



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI ED AMBIENTALI

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Agrarie e del Territorio

**Indagine pluriennale sulle malattie
fungine fogliari in varietà di frumento
duro nelle Marche**

***Pluriannual investigation on foliar diseases
in durum wheat cultivars in Marche region***

Relatore:

Prof. Gianfranco Romanazzi

Primo Correlatore:

Dott. Sandro Nardi

Tesi di laurea di:

Andrea Perticarà

Secondo Correlatore:

Dott.ssa Marwa Mourni

Anno Accademico 2019-2020

*Per un corridore il momento più esaltante
non è quando si taglia il traguardo da vincitori.*

*È invece quello della decisione, di quando
si decide di scattare, di quando si decide di andare
avanti e continuare anche se il traguardo è lontano*

Fausto Coppi

INDICE

| | Pag. |
|--|-------------|
| RIASSUNTO..... | 4 |
| ABSTRACT..... | 5 |
| 1. FRUMENTO DURO..... | 6 |
| 1.1. CENNI STORICI..... | 6 |
| 1.2. IL FRUMENTO DURO IN ITALIA E NELLE MARCHE..... | 8 |
| 1.3. MORFOLOGIA..... | 9 |
| 1.4. BIOLOGIA..... | 12 |
| 1.5. AVVERSITÀ..... | 14 |
| 1.5.1. <i>Avversità abiotiche</i> | 14 |
| 1.5.2. <i>Avversità biotiche</i> | 15 |
| 2. MALATTIE FUNGINE FOGLIARI DEL FRUMENTO DURO..... | 18 |
| 2.1. SEPTORIOSI..... | 18 |
| 2.1.1. <i>Caratteristiche generali</i> | 18 |
| 2.1.2. <i>Sintomatologia</i> | 18 |
| 2.1.3. <i>Eziologia ed epidemiologia</i> | 20 |
| 2.1.4. <i>Difesa</i> | 21 |
| 2.2. RUGGINI..... | 22 |
| 2.2.1. <i>Caratteristiche generali</i> | 22 |
| 2.2.2. <i>Sintomatologia</i> | 23 |
| 2.2.3. <i>Eziologia ed epidemiologia</i> | 26 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.2.4. | <i>Difesa</i> | 28 |
| 2.3. | OIDIO | 29 |
| 2.3.1. | <i>Caratteristiche generali</i> | 29 |
| 2.3.2. | <i>Sintomatologia</i> | 29 |
| 2.3.3. | <i>Eziologia ed epidemiologia</i> | 30 |
| 2.3.4. | <i>Difesa</i> | 33 |
| 3. | OBIETTIVI DELLA RICERCA | 34 |
| 4. | MATERIALI E METODI | 35 |
| 4.1. | IMPOSTAZIONE DELLA PROVA SPERIMENTALE | 35 |
| 4.2. | DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SITI D'INDAGINE | 41 |
| 4.3. | RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI | 43 |
| 5. | RISULTATI | 48 |
| 5.1 | ANDAMENTO METEOROLOGICO | 49 |
| 5.1.1. | <i>Annata 2017-2018</i> | 49 |
| 5.1.2. | <i>Annata 2018-2019</i> | 51 |
| 5.1.3. | <i>Annata 2019-2020</i> | 53 |
| 5.2. | CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI TRA I DUE SITI SPERIMENTALI NEI DIVERSI ANNI | 55 |
| 5.2.1 | <i>Annata 2017-2018</i> | 56 |
| 5.2.2. | <i>Annata 2018-2019</i> | 60 |
| 5.2.3. | <i>Annata 2019-2020</i> | 65 |
| 5.3. | ANALISI DELLA VARIANZA ANOVA | 69 |
| 5.4. | CONFRONTO VARIETALE 2017-2018-2019-2020 | 72 |

| | | |
|-------------|---------------------------------------|-----------|
| 5.5. | RANK ANALISI..... | 85 |
| 6. | DISCUSSIONE E CONCLUSIONI..... | 87 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA..... | 91 |
| 8. | RINGRAZIAMENTI..... | 94 |

RIASSUNTO

L'Italia è uno dei più grandi produttori di frumento duro (*Triticum durum*) in Europa e nel mondo. La regione Marche è classificata tra i principali produttori di questo cereale a livello nazionale. Tuttavia, questa produzione è influenzata da diverse avversità. Per questo motivo, il nostro studio si concentra sulle principali malattie fungine fogliari che attaccano il frumento duro nell'areale cerealicolo marchigiano: oidio, ruggine bruna, ruggine gialla e complesso della septoriosi. Il seguente lavoro è stato condotto in tre anni (2018, 2019 e 2020) e sono stati eseguiti due campionamenti su due siti sperimentali (Jesi e Santa Maria Nuova) per determinare l'area fogliare infetta. Inoltre, nel seguente studio sono state testate dodici varietà di frumento duro, sei delle quali (Claudio, Marco Aurelio, Iride, Svevo, Monastir e Odisseo) sono state esaminate per 4 anni consecutivi. Secondo l'analisi statistica, livelli infettivi fogliari più elevati sono stati osservati nel 2018 e nel 2019, principalmente durante il secondo rilievo nel sito di Jesi. Ciò è dovuto alle condizioni pedologiche e climatiche registrate. Le principali malattie osservate sono l'oidio, la stagonosporiosi e la ruggine bruna. La rank analisi ha mostrato che la varietà Claudio è la più resistente nel 2017 e nel 2020 e Marco Aurelio nel 2018 e nel 2019. Al contrario, Odisseo è la più suscettibile nel 2019 e Svevo per tutte le altre. Elaborando i dati complessivi dei quattro anni, Svevo e Odisseo sono le varietà più sensibili seguite da Iride, Monastir e Marco Aurelio. Mentre, la varietà più resistente contro tutte le avversità esaminate è Claudio. Questo studio è molto rilevante al fine di sfruttare i meccanismi naturali di resistenza varietale nei confronti delle malattie fungine fogliari del frumento. Ciò può consentire di limitare o eliminare l'uso dei fungicidi.

ABSTRACT

Italy is the biggest durum wheat (*Triticum durum*) producer in Europe and worldwide. The Marche region is ranked among the main producers of this cereal at national level. However, this crop production is affected by several adversities. For this reason, our study is focused on the foliar fungal diseases that mostly attack durum wheat in the Marche cereal area: powdery mildew, brown rust, yellow rust and septoria. The work was carried out in three years (2018, 2019 and 2020), and two surveys were followed on two experimental sites (Jesi and Santa Maria Nuova) to determine the infected leaf area. In addition, twelve varieties of durum wheat were tested in our study, six of which (Claudio, Marco Aurelio, Iride, Svevo, Monastir and Odisseo) were examined for 4 years successively. According to statistical analysis, the highest leaf infection was observed in 2018 and 2019, mainly during the second survey for the Jesi site. This is due to the soil and the recorded climatic conditions. The main diseases observed are powdery mildew, *Stagonospora* leaf and brown rust. The rank analysis showed that variety Claudio is the most resistant in 2017 and 2020 and Marco Aurelio in 2018 and 2019. Otherwise, Odisseo is the most susceptible for the fungal leaf disease in 2019. By processing the overall data of the four years, Svevo and Odisseo are the most susceptible varieties followed by Iride, Monastir and Marco Aurelio. While, the most resistant varieties against all the adversities examined is Claudio. This study is very relevant for the exploitation of the natural mechanisms of varietal resistance against fungal leaf diseases of wheat. This can lead to limit or eliminate the use of fungicide.

1. FRUMENTO DURO

1.1. CENNI STORICI

Con il termine frumento o grano si intende una serie di diverse specie di piante graminacee, tutte appartenenti al genere *Triticum*, le quali producono semi secchi e ricchi di amido. Tra queste specie, il frumento duro (*Triticum durum*) ed il frumento tenero (*Triticum aestivum*) sono quelli più coltivati a livello mondiale. Il frumento ha origine nell'areale compreso fra i rilievi Iraniani e le montagne dell'Anatolia fino alle coste della Palestina, comprendendo la valle del Tigri e dell'Eufrate. Quest'area sia per la sua forma che per le sue caratteristiche pedologiche è stata definita "Mezzaluna fertile" (Bonciarelli e Bonciarelli, 2012). La coltivazione di piante e l'allevamento degli animali ebbe inizio nell'era Neolitica quando l'uomo passò dalla vita nomade, dedicata prevalentemente alla caccia e alla raccolta di frutti spontanei, a quella sedentaria. Una fase fondamentale che consentì questo cambiamento fu quella della domesticazione sia degli animali sia delle piante. Le prime a subire questo processo furono proprio i cereali e quindi anche il frumento. Da questo si evince anche l'importanza che questo cereale riveste all'interno della dieta alimentare. Da questa zona il frumento si è diffuso in tutti gli areali a clima temperato, evolvendosi grazie anche a popolazioni come quella romana, che ne hanno consentito la rapida diffusione (Figura 1).

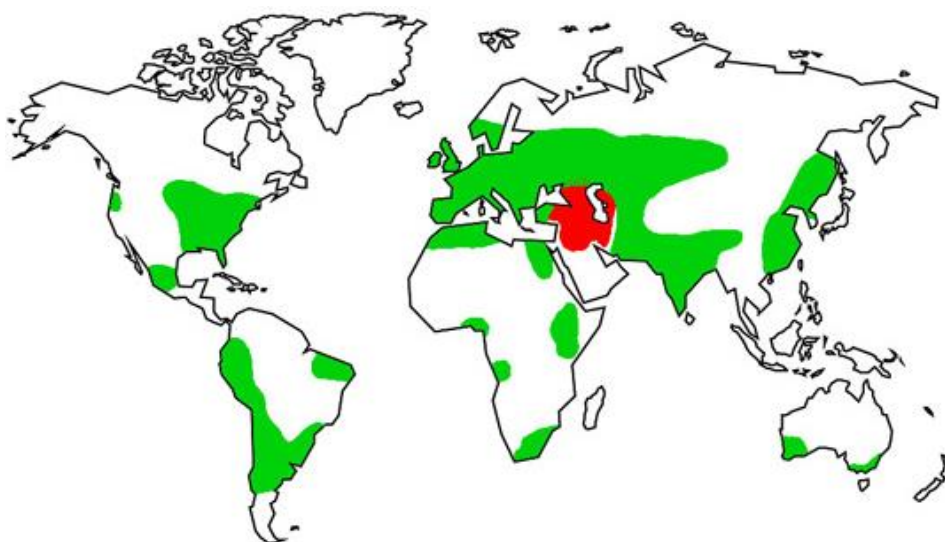


Figura 1 – Diffusione del frumento nel mondo. Fonte: CiaLombardia.

Dalla visione della figura 1 si evince l'ampia diffusione che il frumento ha avuto in tutto il mondo. Questo grazie alle sue caratteristiche come: l'ampia adattabilità alle condizioni

pedo-climatiche nei vari areali di coltivazione, l'elevata potenzialità produttiva ed elevato potere nutrizionale, la facile digeribilità, il sapore neutro ed infine, due caratteristiche fondamentali che rende questo cereale una commodity: la facilità nella conservazione e nel trasporto. Di contro però il frumento risulta avere un basso contenuto proteico che si aggira intorno al 10 - 15% e la carenza di due amminoacidi essenziali come la Lisina ed il Triptofano.

Dal genere *Triticum*, mediante complessi meccanismi di ibridazione nel corso dei secoli, si sono evolute diverse specie aventi differenti assetti cromosomici. Analizzando quanto detto nel dettaglio, possiamo definire che il genere *Triticum* comprende sei diverse specie, le quali vengono classificate secondo il livello di diploidia cioè secondo il numero di cromosomi che costituiscono il genoma e in base alla loro composizione. Due specie diploidi con 14 cromosomi (*Triticum monococcum* e *Triticum urartu*), due tetraploidi con 28 cromosomi (*Triticum durum* e *Triticum dicoccum*) ed infine, due esaploidi con 42 cromosomi (*Triticum aestivum* e *Triticum spleta*). Il *T. monococcum* anche denominato piccolo farro, fu proprio la prima specie ad essere coltivata, presenta delle spighe di piccole dimensioni con una bassa fertilità generalmente contenenti non più di una cariosside. Il suo assetto genetico è costituito da 7 cromosomi che porta il numero totale a $2n=14$. Il *T. urartu* è una specie di frumento con genoma molto simile al *T. monococcum* ma presente esclusivamente in forma selvatica. Le due specie sono considerate distinte in quanto non sono interfeconde tra loro. Proprio dal *T. monococcum* grazie ad un incrocio spontaneo, sempre con una specie diploide ma con cromosomi diversi, si originò un ibrido sterile. Da quest'ultimo mediante un processo di duplicazione genetica si svilupparono individui tetraploidi aventi un corredo cromosomico di $2n=28$. La prima specie ad originarsi fu il *T. dicoccum* (farro), il quale presentava spighette con due cariossidi e quindi era notevolmente più produttivo del piccolo farro. Fino allo sviluppo del *T. durum* il farro rimase il cereale più coltivato. Il frumento duro si sostituì rapidamente alla coltivazione degli altri cereali in quanto presentava una maggiore fertilità e di conseguenza una produttività elevata. A partire da quest'ultimo, in modo particolare negli ultimi anni, sono stati raggiunti grandi successi mediante programmi di miglioramento genetico i quali hanno consentito oltre che la costituzione di nuove varietà, di ottenere miglioramenti sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo di quelle già esistenti. Infine, dall'incrocio spontaneo tra un frumento tetraploide ed una specie non definita si originò un ibrido sterile ma a seguito del raddoppiamento cromosomico assunse struttura regolarmente fertile definita esaploide con $2n=42$. Tra i frumenti esaploidi troviamo il *T. spleta* (gran farro) e il *T. aestivum* (frumento tenero).

1.2. FRUMENTO DURO IN ITALIA E NELLE MARCHE

Tra i principali areali a livello mondiale per la coltivazione del frumento duro, il bacino del mediterraneo riveste un ruolo di primaria importanza. Ciò dovuto anche al fatto che i paesi di quest'area sono i maggiori utilizzatori di questo cereale. Tra tutti i paesi del mediterraneo l'Italia rappresenta il maggiore produttore con una media di circa 4 milioni di Tonnellate di frumento duro annue. Questa produzione rappresenta all'incirca il 45% della produzione Europea e il 10 % della produzione globale. Attualmente a livello nazionale la superficie investita a frumento duro è di circa un milione e duecento mila ettari; questa nel corso degli anni ha subito una forte contrazione. Il grafico sottostante riporta la variazione della superficie e della produzione di frumento duro a livello nazionale dal 2006 al 2019 (Figura 2).

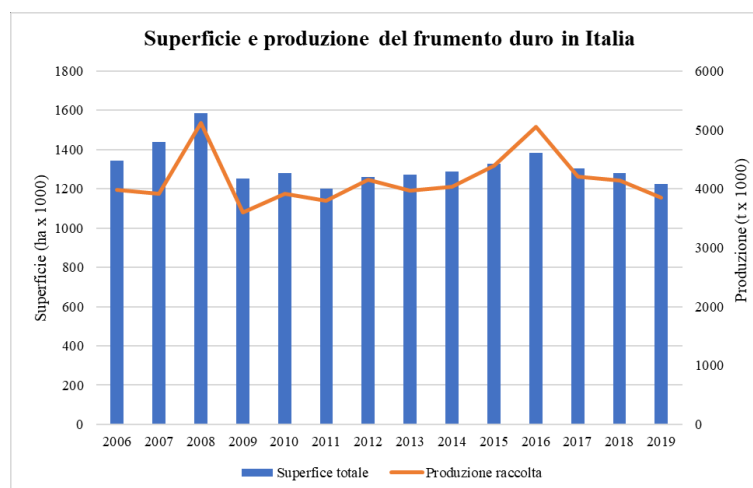


Figura 2 – Superfici seminate e produzioni raccolte di frumento duro in Italia. Fonte: ISTAT, 2020.

La riduzione delle superfici investite a frumento duro negli ultimi anni è da imputare prevalentemente al crollo del prezzo del prodotto che, in alcune annate si è attestato anche al di sotto dei 220 €/Ton.

Tra le regioni italiane, sempre secondo i dati (ISTAT, 2020) che producono maggiormente il frumento duro troviamo la Puglia e la Sicilia che da sole rappresentano il 41% della produzione nazionale seguite da Emilia Romagna e Marche. Nel grafico di seguito riportato si evidenzia la variazione relativa alla superficie e alla produzione dal 2006 al 2019 di frumento duro nella regione Marche (Figura 3).

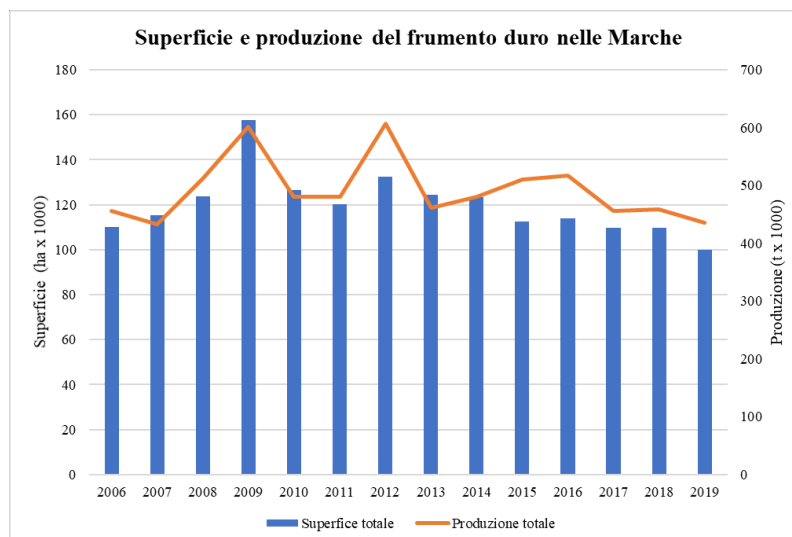


Figura 3 – Superfici seminate e produzioni raccolte di frumento duro nella regione Marche.

Fonte: ISTAT 2020.

Seppur il nostro paese rappresenta uno dei maggiori produttori di frumento duro a livello europeo e mondiale la produzione non soddisfa il fabbisogno interno. Ciò comporta un’importazione di frumento dai vari stati; tra i principali troviamo: Canada, Francia Australia e Stati Uniti. Negli ultimi anni però grazie anche alla sensibilizzazione dei consumatori molte aziende, anche di grandi dimensioni, del settore della produzione di pasta puntano ad immettere sul mercato prodotti ottenuti dal 100% di frumento italiano. Questa valorizzazione del “Made in Italy” porterebbe oltre che ad una maggiore tracciabilità del prodotto, maggiori tutele ambientali e riduzione dei consumi energetici necessari per l’acquisto del prodotto dall’estero ad un aumento della domanda interna di frumento con conseguente accrescimento dei prezzi del prodotto sul mercato.

1.3. MORFOLOGIA

La pianta di frumento nella fase adulta è composta da cinque strutture principali: l’apparato radicale, il culmo, l’apparato fogliare e la spiga contenente le cariossidi.

L’apparato radicale dei cereali, e quindi anche del frumento, è di tipo fascicolato. È possibile distinguere radici di tipo embrionale dette anche primarie e radici secondarie che vanno a costituire l’apparato radicale avventizio (Figura 4). Le radici primarie sono le prime a svilupparsi direttamente dal seme e sono fondamentali per la crescita della pianta in particolar modo nel primo periodo del ciclo di sviluppo (Bonciarelli e Bonciarelli, 2012). Le radici secondarie o avventizie invece si originano dai nodi alla base del culmo quando la pianta ha circa 3-4 foglie che corrisponde generalmente alla fase di accostamento. Lo

sviluppo radicale è fortemente influenzato dalle condizioni pedologiche del terreno, in particolar modo terreni asfittici o strati fortemente compatti impediscono l'accrescimento e lo sviluppo radicale in profondità.

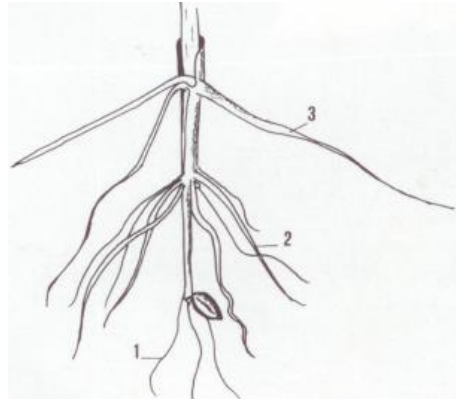


Figura 4 – Schematizzazione dell'apparato radicale del frumento: radici primarie (1) e radici secondarie originatesi dal nodo di accostamento (2) o da altro nodo. Fonte: EdAgricole, 2012.

Il fusto delle graminacee prende il nome di culmo. Ha sezione cilindrica ed è costituito da una serie di nodi sui quali si inseriscono le foglie intervallati da internodi, quest'ultimi in numero variabile da 7 a 9. Gli internodi risultano cavi all'interno, fatta eccezione per l'ultimo che nel frumento risulta essere pieno. L'altezza del culmo dipende dalla varietà ma è anche influenzata dalle condizioni pedoclimatiche. I programmi di miglioramento genetico negli ultimi anni hanno portato ad una notevole riduzione dell'altezza passando da piante alte 1,5 metri a piante di 60-90 centimetri. Altezze ridotte sono richieste in particolar modo per limitare il rischio di allettamento. Una caratteristica tipica di molti cereali ed anche del frumento, è quella di avere altri germogli oltre a quello primario. Infatti dall'ascella delle foglie basali, allo stadio di 3° - 4° foglia, si originano altri germogli che andranno a costituire i culmi di ordine secondario o superiore. Questo momento del ciclo vegetativo rappresenta una fase ben specifica e prende il nome di accostamento, che verrà descritta dettagliatamente al paragrafo relativo alla biologia.

Le foglie del frumento duro sono parallelinervie, lunghe circa 30-35 centimetri e risultano essere guainanti su tutto il fusto. La prima foglia che si origina prende il nome di coleoptile. Tutte le altre si sviluppano successivamente e vengono definite "foglie vere". La parte inferiore della foglia è rappresentata dalla guaina, una struttura che si origina da un nodo e che abbraccia l'internodo sovrastante. Al contrario la parte superiore risulta essere libera ed è costituita dalla lamina fogliare. Quest'ultima ha forma lanceolata appuntita con

nervature parallelinervie e colorazione verde ad intensità variabile a seconda della varietà e dello stato nutrizionale. Il numero di foglie varia generalmente da 5 a 8 ed è correlato oltre che alla durata del ciclo vegetativo anche dalle condizioni ambientali e nutrizionali. Le foglie apicali sono le più sviluppate in particolar modo l'ultima foglia (L1) detta per l'appunto (foglia a bandiera) la quale riveste un ruolo fondamentale nelle fasi di formazione della cariosside ai fini produttivi insieme alle due sottostanti (L2 e L3).

L'infiorescenza del frumento prende il nome di spiga. Essa risulta essere costituita da un asse centrale che prende il nome di rachide costituito da nodi intervallati da corti internodi (Bonciarelli e Bonciarelli, 2012). Su ogni nodo si inseriscono mediamente 20-25 spighe sessili disposte in maniera alternata sul rachide assumendo una posizione fra loro distica. Ogni spigetta è racchiusa da due glume all'interno delle quali troviamo dai 3 agli 8 fiori (Figura 5). Ogni fiore a sua volta è racchiuso da due glumelle, quella superiore prende il nome di palea, mentre quella inferiore di lemme.

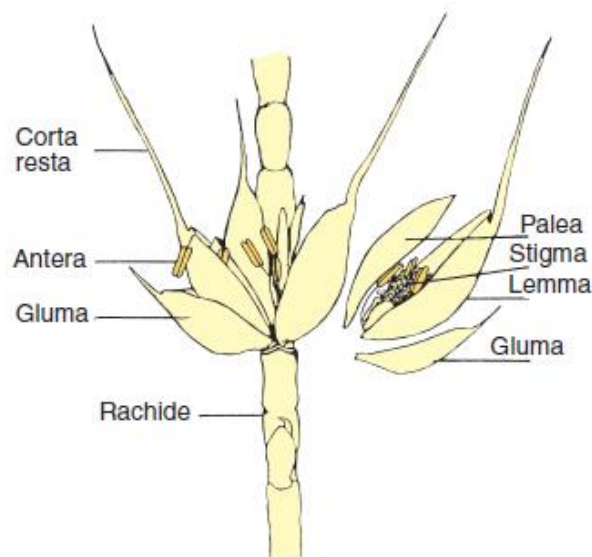


Figura 5 – Struttura della spigetta del frumento. Fonte: Coltura e cultura, 2020.

Proprio la lemme nel frumento duro presenta sempre un prolungamento del suo apice che prende il nome di resta, i frumenti duri a differenza dei teneri sono sempre aristati.

Con il termine cariosside si intende il frutto uniseminato, secco e indeiscente del frumento, avente i tessuti del pericarpo saldati con i tessuti del seme. Generalmente assume una forma ellittica, ovale, ovoidale con un solco più o meno marcato nella parte ventrale. L'endosperma vitreo nel frumento duro rappresenta la parte preponderante del seme (87-89 %) ed è formato prevalentemente da amido e sostanze proteiche necessarie come riserve

nutritive durante la fase germinativa. L'embrione assume un posizionamento dorsale alla base della cariosside occupando circa il 2-4 % del totale.

1.4. BIOLOGIA

Il frumento è una pianta annuale microterma la cui semina alle nostre latitudini avviene tra la fine di ottobre e l'inizio di dicembre. Al contrario nell'Europa centro – settentrionale a causa degli inverni rigidi la semina avviene in primavera. Una volta seminata la pianta si accresce e si sviluppa fino al momento della raccolta che nei nostri areali avviene a cavallo tra la fine di giugno e le prime settimane di luglio. Dalla semina alla maturazione le fasi fenologiche (Figura 6) del frumento sono:

- ✓ germinazione ed emergenza;
- ✓ accestimento;
- ✓ viraggio;
- ✓ levata;
- ✓ fioritura;
- ✓ maturazione.

La conoscenza delle esigenze e delle avversità della nostra pianta nei diversi momenti del ciclo culturale risulta fondamentale al fine di ottimizzare i risultati evitando allo stesso tempo perdite produttive.

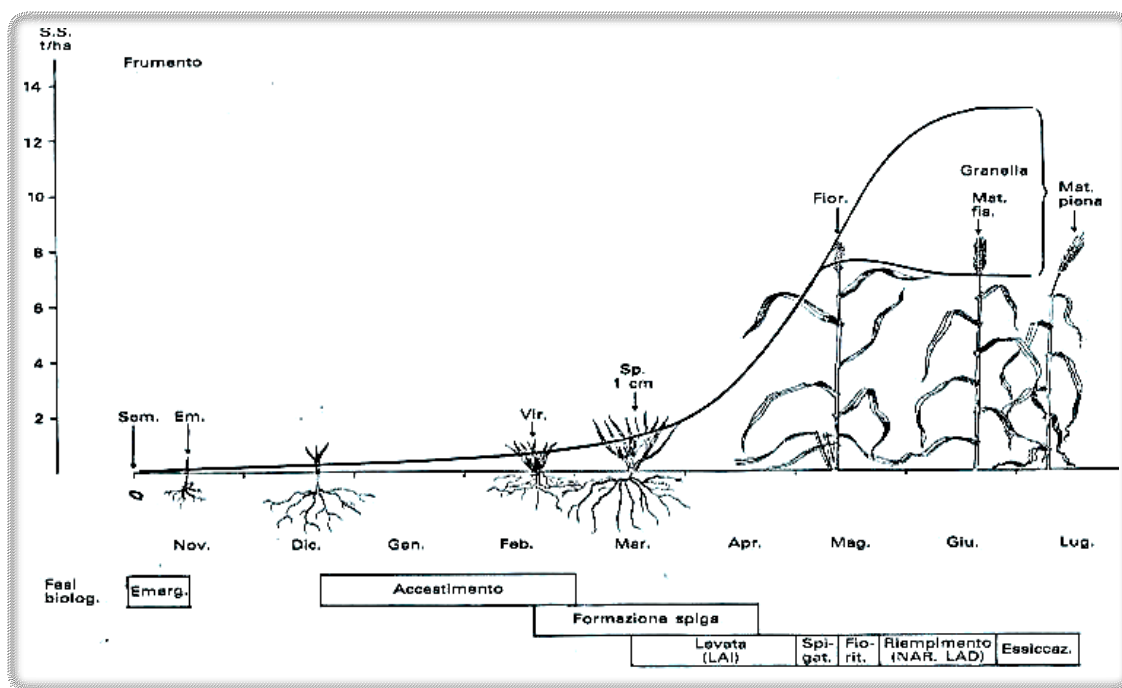


Figura 6 – Schema del ciclo biologico del frumento. Fonte: Edagricole, 2012.

Una volta avvenuta la semina le cariossidi assorbono un quantitativo di acqua corrispondente a circa il 40% del loro peso e con temperature sufficienti (bastano 3-4 °C) ha inizio il processo germinativo. Questa fase ha una durata variabile in funzione della temperatura ma generalmente richiede 10-12 giorni. Il primo evento della fase di germinazione è rappresentato dalla fuoruscita della piumetta e dall'emissione della prima radichetta; contemporaneamente il coleoptile si allunga fino ad emergere dal terreno (Bonciarelli e Bonciarelli, 2012). Dopo l'emergenza la prima foglia vera perfora il coleoptile e da qui ha inizio la fase autotrofa. Nel momento in cui la piantina ha sviluppato 3-4 foglie, ad una profondità di circa un centimetro sotto il livello del suolo, si forma un ingrossamento dal quale si sviluppano le radici avventizie.

Avvenuta l'emergenza segue la fase di accestimento che consiste nello sviluppo di germogli secondari o di ordine superiore rispetto al germoglio primario. Questa fase ha una durata che va dal periodo invernale fino a quello primaverile. L'emissione dei culmi secondari avviene a livello basale ma l'entità dell'accestimento dipende da fattori genetici, ambientali e di coltivazione.

Al fine di arrestare il processo di accestimento si verifica la fase comunemente definita viraggio. Essa consiste nel passaggio dell'apice caulinare dallo stato vegetativo a quello di iniziazione fiorale o riproduttivo. Ciò determina l'arresto della produzione delle foglie da parte dell'apice a favore della produzione degli abbozzi della futura spiga. Questa fase avviene grazie all'influenza di specifiche condizioni di temperatura e fotoperiodo. Con l'accestimento si vanno a determinare il numero di spighe a m² mentre mediante il viraggio si determina il numero di fiori per infiorescenza.

L'allungamento degli internodi prende il nome di levata. All'inizio di questa fase è possibile osservare i nodi, gli internodi e l'apice con gli abbozzi della spiga molto ravvicinati fra loro avvolti dalle foglie. Grazie a stimoli dovuti prevalentemente all'aumento della temperatura ha inizio la fase di levata che genera un innalzamento dei culmi (Bonciarelli e Bonciarelli, 2012). Durante quest'ultima le richieste in termini di acqua ed elementi nutritivi da parte della pianta sono notevoli. La levata procede in maniera scalare partendo dal primo internodo che si è formato a seguire. Durante l'allungamento dell'ultimo internodo la spiga già formata viene spinta attraverso la guaina dell'ultima foglia determinando il caratteristico stadio definito come "botticella". Successivamente si ha l'uscita della spiga la cui fase prende il nome di "spigatura" e dopo 5-6 giorni avviene la fioritura.

