Hays DB., Do J. H., Mason R.E., Morgan G., Finlayson S., 2007, Wheat stress induced ethylene production in developing wheat grains induces kernel abortion and increased maturation in a susceptible cultivar, Plant Science, 172(6), 1113-1123.
- Herrmann, C.M., Goll, M.A., Phillippo, C.J., Zandstra, B.H., 2017. Postemergence weed control in onion with bentazon, flumioxazin, and oxyfluorfen, Weed Technology 31, 279–290. doi:10.1017/wet.2016.16.
- Iqbal, N., Khan, N.A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A., Khan, M.I.R., 2017. Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. Front. Plant Sci. 08. doi:10.3389/fpls.2017.00475.
- Iriti M, Vitalini S., Di Tommaso G., D’Amico S., Borgo M., Faoro F., 2011, New Chitosan formulation prevents grape vine powdery mildew infection and improves polyphenol content and free radical scavenging activity of grape and wine, Australian Journal of Grape and Wine Research, 17(2), 263-269.
- Jilani, Saba, Kiman, Nadim, 2019, Optimization of NPK combination for seed production of onion crop (*Allium cepa*), Pure and applied biology, 8(2), 1736-1743.
- Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Singh, B., 2015. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. Indian J. Plant Physiol. 20, 1–9. doi:10.1007/s40502-015-0139-6.
- Keller ED. J., 1993, Sucrose, cytokinin and ethylene influence formation of in vitro bulbets in onion and leek, genetic resources and crop evolution 40, 113-120.
- Kęsik, T., Błażewicz-woźniak, M., 2009. Growth and yielding of onion under conservation tillage. Veg. Crop. Res. Bull. 70, 111–123. doi:10.2478/v10032-009-0011-1.
- Kesik, Wozmark, Wach, 2010, Influence of conservation tillage in onion production on the soil organic matter and soil aggregate formation, International Agrophysics 24(3), 267-273.
- Khan A., Mir M., Nazar R., Sigh S., 2008, the application of ethephon (an ethylene releaser), increases growth, photosynthesis and nitrogen accumulation in mustard (*Brassica juncea* L.) under high nitrogen levels, Plant biology 10, 534-538.
- Kumar, S., Imtiyaz, M., Kumar, A., Singh, R., 2007. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. Agric. Water Manag. 89, 161–166. doi:10.1016/j.agwat.2007.01.003.
- Kurtz, C., Ernani, P.R., Pauletti, V., Menezes Junior, F.O.G. de, Vieira Neto, J., 2013. Produtividade e conservação de cebola afetadas pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. Hortic. Bras. 31, 559–567. doi:10.1590/S0102-05362013000400009.
- Levy, Ben Herut, Abasel, Kaisi, Manasra, 1981, Growing onion seeds in arid region: Drought tolerance and the effect of bulb weight, spacing and fertilization, Scientia Horticulture 14(1), 1-7.
- Limeneh D., H. Beshir, F. Mengitsu, 2020, Nutrient uptake and use efficiency of onion seed yield a influenced by nitrogen a phosphorus fertilization, Journal of plant nutrition, 43(9), 1229-1247.
- Maarten H., Van de Poel B. ,2019 Aco: the enzyme that makes the plant hormone ethylene, plant physiology, frontiers in plant science, <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00695>.
- Mancini V., Murolo S., Romanazzi G. 2012, Diagnosi molecolare di *Peronospora destructor* in piante di cipolla, Petria, 22, 94-96.

- Manjunatha G., Roopa K.S., Prashant G.N., Shetty S., 2008, Chitosan enhances disease resistance in pearl millet against downy mildew caused by *Sclerospora graminicola* and defence-related enzyme activation, *Pest Management Science* 64(12), 1250-1257.
- Maralingam, Chinnagounder, Perural, Paganisamy, 2013, Evaluation of formation of oxyfluorfen (23,5%) for weed control efficacy and bulb yield in onion, *American Journal of Plant Science*, 4(4), 6.
- Mattoo, A.K. and J. Suttle (1991) *The plant hormone ethylene*. CRC Press. Boca Raton, Florida, 337.
- Muriefah S.S., 2013, Effect of Chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris*), plants grown under water stress conditions, *Global journal of agricultural science* 1(1), 1-8.
- Nandeeshkumar P., Sudisha J., Raoachandra K.K., Prakash H.S., Niranjana S.R., Sherar S., 2008, Chitosan induced resistance to downy mildew in sunflower caused by *Plasmopara halstedii*, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72 (4-6), 188-194.