La fioritura del frumento viene definita cleistogama e cioè a fiore chiuso in quanto le antere liberano il polline prima dell'apertura delle glumelle e quindi l'impollinazione sarà

autogama. Le glumelle in realtà si aprono trascorse alcune ore dalla fioritura. Uno dei fattori che può maggiormente ostacolare la fioritura è rappresentato da un calo termico. Temperature al di sotto dei 15 °C durante questa fase generano la mancata formazione delle cariossidi e quindi una diminuzione della produttività. Dalla fioritura si vanno a determinare il numero di cariossidi per spiga attraverso la percentuale di allegagione dei fiori precedentemente formati.

Avvenuta la fecondazione si ha la formazione dell'embrione e l'inizio dell'accumulo nella cariosside degli assimilati. La produzione di questi composti è da imputare, in particolar modo nell'ultima fase, alla foglia a bandiera (L1). Il processo di maturazione viene anche comunemente chiamato "granigione" ed il suo decorso è fortemente condizionato da fattori ambientali, nutrizionali ed attacchi parassitari (Bonciarelli e Bonciarelli, 2012).

Durante quest'ultimo è possibile individuare tre fasi:

1. Moltiplicazione cellulare → la cariosside raggiunge il numero di cellule totale.
2. Accumulo sostanze di riserva → in particolar modo amido, questo genera un conseguente aumento del peso secco della cariosside. In questa fase è possibile distinguere diversi stadi di maturazione in base soprattutto al variare del contenuto idrico:
 - a. Maturazione lattea (60 % di H₂O);
 - b. Maturazione cerosa (40 % di H₂O);
 - c. Maturazione fisiologica (30 % di H₂O).
3. Essiccamento → rapida perdita di umidità passando per lo stadio di maturazione piena, (12 – 15 % di H₂O), fase in cui avviene la raccolta, per poi arrivare alla maturazione di morte (<10 % di H₂O).

1.5. AVVERSITÀ

1.5.1. Avversità abiotiche

Tra le principali avversità di natura abiotica che possono arrecare danni considerevoli al frumento troviamo: piogge, vento, grandine, basse ed alte temperature. Eventi piovosi di dimensioni consistenti, in particolar modo nei terreni non ben drenati e con scarse sistemazioni idraulico agrarie, possono generare ristagni idrici. Quest'ultimi causano condizioni di asfissie radicali provocando nascite irregolari, diradamenti, scarso accostamento ed una maggiore suscettibilità alle malattie. Inoltre le forti piogge ed il vento possono causare il coricamento dei culmi alla base facendoli prostrare a terra; questo

fenomeno prende il nome di allettamento. La grandine genera danni consistenti, in particolar modo se l'evento avviene durante la fase di spigatura, maturazione o comunque in prossimità della raccolta; causando una drastica riduzione della produzione. Per quando riguarda i danni legati alle basse o alte temperature essi sono variabili a seconda dello stadio fenologico in cui si trova la pianta.

1.5.2. Avversità biotiche

Queste avversità possono essere riconducibili a: parassiti animali, parassiti vegetali, malattie virali e malattie fungine (Pasquini et al. 2003).

I parassiti animali che attaccano il frumento non generano danni consistenti, per questo motivo molto spesso non richiedono neanche appositi interventi di lotta chimica volti a contrastare il loro sviluppo. Generalmente, terminata la semina o nelle prime fasi di germinazione, il seme può essere predato da topi, avicole, passerii ed altri uccelli, ciò genera lo sviluppo di fallanze. Durante lo sviluppo della pianta si possono verificare danni riconducibili a larve di elateridi (*Agriotes lineatus*, *Agriotes pilosus* e *Agriotes obscurus*) o larve di mosca (*Clorops teaniopa* e *Oscinella frit*) entrambi generano attacchi a livello dello stelo scavando delle gallerie. A livello della spiga, in alcune zone cerealicole in particolari condizioni si possono verificare attacchi massicci di cimici (*Aelia rostrata*), in questo caso si prevedono interventi chimici di lotta solo al superamento della soglia d'intervento valutando in maniera accurata il livello d'attacco.

Le specie infestanti del frumento sono numerose ed in molti casi, in particolar modo per le aziende con regime convenzionale o integrato, nel periodo primaverile si prevedono interventi di lotta mediante erbicidi selettivi. Per le aziende invece che adottano un regime di natura biologica è necessario praticare con molta attenzione rotazioni culturali inserendo prati poliennali nella rotazione, al fine di limitare lo sviluppo delle infestanti (Iori et al. 2016).

Tra i principali patogeni di natura virale in grado di attaccare il frumento, presenti in Italia troviamo: virus del mosaico comune del frumento (SBWMV), virus della striatura fusiforme del frumento (WSSMV) ed il virus del mosaico moderato (BaMMV). I virus appena elencati sono in grado di trasmettersi mediante vettori di origine non animale, come ad esempio le zoospore. Per questo motivo nei terreni attaccati è importante evitare l'omosuccessione impostando piani di rotazione ampi. Tra i virus che attaccano il frumento ma che si trasmettono attraverso vettori animali troviamo: complesso virale denominato *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) trasmesso mediante afidi in maniera persistente, virus

del nanismo del grano (WDV) trasmesso mediante cicadellide e il virus del mosaico striato del frumento (WSMV) trasmetto mediante eliofide.

Le malattie fungine però rappresentano la principale causa di perdita produttiva e possono essere classificate a seconda dell'organo che vanno ad attaccare (Pasquini et al. 2016). Il complesso della malattia che interessa la porzione basale del culmo e le radici della pianta di frumento viene identificato come "mal del piede". Quest'ultimo è una malattia ad eziologia complessa, perché coinvolge spesso anche contemporaneamente diverse specie fungine. I funghi che in Italia sono responsabili del mal del piede sono:

- funghi appartenenti al genere *Fusarium*;
- *Rhizoctonia cerealis*;
- *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*.

Le avversità fungine dell'apparato fogliare del frumento essendo oggetto di studio di questa tesi verranno descritte in maniera più dettagliata nel capitolo 2.

Le avversità che possono colpire la spiga sono: fusariosi, carie e carbone. Come il mal del piede anche la fusariosi è una malattia ad eziologia complessa. Gli agenti della fusariosi sono molti e tutti appartenenti al genere *Fusarium* (Mori e Romano, 2015). Tra i principali troviamo:

- *Fusarium graminearum*;
- *Fusarium culmorum*;
- *Fusarium avenaceum*;
- *Fusarium poae*.

La manifestazione dei sintomi avviene generalmente nel periodo compreso tra la spigatura e la maturazione latteo-cerosa generando su glume e sul rachide piccole macchie brunastre. Se l'infezione è abbastanza lieve le spighe appaiono decolorate e disseccano precocemente mentre se l'infezione è consistente tutta la spiga può necrotizzare. Oltre al danno quantitativo questa patologia arreca un danno anche qualitativo proprio perché le cariossidi attaccate sono contaminate dalla micotossina DON (deossinivalenolo) prodotto da alcune specie di *Fusarium* (Pasquini et al. 2004).

La carie del frumento è un altro patogeno che attacca la spiga, l'agente causale è *Tilletia tritici* e *Tilletia laevis*. Questi parassiti fungini formano nelle cariossidi di frumento granelli grigio – brunastri pieni di polvere scura (spore del fungo) ed emettono anche un forte odore sgradevole.

Il carbone è una patologia molto meno pericolosa della carie, esso è causato da *Ustilago tritici*, si manifesta dalla spigatura e le giovani spighe attaccate risulteranno

ricoperte da una polvere bruno scura. Per quanto riguarda la difesa contro la carie si prevede la concia della semente. Anche per il carbone la concia con i fungicidi sistemici, oggi disponibili, risulta un rimedio molto efficace ed il più utilizzato per contrastare questo fungo.

2. MALATTIE FUNGINE FOGLIARI DEL FRUMENTO DURO

2.1. SEPTORIOSI

2.1.1. Caratteristiche generali

La septoriosi viene definita come una malattia ad eziologia complessa causata da *Mycosphaerella graminicola* (teleomorfa), *Septoria tritici* (anamorfa) e *Phaeosphaeria nodorum* (teleomorfa), *Stagonospora nodorum* (anamorfa) (Tabella 1). Questi due agenti eziologici rappresentano la causa di una delle malattie più dannose per il frumento (Salgado e Pierce, 2016). La sensibilità della coltura nei confronti di questi patogeni negli ultimi anni è aumentata con l'introduzione di varietà ad elevata resa, taglia bassa e con una maggiore resistenza nei confronti di altre avversità come le ruggini.

2.1.2. Sintomatologia

S. tritici attacca prevalentemente le foglie generando delle macchie di 1-5mm x 4-15 mm. La forma dell'aria sintomatica è generalmente allungata e presenta un contorno non ben definito con una colorazione nella fase iniziale giallo-verdastra che successivamente necrotizza. La morte cellulare è causata dalla produzione da parte del fungo di composti tossici definiti come septorina e ochrecina. Se le infezioni sono numerose le aree necrotiche possono confluire generando il disseccamento dell'intera foglia (Belli, 2012). Le prime foglie ad essere attaccate sono quelle basali, ma se le condizioni ambientali sono favorevoli possono essere attaccate le foglie L3, L2 e nel peggiore dei casi anche la foglia a bandiera (L1). In quest'ultimo caso si possono avere perdite produttive molto elevate. Successivamente, a livello della foglia attaccata nell'area necrotica, si ha la comparsa di corpi fruttiferi globosi (picnidi) di colore bruno nerastro disposti in file parallele alle nervature (Figura 7). In condizioni di elevata umidità si possono manifestare anche gli pseudotecii contenenti gli aschi clavati con numerose ascospore. Generalmente *S. tritici* si manifesta durante le fasi vegetative precoci attenuandosi man mano che ci si avvicina alla spigatura e più precisamente fino alla fioritura. Essa si manifesta quasi esclusivamente a livello dell'apparato fogliare (Pasquini et al. 2004).

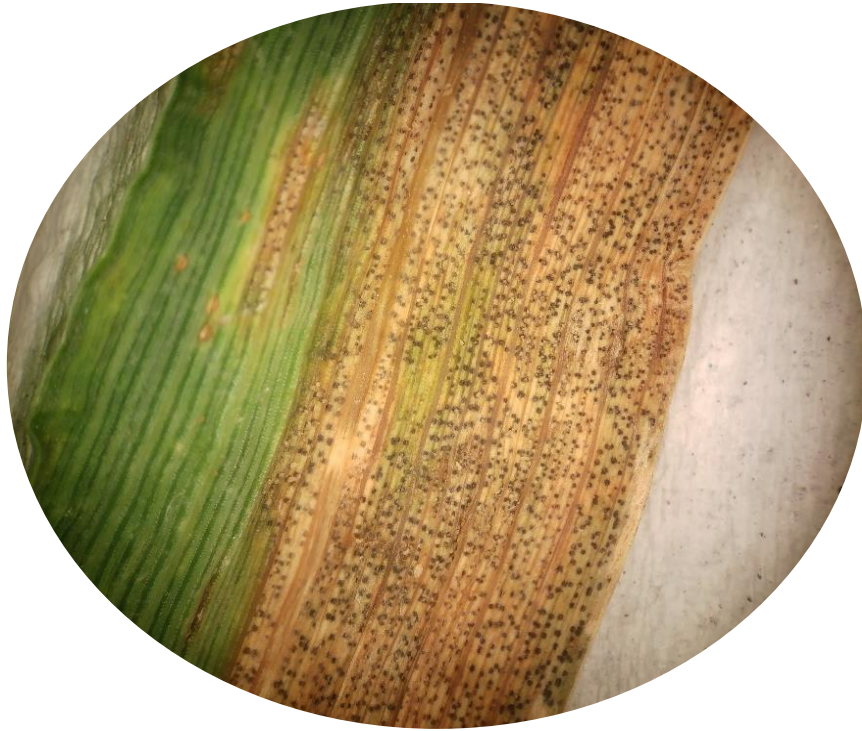


Figura 7 – Foglia di frumento attaccata da septoriosi.

Nel caso in cui l'infezione sia generata da *S. nodorum* gli organi prevalentemente attaccati oltre le foglie possono anche essere il culmo e la spiga ed il periodo in cui generalmente attacca va dalla levata fino alla maturazione cerosa. Il sintomo a livello fogliare è rappresentato da macchie necrotiche con bordo giallo verdastro generalmente di forma ellittica. Anche in questo caso la morte cellulare può essere indotta dalla produzione da parte del fungo di sostanze tossiche. Come già detto gli attacchi possono interessare altri organi oltre le foglie (Salgado e Pierce, 2016). Ad esempio nel caso del culmo si manifesta con una colorazione nero-porpora, mentre le spighe attaccate inizialmente sbiadiscono per poi assumere colorazioni più scure. Nelle aree necrotiche con il tempo appaiono picnidi di color rosso-brunastri.

2.1.3. Etiologia ed epidemiologia

Tabella 1 – Sistematica riguardante i due agenti eziologici del complesso della septoriosi.

Fonte: Belli, 2012.

| | SEPTORIOSI | STAGONOSPORIOSI |
|---------------|---|--|
| REGNO | <i>Fungi</i> | <i>Fungi</i> |
| PHYLUM | <i>Ascomycota</i> | <i>Ascomycota</i> |
| ORDINE | <i>Dothideales</i> | <i>Pleosporales</i> |
| SPECIE | <i>Septoria tritici</i> (anamorfa) | <i>Stagonospora nodorum</i> (anamorfa) |
| | <i>Mycosphaerella graminicola</i> (teleomorfa) | <i>Phaeosphaeria nodorum</i> (teleomorfa) |

S. tritici sverna attraverso gli pseudotecii che si differenziano dalla riproduzione sessuata a livello delle stoppie. Il fungo infatti è eterotallico, cioè la riproduzione sessuata richiede la presenza di individui di polarità opposta. La sopravvivenza del fungo nel periodo invernale avviene mediante le picnidiospore che rimangono vitali per tutto il periodo invernale. L'intervallo ottimale per lo sviluppo dei processi infettivi va dai 10°C ai 20°C con una bagnatura della vegetazione di almeno 24 ore per consentire al fungo la penetrazione per via stomatica (Belli, 2012). I picnidi, una volta penetrati nel mesofillo fogliare lo colonizzano mediante un fitto micelio intercellulare. In condizioni ottimali di temperatura comprese tra i 20-25 °C ed elevati livelli di umidità relativa i primi sintomi si manifestano dopo circa 10 giorni di incubazione. Dopo 2-3 settimane dall'infezione si differenziano picnidi nelle cavità sottostomatiche, dai quali si fuoriescono cirri contenenti le picnidiospore. A livello dei tessuti necrotici dopo qualche mese si ha la differenziazione dei pseudotecii.

Anche *S. nodorum* sverna come pseudotecio sulle stoppie o come picnidio sui residui della vegetazione di graminacee spontanee. La liberazione delle ascospore avviene in condizioni di elevata umidità relativa, con temperature comprese tra i 5 e i 10 °C, la diffusione delle ascospore è favorita sia dal vento che dalle piogge. *S. nodorum* rispetto a *S. tritici* preferisce la penetrazione diretta rispetto a quella per via stomatica (Belli, 2012). L'optimum termico di questo patogeno è rappresentato da una temperatura di 20-27 °C. I cicli infettivi sono dovuti alle picnidiospore che si susseguono in funzione delle condizioni ambientali favoriti in modo particolare dalle piogge (Figura 8).

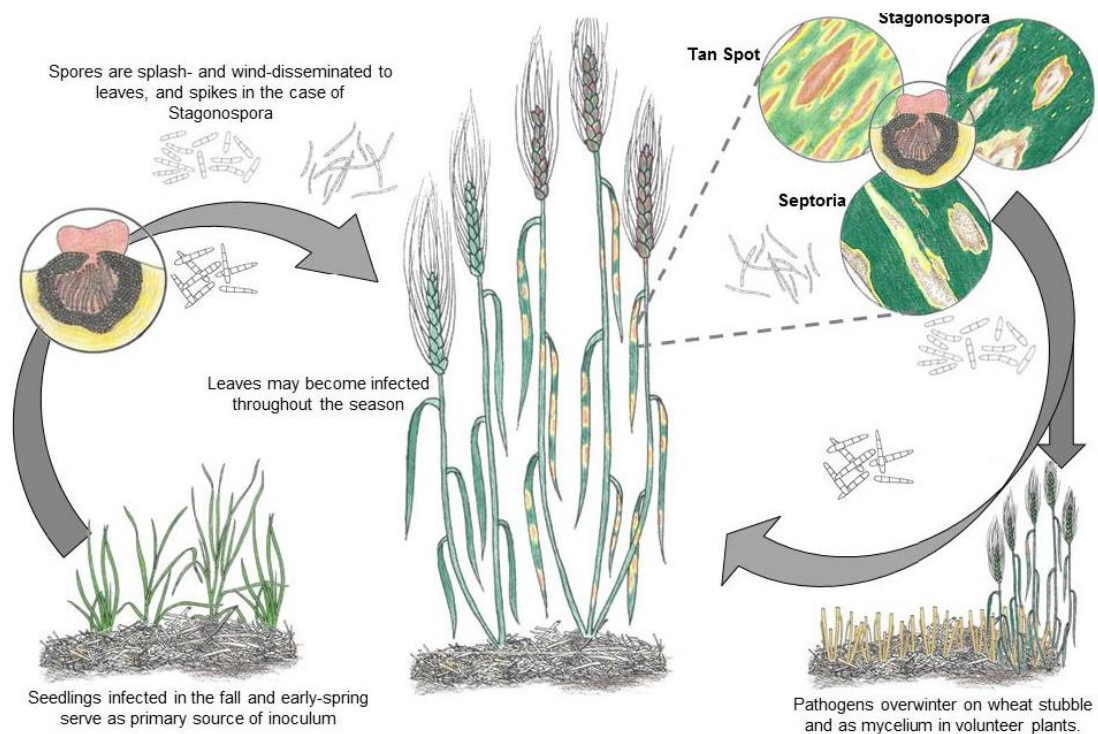


Figura 8 – Ciclo del complesso della septoriosi. Fonte: *The Ohio State University*, 2016.

2.1.4. Difesa

Attualmente in commercio non sono presenti varietà resistenti nei confronti di questa avversità fungina. Per questo motivo la difesa prevede l'adozione sia mezzi di natura agronomica che di natura chimica. I principali mezzi agronomici applicabili sono: rotazioni colturali, interrimento completo delle stoppie o la loro bruciatura, riduzione della densità di semina e applicazione corretta ed equilibrata dei fertilizzanti (Salgado e Pierce, 2016). Nei casi necessari dovuti ad elevati livelli infettivi si effettua una difesa attraverso l'adozione di mezzi chimici. Generalmente i trattamenti contro la septoriosi possono essere fatti in concomitanza al trattamento erbicida o nella fase della foglia a bandiera. Nel primo caso il trattamento viene effettuato a prescindere dal livello infettivo ma si effettua al fine di ridurre il numero di interventi in campo. Nel secondo caso si interviene solo se le condizioni ambientali sono favorevoli allo sviluppo del patogeno. In questa fase ci si può avvalere anche di modelli previsionali innovativi che ci determinano il rischio di processi infettivi e che quindi ci consentono di effettuare il trattamento solo ed esclusivamente se necessario, limitando al massimo l'impiego di prodotti chimici. Nelle annate dove le infezioni risultano particolarmente virulente è possibile prevedere due trattamenti funginei, uno alla levata ed uno alla spigatura. Quest'ultimo modello gestionale è sempre auspicabile in particolar modo in un regime di agricoltura integrata. Generalmente per il controllo degli agenti eziologici

del complesso della septoriosi si applicano composti fungicidi facenti parte del gruppo degli IBS e cioè dei fungicidi che vanno ad inibire la biosintesi degli steroli (Alvisi et al. 2014).

2.2. RUGGINI

2.2.1. Caratteristiche generali

Le ruggini sono agenti patogeni appartenenti al phylum dei *Basidiomycota* dell'ordine delle *Uredinales*. Sono dei parassiti obbligati con un ciclo vitale estremamente complesso (Belli, 2012). Questa complessità è da imputare principalmente al fatto che alcune ruggini possono svolgere e completare il loro ciclo su due piante ospiti tassonomicamente molto distanti grazie alla produzione di spore. Le ruggini che presentano questa caratteristica vengono definite “eteroiche” e possono presentare fino a cinque tipi di spore (cellule riproduttive che germinando danno origine agamicamente ad un nuovo individuo), mentre in altri casi ci sono ruggini che svolgono l'intero ciclo in una sola pianta ospite. Questi 5 tipi di spore sono: teliospore, basidiospore, spermogoni, ecidiospore e uredospore. Le ruggini che presentano tutti e cinque i tipi di spore durante il loro ciclo prendono il nome di “Macrocicliche”, quelle che invece non presentano la fase uredica, e spesso anche quella spermogonica, vengono definite “Demicicliche”, ed infine, si definiscono “Microcicliche” le ruggini che differenziano solamente gli spermogoni e le teliospore (Belli, 2012).

Le ruggini da sempre hanno rappresentato un patogeno altamente temibile ed ancora oggi sono in grado di compromettere intere produzioni attaccando non solo il frumento duro, ma molti altri tipi di cereali. Di seguito (Tabella 2) si riportano le principali colture cerealicole attaccate dalle ruggini ed i relativi agenti eziologici.

Tabella 2 – Agenti eziologici delle principali ruggini di grano, orzo, avena e segale.

Fonte: Belli, 2012.

| | RUGGINE NERA | RUGGINE BRUNA | RUGGINE GIALLA | RUGGINE ARANCIONE |
|-----------------|---|--|--|--|
| FRUMENTO | <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> | <i>Puccinia</i> <i>triticina</i> | <i>Puccinia</i> <i>striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i> | |
| ORZO | <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> | <i>Puccinia</i> <i>hordei</i> | <i>Puccinia</i> <i>striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i> | <i>Puccinia</i> <i>coronata</i> var. <i>avenae</i> |
| AVENA | <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>avenae</i> | | | <i>Puccinia</i> <i>coronata</i> var. <i>avenae</i> |
| SEGALE | <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>secalis</i> | <i>Puccinia</i> <i>recondita</i> f. <i>sp. recondita</i> | | |

Nel nostro caso prendiamo in analisi le tre ruggini (nera, bruna e gialla) che attaccano il frumento duro, esse risultano essere tutte macrocicliche.

2.2.2. Sintomatologia

La distinzione tra i differenti tipi di ruggine avviene in base alla colorazione che la sporulazione assume sul cereale; infatti generalmente i primi sintomi di ruggine sono rappresentati da pustole sulla superficie dell'organo attaccato aventi forma, colore e dimensione differente a seconda del diverso agente eziologico (Salgado et al. 2016).

La ruggine nera, il cui agente eziologico è *P. graminis*, causa la formazione di pustole brunastre (uredosori) nel periodo generalmente compreso tra fine maggio e inizio giugno. Essa è in grado di attaccare oltre alle foglie anche il culmo e le glumelle. Gli uredosori assumono una forma allungata e si dispongono in maniera parallela rispetto le nervature. Dalle pustole si differenziano le uredospore, le quali sono in grado di diffondere la malattia agli organi ed alle piante ancora sane. Con l'avanzare del processo infettivo le pustole presenti negli organi colpiti assumono colorazione nerastre e consistenza polverulenta. Esse prendono il nome di teleutosori, contenenti le teleutospore, le quali rappresentano la forma in grado di garantire la sopravvivenza del fungo nei periodi invernali.

Anche nel caso della ruggine bruna, il cui agente eziologico è rappresentato da *P. triticina*, sulle foglie attaccate si ha la comparsa di pustole polverulenti di colore bruno-rossiccio aventi forma rotondeggiante (Figura 10). La particolarità delle pustole di questa ruggine è legata alla loro distribuzione, infatti risulta essere irregolare (Figura 9) a differenza della ruggine nera precedentemente descritta. Le pustole (uredosori) contengono le uredospore, responsabili dei processi legati alla diffusione dell'infezione. A fine stagione, a livello della pagina inferiore della foglia, si ha la formazione di pustole nerastre aventi dimensioni inferiori contenenti i teleutosori (Belli, 2012). Quest'ultime si possono trovare molto frequentemente nella pagina inferiore della foglia. Questo tipo di ruggine attacca quasi esclusivamente le foglie.



Figura 9 – Foglia di frumento duro attaccata da ruggine bruna.



Figura 10 – Pustola di ruggine bruna vista al microscopio ottico. Fonte: ASSAM, 2017 - Servizio fitosanitario.

La ruggine gialla il cui agente eziologico è *P. striiformis* attacca quasi sempre le foglie ma, seppur con frequenza inferiore, può attaccare anche le spighe, glume, cariossidi e culmi. Le pustole che si generano a livello degli organi attaccati sono di forma allungata e di colore giallo-aranciato (Pancaldi e Alberti, 2004). La loro disposizione risulta essere raggruppata in modo regolare in strisce continue disposte parallelamente alle nervature fogliari (Figura 11). Dalle pustole (uredosori) si sviluppano le uredospore responsabili della diffusione del processo infettivo in corso. Al termine della stagione anche in questo caso si sviluppano delle pustole di colore nerastro (teleutosori) su entrambi le lamine fogliari, sempre disposte a file parallele, contenenti le teleutospore che consentono al fungo di superare il periodo invernale.

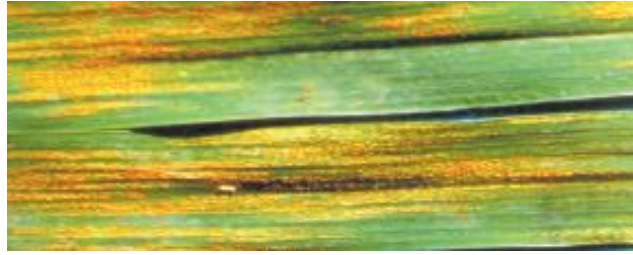


Figura 11 – Sintomatologia di ruggine gialla su foglie di frumento. Fonte ASSAM, 2017.

2.2.3. Etiologia ed epidemiologia

L'agente eziologico della ruggine nera è *P. graminis*, il periodo in cui la probabilità di attacco risulta essere molto elevata è quello in prossimità della raccolta. Questa ruggine proprio per le sue caratteristiche, insieme a quella bruna, nelle annate favorevoli è la più dannosa in grado di generare enormi perdite produttive. Il suo ciclo biologico si svolge su due ospiti; il frumento ed il crespino (*Berberis vulgaris*). Finché le condizioni ambientali risultano essere favorevoli si sviluppano diversi cicli su frumento attraverso le uredospore; quando le condizioni diventano sfavorevoli produce i teleutosori contenente le teleutospore le quali rappresentano la forma svernante. Nel momento in cui le condizioni tornano favorevoli le teleutospore germinano producendo basidi, all'interno dei quali si formeranno per meiosi 4 basidiospore. Queste basidiospore una volta formatesi vengono trasferite sul crespino e danno origine a spermazi e ife recettive. L'incrocio di questi organi porta alla fusione ed al rimescolamento del materiale genetico dando origine ad un ecidio (struttura simile a un picnidio) che si sviluppa a livello della pagina inferiore delle foglie. Dall'ecidio verranno liberate le ecidiospore le quali infetteranno nuovamente il frumento, grazie al trasporto mediato dal vento. A questo punto inizia un nuovo ciclo sul frumento con la produzione di nuove uredospore (Salgado et al. 2016). Le condizioni ottimali per lo sviluppo di questa ruggine sono: un range di temperatura che oscilla tra i 22 °C e i 24 °C, eventi piovosi brevi e frequenti con cultivar di frumento aventi ciclo lungo (Belli, 2012).

La ruggine bruna il cui agente eziologico è *P. triticina* oltre ad attaccare il frumento attacca anche graminacee spontanee le quali, insieme ad una serie di ospiti secondari, possono rappresentare un'importante fonte d'inoculo. Gli ecidioconidi o gli uredoconidi sono i responsabili delle infezioni primarie, essi sono prodotti a livello degli ospiti secondari e veicolati generalmente dal vento anche per lunghe distanze. Per le aziende che praticano ristoppio, il fungo può estivare sia sui ricacci delle piante nate dopo le piogge ma più generalmente da paglie e stoppie infette attraverso teleutospore settate, allungate e bicellulari (Figura 12). Nelle annate caratterizzate da eventi piovosi importanti, in particolar modo

nell'ultima fase del ciclo vegetativo con elevata umidità dell'aria e temperature comprese tra i 15 °C e i 20 °C, si hanno le condizioni ottimali per lo sviluppo di questo agente patogeno. Con queste condizioni il fungo è in grado di produrre nuove generazioni ogni 10-14 giorni.

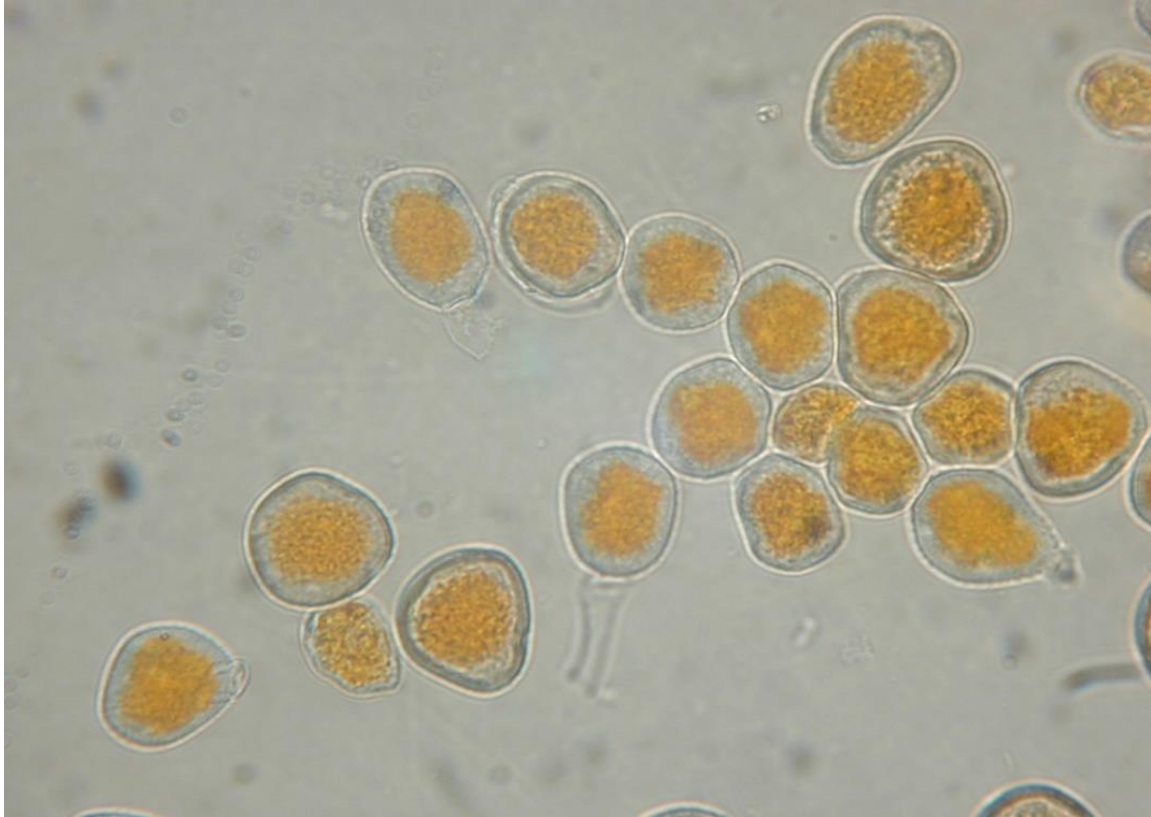


Figura 12 – Immagine di spore della ruggine bruna al microscopio ottico. Fonte: ASSAM, 2017 - Servizio fitosanitario.

P. striiformis è l'agente eziologico della ruggine gialla. Quest'ultima ha un ciclo biologico (Figura 13) più semplice rispetto alle ruggini precedentemente descritte in quanto non attacca nessun ospite secondario. Questa ruggine viene definita autorica in quanto le teleutospore non hanno un ruolo determinante per garantire la sopravvivenza del fungo e quindi possiamo desumere che è assente la forma gamica. Il fungo estiva sotto forma di uredoconidi quiescenti e sverna come micelio nei tessuti. Le spore responsabili dell'infezione primaria sono le uredospore. Generalmente è la prima ruggine a manifestarsi in quanto le condizioni ambientali ottimali per il suo sviluppo sono rappresentate da temperature comprese tra i 15 °C e i 18 °C, tre ore di bagnatura fogliare ed un clima fresco ed umido. Temperature al disopra dei 23 °C ed un clima caldo e secco vanno ad ostacolare lo sviluppo del fungo.

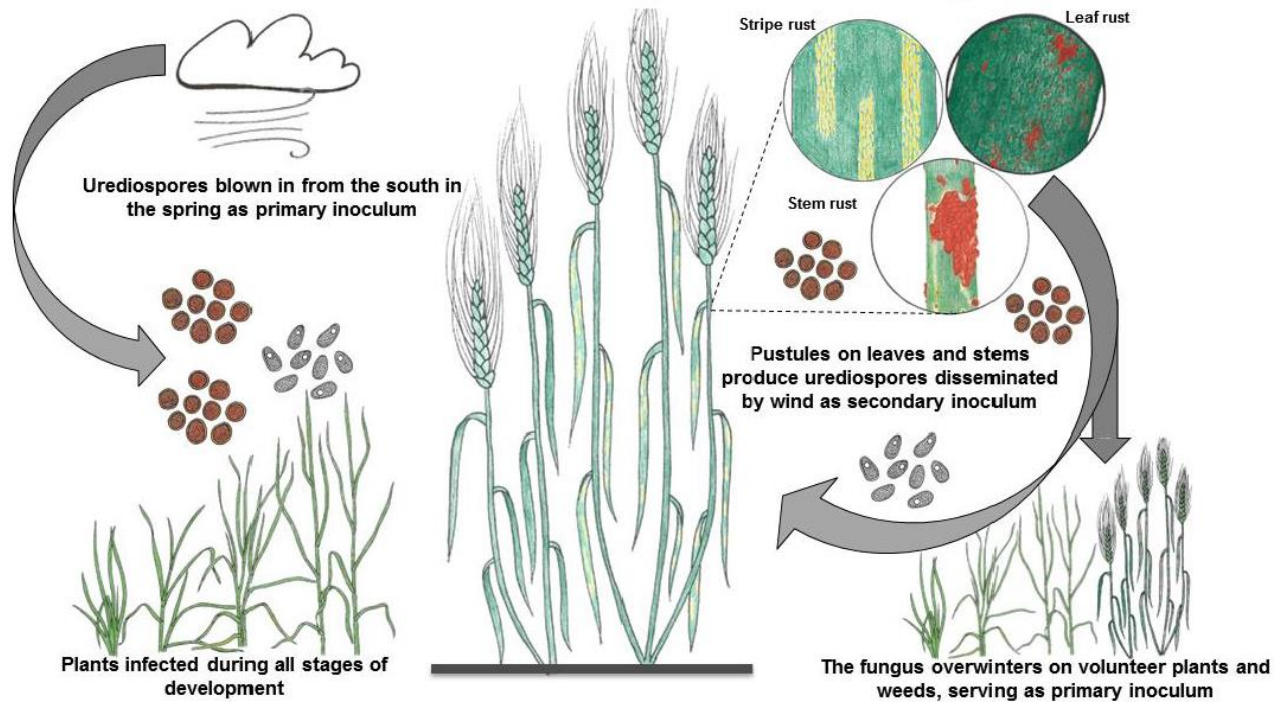


Figura 13 – Ciclo delle ruggini del frumento. Fonte: *The Ohio state university*, 2016.

2.2.4. Difesa

Le misure di difesa adottabili per annullare o limitare lo sviluppo di queste ruggini sono sia di tipo agronomico che di tipo chimico nei casi più gravi (Casulli et al. 2003). Una strategia di difesa agronomica che ha dato risultati molto soddisfacenti per evitare gli attacchi della ruggine nera è quella che ha portato a sviluppare e coltivare varietà a maturazione precoce che consentano quindi di evitare gli attacchi di questa ruggine i quali avvengono tardivamente. Alcune metodologie di difesa applicabili per limitare o annullare l'attacco di tutti i tipi di ruggine sono:

- ✓ coltivazioni di varietà resistenti;
- ✓ concimazioni regolari ed equilibrate, senza eccessi in modo particolare per l'azoto;
- ✓ semine autunnali ritardate in modo tale da evitare che il cereale si sviluppi nei periodi in cui le condizioni ambientali sono favorevoli per il patogeno;
- ✓ interrimento completo dei residui colturali;
- ✓ distruzione degli ospiti secondari;
- ✓ praticare rotazioni colturali corrette;
- ✓ trattamenti fungicidi.

Per quanto riguarda l'applicazione di mezzi chimici avviene generalmente alla comparsa dei primi sintomi a livello delle due foglie (L2 ed L3) sotto la foglia a bandiera (L1). Naturalmente devono essere applicati prodotti inseriti all'interno dei disciplinari di

produzione integrata, meglio se fatto seguendo modelli previsionali del rischio infettivo. I prodotti applicati contro queste avversità sono generalmente riconducibili al gruppo degli IBS o degli inibitori dell'ubichinolo.

2.3. OIDIO

2.3.1. Caratteristiche generali

Questa patologia viene anche definita come “mal bianco” a causa della colorazione e dell'aspetto polverulento che gli organi una volta attaccati assumono. L'agente casuale dell'oidio è *Blumeria graminis* un patogeno specializzato, obbligato ed ectofita. Questa malattia è in grado di attaccare tutte le parti della pianta ma si sviluppa con maggior frequenza a livello fogliare (Belli, 2012). È un'avversità presente in tutte le aree cerealicole ed in particolar modo nelle regioni umide. È in grado di generare danni notevoli causando perdite produttive fino al 30% ed in alcuni casi eccezionali anche oltre.

2.3.2. Sintomatologia

I sintomi si manifestano inizialmente nella parte basale della pianta, in particolar modo nelle zone a vegetazione più fitta, per poi proseguire verso le foglie superiori. Il primo sintomo che si manifesta è rappresentato dalla formazione di un micelio sottile che si sviluppa all'esterno della pianta ospite con aspetto inizialmente biancastro e consistenza cotonosa per poi virare ad un colore più tendente al grigiastro. L'area interessata dallo sviluppo del micelio risulta essere decolorata anche qualche giorno prima della formazione dello stesso. Dal micelio emergono i conidiofori, responsabili della produzione dei conidi, i quali conferiscono un aspetto polverulento alle colonie del fungo (Salgado e Pierce, 2016). Nel momento in cui le condizioni ambientali diventano favorevoli allo sviluppo del patogeno, quest'ultimo differenzia i corpi fruttiferi (cleistotecii) che appaiono come piccoli puntini neri collocati nel micelio (Figura 14). Il micelio biancastro ha un ruolo di barriera meccanica nei confronti dell'attività fotosintetica della pianta attaccata causando anche un aumento del processo respiratorio e traspiratorio; mentre gli austori hanno il ruolo di sottrarre sostanze nutritive all'ospite.



Figura 14 – Sintomatologia di oidio su foglia di frumento.

2.3.3. *Eziologia ed epidemiologia*

A seconda della specie vegetale colpita si possono avere differenti tipi di oidio ma nel nostro caso la specie che attacca il frumento duro è *B. graminis* f. sp. *tritici* la quale risulta essere la forma teleomorfa (gamica). Al contrario la forma anamorfa del fungo (agamica) viene identificata con il nome di *Oidium monilioides* (Tabella 3).

Tabella 3 – Classificazione relativa all'oidio. Fonte: Belli, 2012.

| | |
|-----------------|---------------------------|
| REGNO | <i>Fungi</i> |
| PHYLUM | <i>Leotiomycetes</i> |
| ORDINE | <i>Erysiphales</i> |
| FAMIGLIA | <i>Leotiomycetes</i> |
| SPECIE | <i>Blumeria graminis</i> |
| | <i>Oidium monilioides</i> |

B. graminis è un parassita obbligatorio non in grado di svilupparsi al di fuori del tessuto vivente. Questo fungo sopravvive nel periodo invernale sottoforma di periteci o di micelio a livello dei residui colturali o su ospiti secondari. Le infezioni primarie sono causate dalle

ascospore prodotte dai cleistoteci (Figura 16) o dai conidi (Figura 17) i quali provengono da ospiti secondari o da campi infetti che si possono trovare anche a distanze notevoli grazie all'azione del vento (Salgado e Pierce, 2016). Una volta che si sono depositati sulla superficie fogliare emettono un tubo germinativo il quale è in grado di perforare la cuticola penetrando nelle cellule vegetali (Figura 15). Proprio da queste il fungo sottrae nutrimento per il suo sviluppo. Avvenuta l'infezione, nel giro di 6-10 giorni, si ha la manifestazione del sintomo rappresentato dalle pustole da cui il micelio si allarga e produce conidi aventi la caratteristica forma "a catenella" che si diffondono attraverso il vento.

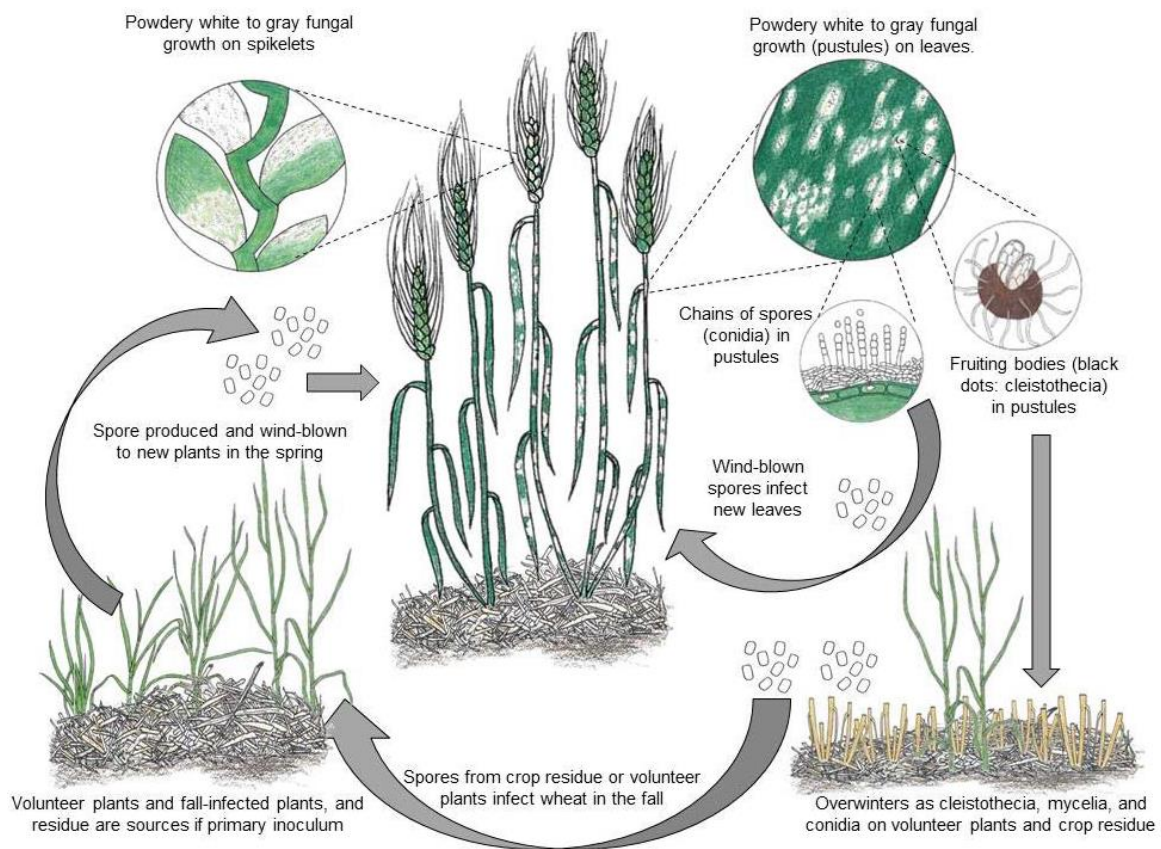


Figura 15 – Ciclo dell'oidio su frumento. Fonte: *The Ohio state university*, 2016.



Figura 16 – Cleistoteci di Oidio visti al microscopio ottico. Fonte: ASSAM, 2017 - Servizio fitosanitario.



Figura 17 – Conidi di Oidio aventi la caratteristica forma “a catenella” visti al microscopio ottico. Fonte: ASSAM, 2017 - Servizio fitosanitario.

B. graminis è un fungo ad elevata tolleranza termica infatti è in grado di rimanere attivo a temperature comprese tra i 4 °C e i 30 °C con livelli di umidità dal 50 % in su. Le condizioni ottimali per lo sviluppo sono, oltre l'elevata umidità relativa, (maggiore dell'85 %) una temperatura compresa tra i 12 e i 20 °C. Al contrario temperature superiori ai 25 °C ne generano il rallentamento dello sviluppo. Oltre a temperatura e umidità, affinché ci sia la germinazione dei conidi e la contaminazione dei tessuti è necessaria l'alternanza di periodi secchi a periodi caldo umidi con giornate ventose per favorire l'aumento del livello infettivo.

2.3.4. Difesa

Per prevenire attacchi oidici è consigliabile effettuare concimazioni azotate equilibrate, ridurre la densità di semina, interrare i residui colturali e impiegare varietà tolleranti o resistenti nei confronti di questa avversità (Salgado e Pierce, 2016). Se queste pratiche non risultano sufficienti per limitare lo sviluppo dell'avversità si deve procedere attraverso l'applicazione di prodotti fungicidi specifici (Mori e Romano, 2015). Questo avviene sempre seguendo i disciplinari di produzione integrata i quali stabiliscono, oltre i prodotti da utilizzare, anche le soglie d'intervento. Quest'ultime sono generalmente pari a 10-12 pustole distribuite in maniera uniforme sulla foglia a bandiera e sulla foglia sottostante (rispettivamente L1 ed L2). Oltre a stabilire le soglie d'intervento, al fine di limitare i trattamenti fungicidi, si possono applicare anche dei modelli previsionali del rischio infettivo, molti dei quali già presenti sul mercato ed altri in fase di messa a punto e perfezionamento.

3. OBIETTIVI DELLA RICERCA

La regione Marche è una delle principali regioni cerealicole italiane con una produzione annuale che oscilla intorno alle quattrocentocinquantomila tonnellate di frumento duro con una superficie investita pari a circa centomila ettari. Il frumento però, come già descritto nei capitoli precedenti, può essere soggetto a diverse avversità di varia natura che possono generare decrementi produttivi sia in termini quantitativi che in termini qualitativi. Il seguente studio; tra tutte le avversità che possono attaccare il frumento duro, prende in analisi le patologie fungine fogliari più dannose nell'areale cerealicolo marchigiano e nello specifico: complesso della septoriosi, ruggine bruna, ruggine gialla e oidio.

Il primo obiettivo di questa tesi risulta essere proprio quello di andare ad individuare tra le varietà saggiate, quelle che presentano una maggiore resistenza varietale o comunque quelle che presentano una minor sensibilità alle patologie fungine fogliari oggetto di studio. Oltre a quanto detto il seguente lavoro si pone l'obiettivo di andare a valutare sia l'incidenza del sito di coltivazione che l'andamento climatico sullo sviluppo delle patologie analizzate. Le varietà di frumento duro prese in esame nel corso della sperimentazione sono state scelte tra quelle di maggior interesse per la coltivazione sia a livello nazionale che regionale. Questo lavoro di tesi risulta essere estremamente attuale in quanto sia l'agricoltura integrata, ma in particolar modo l'agricoltura biologica, punta a contrastare lo sviluppo delle malattie attraverso linee d'intervento a basso impatto ambientale limitando o escludendo, nel caso del biologico, l'impiego di mezzi chimici di sintesi nella lotta chimica. Per queste ragioni l'individuazione di varietà con maggiori livelli di resistenza risulta essere una strategia di controllo vincente e per questo deve essere sempre in considerazione nella scelta varietale. Oltre che a limitare l'utilizzo di agrofarmaci, l'impiego di varietà resistenti ci consente di ridurre i costi di produzione aumentando oltre il reddito dell'agricoltore anche la sostenibilità dell'intera filiera limitando allo stesso tempo i rischi per l'uomo e per l'ambiente. In aggiunta a quanto detto l'individuazione di varietà meno sensibili può essere un punto di partenza fondamentale da cui sviluppare piani di miglioramento genetico.

4. MATERIALI E METODI

4.1. IMPOSTAZIONE DELLA PROVA SPERIMENTALE

Questo lavoro di tesi si è svolto per una durata pari a tre annate agrarie e più precisamente ha coinvolto le annate 2017-2018, 2018-2019 e 2019-2020. Le prove si sono condotte per tutte le annate nelle due medesime località in provincia di Ancona, una a Jesi e l'altra a Santa Maria Nuova. Entrambi i siti sperimentali sono gestiti dall'ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) la quale proprio in queste località conduce le prove di confronto varietale nazionale per il frumento duro (Tabella 5 e tabella 6), per il frumento tenero e per l'orzo. Su una parte delle parcelle delle prove di confronto varietale nazionale si è sviluppata la seguente tesi sperimentale. Tutte le parcelle non hanno subito alcun tipo di trattamento chimico volto a limitare lo sviluppo di funghi patogeni al fine di non ostacolare lo sviluppo delle malattie garantendo la veridicità dei dati. Per la seguente prova sono state selezionate 12 varietà di frumento duro che rappresentano quelle maggiormente coltivate nei nostri areali o quelle che stanno riscuotendo maggior successo ripetute in entrambi i siti sperimentali. Di seguito si riportano le diverse varietà saggiate nel corso degli anni (Tabella 4), ogni varietà è stata saggiata per un minimo di un anno fino ad un massimo di tre. Questa variabilità delle varietà nel corso delle diverse annate è dovuta al fatto che la seguente prova, come già detto, si è tenuta sui frumenti duri testati a livello nazionale e quindi soggetti a variazione nel corso degli anni. Tra tutte le varietà saggiate, sei sono quelle comuni a tutte e tre le annate e all'annata 2016-2017 (Peticarà, 2017). Su queste sono state condotte una serie di analisi statistiche dei dati ed elaborazioni al fine di definire le varietà più resistenti e quelle più suscettibili nei confronti delle malattie esaminate.

Tabella 4 – Tabella che riporta le varietà saggiate in entrambi i siti sperimentali nel corso dei tre anni di prove del seguente lavoro e dell'annata 2017 (Perticarà, 2017).

| N° Varietà | Annate | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| 1 | Claudio | Claudio | Claudio | Claudio |
| 2 | Tirex | Tirex | | |
| 3 | Marco Aurelio | Marco Aurelio | Marco Aurelio | Marco Aurelio |
| 4 | Saragolla | Saragolla | Saragolla | |
| 5 | Iride | Iride | Iride | Iride |
| 6 | Svevo | Svevo | Svevo | Svevo |
| 7 | Obelix | Obelix | Obelix | |
| 8 | Monastir | Monastir | Monastir | Monastir |
| 9 | Odisseo | Odisseo | Odisseo | Odisseo |
| 10 | Ettore | Ettore | Ettore | |
| 11 | Achille | Achille | | |
| 12 | | | Daurur | Daurur |

Nella tabella di seguito invece si riportano le principali caratteristiche delle varietà saggiate in questo lavoro sperimentale ottenute dai medesimi siti nelle annate 2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018 (Mazzieri et al. 2018).

Tabella 5 – Tabella che riporta le medie delle principali caratteristiche varietali dei frumenti oggetto di analisi. Fonte ASSAM, 2018 dalle prove di confronto varietale dei cereali condotte a S. Maria Nuova (AN) nelle annate 2016 - 2017 - 2018.

| VARIETÀ | INDICE PRODUTTIVO | DATA SPIGATURA (gg dal 1 / 4) | ALTEZZA PIANTE (cm) | PESO 1000 SEMI (gr) | CICLO VEGETATIVO |
|------------------|------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| MARCO | 111 | 29 | 89 | 48.3 | Medio -tardivo |
| AURELIO | | | | | |
| MONASTIR | 107 | 23 | 87 | 52.9 | Medio-tardivo |
| ACHILLE | 102 | 27 | 92 | 45.6 | Precoce |
| OBELIX | 106 | 32 | 97 | 45.3 | Medio-tardivo |
| IRIDE | 101 | 23 | 84 | 44.4 | Tardivo |
| ETTORE | 101 | 26 | 89 | 49.3 | Precoce |
| CLAUDIO | 107 | 25 | 92 | 50.3 | Medio-precoce |
| ODISSEO | 102 | 29 | 87 | 44.8 | Tardivo |
| SARAGOLLA | 94 | 24 | 79 | 42.0 | Medio precoce |
| TIREX | 98 | 23 | 84 | 43.4 | Precoce |
| SVEVO | 92 | 21 | 92 | 45.3 | Precoce |
| DAURUR | 103 | 33 | 89 | 45.9 | Tardivo |

Tabella 6 – Tabella che riporta le medie delle principali caratteristiche varietali dei frumenti oggetto di analisi. Fonte ASSAM, 2018 dalle prove di confronto varietale dei cereali condotte a Jesi (AN) nelle annate 2016 – 2017 – 2018

| VARIETA | INDICE PRODUTTIVO | DATA SPIGATURA (gg dal 1 / 4) | ALTEZZA PIANTE (cm) | PESO 1000 SEMI (gr) | CICLO VEGETATIVO |
|------------------|------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| MARCO | 111 | 27 | 87 | 53.7 | Medio-Tardivo |
| AURELIO | | | | | |
| MONASTIR | 102 | 21 | 84 | 55.2 | Medio-precoco |
| ACHILLE | 98 | 25 | 88 | 50.3 | Medio |
| OBELIX | 102 | 31 | 93 | 53.4 | Tardivo |
| IRIDE | 104 | 21 | 79 | 48.6 | Precoco |
| ETTORE | 98 | 24 | 85 | 51.8 | Medio |
| CLAUDIO | 105 | 24 | 91 | 51.9 | Medio |
| ODISSEO | 97 | 27 | 86 | 49.3 | Tardivo |
| SARAGOLLA | 102 | 21 | 77 | 47.9 | Precoco |
| TIREX | 108 | 21 | 83 | 49.9 | precoco |
| SVEVO | 92 | 20 | 86 | 52.0 | Precoco |
| DAURUR | 106 | 30 | 87 | 53.2 | Medio-tardivo |

Le prove sperimentali hanno previsto uno schema a blocchi randomizzati con tre ripetizioni per ogni sito - per ogni varietà ed una superficie particellare di 10 m² (5x2 m). Di seguito sono riportati gli schemi dei campi oggetto di studio e la disposizione delle parcelle riferite all'annata 2018-2019 sia di Jesi (Figura 18) che di Santa Maria Nuova (Figura 19).

| | | | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| 85 Simeteo | 86 Nuraghe | 87 Antalis | 88 Heraklion | 89 Marakas | 90 Obelix | BLOCCO 3 |
| 79 Marco Aurelio | 80 Sy Arlante | 81 Monastir | 82 Casteldoux | 83 RGT | 84 Furio Camillo | |
| 73 Augusto | 74 Saragolla | 75 RGT Aventadur | 76 Core | 77 Idefix | 78 Caboto | |
| 67 RGT Rangodur | 68 Solstizio Estate | 69 Ettore | 70 Daurur | 71 LG Anubis | 72 Platone | |
| 61 Giulio | 62 Svevo | 63 Claudio | 64 Odisseo | 65 Iride | 66 Tito Flavio | |
| 55 RGT Aventadur | 56 Heraklion | 57 Augusto | 58 Tito Flavio | 59 Casteldoux | 60 Obelix | |
| 49 LG Anubis | 50 RGT Rangodur | 51 Solstizio Estate | 52 Sy Atlante | 53 Caboto | 54 Ettore | |
| 43 Daurur | 44 RGT Anvergur | 45 Claudio | 46 Odisseo | 47 Giulio | 48 Platone | |
| 37 Core | 38 Iride | 39 Simeteo | 40 Nuraghe | 41 Idefix | 42 Marco Aurelio | |
| 31 Antalis | 32 Marakas | 33 Svevo | 34 Monastir | 35 Furio Camillo | 36 Saragolla | |
| 25 RGT Rangodur | 26 RGT | 27 Antalis | 28 Caboto | 29 Saragolla | 30 Odisseo | BLOCCO 1 |
| 19 Marco Aurelio | 20 RGT Anvergur | 21 Idefix | 22 Obelix | 23 Monastir | 24 Claudio | |
| 13 Solstizio Estate | 14 Core | 15 Nuraghe | 16 Iride | 17 Sy Atlante | 18 Marakas | |
| 7 Ettore | 8 Casteldoux | 9 LG Anubis | 10 Heraklion | 11 Furio Camillo | 12 Svevo | |
| 1 Platone | 2 Simeteo | 3 Tito Flavio | 4 Daurur | 5 Giulio | 6 Augusto | |

Figura 18 – Schema che rappresenta la disposizione spaziale delle parcelle nel campo sperimentale di Jesi (AN) nell’annata 2018-2019. Le parcelle colorate indicano le varietà oggetto di studio, mentre i diversi colori indicano i tre blocchi randomizzati.

| | | | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| 85 Solstizio Estate | 86 Sy Atlante | 86 Simeteo | 88 RGT Anvergur | 89 Heraklion | 90 Furio Camillo | BLOCCO 3 |
| 79 RGT Aventadur | 80 Saragolla | 81 Claudio | 82 Idefix | 83 Augusto | 84 Odisseo | |
| 73 Svevo | 74 Caboto | 75 Casteldoux | 76 Monastir | 77 Ettore | 78 RGT Ragodur | |
| 67 Marakas | 68 Obelix | 69 LG Anubis | 70 Giulio | 71 Daurur | 72 Core | |
| 61 Tito Flavio | 62 Nuraghe | 63 Platone | 64 Antalis | 65 Iride | 66 Marco Aurelio | |
| 55 RGT Aventadur | 56 Saragolla | 57 LG Anubis | 58 Sy Atlante | 59 Idefix | 60 Core | |
| 49 Anvergur | 50 Claudio | 51 Tito Flavio | 52 Ettore | 53 Iride | 54 Obelix | BLOCCO 2 |
| 43 Casteldoux | 44 Odisseo | 45 Heraklion | 46 Platone | 47 Nuraghe | 48 Simeteo | |
| 37 RGT Rangodur | 38 Solstizio Estate | 39 Marakas | 40 Monastir | 41 Furio Camillo | 42 Giulio | |
| 31 Daurur | 32 Augusto | 33 Marco Aurelio | 34 Caboto | 35 Svevo | 36 Antalis | |
| 25 Caboto | 26 Marco Aurelio | 27 Tito Flavio | 28 Claudio | 29 LG Anibis | 30 Augusto | |
| 19 Casteldoux | 20 RGT Rangodur | 21 Saragolla | 22 Antalis | 23 Core | 24 RGT Anvergur | BLOCCO 1 |
| 13 Heraklion | 14 Giulio | 15 Solstizio Estate | 16 RGT Aventadur | 17Marakas | 18 Nuraghe | |
| 7 Obelix | 8 Ettore | 9 Furio Camillo | 10 Idefix | 11 Sy Atlante | 12 Daurur | |
| 1 Svevo | 2 Iride | 3 Odisseo | 4 Simeteo | 5 Monastir | 6 Platone | |

Figura 19 – Schema che rappresenta la disposizione spaziale delle parcelle nel campo sperimentale di Santa Maria Nuova (AN) nell’annata 2018-2019. Le parcelle colorate indicano le varietà oggetto di studio, mentre i diversi colori indicano i tre blocchi randomizzati.

4.2. DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SITI D'INDAGINE

Come già detto le prove sono state condotte entrambe nella provincia di Ancona rispettivamente nei comuni di Jesi e Santa Maria Nuova (Figura 20) presso i campi sperimentali gestiti dall'ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) (Figura 21 e Figura 22).

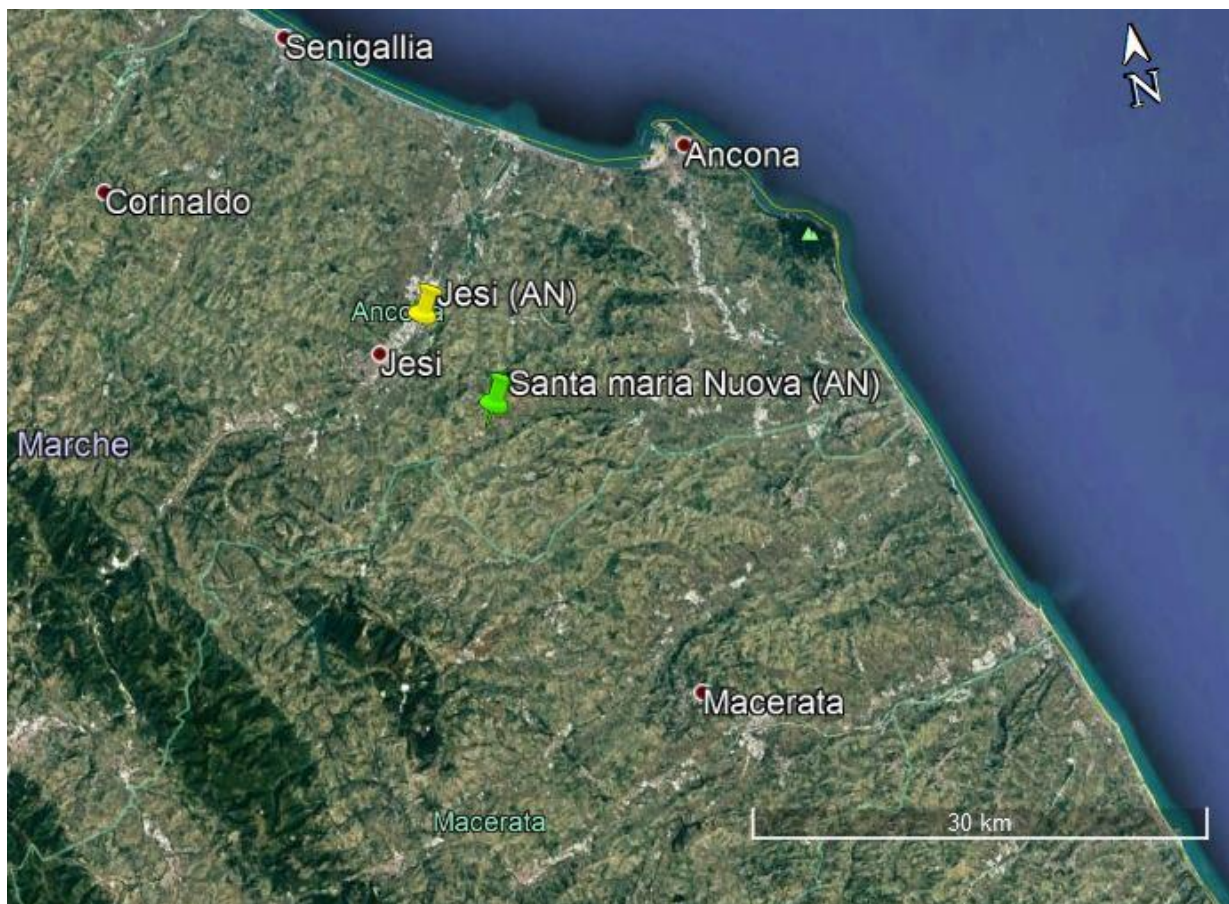


Figura 20 – Localizzazione geografica dei campi oggetto di sperimentazione.