- Oliveira R. Brunetto G., Loss A., Gabitoni L.C., Kurtz C., Muller J.V., Lovato P.E., Oliveira B.S., Souza M., Comin J.J., 2016, Cover crops effect on soil chemical proprieties and onion yield, *Revista Brasileira de Ciencia Solo*, 40.
- Pacioni P., 2011, Effetto dei trattamenti Brachizzanti su *Allium cepa* L. Università Politecnica delle Marche, Relatore: Rodolfo Santilocchi.
- Rabinowitch H.D., Friedlander B., Peters R., 1991. Dwarf flower stalk in onion: characterization, genetic control, and physiological response to ethephon and gibberellic acid. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 574–579. doi:10.21273/JASHS.116.3.574.
- Rankin W., Thomas T.H., 1982, Effect of ethephon bulbing, bulb necking, yield and sprouting during storage of two onion cultivars, *Journal of Horticulture Science*, 57(4), 465-467.
- Pichyngura R., ChadChawan S., 2015, Biostimulant activity of chitosan in horticultures, *Scientia Horticulturae*, 196, 49/65.
- Romanazzi G., Mancini V., S. Murolo M. Bastianelli, E. Feliziani, 2014. Efficacia dei fungicidi sintetici e naturali nella difesa antiperonosporica cipolla da seme. *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 419-424.
- Romanazzi G., Mancini V., Feliziani E., Servili A., Endeshaw S., Neri D., 2016. Impact of alternative fungicides on grape downy mildew control and vine growth and development. *Plant Disease* 100, 739-748.
- Romanazzi G., Feliziani E., Sivakumar D., 2018. Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Frontiers in Microbiology* 9, 2745.
- Romanazzi G., Mancini V., Foglia R., Marcolini D., Kavari M., Piancatelli S., 2021. Use of chitosan and other natural compounds alone or in different strategies with copper hydroxide for control of grapevine downy mildew. *Plant Disease* doi 10.1094/PDIS-06-20-1268-RE.
- Saia, S., Aissa, E., Luziatelli, F., Ruzzi, M., Colla, G., Ficca, A.G., Cardarelli, M., Roupael, Y., 2020. Growth-promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi differentially benefit tomato and corn depending upon the supplied form of phosphorus. *Mycorrhiza* 30, 133–147.
- Fordham, R., 2016. *Compendium of onion and garlic diseases and pests*, Second Edition, The American Phytopathological Society. doi:10.1094/9780890545003
- Schaller, G.E., Kieber, J.J., 2002. Ethylene. *Arab. B.* 1, e0071. doi: 10.1199/tab.0071
- Singh, 1995, Effect of hormones on growth and yield characters of seed crop of Kharif onion, *Indian J. Plant Physiol.*, 28(3), 193-196
- Tesi R., 2010, Cipolla (ortaggio da bulbo) *Orticultura Mediterranea*, cap. Cipolla, Patron editore 243-250

- Testi V., Delvago C., Vicchi V., Fini P. 2011. Cipolla da seme: segnalato un nuovo virus pericoloso CAC sementi News n. 4 aprile 2010.
- Thirusendura Selvi, D., Saraswathy, S., 2018. Seed viability, seed deterioration and seed quality improvements in stored onion seeds: a review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 93, 1–7. doi:10.1080/14620316.2017.1343103.
- Tholen T., Pons T.L., Voesener L., Hendrick P., 2008, The role of ethylene perception in the control of photosynthesis, *Plant Signaling and Behaviour* 108/109.
- Tomassoli L., Vicchi V., 2010 Progetto Stratego, Scheda Tecnica, Consiglio per la ricerca e sperimentazione in agricoltura, Servizio fitosanitario Emilia-Romagna.
- Viglione D., De Mauro E., Raineri V., Tedesco A., Vagaggini D., 2006, Indagine sugli impieghi dei fitoregolatori in florovivaismo. Agenzia della protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT).
- Völz, R., Heydlauff, J., Ripper, D., von Lyncker, L., Groß-Hardt, R., 2013. Ethylene signaling is required for synergid degeneration and the establishment of a pollen tube block. *Dev. Cell* 25, 310–316. doi: 10.1016/j.devcel.2013.04.001.
- Woltering E. J., Van Doorn G. W., 1988, Role of ethylene in senescence of petals morphological and taxonomical relationship. *Journal of Experimental Botany* 39(11), 1605-1616.
- Xianchao D., Xiaoyi L., 06/2007, Effect of ethylene on growth development and seed yield of balsam pear, *Plant Science*, 172, 1113-1123.