Di seguito si riporta in tabella le principali caratteristiche del sito di Jesi e di Santa Maria Nuova mettendole a confronto (Tabella 7).

Tabella 7 – Caratteristiche siti sperimentali. Fonte: ASSAM, 2018.

| | JESI | S. M. NUOVA |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| REGIONE | Marche | Marche |
| PROVINCIA | Ancona | Ancona |
| COMUNE | Jesi | Santa Maria Nuova |
| VIA | Roncaglia, 20 | Francescona |
| LATITUDINE | 43°32'0.29"N | 43°28'28.82"N |
| LONGITUDINE | 13°16'36.18"E | 13°19'14.80"E |
| ALTITUDINE | 96 m s.l.m. | 217 m s.l.m. |
| GIACITURA | Pianeggiante | Collinare |
| TERRENO | Franco – argilloso | Medio impasto |

**Figura 21** – Immagine satellitare che individua il campo sperimentale di Santa Maria Nuova (AN).



Figura 22 – Immagine satellitare che individua il campo sperimentale di Jesi (AN).

Le differenze sostanziali tra i due siti sono rappresentate dall'altitudine, dalla giacitura e dalla tipologia di terreno. Il sito di Jesi (Figura 25) risulta completamente pianeggiante disposto su un fondo valle con terreno franco - argilloso mentre quello di Santa Maria Nuova (Figura 24) risulta collinare con terreno medio impasto. Entrambi le caratteristiche influenzeranno lo sviluppo delle avversità fungine trattate e saranno importanti elementi di confronto nell'analisi dei dati ottenuti.

4.3. RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI

Per ogni annata esaminata nei due siti d'indagine sono stati condotti 2 rilievi al fine di valutare l'incidenza delle malattie fungine fogliari. Il primo rilievo è stato generalmente condotto a metà maggio mentre il secondo nell'ultima settimana di maggio o al massimo in alcuni casi i primi giorni di giugno. La variabilità della data del campionamento è derivata prevalentemente dalle condizioni atmosferiche e dallo stato fenologico della nostra coltura. La metodologia applicata per la determinazione dell'incidenza ha previsto la valutazione per ogni parcella di ogni replica, per ogni sito oggetto di studio di 10 piante. La scelta delle piante da visionare, al fine di renderla il più possibile standardizzata, è avvenuta secondo la metodologia di seguito riportata:

- ✓ scelta e visione di una pianta in prossimità dell'inizio della parcella e delle due piante vicine ad essa;

- ✓ scelta e visione di una pianta al centro della parcella e delle tre piante vicine a quella scelta;
- ✓ scelta e visione di una pianta in prossimità della fine della parcella e delle due piante vicino ad essa.

Quindi complessivamente vengono visionate 10 piante per ogni parcella (3 nella zona iniziale, 4 nella centrale e 3 nella zona terminale). Le piante scelte non devono mai essere posizionate ai bordi della parcella perché lì le condizioni di crescita sono diverse rispetto a quelle che si verificano nella zona centrale. Prima di scegliere le piante si deve però procedere all'individuazione della parcella in esame. Questo avviene seguendo lo schema della disposizione sopra riportato e visionando i cartellini identificativi disposti all'inizio di ogni parcella (Figura 23). Sono dei cartelli in plastica che riportano, oltre al nome della varietà e il sito, anche il numero identificativo assegnato in fase di semina.



Figura 23 – Cartellino identificativo di una parcella sperimentale.

Una volta identificata la parcella si prosegue nello stabilire lo stadio fenologico in cui la varietà si trova, fatto ciò si passa all'analisi delle 10 piante all'interno di ogni parcella. Per

ogni pianta presa in esame si va a valutare esclusivamente il culmo centrale tralasciando quelli di accestimento.

Il rilievo consiste nell'andare a determinare per ciascuna pianta, attraverso una stima visiva, l'area fogliare infetta espressa in percentuale, cioè la percentuale di superficie fogliare interessata da una determinata malattia. Questo valore verrà nei capitoli seguenti riportato in Afi (%) e cioè l'Area fogliare infetta in %. Questa operazione viene fatta prima per la foglia a bandiera (L1) e poi per le due foglie sottostanti (L2 e L3). Per alcune varietà durante il secondo rilievo non è stato possibile determinare il grado infettivo delle foglie L3 ed in alcuni casi anche di L2, poiché erano già in senescenza e quindi non leggibili.



Figura 24 – Campo sperimentale ubicato a Santa Maria Nuova (AN).



Figura 25 – Campo sperimentale ubicato a Jesi (AN).

I dati ottenuti dai singoli rilievi in campo sono stati inizialmente organizzati in fogli di calcolo Excel al fine di ottenere i valori di Area fogliare infetta (%) medi per le diverse malattie di ogni singola varietà e le relative deviazioni standard. Successivamente sono stati sottoposti ad elaborazione statistica, la quale ci ha consentito di valutare la significatività degli stessi. Il software di statistica impiegato per questa analisi prende il nome di SPSS20 (*Statistical Package for Social Science*), il quale ci ha permesso di condurre in una prima fase, per ogni singolo rilievo nelle due località nei diversi anni, un'analisi della varianza ANOVA (*Analysis of Variance*) ad una via. L'elaborazione è avvenuta secondo il disegno sperimentale a blocchi randomizzati. Le medie ottenute sono state separate applicando il test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), secondo il livello di probabilità $P \leq 0.05$. I grafici ottenuti dalla seguente analisi riportano sulle barre dei valori una lettera di significatività. La seguente ci indica che i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti in base al test LSD con $P \leq 0.05$.

Come già detto, per le sei varietà comuni alle annate oggetto di questo studio e con i dati del 2016-2017 (Perticarà, 2017), sono stati elaborati grafici e analisi statistiche per valutare l'evoluzione delle malattie saggiate nel corso degli anni e la loro incidenza sui

frumenti saggiati. Questi dati sono stati sottoposti anche ad analisi della varianza ANOVA a 2 fattori sempre applicando il test di Fisher LSD. La seguente ci ha consentito di mettere in relazione ogni singola malattia saggiata ad ogni rilievo con le altre variabili come: località, anni e varietà e le loro interazioni: località*anni, località*varietà, anni*varietà e località*anni*varietà. Da questa elaborazione sono state ottenute delle tabelle riportate nel capitolo n° 5 con i relativi valori di significatività (P). Dal valore ottenuto si può definire se l'interazione tra la singola variabile o la loro interazione con la malattia risulta essere significativa o meno.

Per tutti i dati ottenuti dai singoli rilievi in campo, è stata poi condotta una rank analisi. Quest'ultima ci ha consentito di disporre in ordine crescente di suscettibilità le varietà nei confronti delle singole malattie nei diversi rilievi. Infine, mediando la rank analisi complessiva dei singoli rilievi è stata elaborata una rank analisi conclusiva che definisce l'ordine finale di suscettibilità varietale nei confronti delle avversità esaminate in questo lavoro di tesi.

5. RISULTATI

In questo capitolo saranno analizzati tutti i risultati ottenuti dal seguente lavoro di ricerca avvalendosi anche di grafici e tabelle di analisi. Prima di scendere nel dettaglio dei risultati ottenuti saranno riportati e commentati nei paragrafi seguenti i grafici meteo delle annate oggetto di sperimentazione, relativi a tutto il periodo di sviluppo della coltura. Questo al fine di poter evidenziare se e come l'andamento termo-pluviometrico ha influenzato la diffusione delle diverse malattie fungine fogliari prese in esame.

I dati necessari per l'elaborazione dei grafici di seguito riportati sono stati acquisiti dai bollettini agrometeorologici del servizio agrometeo dell'ASSAM. Questi sono ottenuti attraverso le stazioni meteorologiche gestite per l'appunto da questo servizio regionale (Figura 26).

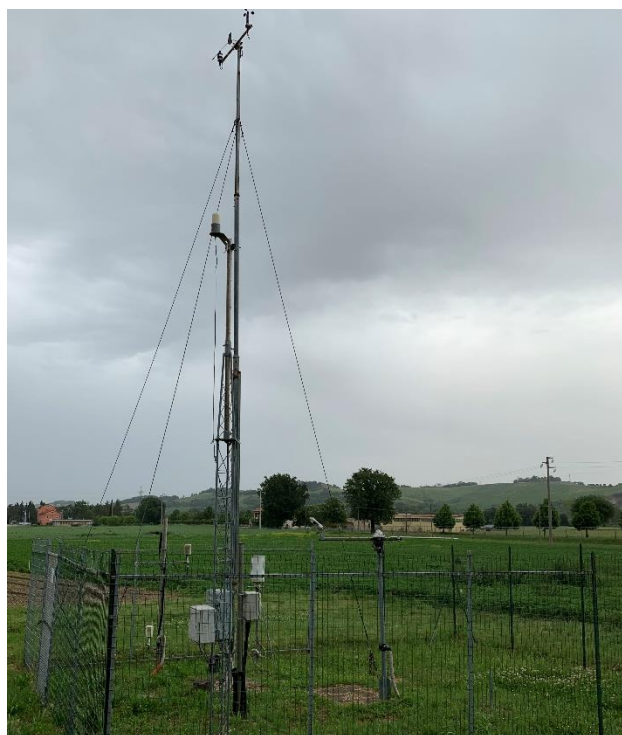


Figura 26 – Stazione meteorologica dell'ASSAM presso il sito sperimentale di Jesi (AN).

Ogni grafico riportato nei tre paragrafi seguenti contiene i dati relativi alle temperature massime (°C) e minime (°C), l'umidità relativa (%) e le precipitazioni totali (mm) in forma settimanale in riferimento al periodo che va dalla prima decade di novembre fino alla terza decade di maggio.

5.1. ANDAMENTO METEOROLOGICO ANNATA 2017-2018

5.1.1. Annata 2017-2018

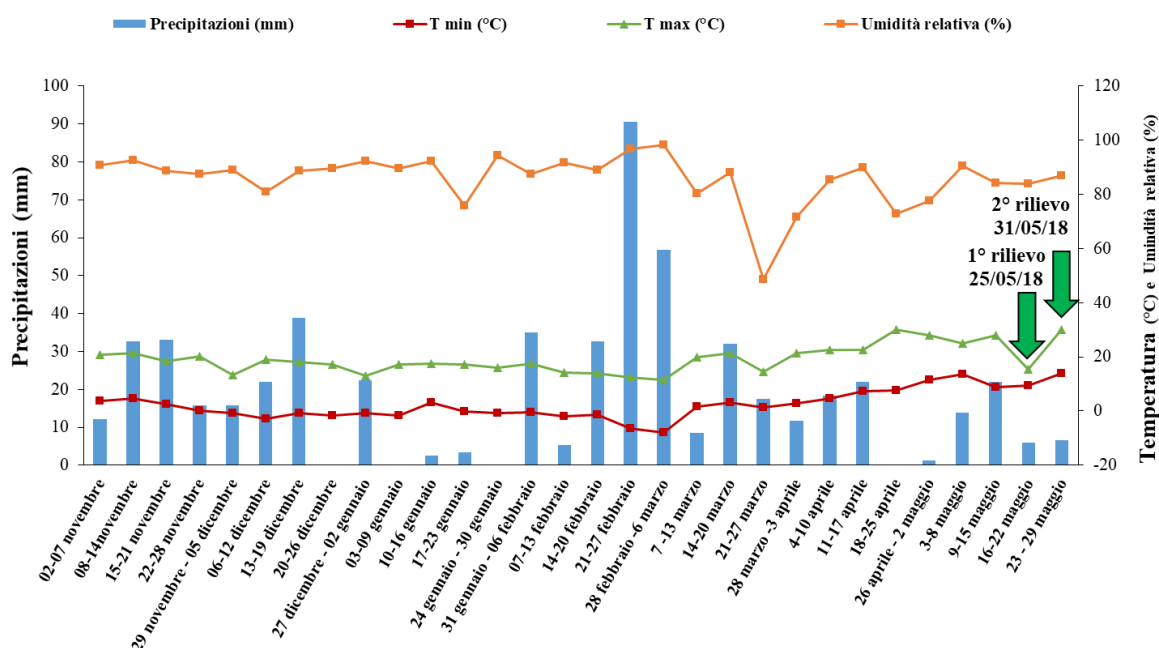


Figura 27 – Temperatura T min. (C°), T max. (C°), Umidità relativa (%) e precipitazioni totali (mm) decadale. Periodo 02 novembre 2017 – 29 maggio 2018. Jesi (AN). Fonte dati: ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) - Servizio agrometeorologico.

L'annata agraria 2017-2018 relativamente al sito sperimentale di Jesi è stata caratterizzata da eventi piovosi, in alcuni casi anche molto abbondanti, che hanno interessato il periodo tra la prima decade di febbraio e la prima di aprile (Figura 27). In questo arco temporale, più precisamente dal 21 febbraio al 6 marzo, si sono verificati una serie di eventi che hanno apportato dai 60 mm ai 90 mm di pioggia ogni settimana. Al contrario il mese di gennaio e la seconda metà di aprile sono stati contrassegnati da assenza di precipitazioni. Infine, il mese di maggio è stato caratterizzato da eventi piovosi, anche se di bassa intensità ma verificatesi settimanalmente. Ciò, come vedremo, in concomitanza all'aumento del regime termico ed ai livelli di umidità relativa che oscillano intorno all'85% ha rappresentato buone condizioni di sviluppo per il complesso della septoriosi e la ruggine bruna ed in misura inferiore per l'oidio.

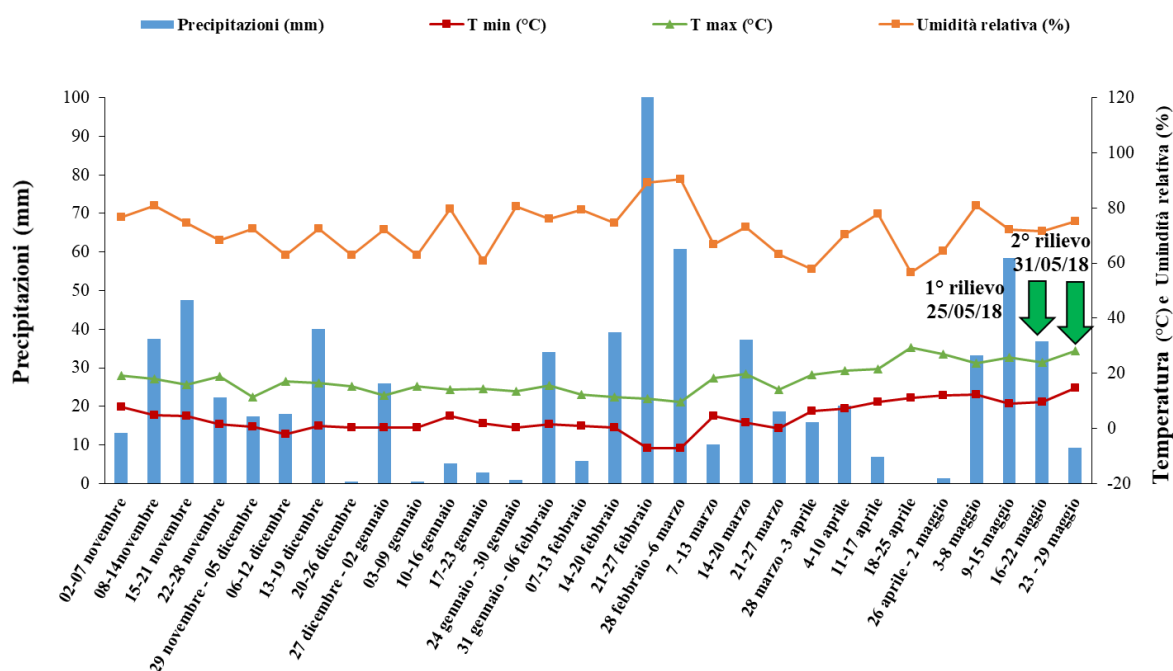


Figura 28 – Temperatura T min. (C°), T max. (C°), Umidità relativa (%) e precipitazioni totali (mm) decadale. Periodo 02 novembre 2017 – 29 maggio 2018. Santa Maria Nuova (AN). Fonte dati: ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) - Servizio agrometeorologico.

Il sito sperimentale di Santa Maria Nuova relativamente al medesimo periodo è stato interessato rispetto a Jesi da piogge molto più abbondanti (Figura 28). Infatti oltre al periodo da febbraio ad aprile, pressoché simili, il mese di maggio rappresenta la vera differenza. Esso è stato contrassegnato da eventi piovosi che si sono verificati tutte le settimane e che hanno raggiunto il livello massimo di 60 mm nella settimana dal 9 al 15 maggio. Relativamente al medesimo mese le temperature rispetto al sito di Jesi risultano più basse, sia la minima che la massima infatti oscillano tra i 9 °C e i 28 °C con livelli di umidità relativa del 70% contro gli 85-90% di Jesi. Queste condizioni, come analizzeremo nei paragrafi seguenti, in concomitanza con le caratteristiche del sito hanno condizionato fortemente lo sviluppo delle malattie fungine limitandone fortemente l'area fogliare ammalata rispetto a Jesi.

5.1.2. Annata 2018-2019

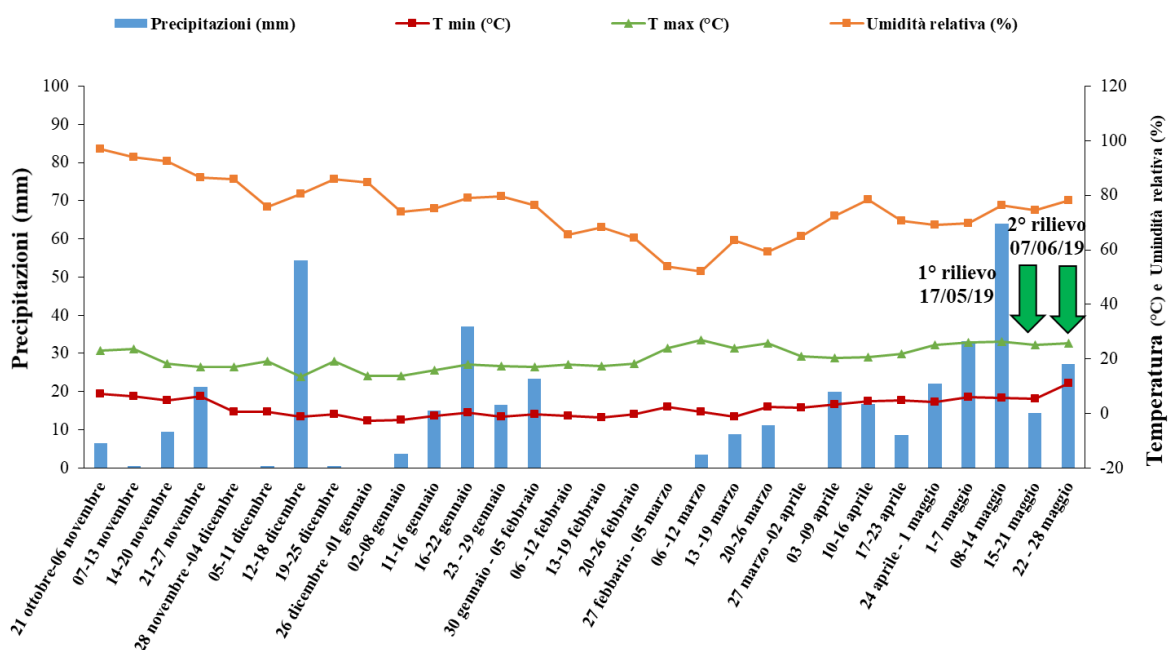


Figura 29 – Temperatura T min. (C°), T max. (C°), Umidità relativa (%) e precipitazioni totali (mm) decadale. Periodo 21 ottobre 2018 – 28 maggio 2019. Jesi (AN). Fonte dati: ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) - Servizio agrometeorologico.

Relativamente al sito di Jesi l'annata agraria 2018-2019 è stata caratterizzata da scarse piogge per tutto il periodo fino alla prima decade di aprile fatta qualche eccezione per il mese di gennaio e per un evento importante a dicembre (Figura 29). Questo andamento è stato invertito da inizio aprile fino a fine maggio dove si sono verificati in tutte le settimane eventi piovosi che hanno apportato in media ogni settimana 20 mm di pioggia fino ad un massimo di 60 mm nella seconda settimana da maggio. L'annata è stata caratterizzata da temperature al di sotto delle media, infatti se prendiamo in riferimento il periodo che va da aprile fino a fine maggio le temperature hanno oscillato da un minimo di 3°C fino ad un massimo di 26°C con livelli di umidità relativa intorno al 70%. Queste condizioni insieme alle caratteristiche del sito hanno favorito prevalentemente lo sviluppo della stagonosporiosi ed in misura minore anche della ruggine bruna.

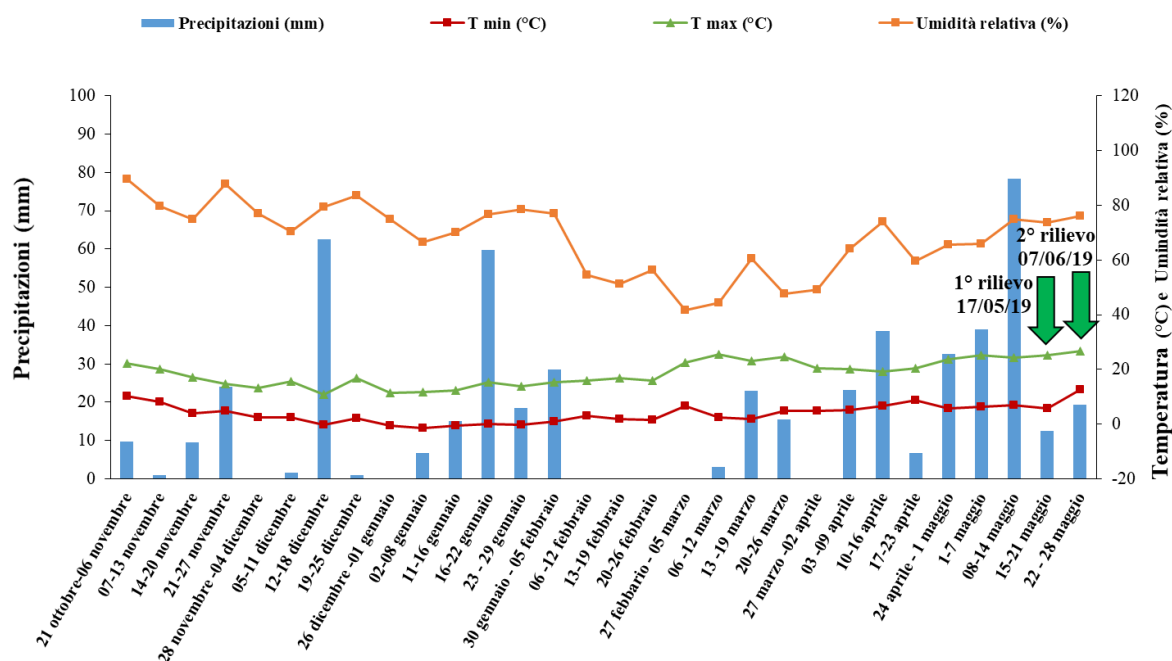


Figura 30 – Temperatura T min. (C°), T max. (C°), Umidità relativa (%) e precipitazioni totali (mm) decadale. Periodo 21 ottobre 2018 – 28 maggio 2019. Santa Maria Nuova (AN). Fonte dati: ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) - Servizio agrometeorologico.

Anche nel sito di Santa Maria Nuova le precipitazioni si sono prevalentemente concentrate nell'ultimo periodo della stagione vegetativa (da aprile a maggio) (Figura 30). Le temperature minime in questo caso risultano essere leggermente superiori a quelle registrate a Jesi e le massime leggermente inferiori. Sempre relativamente agli ultimi due mesi riportati in grafico l'umidità relativa risulta essere di poco inferiore al sito di Jesi nel mese di aprile per poi assumere valori pressoché simili nel mese di maggio. Anche in questo sito le condizioni ambientali come vedremo risulteranno favorevoli prevalentemente per lo sviluppo di stagonosporiosi ed in minima parte per ruggine bruna rispetto alle altre avversità fungine.

5.1.3. Annata 2019-2020

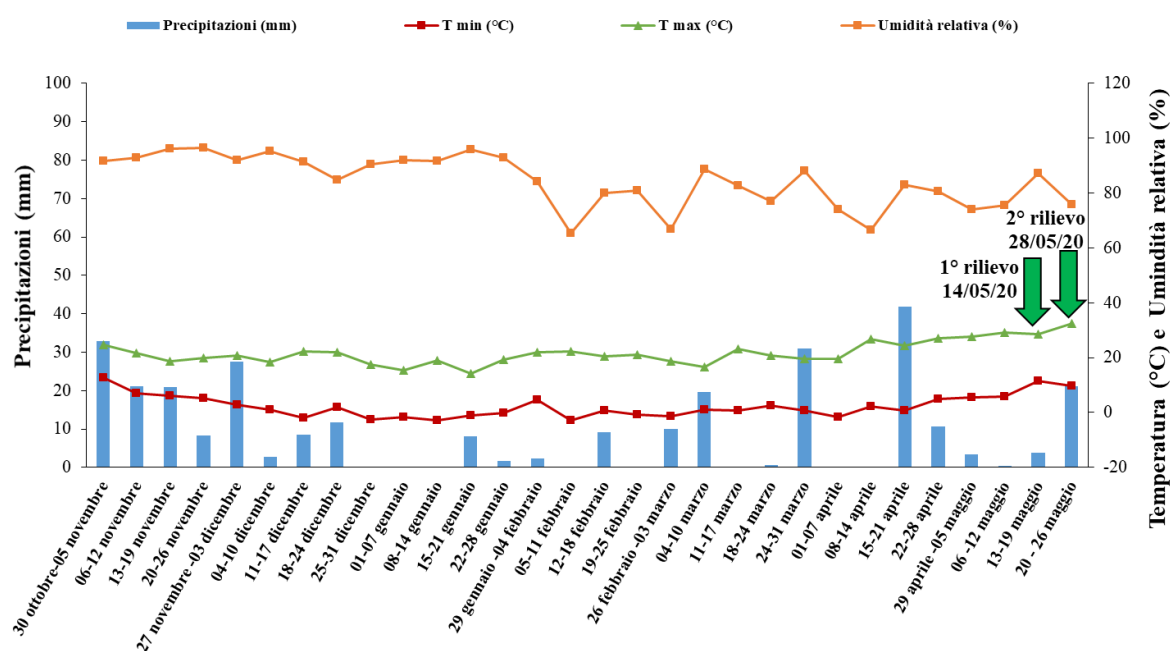


Figura 31 – Temperatura T min. (C°), T max. (C°), Umidità relativa (%) e precipitazioni totali (mm) decadale. Periodo 30 ottobre 2019 – 26 maggio 2020. Jesi (AN). Fonte dati: ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) - Servizio agrometeorologico.

L'annata 2019-2020 nel sito di Jesi è risultata quella più siccitosa tra le tre oggetto di analisi. Essa infatti è stata caratterizzata dall'assenza di eventi piovosi importanti per tutto il 2020 fatta qualche eccezione per l'ultima settimana di aprile e ed il mese di maggio, ma sempre in misura molto limitata (Figura 31). Questo ha portato il frumento a subire un forte stress idrico causandone la rapida entrata in senescenza. Infatti già al secondo rilievo condotto per questo sito le foglie L2 ed L3 risultano essere completamente senescenti. Ciò ha naturalmente limitato l'attacco delle avversità esaminate che, seppur in maniera molto limitata, nel secondo rilievo hanno interessato solo la foglia a bandiera. Di seguito si riportano due immagini (Figura 32 e Figura 33) dell'interfila fra le parcelle sperimentali per evidenziare il grave livello di siccità che ha condizionato l'annata in descrizione.



Figura 32 – Spaccatura del suolo nel sito sperimentale di Jesi. Annata 2019-2020.



Figura 33 – Spaccatura del suolo nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova. Annata 2019-2020.

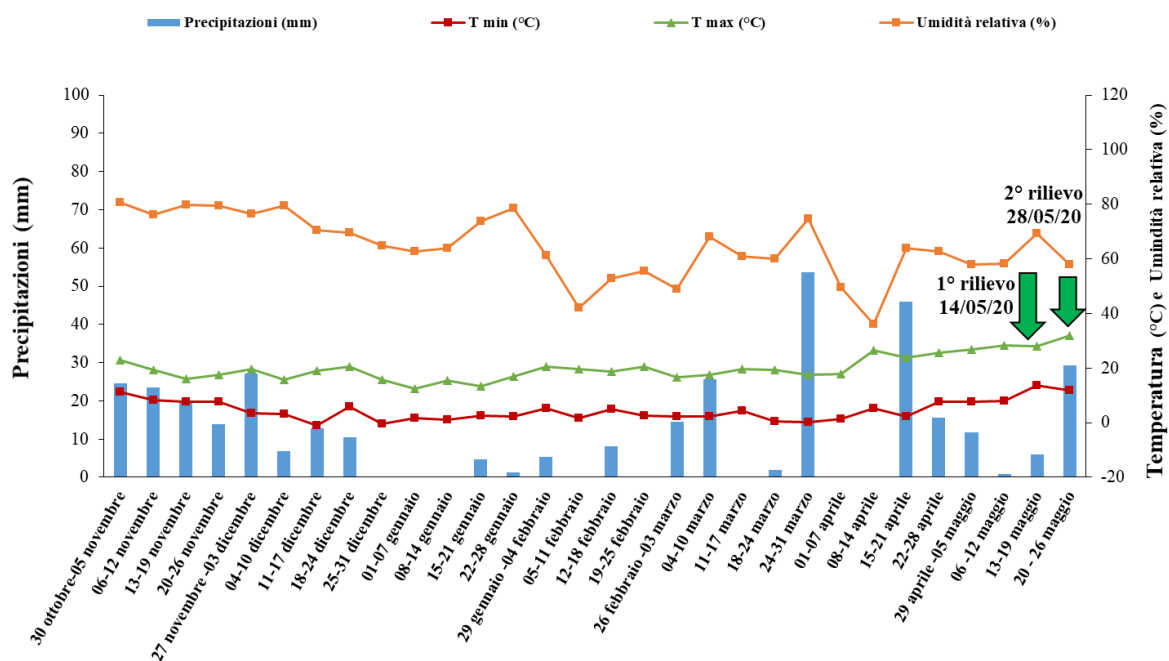


Figura 34 – Temperatura T min. (C°), T max. (C°), Umidità relativa (%) e precipitazioni totali (mm) decadale. Periodo 30 ottobre 2019 – 26 maggio 2020. Santa Maria Nuova (AN). Fonte dati: ASSAM (Azienda Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) - Servizio agrometeorologico.

Anche il sito di Santa Maria Nuova nell'annata 2019-2020 è stato interessato da eventi piovosi scarsi che hanno portato ad avere una situazione critica già a metà aprile (Figura 34). In questo campo sperimentale, grazie in particolar modo alle condizioni pedologiche del terreno, tendenzialmente argilloso che hanno permesso alla coltura di entrare molto più tardi in senescenza. Infatti nel secondo rilievo di Santa Maria Nuova condotto il 28/05/2020 come a Jesi la foglia in fase di senescenza era solo L3. Questa maggiore attività vegetativa rispetto al sito di Jesi ha portato però, anche se con bassi livelli, ad una maggiore esposizione agli attacchi fungini in particolar modo per quando riguarda la ruggine bruna ed in misura più limitata per l'oidio.

5.2. CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI NEI DUE SITI SPERIMENTALI NEI DIVERSI ANNI

Nei sotto paragrafi di seguito riportati, per ogni annata oggetto di studio, si andranno a riportare i grafici divisi uno per ogni rilievo, per ogni sito evidenziando l'area fogliare infetta (Afi %) con la relativa deviazione standard, di ogni malattia per le varietà saggiate. I dati ottenuti derivano dalla media delle tre foglie esaminate (L1, L2 ed L3) per le dieci piante di ogni parcella nelle tre ripetizioni. Relativamente al complesso della septoriosi, dati i

differenti periodi di attacco dei due agenti eziologici, è stato possibile imputare le infezioni registrate al primo rilievo a *S. tritici*, mentre le quelle del secondo a *S. nodorum*. Per questo motivo nella legenda dei grafici relativi al primo rilievo troveremo il termine septoriosi mentre in quelli del secondo stagonosporiosi.

5.2.1. Annata 2017-2018

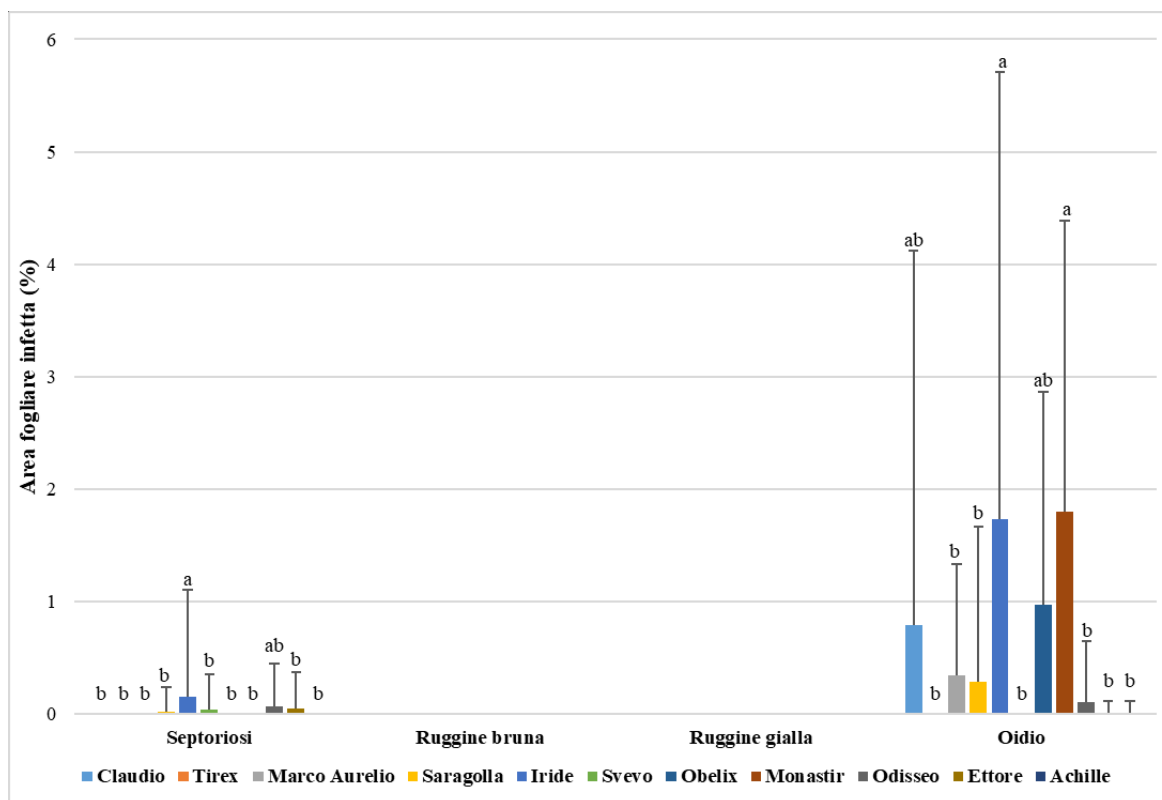


Figura 35 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Primo rilievo - annata 2017-2018.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Il primo rilievo dell'annata 2017-2018 è stato condotto in entrambi i siti sperimentali il 25 maggio 2018. Nel sito sperimentale di Jesi tale rilievo ha evidenziato livelli di malattia estremamente bassi per tutte le varietà (Figura 35). La malattia principalmente presente, fatta qualche eccezione per la septoriosi in tracce prevalentemente su Iride, è l'oidio. Quest'ultimo seppur risulta essere la malattia maggiormente presente non raggiunge mai in nessuna delle varietà saggiate il 2% di Afi (Area fogliare infetta). Le varietà dove si riscontrano i maggiori attacchi di oidio in misura statisticamente differente sono Monastir e

Iride rispetto a tutte le altre fatta eccezione per Claudio e Obelix. Quest'ultimo infatti ad analisi statistica risulta uguale a tutte le varietà saggiate grazie al suo valore infettivo intermedio. Per tutte le altre varietà l'oidio risulta assente o presente solo in minima traccia. In questo rilievo non sono stati riscontrati attacchi né di ruggine bruna, né di ruggine gialla.

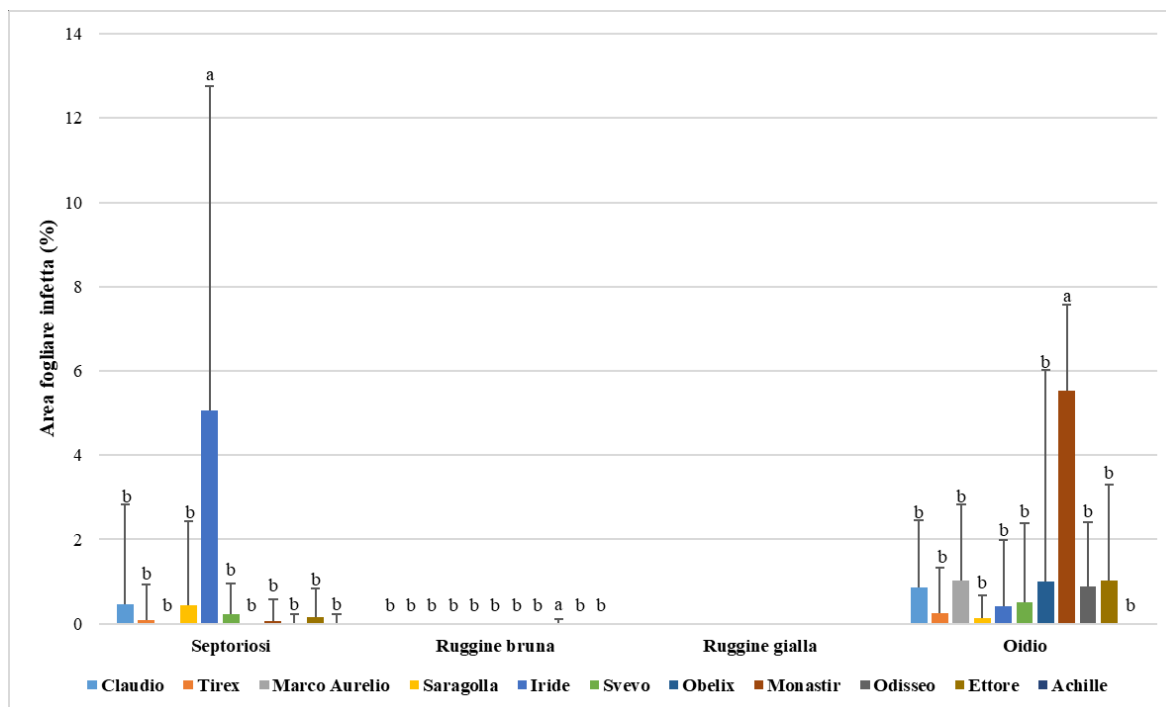


Figura 36 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Primo rilievo - annata 2017-2018.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Come già detto anche, nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova, il primo rilievo è stato effettuato il 25 maggio. In questo caso però il grafico sopra riportato evidenzia, a differenza di Jesi, livelli infettivi leggermente maggiori (Figura 36). Nel caso della septoriosi la varietà maggiormente attaccata è Iride con un livello infettivo del 5% discostandosi statisticamente da tutte le altre varietà. Quest'ultime risultano ad analisi statistica uguali in quanto presentano valori infettivi prossimi o uguali a zero. Per quanto riguarda la ruggine bruna è stata riscontrata in tracce solo su Odisseo mentre non è stata individuata la presenza di ruggine gialla. Infine, l'oidio ha colpito in maniera significativa Monastir registrando un'Afi pari al 5,5% rispetto a tutte le altre varietà che non hanno mai superato livelli infettivi

maggiori dell'1%. Questo ci consente di definire Monastir statisticamente differente rispetto tutte le altre varietà.

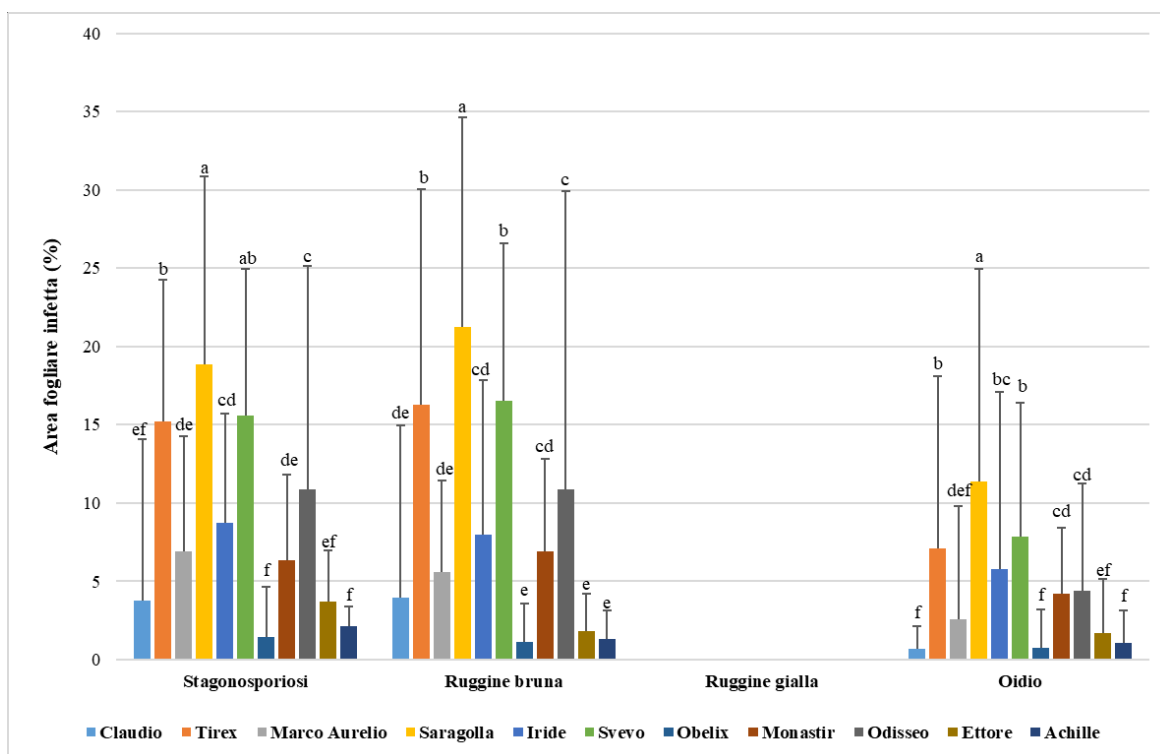


Figura 37 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Secondo rilievo - annata 2017-2018.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Analizzando il grafico riportante i dati ottenuti dal secondo rilievo effettuato presso il sito di Jesi il 31 maggio, si evidenzia un incremento notevole del livello infettivo di tutte le malattie, fatta eccezione per la ruggine gialla (Figura 37). Per quanto riguarda la stagonosporiosi, la varietà più colpita risulta essere Saragolla con quasi il 19% di foglia infetta. Essa infatti si differenzia anche statisticamente da tutte le altre varietà fatta eccezione per Svevo, con il 15,5% di foglia infetta. Tutte le altre varietà saggiate mostrano attacchi riconducibili a questa malattia ma quelle meno colpite sono: Achille ed Obelix seguite da Ettore e Claudio, tutte con livelli infettivi al di sotto del 4%. L'attacco di ruggine bruna è fortemente incrementato, rispetto al primo rilievo, registrando il 22% di Afi per Saragolla la quale risulta essere la varietà maggiormente attaccata seguita da Svevo con il 16,5%. Con livelli infettivi inferiori rispetto a quelli appena evidenziati ma maggiori del 10% troviamo Tirex e Odisseo, essi

risultano essere statisticamente differenti tra loro. Le restanti varietà evidenziano livelli di Afi inferiori al 10%, le meno attaccate risultano essere Obelix, Ettore ed Achille. Nel seguente rilievo come già evidenziato non sono stati riscontrati attacchi di ruggine gialla. Anche per oidio è stato registrato un incremento del livello infettivo su tutte le varietà. Saragolla con l'11% di Afi risulta essere la varietà più colpita discostandosi statisticamente da tutte le altre fatta eccezione per Svevo avente quasi l'8% di foglia attaccata da oidio. Le varietà meno attaccate da questa avversità risultano essere: Achille, Obelix e Claudio.

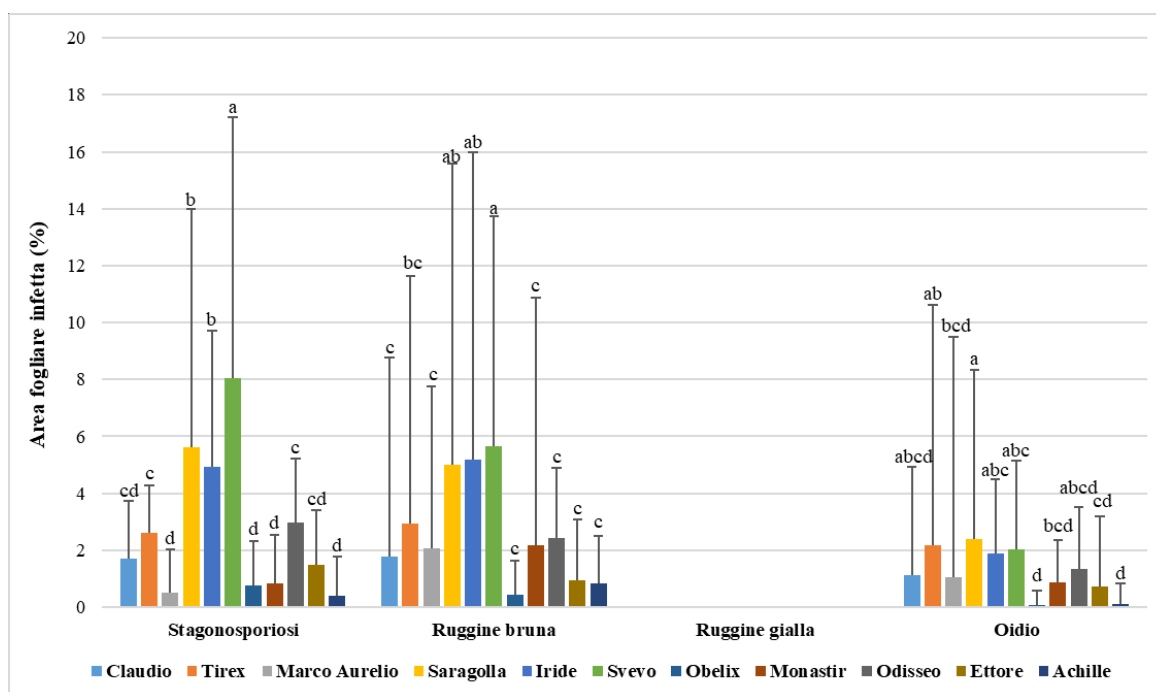


Figura 38 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Secondo rilievo - annata 2017-2018.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Per l'annata 2017-2018 l'ultimo grafico riportato è quello del secondo rilievo di Santa Maria Nuova (Figura 38). Dall'analisi del grafico si denota anche per questo sito un incremento del livello infettivo riguardante prevalentemente stagonosporiosi e ruggine bruna ma in misura estremamente inferiore rispetto a Jesi. In questo caso la varietà maggiormente attaccata da stagonosporiosi è Svevo con l'8% di Afi, essa risulta infatti essere significativamente differente rispetto a tutte le altre varietà oggetto di studio. Tra quest'ultime, quelle che registrano i minori livelli infettivi ($< 1\%$ di foglia infetta) sono: Marco Aurelio, Obelix,

Monastir e Achille. Seppur in misura inferiore rispetto alla malattia precedentemente descritta anche la ruggine bruna ha incrementato il suo livello infettivo. La varietà maggiormente attaccata con il 9% di Afi risulta essere Svevo seguita da Iride e poi da Saragolla. Tutte le altre varietà registrano livelli infettivi pari o al di sotto del 3% risultando per questo motivo statisticamente differenti rispetto alle tre precedentemente descritte. Anche in questo rilievo non è stata evidenziata la presenza della ruggine gialla in nessuna delle varietà saggiate. È stato registrato, seppur in misura limitata un leggero aumento del livello infettivo causato da oidio. La varietà maggiormente attaccata risulta essere Saragolla ma con l'8% di foglia infetta. Mentre quelle con livelli infettivi minori sono Obelix e Achille entrambi con solo qualche traccia di oidio.

5.2.2. Annata 2018-2019

Per l'annata 2018-2019 i rilievi sono stati condotti in entrambi i siti sperimentali i medesimi giorni; 17 maggio il primo rilievo e 7 giugno il secondo. Quest'ultimo è stato posticipato rispetto alle altre annate in esame a causa delle condizioni metereologiche avverse.

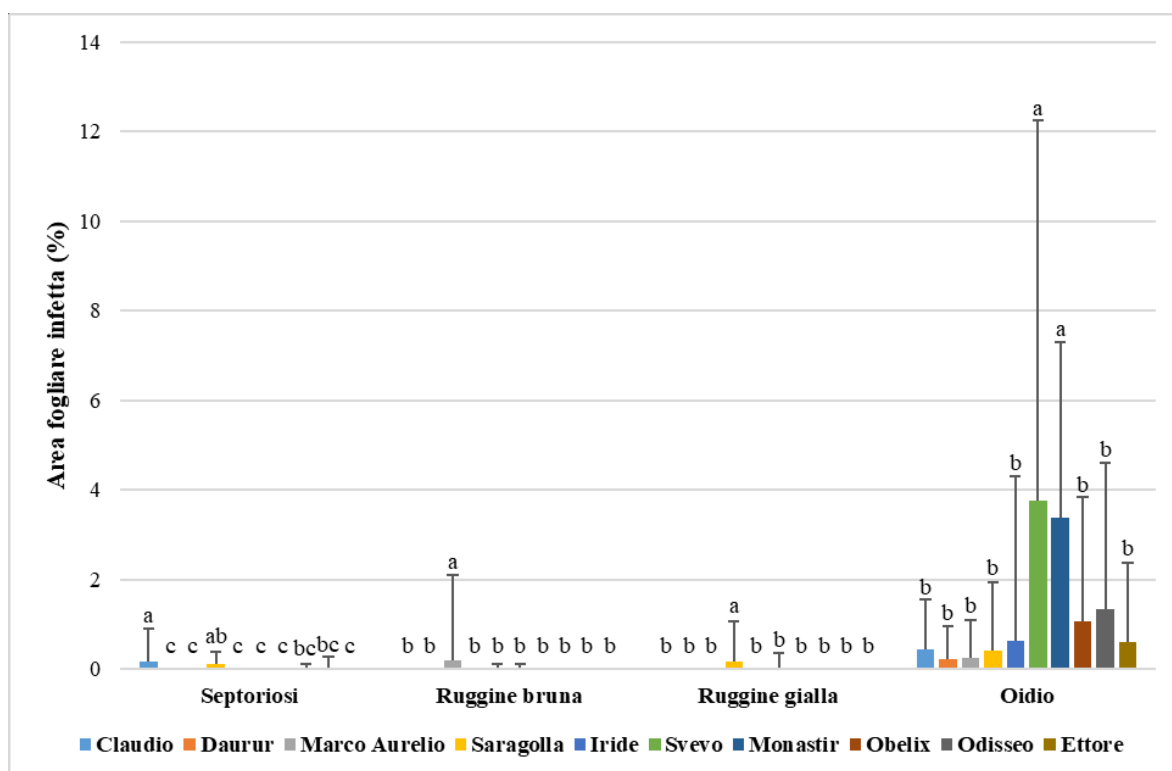


Figura 39 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Primo rilievo - annata 2018-2019.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Nel primo rilievo a Jesi (Figura 39) il livello infettivo risulta estremamente basso per tutte le malattie prese in esame fatta eccezione per l'oidio che, seppur con ridolli livelli, spicca rispetto alle altre malattie. Proprio l'oidio su Svevo e Monastir mostra i livelli più alti raggiungendo quasi il 4% di superficie fogliare attaccata differenziandosi statisticamente rispetto a tutte le altre. In quest'ultime infatti i livelli infettivi in molti casi non raggiungono l'unità percentuale di foglia infetta. Anche septoriosi si manifesta in tracce quasi impercettibili solo su Claudio, Odisseo, Saragolla e Obelix. In questo rilievo compaiono entrambi le ruggini, sia la ruggine bruna che la gialla, ma solo su 3 varietà la bruna (Marco Aurelio, Iride e Svevo) e su due la gialla (Saragolla e Svevo). Dall'analisi fatta possiamo quindi affermare che solo l'oidio per alcune varietà rappresenta una malattia evidenziabile mentre tutte le altre avversità sono assenti o presenti solo in maniera molto sporadica e fortemente limitata tale da non pregiudicare lo sviluppo della pianta e la produzione.

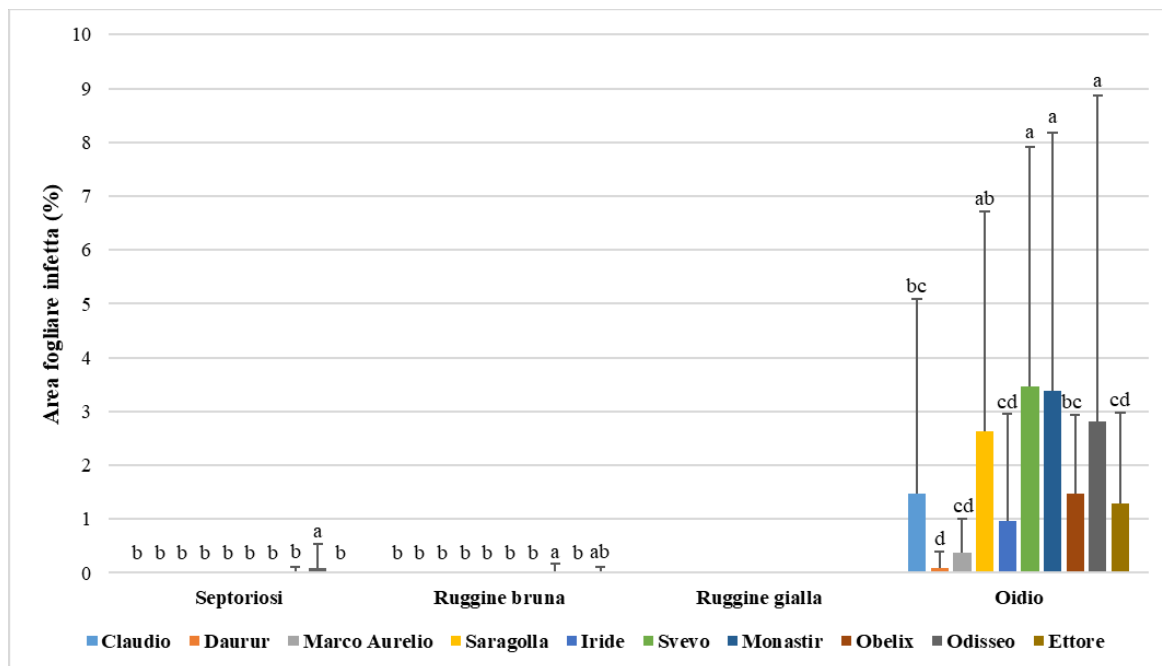


Figura 40 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Primo rilievo - annata 2018-2019.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Presso il sito di Santa Maria Nuova, (Figura 40) sono presenti infezioni di oidio che interessano tutte le varietà ma in misura molto bassa e tracce di septoriosi e ruggine bruna su qualche frumento duro tra quelli saggiati. Nel caso di septoriosi, seppur con livelli estremamente bassi l'unica varietà a differenziarsi statisticamente rispetto a tutte quelle saggiate è Odisseo. Nel caso di ruggine bruna Obelix ed Ettore sono le uniche due varietà che presentano tracce di questa avversità. Nel seguente rilievo non è stata riscontrata la presenza di ruggine gialla in nessuno dei frumenti saggiati. Analizzando l'attacco causato da oidio è possibile riscontrare che solo quattro varietà su dieci superano il 2% di area fogliare infetta (Svevo, Monastir, Odisseo e Saragolla) ma comunque non raggiungono mai il 4%, tutte le altre hanno livelli inferiori. Daurur risulta essere statisticamente differente rispetto a tutte le altre varietà grazie ad una percentuale di foglia infetta prossima allo zero.

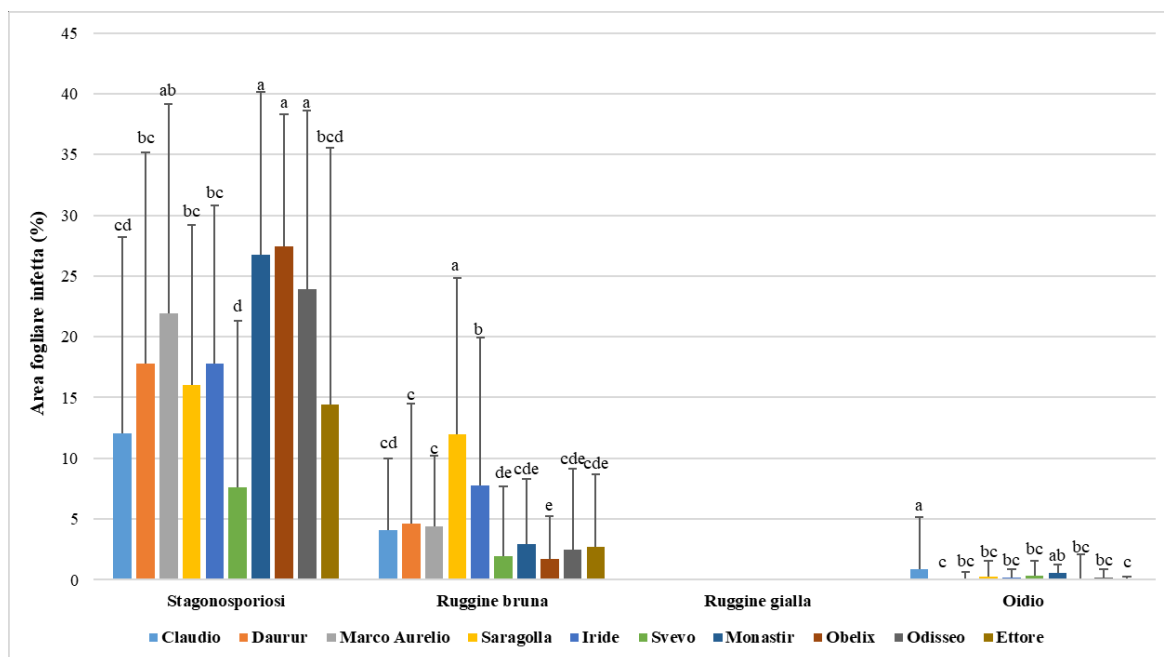


Figura 41 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Secondo rilievo - annata 2018-2019.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

È possibile riscontrare dal seguente grafico (Figura 41), rispetto al primo rilievo dove la malattia maggiormente presente era l'oidio, un incremento significativo di ruggine bruna ma in particolar modo di stagonosporiosi. Proprio per quanto riguarda quest'ultima, ha raggiunto livelli infettivi prossimi al 30% di Afi in Odisseo e poi, sempre tra le varietà più colpite troviamo anche Obelix e Monastir. Anche l'analisi statistica condotta ci conferma la significativa differenza di queste tre varietà rispetto alle altre, fatta eccezione per Marco Aurelio. Solo Svevo, con un livello infettivo pari a 7,6% di Afi risulta essere la varietà con livello infettivo più basso significativamente differente rispetto alle altre, fatta eccezione per Ettore. Tutte le altre varietà non menzionate presentano livelli infettivi compresi tra il 10 ed il 20% di Afi. Seppur con un incremento notevole rispetto al primo rilievo, interessando tutte le varietà saggiate, la ruggine bruna non ha raggiunto livelli infettivi particolarmente preoccupanti. La varietà maggiormente attaccata risulta essere Saragolla con una superficie fogliare ammalata pari a quasi il 12%, ciò la rende significativamente differente rispetto a tutte le altre. Quest'ultime hanno tutte livelli infettivi al di sotto del 5% ma la varietà con il livello più basso risulta essere Obelix, il quale scende sotto al 2%, precisamente all'1,7% di Afi. Nel seguente rilievo non è stata riscontrata la presenza di ruggine gialla in nessuna delle varietà prese in esame. Per quanto riguarda invece i livelli infettivi di oidio sono estremamente limitati e confinati a qualche varietà ma comunque molto bassi, mai superiori al 1% di Afi. Possiamo comunque precisare che la varietà maggiormente attaccata da questa malattia risulta essere Claudio con lo 0,9% di Afi e quelle meno attaccate Daurur ed Ettore rispettivamente con lo 0% e 0,03% di foglia infetta.

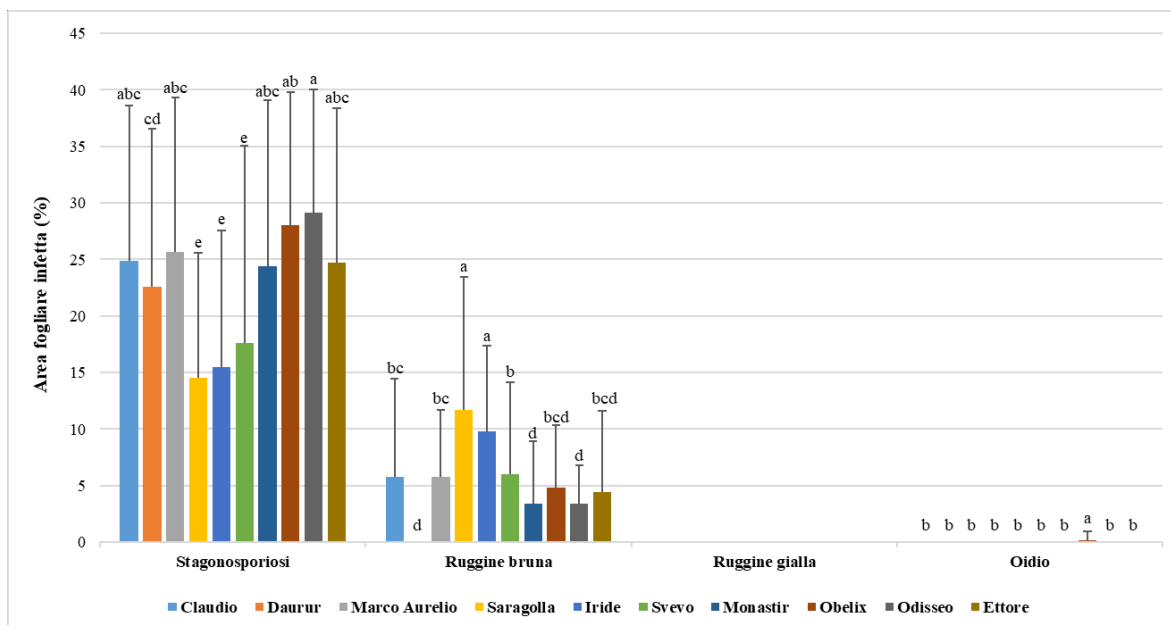


Figura 42 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Secondo rilievo - annata 2018-2019.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Analizzando l'ultimo grafico dell'annata 2018-2019 relativo al secondo rilievo condotto presso il sito sperimentale di Santa Maria Nuova si denota, anche in questo caso, un incremento del livello infettivo di stagonosporiosi ed in misura minore anche di ruggine bruna (Figura 42). Relativamente alla prima patologia possiamo definire che tutte le varietà hanno subito un attacco superiore al 10% di Afi e solo tre hanno un livello infettivo compreso tra 10% e 20% (Saragolla, Iride e Svevo). Ciò ci permette di definire che quest'ultime risultano differenti anche dal punto di vista statistico. Tutte le altre hanno riscontrato un livello infettivo compreso tra il 15% ed il 29%. Per l'appunto la varietà con il livello infettivo più alto è Odisseo seguita da Obelix. Nel caso relativo alla ruggine bruna solo Saragolla e Iride hanno rispettivamente l'11% e il 9% di Afi mentre le altre hanno un livello al disotto del 6%. L'analisi dei dati condotti ci consente di definire queste due varietà statisticamente differenti rispetto a tutte le altre. Daurur non presenta tracce di ruggine bruna ed insieme ad Odisseo risultano essere le varietà con più basso livello infettivo di questa malattia; situazione confermata anche statisticamente. In questo rilievo non è stata riscontrata la presenza di ruggine gialla mentre per quanto riguarda l'oidio è stato individuato solo su

Obelix con valori prossimi all'unità percentuale. Questo ha portato a differenziare dal punto di vista statistico questa varietà rispetto a tutte le altre saggiate.

5.2.3. Annata 2019-2020

In questo paragrafo si trattano i risultati ottenuti nell'ultima annata 2019-2020 oggetto di sperimentazione. I rilievi sono stati condotti in entrambi i campi sperimentali il 14 maggio (primo rilievo) e 28 maggio (secondo rilievo).

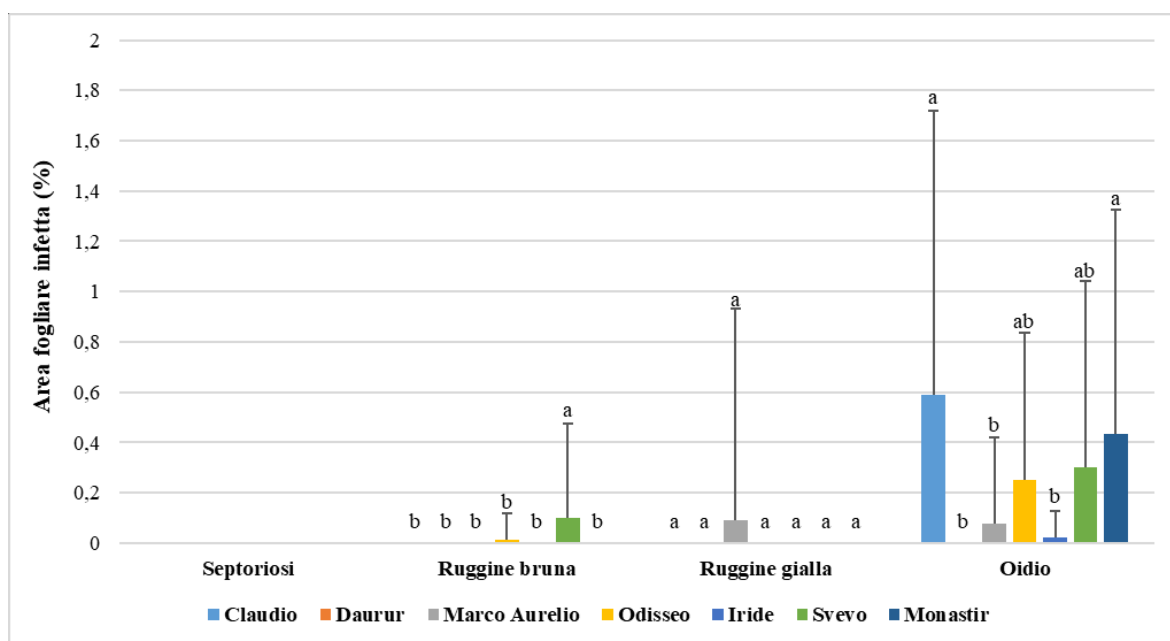


Figura 43 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Primo rilievo - annata 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Presso il sito sperimentale di Jesi nell'annata in esame, al primo rilievo, sono stati riscontrati bassissimi livelli infetti su tutte le varietà (Figura 43). La septoriosi non risulta essere presente mentre troviamo tracce di ruggine bruna su Odisseo e Svevo, quest'ultimo risulta essere statisticamente differente rispetto a tutte le altre avversità saggiate. La ruggine bruna, anche questa in tracce, è presente solamente su Marco Aurelio. Il livello infettivo è talmente basso che l'analisi statistica non differenzia la varietà in oggetto dalle altre non attaccate. L'oidio, seppur risulta essere il patogeno fungino maggiormente presente, assume livelli che

in nessun caso raggiungono l'unità percentuale. Possiamo affermare però che le varietà statisticamente più colpite risultano essere Claudio e Monastir seguite da Odisseo e Svevo.

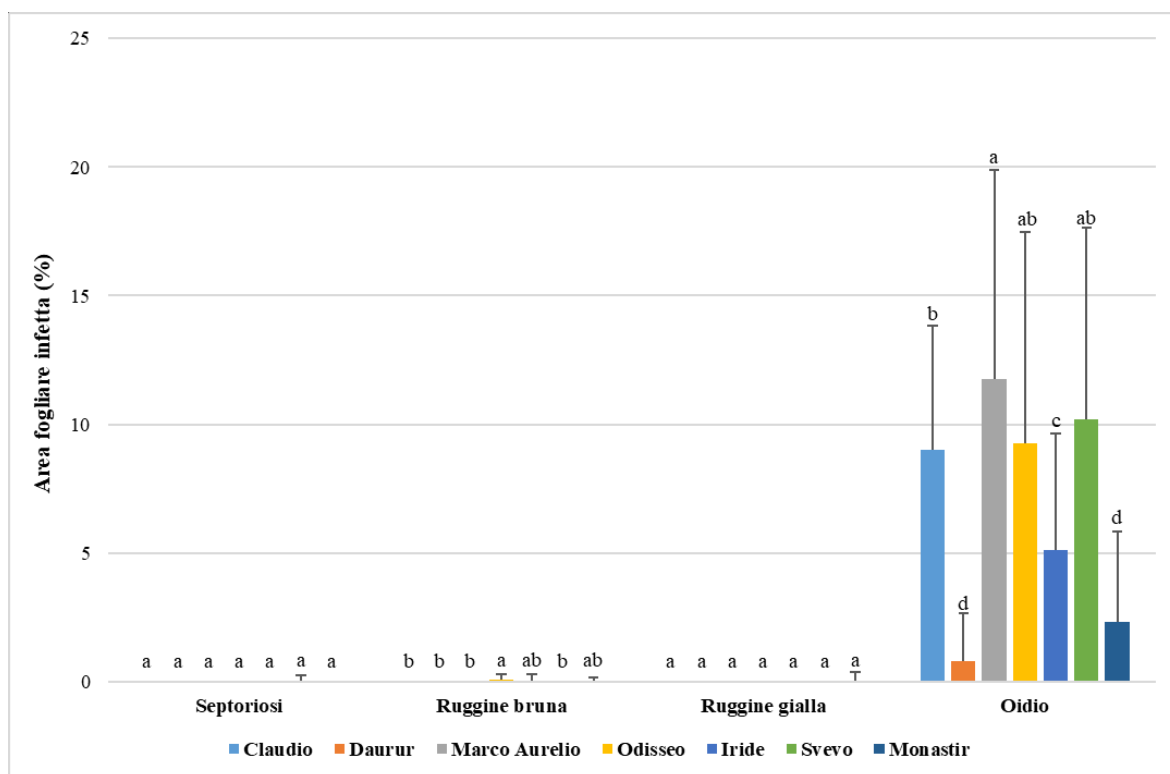


Figura 44 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Primo rilievo - annata 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Al contrario, rispetto a quanto osservato e Jesi, nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova si osserva la presenza in tracce di septoriosi e di entrambi le ruggini ma anche in alcuni casi a livelli consistenti di oidio (Figura 44). La septoriosi si manifesta in tracce esclusivamente su Svevo tale da renderlo statisticamente uguale a tutte le altre varietà con zero sintomi. La ruggine bruna risulta invece presente su tre varietà (Odisseo, Iride e Monastir) ma a livelli estremamente ridotti. Anche nel caso della ruggine gialla, come septoriosi, il sintomo è presente solamente su Monastir a livelli molto ridotti tali da renderlo statisticamente uguale a tutte le altre varietà. Al contrario livelli notevolmente maggiori sono stati riscontrati per oidio su quasi tutte le varietà. Marco Aurelio con l'11% di area fogliare infetta risulta essere la varietà maggiormente attaccata seguita da Svevo e Odisseo. La varietà con livelli infettivi

più bassi, sempre riferiti ad oidio, è Daurur (0,7%). Ciò rende quest'ultima, insieme a Monastir, statisticamente differente rispetto a tutte le altre varietà esaminate.

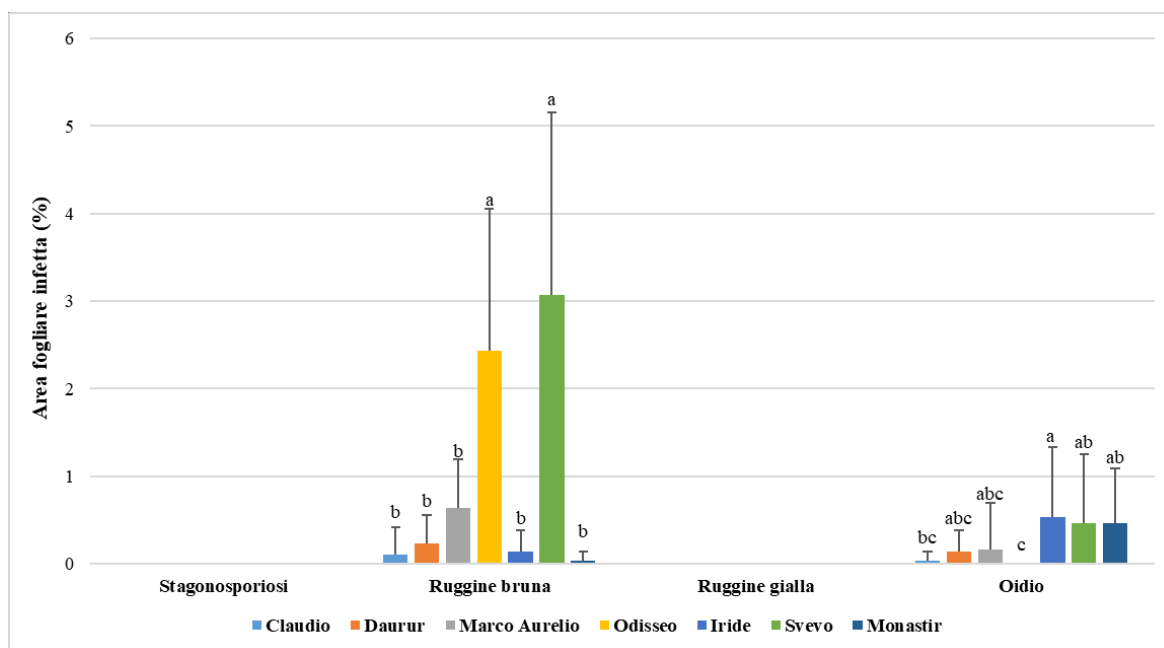


Figura 45 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Secondo rilievo - annata 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Analizzando la figura 45 si denota un basso livello infettivo su tutte le varietà, per tutte le malattie. Rispetto al primo rilievo c'è stato un incremento del livello infettivo di ruggine bruna ma è da considerarsi comunque limitato. Le varietà maggiormente attaccate risultano essere Svevo ed Odisseo con attacchi rispettivamente di 3% e 2,4% di area fogliare infetta. Questi valori portano a differenziare statisticamente le seguenti da tutte le altre aventi valori prossimi allo zero. Nel seguente rilievo non è stata riscontrata la presenza né di stagonosporiosi né di ruggine gialla. L'oidio risulta essere presente in tracce su tutte le varietà, fatta eccezione per Odisseo. Ciò consente di differenziare quest'ultimo anche dal punto di vista statistico da tutte le altre varietà esaminate. Come già descritto nel paragrafo riportante i grafici meteo già in questa fase al sito sperimentale di Jesi il frumento si presentava, a causa della forte siccità, solamente con la foglia a bandiera vitale mentre le foglie L2 ed L3 si trovavano in senescenza. Proprio queste foglie risultavano illeggibili al rilievo visivo che è stato quindi condotto solo a livello della foglia a bandiera. Questo livello

di senescenza ha naturalmente compromesso lo sviluppo delle malattie in esame limitandone la diffusione.

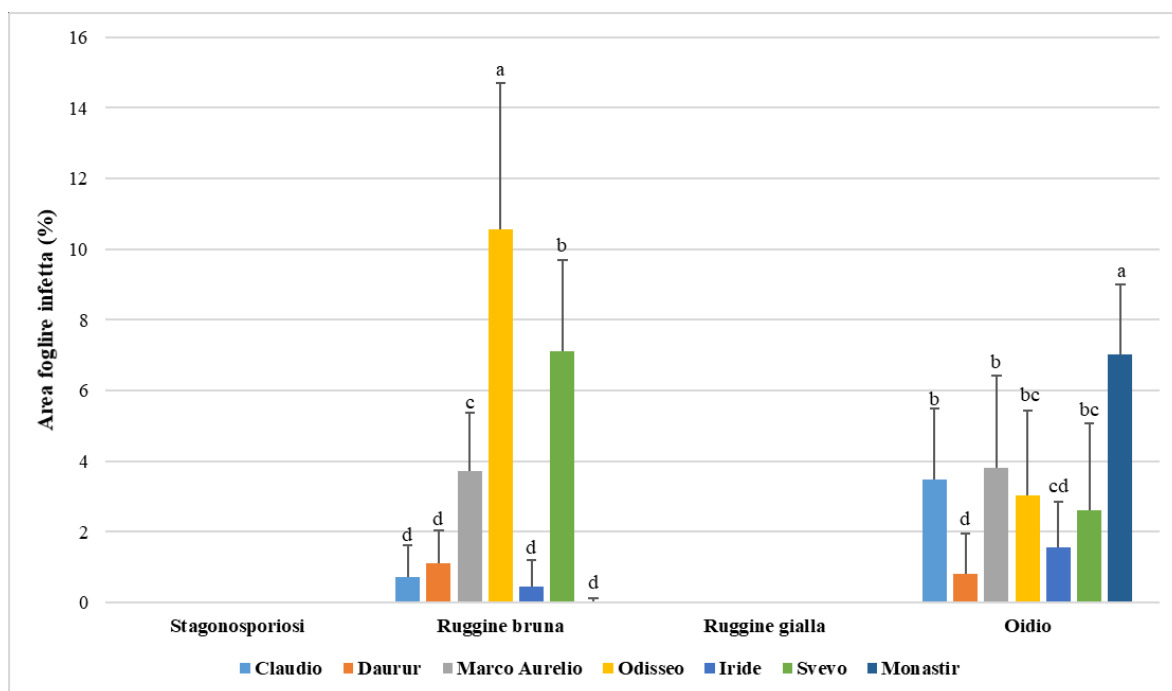


Figura 46 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Secondo rilievo - annata 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS - statistica software).

Dal seguente grafico (Figura 46) si evidenzia un incremento del livello infettivo di oidio, ma in particolar modo di ruggine bruna nel secondo rilievo a Santa Maria Nuova. Anche in questo sito sperimentale come a Jesi non si riscontra la presenza di stagonosporiosi e di ruggine gialla. Incrementi consistenti sono stati registrati invece per ruggine bruna. Saragolla risulta essere la varietà maggiormente attaccata seguita da Svevo. Tutte le altre varietà riscontrano livelli di foglia infetta al di sotto del 5%. Saragolla e Svevo all'analisi statistica risultano differenti sia tra essi ma anche rispetto a tutte le varietà saggiate. Nel caso di oidio, Monastir risulta essere la varietà maggiormente attaccata con il 7% di Afi rendendola statisticamente differente rispetto a tutte le altre varietà prese in esame. Daurur invece è quella meno colpita registrando un livello infettivo che non arriva all'1%. Anche in questo caso, tale valore, rende la varietà statisticamente differente rispetto a tutte quelle saggiate fatta eccezione per Iride.

5.3. ANALISI DELLA VARIANZA ANOVA

Di seguito vengono riportate le tabelle ottenute dall'elaborazione statistica dei dati mediante analisi fattoriale ANOVA a due fattori ottenuta attraverso un software di statistica. Oltre ai dati rilevati nelle tre annate oggetto di questo lavoro di tesi, sono stati impiegati anche i dati relativi all'annata 2016-2017 (Perticarà, 2017). La seguente analisi consente, per ogni patologia rilevata ad ogni campionamento, di correlarla con una serie di variabili indipendenti riportate nella colonna "Fonte". Per ogni malattia sono stati suddivisi i risultati ottenuti al primo e al secondo rilievo riportando il valore "F" con la relativa significatività (P). Anche in questo caso, come per l'ANOVA ad una via, se il valore relativo alla significatività è $P \leq 0.05$ vuol dire che risulta essere statisticamente significativo, al contrario $P > 0.05$ non è statisticamente significativo. In merito alle tre variabili indipendenti, e alle loro reciproche combinazioni, è possibile scendere nel dettaglio evidenziando le singole componenti di ogni variabile. In merito alla variabile località troviamo i due siti sperimentali e quindi Jesi e Santa Maria Nuova, mentre in riferimento agli anni le 4 annate (2017 – 2018 – 2019 - 2020). L'ultima variabile indipendente è rappresentata dalle sei varietà che in questo caso sono: Claudio, Marco Aurelio, Iride, Svevo, Monastir e Odisseo.

Tabella 8 – Analisi statistica della varianza ANOVA per il complesso della septoriosi al primo e al secondo rilievo. I valori con ($P \leq 0.05$) sono significativamente differenti in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS - Statistica software).

| FONTE | COMPLESSO DELLA SEPTORIOSI | | | |
|----------------------------------|----------------------------|-------|-----------------|-------|
| | SEPTORIOSI | | STAGONOSPORIOSI | |
| | 1° RILIEVO | | 2° RILIEVO | |
| | F | P | F | P |
| Località | 9,657 | 0,002 | 1,092 | 0,299 |
| Anni | 13,197 | 0,000 | 346,199 | 0,000 |
| Varietà | 10,706 | 0,000 | 4,413 | 0,001 |
| Località * Anni | 13,045 | 0,000 | 12,518 | 0,000 |
| Località * Varietà | 8,482 | 0,000 | 1,985 | 0,088 |
| Anni * Varietà | 10,061 | 0,000 | 8,491 | 0,000 |
| Località * Anni * Varietà | 9,410 | 0,000 | 1,696 | 0,064 |

La tabella sopra riportata ci evidenzia i risultati ottenuti dall'analisi statistica ANOVA a 2 fattori relativamente al complesso della septoriosi (Tabella 8). È stata condotta una prima analisi per i dati del primo rilievo, le cui infezioni erano causate dall'agente eziologico della septoriosi, poi successivamente sono stati analizzati i dati del secondo il cui agente eziologico è *S. nodorum*. Dall'elaborazione statistica della variabile dipendente (la malattia) con le variabili indipendenti riportate al disotto della colonna "fonte", sia singolarmente che in combinazione tra loro, si evidenzia la significatività statistica dei risultati per tutte le variabili. Ciò si può definire in quanto tutte le variabili in tutti i casi assumono valori di significatività sono al disotto di $P \leq 0.05$. Al contrario, relativamente alla stagonosporiosi nel secondo rilievo, non tutti i valori risultano essere statisticamente significativi. Infatti correlando statisticamente la malattia con le variabili indipendenti di località, località*varietà e località*anni*varietà; in tutti e tre i casi risultano essere statisticamente non significativi. Al contrario, in riferimento alle altre variabili, si riportano valori statisticamente significativi.

Tabella 9 – Analisi statistica della varianza ANOVA per ruggine bruna al primo e al secondo rilievo. I valori con ($P \leq 0.05$) sono significativamente differenti in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS - Statistica software).

| FONTE | RUGGINE BRUNA | | | |
|----------------------------------|---------------|-------|------------|-------|
| | 1° RILIEVO | | 2° RILIEVO | |
| | F | P | F | P |
| Località | 2,586 | 0,111 | 9,655 | 0,000 |
| Anni | 1,192 | 0,317 | 13,067 | 0,002 |
| Varietà | 1,020 | 0,410 | 7,806 | 0,000 |
| Località * Anni | 1,192 | 0,317 | 20,840 | 0,000 |
| Località * Varietà | 0,964 | 0,444 | 0,706 | 0,620 |
| Anni * Varietà | 0,697 | 0,781 | 4,133 | 0,000 |
| Località * Anni * Varietà | 0,877 | 0,592 | 2,554 | 0,003 |

Relativamente alla variabile dipendente ruggine bruna (Tabella 9) al primo rilievo, in tutte le correlazioni con le variabili indipendenti, si denotano valori di $P > 0.05$. Per questo motivo tutte le variabili indipendenti risultano essere statisticamente non significative rispetto alla

variabile dipendente. La situazione risulta essere completamente differente nel secondo rilievo. Per quest'ultimo infatti, fatta eccezione per la variabile località*varietà, in tutti gli altri casi le variabili interferiscono in maniera statisticamente significativa per lo sviluppo della ruggine bruna al secondo rilievo. Ciò risulta essere dimostrato dai valori di $P \leq 0.05$.

Tabella 10 – Analisi statistica della varianza ANOVA per ruggine gialla al primo e al secondo rilievo. I valori con ($P \leq 0.05$) sono significativamente differenti in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS - Statistica software).

| FONTE | RUGGINE GIALLA | | | |
|----------------------------------|----------------|-------|------------|-------|
| | 1° RILIEVO | | 2° RILIEVO | |
| | F | P | F | P |
| Località | 1,723 | 0,192 | 0 | 0,000 |
| Anni | 0,629 | 0,598 | 0 | 0,000 |
| Varietà | 1,590 | 0,170 | 0 | 0,000 |
| Località * Anni | 0,550 | 0,649 | 0 | 0,000 |
| Località * Varietà | 1,793 | 0,121 | 0 | 0,000 |
| Anni * Varietà | 0,862 | 0,716 | 0 | 0,000 |
| Località * Anni * Varietà | 0,777 | 0,699 | 0 | 0,000 |

Nella tabella n° 10 vengono riportati i risultati dell'analisi statistica fattoriale ANOVA per la ruggine gialla (Tabella 10). Quest'ultima risulta essere presente solo nei primi rilievi e con valori tali da rendere tutte le variabili indipendenti statisticamente non significative per lo sviluppo della malattia. Come già detto, al secondo rilievo per tutti gli anni oggetto di analisi, la seguente avversità non risulta essere presente.

Tabella 11 – Analisi statistica della varianza ANOVA per oidio al primo e al secondo rilievo. I valori con ($P \leq 0.05$) sono significativamente differenti in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS - Statistica software).

| FONTE | OIDIO | | | |
|----------------------------------|------------|-------|------------|-------|
| | 1° RILIEVO | | 2° RILIEVO | |
| | F | P | F | P |
| Località | 66,029 | 0,000 | 1,713 | 0,194 |
| Anni | 40,950 | 0,000 | 45,123 | 0,000 |
| Varietà | 2,185 | 0,062 | 2,591 | 0,030 |
| Località * Anni | 54,300 | 0,000 | 50,032 | 0,000 |
| Località * Varietà | 2,161 | 0,065 | 2,277 | 0,053 |
| Anni * Varietà | 5,001 | 0,000 | 4,588 | 0,000 |
| Località * Anni * Varietà | 2,776 | 0,001 | 3,144 | 0,000 |

Nella tabella sopra riportata si restituiscono i risultati ottenute dall'analisi statistica riguardante la variabile oidio (Tabella 11). Relativamente al primo rilievo si osserva che le variabili varietà e località*varietà hanno un $P > 0.05$ e che quindi ad analisi statistica risultano statisticamente non significative per lo sviluppo della malattia. Al contrario tutte le altre assumono valori tali da renderle statisticamente significative. Anche nei risultati relativi al secondo rilievo troviamo due variabili non statisticamente significative; in questo caso però sono la località e località*varietà. Tutte le altre variabili risultano statisticamente significative per lo sviluppo del processo infettivo causato da oidio.

5.4. CONFRONTO VARIETALE 2017-2018-2019-2020

Per valutare in maniera più approfondita la resistenza varietale dei frumenti saggiati, sono stati elaborati, anche in questo caso, i dati delle tre annate oggetto di questo studio e dell'annata 2017 (Perticarà, 2017) per le 6 varietà comuni (Claudio, Marco Aurelio, Iride, Svevo, Monastir e Odisseo) a tutte e quattro le annate. Ciò ha consentito di redigere una serie di grafici che mostrano l'evoluzione dei livelli infettivi, distinguendo le malattie e le varietà nelle quattro annate. Anche in questo caso tutti i valori sono stati sottoposti ad analisi statistica della varianza ANOVA ad una via per verificare la significatività separando le medie attraverso il test di Fisher LSD.

Al fine di verificare la variabilità dei livelli infettivi tra i due siti sperimentali, sia al primo che al secondo rilievo, sono stati elaborati i quattro grafici di seguito riportati. Nel primo (Figura 47), si evidenzia il livello infettivo a Jesi nei primi rilievi distinguendo le malattie, le varietà e gli anni. Da ciò si denota come la malattia maggiormente presente sia l'oidio ma rimane sempre al disotto del 2% di area fogliare infetta fatta eccezione per Svevo e Monastir nel 2019 e per Monastir nel 2017. Questi infatti sono anche statisticamente differenti rispetto alle altre varietà saggiate. Per tutte le altre malattie i livelli infettivi sono estremamente bassi.

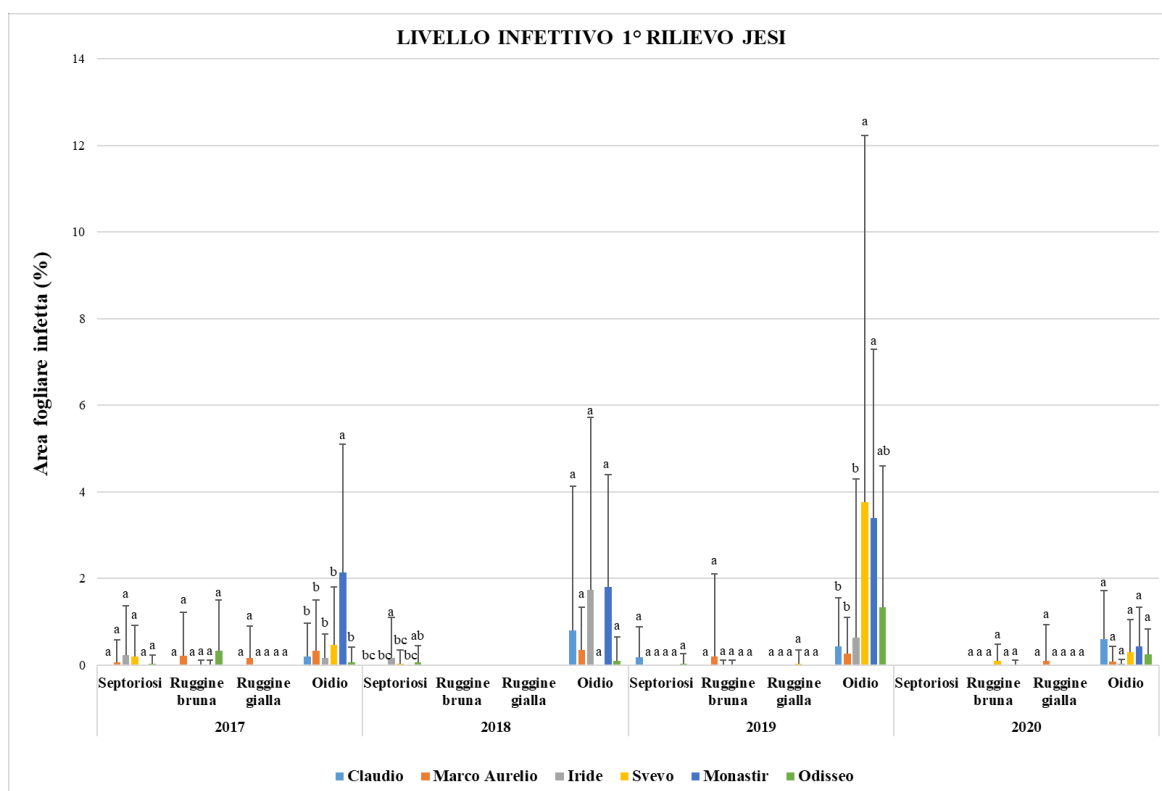


Figura 47 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Al contrario presso il sito di Santa Maria Nuova, sempre al primo rilievo, si registrano livelli di oidio leggermente più alti in tutte le varietà, fatta eccezione per il 2019 (Figura 48). Questo dato è ancor più marcato nell'annata 2020 infatti, per questa annata, si registrano livelli di

oidio anche superiori al 10% per Marco Aurelio e Svevo. Tutte le altre malattie sono presenti solo in tracce su qualche varietà. La varietà maggiormente attaccata nel 2020 è Marco Aurelio seguita da Svevo, Odisseo e Claudio. Tutte aventi una lettera comune e quindi statisticamente non differenti.

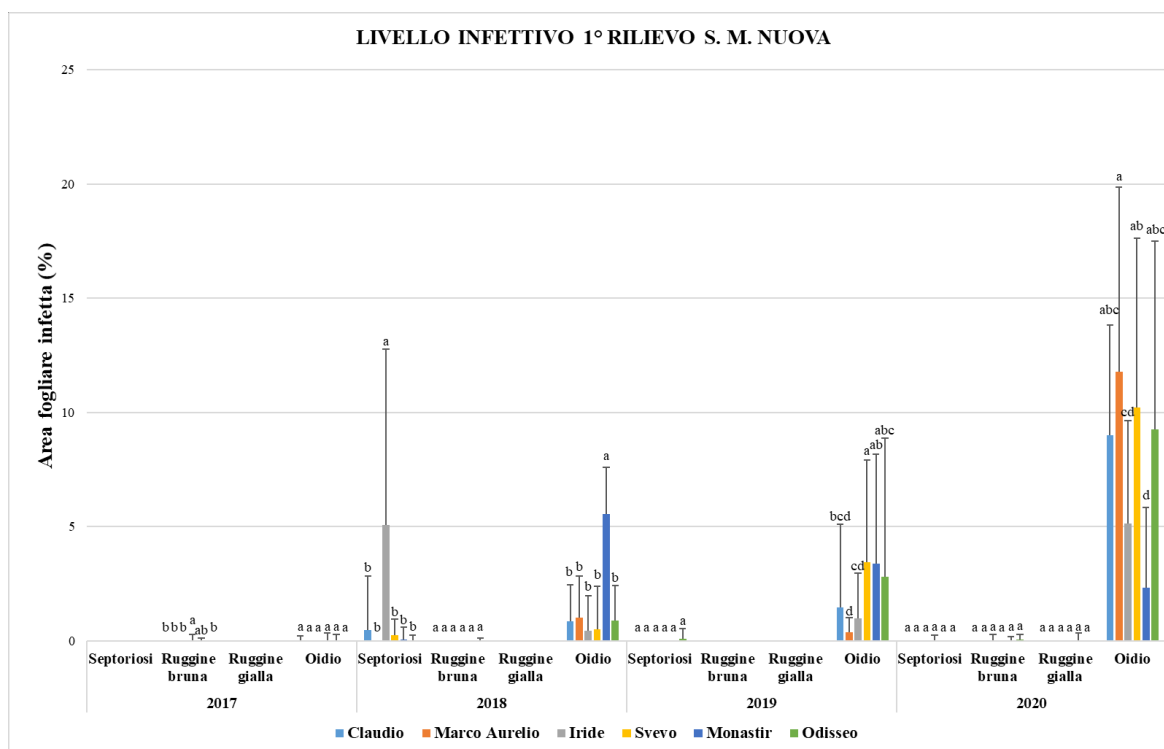


Figura 48 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

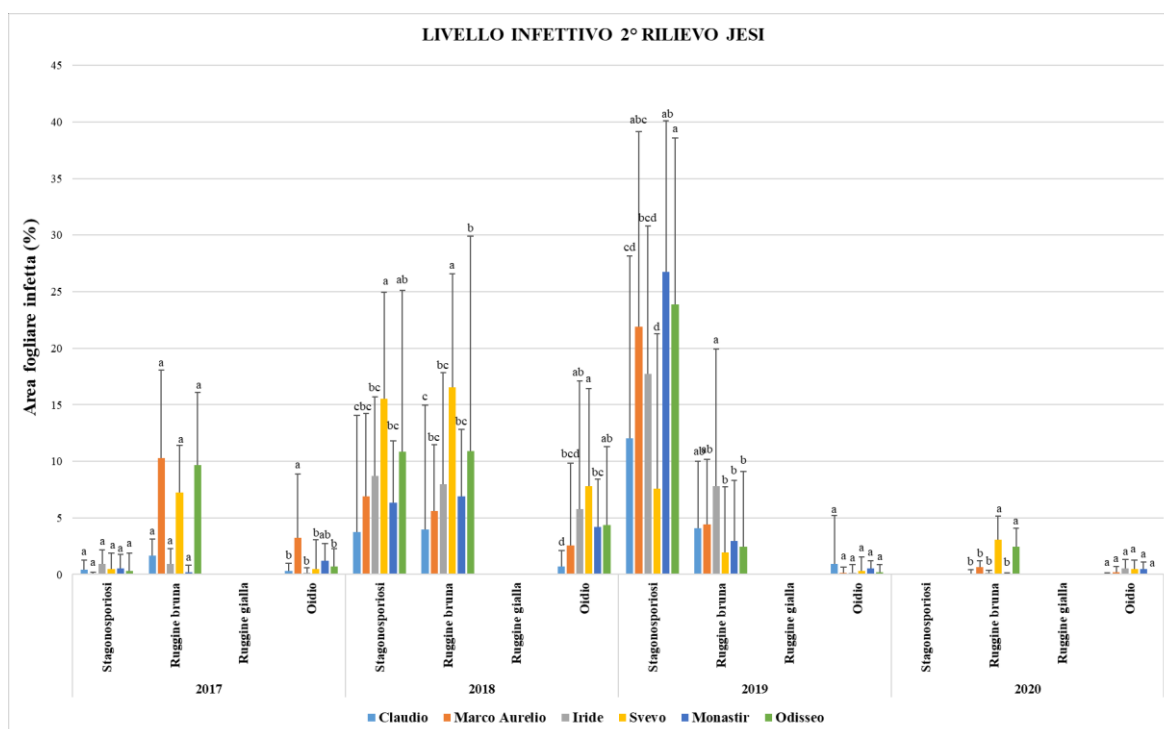


Figura 49 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Jesi (AN). Secondo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Analizzando il grafico sopra riportato, relativo al secondo rilievo a Jesi, si nota un aumento del livello infettivo dovuto prevalentemente a stagonosporiosi e ruggine bruna (Figura 49). L'annata 2020 è stata l'unica a non registrare incrementi del livello infettivo. Relativamente all'annata 2017 si denotano i livelli più alti di ruggine bruna su Marco Aurelio, Odisseo e Svevo raggiungendo livelli prossimi al 10% di area fogliare infetta rendendoli statisticamente differenti rispetto alle altre varietà. Ma le annate 2018 e 2019 risultano essere quelle con gli incrementi maggiori. Nel 2018 stagonosporiosi e ruggine bruna registrano livelli pressoché simili su Svevo per entrambi le malattie superiori al 15%. Per il medesimo anno anche per oidio è stato registrato un incremento del livello infettivo ma in misura minore rispetto alle altre malattie. Anche per oidio la varietà maggiormente attaccata nel 2018 è stata Svevo, risultano perciò statisticamente differenziate. Nel 2019 gli incrementi più significativi sono stati registrati per stagonosporiosi ed hanno interessato tutte le varietà, arrivando nei casi più gravi ad oltre il 25% di area fogliare infetta. Le varietà maggiormente

attaccate in ordine decrescente risultano essere: Monastir, Odisseo, Marco Aurelio e Iride. Sempre in riferimento al 2019, incrementi notevolmente più limitati sono stati registrati per ruggine bruna mentre non è stato registrato un aumento del livello di oidio.

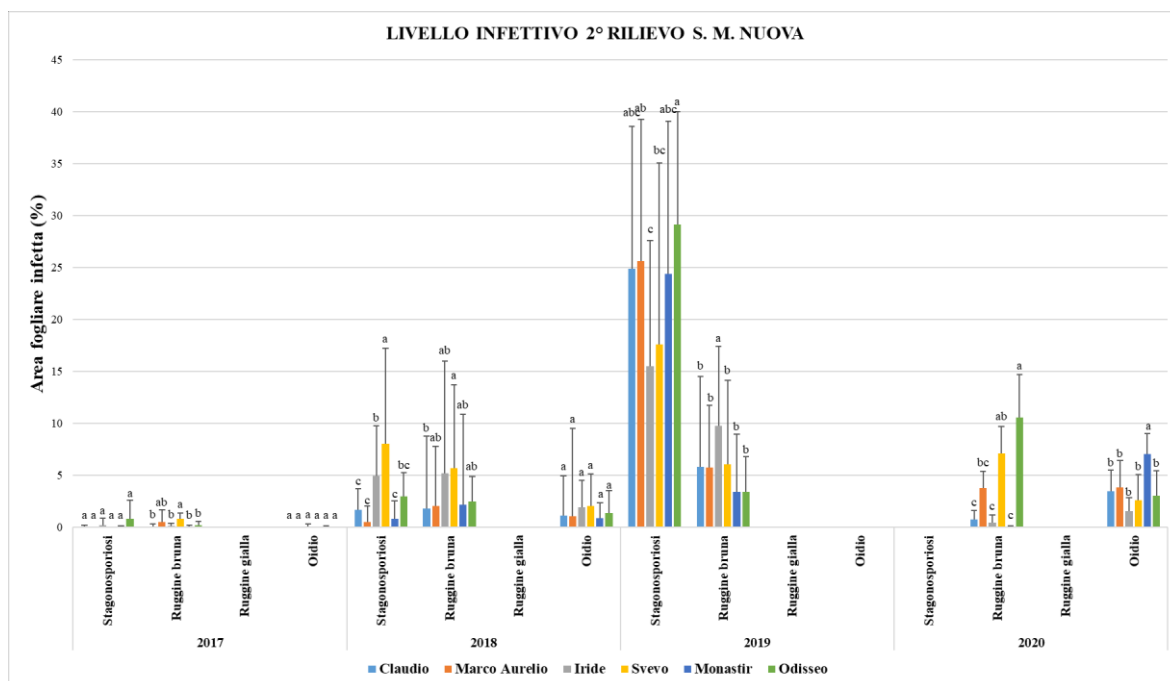


Figura 50 – Valore infettivo medio di ciascuna patologia per ogni varietà saggiata nel sito sperimentale di Santa Maria Nuova (AN). Secondo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

In figura 50 vengono riportati i livelli infettivi registrati al secondo rilievo presso il sito di Santa Maria Nuova (Figura 50). In quest'ultimo caso, si denota come gli attacchi di tutte le malattie sono limitati negli anni fatta eccezione per il 2019. In quest'ultimo infatti, la stagonosporiosi ha registrato un livello infettivo superiore al 15% per tutte le varietà fino ad arrivare a quasi il 35% per Odisseo. Per il medesimo anno, le varietà meno attaccate risultano essere Iride e Svevo. Sempre nel 2019 è stato registrato un incremento del livello infettivo causato da ruggine bruna ma più contenuto rispetto a stagonosporiosi, infatti non supera mai il 10% in nessuna varietà. Nel 2020 si sono registrati, seppur in misura limitata, attacchi sia di oidio che di ruggine bruna. In quest'ultimo caso hanno colpito prevalentemente Odisseo.

L'attacco di oidio nel 2020 ha reso Monastir la varietà maggiormente colpita distinguendola statisticamente dalle altre.

Al fine di comprendere meglio l'evoluzione delle malattie nel corso degli anni, sono stati elaborati una serie di grafici di seguito riportati che analizzano l'evoluzione nelle singole malattie nel tempo. Quest'ultimi riportano la media del livello infettivo registrato nei due siti sperimentali negli anni per i diversi frumenti saggiati. Ogni grafico mostra il livello infettivo di una malattia al primo o al secondo rilievo.

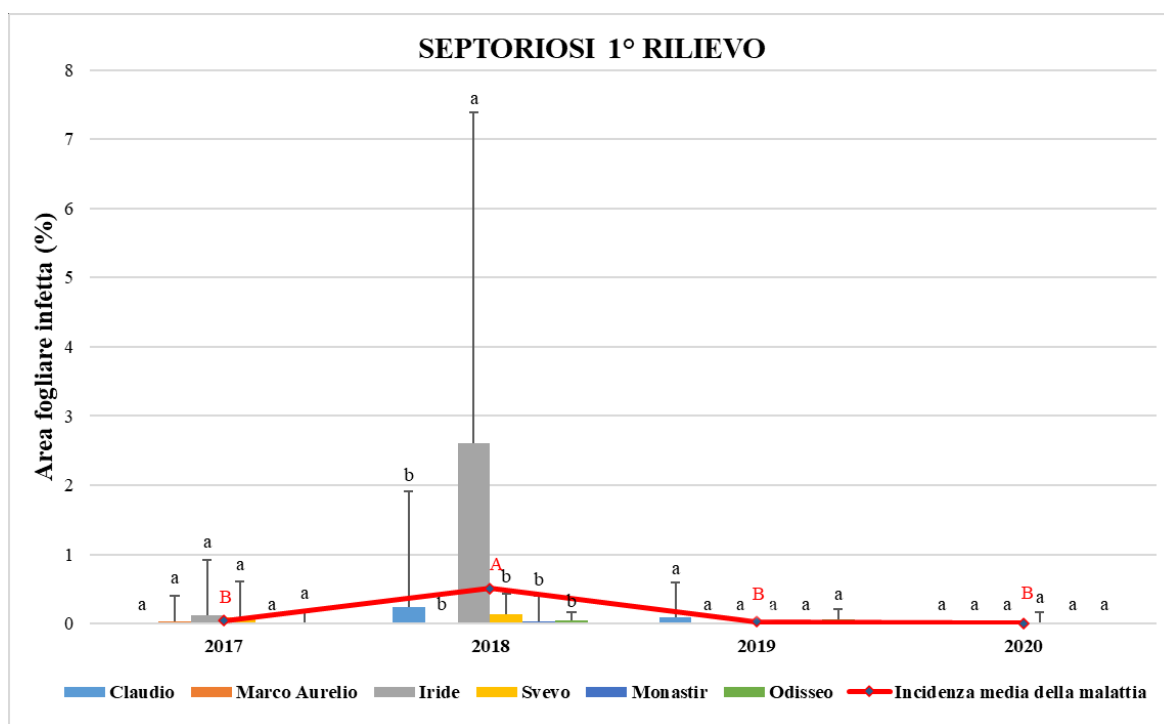


Figura 51 – Valore infettivo medio di septoriosi per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

La septoriosi, come appena mostrato in grafico, registra in tutte le varietà livelli infettivi estremamente bassi (Figura 51). Fa eccezione a quanto detto la varietà Iride nel 2019 con quasi il 3% di area fogliare infetta distaccandosi dalla media risultando così statisticamente differente dalle altre. Sempre dal punto di vista statistico, l'annata 2018 si differenzia dalle altre tre saggiate per il maggior livello infettivo.

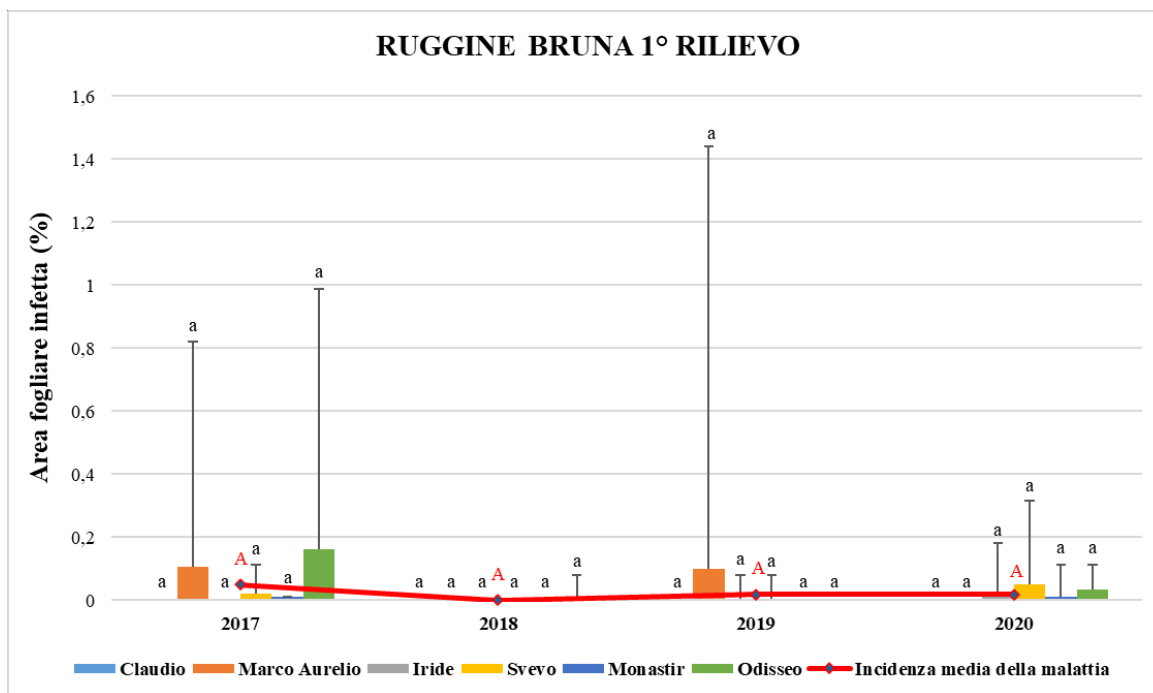


Figura 52 – Valore infettivo medio di ruggine bruna per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020. Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Anche per ruggine bruna al primo rilievo non si registrano attacchi importanti ma solo tracce su qualche varietà (Figura 52). Quanto detto risulta essere confermato anche statisticamente, come si desume dalle lettere di significatività riportate sulle barre. I bassi livelli registrati in tutti gli anni rendono le annate statisticamente uguali tra loro per ruggine bruna. Situazione analoga per ruggine gialla i cui dati sono riportati nel grafico di seguito (Figura 53).

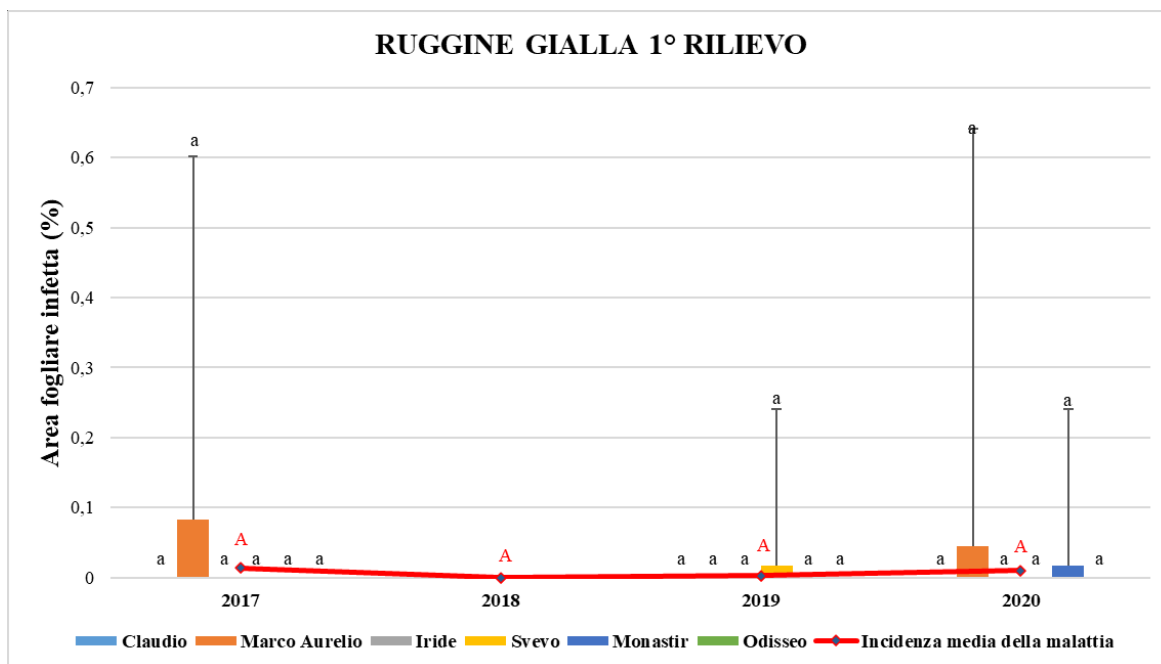


Figura 53 – Valore infettivo medio di ruggine gialla per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020. Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

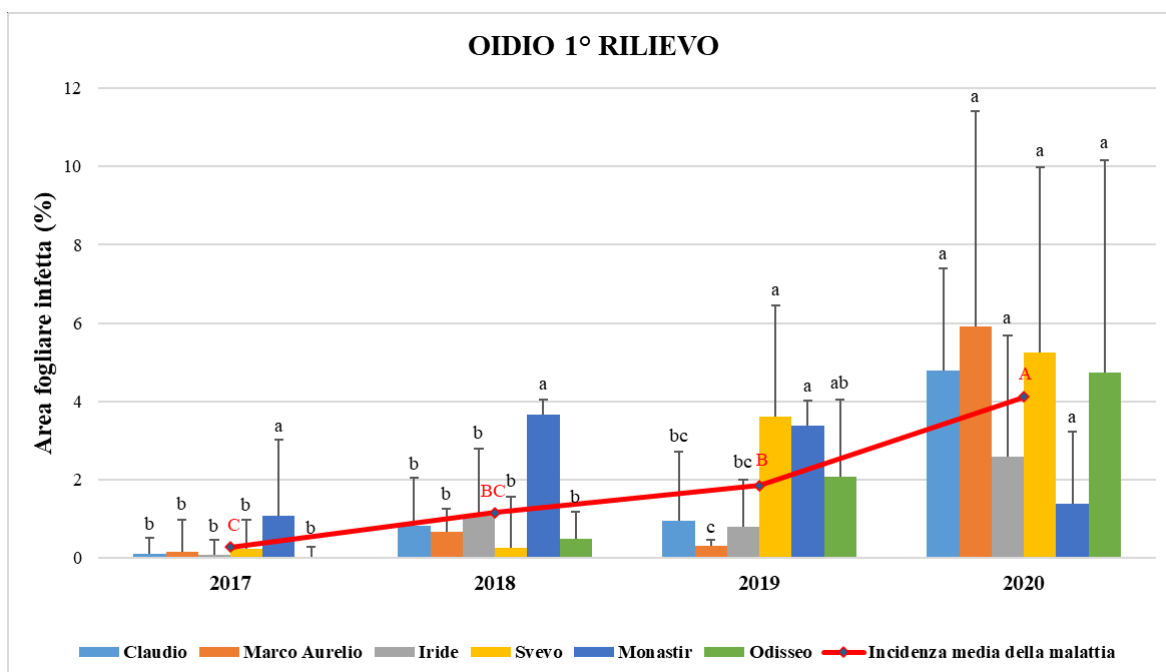


Figura 54 – Valore infettivo medio di oidio per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Nell'ultimo grafico relativo all'oidio nel primo rilievo, si denota come nel corso degli anni c'è stato un aumento del livello infettivo più o meno costante su tutte le varietà esaminate (Figura 54). Si parte dal 2017 con livelli pressoché nulli fino ad arrivare al 4% di area fogliare infetta nel 2020. Statisticamente il 2020 risulta essere significativamente differente da tutte le altre annate, invece il 2019 uguale al 2018 e quest'ultimo al 2017.

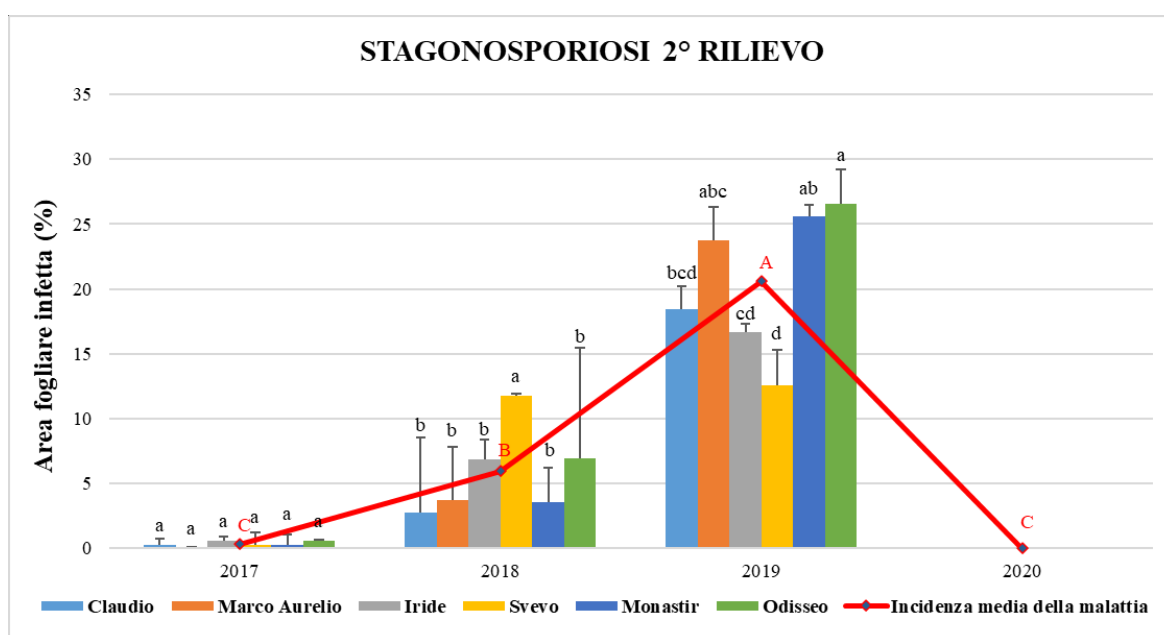


Figura 55 – Valore infettivo medio di stagonosporiosi per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Secondo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Nel secondo rilievo, come riportato nel grafico, si denota un incremento molto significativo della stagonosporiosi per l'annata 2019 su tutte le varietà ed in misura limitata che nel 2018 (Figura 55). L'attacco in quest'ultima annata ha registrato una media di area fogliare infetta pari al 6% mentre nel 2019 intorno al 20%. I valori relativi all'incidenza media del 2018 e del 2019 rendono le due annate statisticamente diverse tra loro e dalle altre esaminate.

Analizzando il 2017, si registrano attacchi estremamente confinati con una media prossima allo 0% mentre nel 2020 non sono stati registrati attacchi della seguente malattia. Per questo motivo vengono considerate statisticamente uguali tra loro.

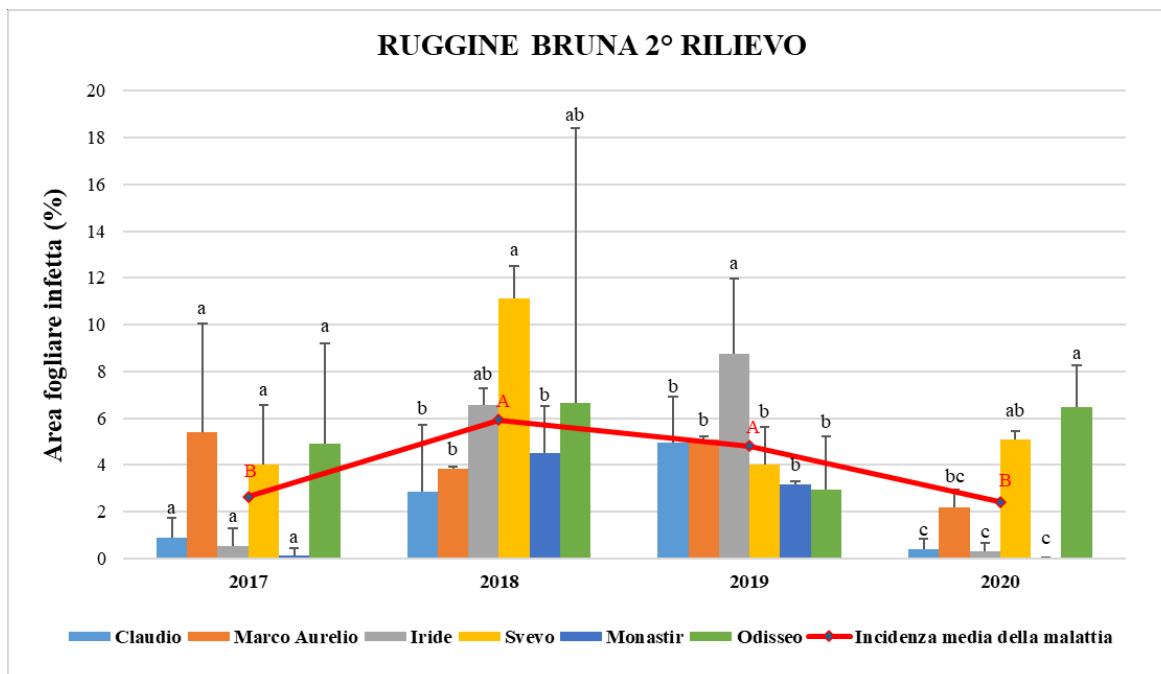


Figura 56 – Valore infettivo medio di ruggine bruna per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Secondo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Rispetto al primo rilievo anche la ruggine bruna in tutte le annate ha registrato un incremento del livello infettivo (Figura 56). Il 2020 e il 2017 sono le annate con i più bassi livelli infettivi, con i valori di incidenza media intono al 2,5%. Al contrario il 2018 risulta essere l'anno con l'attacco più rilevante (6% di area fogliare infetta media) seguito dal 2019 con il 4,8%. Dai valori sottoposti ad analisi statistica si evince che le annate 2018 e 2019 e le annate 2017 e 2020 sono statisticamente uguali tra loro per i valori infettivi medi registrati. Nel secondo rilievo la ruggine gialla non è stata mai individuata, per questo motivo ne è stato omesso il relativo grafico.

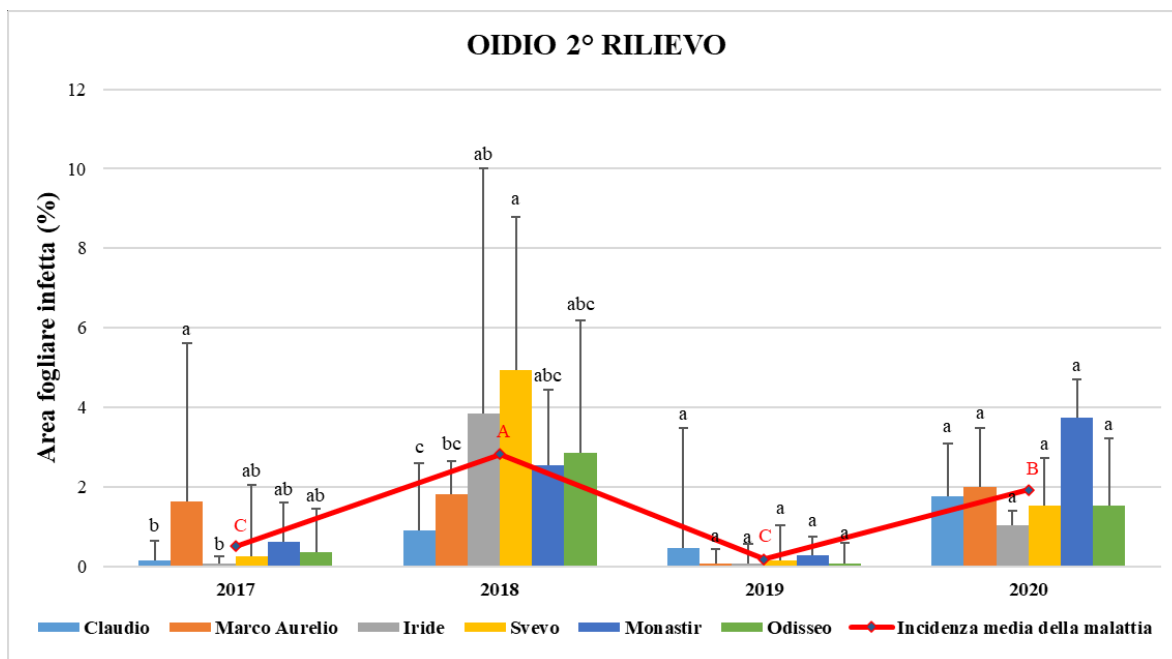


Figura 57 – Valore infettivo medio di oidio per ogni varietà saggiata e incidenza media della malattia. Secondo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

L'oidio ha registrato i valori più bassi nelle annate 2017 e 2019 mentre il valore più alto nel 2018 con quasi il 3% di area fogliare infetta media (Figura 57). Nel 2020 il valore medio registrato è quasi del 2%. Anche l'analisi statistica conferma quanto detto, infatti l'annata 2018 e l'annata 2017 assumono valori di significatività che le rendono statisticamente differenti tra loro e tra le annate 2017 e 2019. Quest'ultime invece risultano essere statisticamente uguali.

Al fine di avere un quadro più chiaro del livello infettivo al primo ed al secondo rilievo sono stati prodotti due distinti grafici riportati di seguito. Ogni grafico evidenzia il livello infettivo medio registrato nei due siti per ogni varietà. Ciò ci consente di valutare l'evoluzione dei livelli infettivi nelle diverse annate.

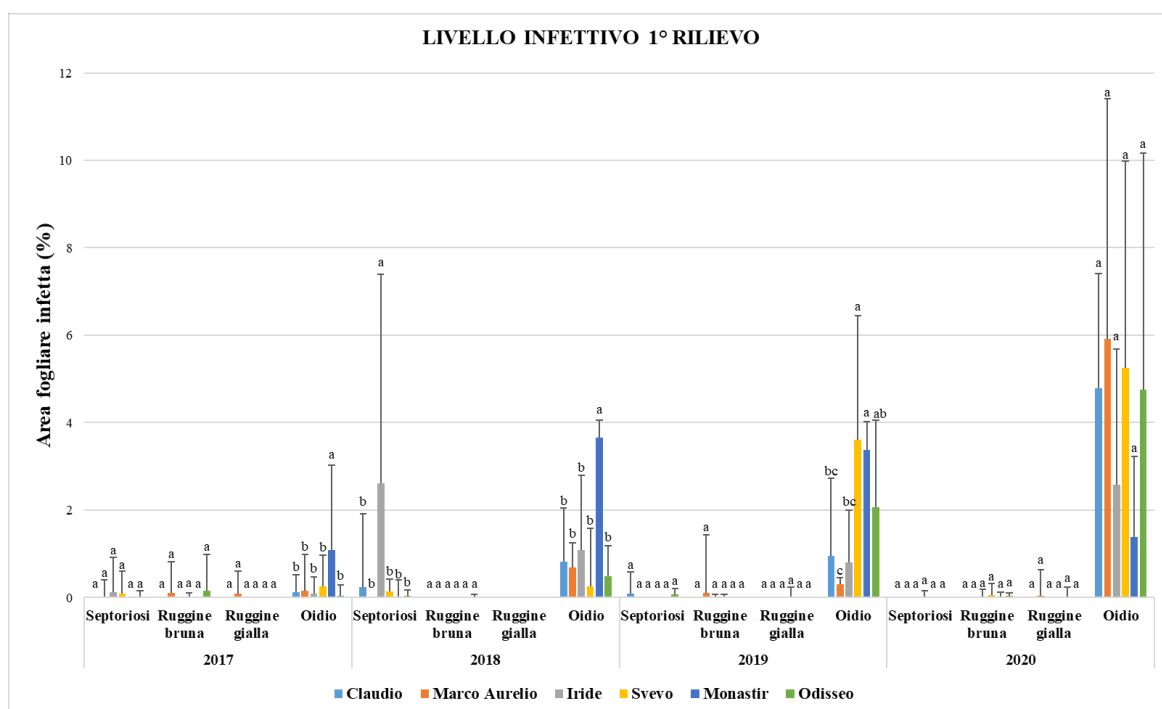


Figura 58 – Valore infettivo medio per ogni varietà saggiata. Primo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Dal grafico sopra riportato è possibile evidenziare come al primo rilievo la malattia maggiormente presente sia oidio in tutte le annate ma in particolar modo nel 2020 (Figura 58). In quest'ultimo tutte le varietà risultano essere uguali statisticamente tra loro. Nell'annata 2019 questa malattia raggiunge valori prossimi al 4% su Svevo e Monastir. Nel 2018 invece l'unica varietà che si distingue statisticamente risulta è Monastir con valori prossimi al 4%. Anche le altre avversità risultano essere presenti ma con livelli infettivi estremamente bassi al disotto del 2% fatta eccezione per septoriosi su Iride nel 2018.

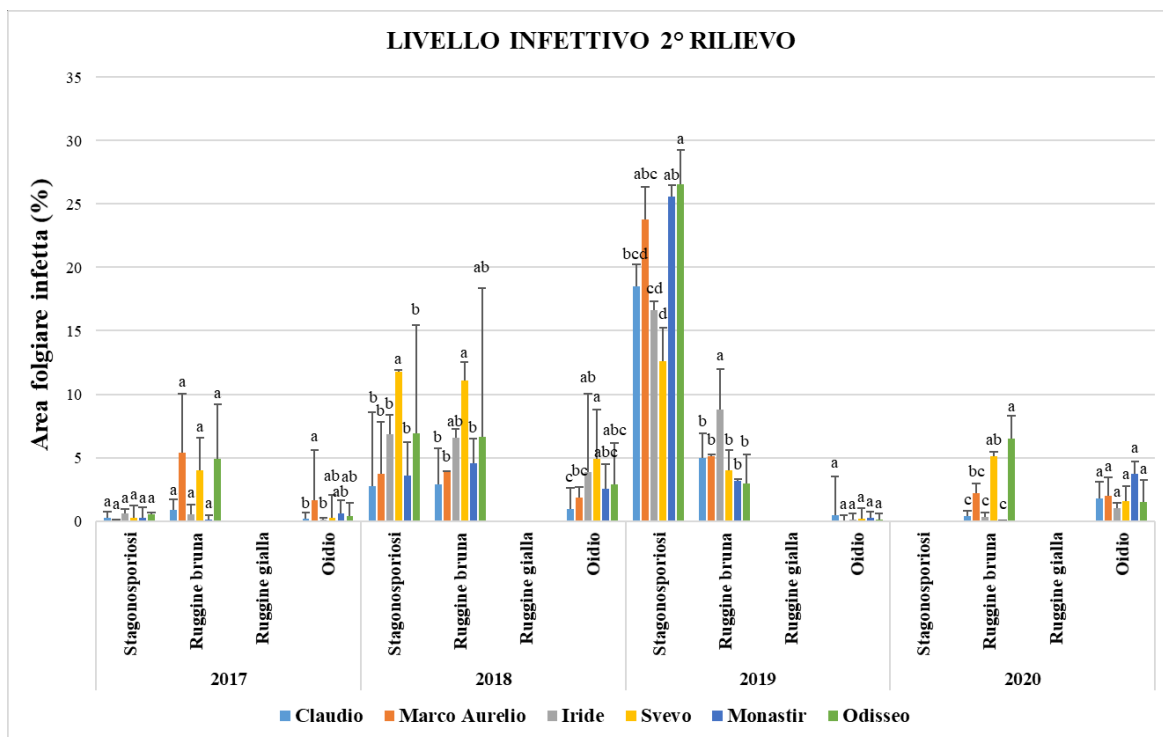


Figura 59 – Valore infettivo medio per ogni varietà saggiata. Secondo rilievo - annate 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020.

Sulle barre i valori non seguiti da una lettera comune sono significativamente differenti ($P \leq 0.05$) in base al test di Fisher LSD (*Least Significant Difference*), (SPSS20 - Statistica software).

Al secondo rilievo si registra un incremento, anche significativo in alcuni casi, del livello infettivo (Figura 59). Questo è causato principalmente da stagonosporiosi e ruggine bruna. La stagonosporiosi ha attaccato in maniera molto importante tutte le varietà nel 2019 arrivando a quasi il 30% di area fogliare infetta. In misura minore anche il 2018 ha registrato un incremento notevole della malattia superando il 10% per Svevo, Odisseo e Iride. Sempre per la medesima malattia attacchi limitati sono stati registrati nel 2017 e nulli nel 2020. La ruggine bruna invece ha registrato infezioni simili nel 2018 e 2019 (intorno al 5%) e nel 2017 e 2020 (intorno al 3%). Seppur con attacchi mai superiori al 5% le annate con i livelli più elevati di oidio sono state quelle del 2018 e 2020, le altre due hanno registrato infezioni molto limitate. Al secondo rilievo non è mai stata individuata la presenza di ruggine gialla in nessuna delle annate saggiate.

5.5. RANK ANALISI

Elaborando i dati delle quattro annate nei singoli rilievi, è stata condotta anche un'analisi del rango per determinare le varietà più resistenti e quelle più suscettibili alle singole malattie prese in esame. Da questi valori attraverso l'elaborazione media dei dati delle due località sono state ottenute due tabelle di seguito riportate che evidenziando, in misura decrescente, la resistenza alle malattie saggiate.

Tabella 12 – Valori medi di rank analisi per ogni varietà saggiata al 1° rilievo.

| VARIETÀ | VALORI DI RANK |
|----------------------|----------------|
| Claudio | 2.5 |
| Marco Aurelio | 2.4 |
| Iride | 2.3 |
| Odisseo | 2.1 |
| Monastir | 2.0 |
| Svevo | 1.9 |

Dall'analisi dei seguenti risultati si evince che al primo rilievo (Tabella 12) per tutte le malattie la varietà Claudio risulta essere la più resistente, seguita da Marco Aurelio, Iride, Odisseo e Monastir. Infine, troviamo Svevo, il quale risulta essere la varietà più suscettibile nel primo rilievo. È opportuno ricordare, come riportato nei grafici nel paragrafo precedente, che al primo rilievo l'oidio risulta essere l'avversità predominante in tutti gli anni rispetto alle altre malattie. Seppur rilevate in tutte le annate si presenta con livelli molto limitati.

Tabella 13 – Valori medi di rank analisi per ogni varietà saggiata al 2° rilievo.

| VARIETÀ | VALORI DI RANK |
|----------------------|----------------|
| Claudio | 3.1 |
| Monastir | 2.9 |
| Marco Aurelio | 2.8 |
| Iride | 2.4 |
| Odisseo | 2.3 |
| Svevo | 2.1 |

Dalla rank analisi del secondo rilievo (Tabella 13) si evince che, anche in questo caso, la varietà più resistente è Claudio e quella più suscettibile è Svevo ma l'ordine delle altre cambia. Infatti, Claudio in questo caso è seguito da Monastir, Marco Aurelio, Iride, Odisseo e Svevo. Nel secondo rilievo a differenza del primo le principali avversità risultano essere stagonosporiosi e ruggine bruna ed in misura limitata oidio. Nel secondo rilievo, per le annate oggetto di sperimentazione la ruggine gialla non risulta essere mai presente.

Di seguito si riporta la rank analisi complessiva che mostra il risultato conclusivo di questo lavoro di tesi. Ciò è stato ottenuto mediando i valori delle rank analisi divisi per singolo rilievo.

Tabella 14 – Valori medi di rank analisi complessivi.

| VARIETÀ | VALORI DI RANK |
|----------------------|-----------------------|
| Claudio | 2.8 |
| Marco Aurelio | 2.6 |
| Monastir | 2.3 |
| Iride | 2.2 |
| Odisseo | 2.0 |
| Svevo | 2.0 |

Dalla tabella sopra riportata si evince che Svevo ed Odisseo risultano essere le varietà più sensibili alle malattie esaminate. In ordine crescente di resistenza segue Iride, Monastir e Marco Aurelio e per ultimo troviamo Claudio (Tabella 14).

6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il seguente lavoro di tesi ha previsto un'indagine pluriennale per valutare l'incidenza delle malattie fungine fogliari sulle varietà di frumento duro testate in due siti sperimentali nella regione Marche in provincia di Ancona.

I risultati ottenuti, mediante opportune elaborazioni, hanno consentito di esaminare l'evoluzione durante l'annata e l'influenza delle condizioni climatico ambientali sullo sviluppo delle malattie esaminate. Sui dati sono state poi condotte una serie di analisi statistiche che ci hanno consentito di determinare la significatività degli stessi e successivamente di mettere in relazione variabili come la località, l'annata e la varietà con lo sviluppo della malattia.

Analizzando la prima annata oggetto di sperimentazione è possibile notare come al primo rilievo, in entrambi i siti sperimentali, le uniche avversità presenti siano oidio ed in misura minore septoriosi. Seppur con bassi livelli, il sito sperimentale di Santa Maria Nuova ha registrato infezioni leggermente maggiori rispetto a Jesi. Ciò è riconducibile prevalentemente alle precipitazioni più abbondanti che si sono verificate a S. M. Nuova nelle prime tre settimane di maggio. Gli stessi eventi piovosi hanno favorito anche lo sviluppo di septoriosi in misura maggiore per alcune varietà rispetto al sito di Jesi (Salgado e Pierce, 2016). In quest'ultimo infatti si sono registrate precipitazioni notevolmente limitate che hanno ostacolato la diffusione di questi patogeni. In entrambi i siti non è stata registrata la presenza di ruggine gialla, la quale risulta essere la prima ruggine a manifestarsi (Iori et al., 2017). Al secondo rilievo, sempre per la medesima annata, si nota per entrambi i siti un notevole incremento del livello infettivo per ruggine bruna, stagonosporiosi e in misura minore per oidio. L'incremento maggiore si registra presso il sito di Jesi per ruggine bruna e stagonosporiosi. Ciò è imputabile all'elevata umidità relativa che ha caratterizzato il sito per tutto il mese di maggio non scendendo mai al di sotto dell'83% con punte fino al 90%. Anche la temperatura ha giocato un ruolo fondamentale per lo sviluppo delle malattie (Alvisi e Cristiani, 2008) infatti, da metà aprile fino a metà maggio, la temperatura media è oscillata sempre intorno ai 18 °C per aumentare nell'ultima settimana superando i 21 °C. Questo ha determinato nell'ultima fase un rallentamento del processo infettivo causato da oidio (Salgado e Pierce, 2016). Come già detto, anche nel sito di Santa Maria Nuova si è registrato un aumento del livello infettivo ma in misura notevolmente inferiore. Ciò è riconducibile all'umidità relativa notevolmente più bassa (massimo 80% in una sola settimana) e alle temperature leggermente più basse. La differenza dei livelli di umidità tra i due siti è

riconducibile alla giacitura in quanto il sito di Jesi risulta essere pianeggiante disposto su un fondo valle, mentre S. M. Nuova su un versante collinare. Ciò garantisce a quest'ultimo sito anche una buona ventilazione.

Per l'annata 2018-2019, al primo rilievo in entrambi i siti sperimentali, si registra la presenza quasi esclusiva di oidio a livelli bassi che non superano mai il 4% di foglia infetta. Ciò è imputabile prevalentemente alle basse temperature registrate per il periodo tra metà aprile e metà maggio, e i bassi livelli di umidità in entrambi i siti. Infatti fino alla prima metà di maggio i livelli di umidità non superano mai il 75%. Al secondo rilievo, in maniera pressoché analoga per entrambi i siti si registrano attacchi notevoli di stagonosporiosi, ruggine bruna e di oidio; il quale risulta essere presente solo in tracce. L'attacco delle principali malattie presenti in particolar modo stagonosporiosi, è stato favorito prevalentemente dagli eventi piovosi (Salgado e Pierce, 2016), in alcuni casi anche consistenti, che hanno interessato la metà di maggio. Oltre alle piogge anche l'aumento dell'umidità e delle temperature hanno favorito lo sviluppo della malattia. La ruggine bruna si è sviluppata in misura minore in quanto i livelli di umidità sono rimasti comunque contenuti al disotto dell'80% in entrambi i siti (Bolton et al., 2008).

Infine, l'annata 2019-2020 al primo rilievo è stata caratterizzata dalla presenza quasi esclusiva di oidio e tracce delle altre malattie. Proprio l'oidio ha registrato livelli pressoché nulli nel sito di Jesi mentre attacchi anche superiori al 10% per il sito di S. M. Nuova. Seppur con elevati livelli di umidità relativa il sito di Jesi è stato caratterizzato da temperature massime per tutto il mese di maggio anche prossime ai 30 °C. Ciò ha fortemente rallentato lo sviluppo di questa malattia (Mori e Romano, 2015), cosa non avvenuta a S. M. Nuova. Come è possibile verificare nei grafici meteo relativi all'annata di riferimento, quest'ultima è stata interessata da eventi piovosi estremamente scarsi per tutto il periodo di sviluppo della nostra coltura. Ciò ha determinato uno stato di senescenza della foglia L3 in entrambi i siti e della foglia L2 per il sito di Jesi già al secondo rilievo. Di conseguenza in quest'ultimo solo la foglia a bandiera risulta essere vitale compromettendo notevolmente lo sviluppo delle malattie. Infatti, presso questo sito al secondo rilievo, è presente solo ruggine bruna a livelli molto bassi e oidio in tracce su qualche varietà. A Santa Maria Nuova come già detto, grazie anche alle caratteristiche pedologiche, il frumento ha sofferto meno lo stress idrico. Questo ha consentito di avere al secondo rilievo la foglia a bandiera e la foglia L2 ancora vitali favorendo lo sviluppo, seppur limitato, di ruggine bruna e oidio in misura maggiore rispetto a Jesi. Sui dati dei singoli rilievi è stata condotta un'analisi statistica della varianza ANOVA ad una via per valutare la significatività degli stessi.

Oltre alle tre annate oggetto della seguente sperimentazione sono stati elaborati, per le sei varietà comuni, i dati relativi anche all'annata 2016-2017 (Perticarà, 2017). Da ciò sono stati redatti una serie di grafici, correlati di analisi statistica, che hanno consentito di esaminare l'evoluzione delle malattie negli anni sia al primo che al secondo rilievo prendendo in considerazione i siti sia singolarmente che mediandoli. Da ciò si evince che ai primi rilievi per entrambi i siti sperimentali la malattia principalmente presente è oidio con un'intensificazione del livello infettivo nelle ultime annate per entrambi i siti fatta eccezione per Jesi nel 2020. Ciò è riconducibile prevalentemente alle condizioni proibitive per lo sviluppo della malattia che si sono verificate in entrambe le annate. Al secondo rilievo si registra sempre un incremento del livello infettivo dovuto prevalentemente a stagonosporiosi e ruggine bruna. Fatta eccezione per l'annata 2019 dove gli incrementi sono stati simili in entrambi i siti le annate 2017 (Perticarà, 2017) e 2018 hanno registrato aumenti più rilevanti presso il sito di Jesi. Questo è dovuto alle condizioni più favorevoli per lo sviluppo delle malattie indicate registrate a Jesi. L'annata 2020 ha mostrato livelli maggiori presso il sito di Santa Maria Nuova al secondo rilievo ciò, come già detto, è dovuto al fatto che l'annata in questione ha registrato un livello molto alto di siccità portando il frumento di Jesi alla senescenza delle foglie L2 ed L3 già al secondo rilievo limitandone lo sviluppo della malattia. Questa siccità ha interessato in misura più limitata S. M. Nuova e quindi ha favorito lo sviluppo della malattia.

Sui dati relativi alle quattro annate ed alle sei varietà, è stata condotta un'analisi statistica della varianza ANOVA a due fattori. Quest'ultima ci ha consentito di mettere in relazione le malattie nel primo e nel secondo rilievo con le variabili indipendenti (Località, Anni, Varietà e tutte le loro possibili combinazioni) consentendoci di determinare la significatività. Dai valori ottenuti riportati nelle tabelle n° 8, 9, 10 e 11 si evince che al primo rilievo per septoriosi tutte le variabili sono significative per lo sviluppo della malattia mentre per stagonosporiosi al secondo rilievo Località, Località*Varietà e Località*Anni*Varietà non risultano essere statisticamente significative nello sviluppo della malattia. Cosa comune ad entrambe le ruggini è quella di avere al primo rilievo tutte le variabili statisticamente non significative. Per quanto riguarda il secondo rilievo, la ruggine bruna è l'unica ad essere presente e tutte le variabili indipendenti risultano essere statisticamente significative. Infine, per oidio al primo rilievo la variabile varietà risulta essere l'unica variabile statisticamente non significativa mentre al secondo le variabili località e località*varietà.

Oltre all'analisi statistica è stata condotta una rank analisi mediando i livelli infettivi delle quattro annate nei due siti per il primo e per il secondo rilievo. Ciò ha consentito di

determinare la varietà più sensibile e quella più resistente nei confronti delle avversità maggiormente espresse per il primo e per il secondo rilievo. Prima di riportare le varietà è importante definire, come già detto, che al primo rilievo la malattia maggiormente presente è oidio mentre al secondo sono stagonosporiosi e ruggine bruna. Svevo risulta essere la varietà più suscettibile in entrambi i rilievi mentre quella più resistente è Claudio. L'ordine di resistenza per le altre varietà cambia a seconda se analizziamo il primo o il secondo rilievo. Per questo si fa riferimento alle tabelle n°12 e 13.

In conclusione, come riportato nella tabella n° 14, la rank analisi complessiva definisce Svevo ed Odisseo le varietà maggiormente suscettibili alle malattie esaminate. A queste seguono, in ordine di maggior resistenza Iride, Monastir e Marco Aurelio fino ad arrivare a Claudio. Quest'ultima risulta essere la varietà che ha mostrato i livelli di resistenza maggiori nei confronti delle malattie fungine fogliari esaminate in questo lavoro di tesi.

I risultati ottenuti da questo lavoro sperimentali possono essere comparati con quelli di prove di confronto varietale per la resistenza nei confronti delle medesime patologie. Queste prove vengono effettuate presso campi sperimentali distribuiti su tutto il territorio nazionale ed hanno proprio l'obiettivo di mettere a confronto i frumenti duri su scala nazionale. Da prove condotte su dieci località nell'annata 2016-2017 ne derivano i risultati riportati da (Iori et al., 2017), possiamo mettere a confronto i risultati per ogni singola varietà. Analizzando le varietà Svevo e Odisseo, che nella seguente ricerca hanno mostrato i maggiori livelli di sensibilità, si riscontra che anche nella pubblicazione sopra citata mostrano caratteristiche simili risultando moderatamente suscettibili per le malattie esaminate. Anche per le varietà Iride, Monastir e Marco Aurelio i dati della ricerca citata si allineano con quelli riscontrati nel seguente lavoro. Infatti per tutte le malattie esaminate, mediamente si riscontrano livelli di resistenza tali da poter classificare queste colture ad un livello definito come moderatamente resistente. Anche la varietà Claudio mostra risultati uniformi in entrambi i lavori. Infatti, per tutte le avversità esaminate, la coltura assume un livello di resistenza tale da poterla definire resistente nei confronti delle avversità saggiate. Quindi in conclusione, possiamo affermare che tale lavoro ha mostrato risultati in linea con le altre prove condotte a livello nazionale.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alvisi G., Cristiani C., 2008. Complesso della septoriosi malattie in espansione su grano duro. *L'informatore Agrario* **11**: 58-60.
- Alvisi G., Cristiani C., Ponti D., Betti C., Ferrari A., 2014. Grano duro: lotta alla septoriosi, quale strategia di difesa usare. *L'informatore Agrario* **9**: 20-24.
- Andreotti L., 2016. Creare mercato per gli agricoltori. *L'informatore Agrario; supplemento* **17**: 11.
- Andreotti L., 2016. Grano tenero: il futuro è nella specializzazione. *L'informatore Agrario; supplemento* **17**: 12-13.
- Annicchiarico P., 2016. Le varietà di grano duro più vocate al biologico. *L'informatore Agrario* **38**: 42-45.
- ASSAM (Agenzia Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche), 2017.
- Bellettato G., La protezione dalle malattie fungine. ANB 1-4.
- Bellettato G., Programma di protezione fungina del grano nella fase primaverile. ANB 1-4.
- Belli G., 2012. Elementi di Patologia Vegetale. Piccin, Padova.
- Bolton D. M., Kolmer A. J., Garvin F. D., 2008. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology* **9**: 563-575.
- Bonciarelli F., Bonciarelli U., 2012. Coltivazioni Erbacee. *Calderini Edagricole Bologna*.
- Casagrandi M., Lombardi L., Marzocchi L., 2005. Contro i funghi del grano la difesa è preventiva. *Terra e Vita* **16**: 90-92.
- Casulli F., Pancaldi D., Faretra F., 2003. La protezione integrata del frumento dalle malattie fungine. *Informatore Fitopatologico* **3**: 9-15.
- Cristiani C., Alvisi G., Almerighi A., 2004. La tempistica degli interventi contro la fusariosi del frumento. *L'informatore Agrario* **14**: 87-89.
- De Vita P., Collecchia S.A., Pecorella I., Saia S., 2016. 5 regole per salvaguardare la resa e la qualità del grano duro. *L'informatore Agrario* **33**: 38-40.
- Ferrero C., Pilati A., Pons R., 2009. Cereali vernini in Piemonte: confronto varietale in prove parcellari e on farm. *Agricoltura* **65**: 35-39.
- Galli F., Zago A., Biondi A., 2016. Septoriosi su frumento duro: quando e come trattare. *L'informatore Agrario* **13**: 46-48.
- Grow the Future., Il Frumento. www.growthefuture.it, Syngenta.
- Iori A., Palumbo M., Pecchioni N., Perenzin M., Virzi N., Bersani E., Mameli L., Petrini A., Randazzo B., Viola P., Cacciatori P., Codianni P., Cristofori C., Fornara M., Notario

- T. 2017. *Resistenza alle malattie fungine: frumenti a confronto. L'informatore Agrario* **40**: 50-55.
- Iori A., Perenzin M., Pecchioni N., Virzi N., Dettori M., Martelli M., Petrini A., Randazzo B., Viola P., Bernabei F., Bersani E., Cacciatori P., Caprara F., Codianni P., Cristofori C., Fornara M., Liciardello S., Mameli L., Notario T., 2016. Malattie fungine sui frumenti, bilancio dell'annata 2015-2016. *L'informatore Agrario* **40**: 51-56.
- Iori A., Sereni L., Cristofori C., Pasquini M., 2016. Malattie fungine su frumento bio, nel 2014-2015 moderate infezioni. *L'informatore Agrario* **46**: 53-55.
- Lanzellotti L., 2004. Gli effetti della difesa sulla produzione del frumento duro. *L'informatore Agrario* **44**: 51-53.
- Lavorano H., 2016. Grano duro 2016: raccolto record ma i prezzi in caduta libera. *L'informatore Agrario* **33**: 35-37.
- Mazzieri G., Governatori C., Angeletti G., Petrini A., Fuselli D., Piccinini M., 2018. Prove sperimentali cereali 2015-2016-2017. www.assam.marche.it
- Mazzieri G., Petrini A., Santilocchi R., Governatori C., Fuselli D., Bianchelli M., Malagesi F., Quarante F., 2016. Centro Italia versante adriatico. *L'informatore Agrario, supplemento* **33**: 17-20.
- Mori M., Romano R., 2015. Nota tecnica sulle malattie del frumento duro. Progetto Frugest. Petrarulo Sas.
- Pancaldi D., Alberti I., Le principali malattie epigee del frumento in post-spigatura. 2004. *L'informatore Agrario* **17**: 49-52.
- Pasquini M., Cacciatori P., Cardone A.M., Casini F., Conca G., Corazza L., De Ninno M., Di Gianbattista G., Gazza L., Infantino A., Iori A., Natlini G., Notario T., Pietrangeli F., Pancaldi D., Peruzzi P., Porta-Puglia A., Pucci N., Raimondo I., Ratti C., Ricciardi M., Rubies-Autonell C., Santori A., Sarti A., Sereni L., Tassi D., Vallega V., Virzi N., 2003. Le malattie dei frumenti in Italia. *L'informatore Agrario* **30**: 49-55.
- Pasquini M., Lori A., Sereni L., Casini F., Ricciardi M., Gazza L., L'Aurora A., Nocente F., Cacciatori P., Siniscalco A., Matteu L., Preiti G., Raimondo I., Randazzo B., Cambrea M., Mameli L., Ravaglia S., Invernizzi C., Notario T., 2004. Malattie fungine su varietà di frumento tenero e duro. *L'informatore Agrario* **38**: 67-74.
- Pasquini M., Lori A., Nocente F., Matere A., Sereni L., Cacciatori P., Cristofori C., Caprara F., Codianni P., Martinelli M., Mameli L., Liciardello S., Blangiforti S., Notario T.,

- Petrini A., Viola P., 2014. Malattie fungine del frumento: suscettibilità delle varietà. *L'informatore Agrario* **42**: 45-50.
- Pasquini M., Delogu G., Vallega V., Iori A., Riccardi M., Faccini N., Gazza L., Cacciatori P., Porta-Puglia A. Corazza L., Infantino A., Riccioni L., Santori A., Conca G., Di Battista G., Pucci N., Pancaldi D., Rubies-Autonell C., Causilli F., Raggi V. Malattie dei cereali a paglia. 22-40.
- Pasquini M., Aureli G., Iori A., Nocente F., 2016. Frumento e malattie fungine: il punto della situazione. *L'informatore Agrario; supplemento* **11**: 11-13.
- Rascio A., Codianni P., Colecchia S., Gallo A., Pecchioni N., 2016. Grano duro: resa e qualità in semina primaverile. *L'informatore Agrario* **4**: 46-48.
- Salgado J.D., Roche E., Pierce A., 2016. Rust Diseases of Wheat. www.osu.edu.
- Salgado J.D., Pierce A., 2016. Leaf Blotch Diseases of Wheat-Septoria tritici Blotch, Stagonospora nodorum Blotch and Tan Spot. www.osu.edu.
- Salgado J.D., Pierce A., 2016 Powdery Mildew of Wheat. www.osu.edu.

8. RINGRAZIAMENTI

Mi è doveroso dedicare questo spazio alle persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione di questo elaborato.

In primis ringrazio il prof. Gianfranco Romanazzi, relatore di questa tesi, per la disponibilità e cortesia dimostratemi in questi mesi di lavoro. Ha saputo guidarmi durante questa bellissima esperienza consentendomi di ampliare il mio bagaglio culturale e professionale.

Grazie al Dott. Nardi e al Dott. Ferroni per disponibilità alla collaborazione e la raccolta dei dati e alla Dott. Moumni per l'elaborazione statistica e il supporto nella stesura della tesi. Confido nel fatto che tali dati possano essere utilizzati per una eventuale pubblicazione scientifica.

Un doveroso ringraziamento va ai miei genitori, perché senza di loro tutto questo non sarebbe stato possibile.

Ringrazio le mie nonne, che con amore materno mi hanno sempre sostenuto in questo percorso come nella vita. Un grazie particolare va ai miei nonni; perché anche se non ci sono più, il loro ricordo e i loro insegnamenti rimarranno indelebili nella mia mente e nel mio cuore. A loro dedico questo lavoro!

A Carlo; mio fratello e mio migliore amico, un affettuoso ringraziamento per il legame indissolubile che ci lega.

Un ringraziamento speciale va a Vanessa che con amore mi ha sempre sostenuto e incoraggiato. Spero che continui ad essere al mio fianco per affrontare insieme la splendida avventura che è la vita.

Desidero infine ringraziare i miei amici e compagni di studi per la loro vicinanza e l'incoraggiamento a fare sempre meglio nel raggiungimento di questo importante traguardo.