



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2017 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.2.01 "SUPPORTO PER PROGETTI PILOTA E PER LO SVILUPPO DI NUOVI PRODOTTI, PRATICHE, PROCESSI E TECNOLOGIE NEL SETTORE AGRICOLO E AGROINDUSTRIALE"

FOCUS AREA 3A DGR N. 227 DEL 27 FEBBRAIO 2017

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO: **5050851**

DOMANDA DI PAGAMENTO: **5158623**

FOCUS AREA: 3A

Titolo Piano	Q2SC - Qualità, sicurezza e sostenibilità delle produzioni cerealicole
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Grandi Colture Italiane Soc. Coop. Agr.
Elenco partner del Gruppo Operativo	GCI - Grandi Colture Italiane Soc. Coop. Agr. Consulenti: CRPV – Centro Ricerche Produzioni Vegetali CRPV (Proambiente) CRPV (UCSC_PC - Università Cattolica Sacro Cuore di Piacenza) CRPV (Agronica Group) AGQ Labs

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	18
Data inizio attività	01/07/2018
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	02/03/2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/07/2018	Al 02/03/2020
Data rilascio relazione	11/05/2020	

Autore della relazione	Claudio Selmi – CRPV		
telefono		email	cselmi@crpv.it

1 Descrizione del quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano

Lo sviluppo delle attività del Piano è iniziato nel luglio 2018 e terminato nel marzo 2020. In sintesi, le attività complessivamente svolte nel corso del progetto sono state le seguenti:

L'azione 1 - Cooperazione è stata realizzata come previsto seguendo i percorsi e utilizzando i diversi strumenti indicati nel piano.

Nell'ambito dell'azione 3.1 (Impiego di spettroscopia di immagini per la rilevazione rapida di aflatotossine su granella di mais), Proambiente, con la collaborazione di GCI e UCSC_PC, si è occupato, nel corso del 2018 e 2019, di valutare la possibilità di impiego di un prototipo di strumento per la rilevazione rapida della presenza di aflatotossine su campioni di granella di mais.

Nell'azione 3.2 (Verifica dell'adattabilità varietale di cultivar di frumento tenero e duro), è stato approntato, nel 2018/19, un campo di valutazione varietale *on-farm*, da parte di GCI e CRPV, al fine di raccogliere le principali informazioni produttive, morfo-fisiologiche, agronomiche, fitopatologiche e qualitative di un pool di 75 varietà di frumento tenero e 44 di duro.

L'azione 3.3 (Messa a punto su mais di un protocollo per il monitoraggio nutrizionale) ha previsto, nel corso del 2019, di testare su mais, a livello dimostrativo, un servizio di monitoraggio nutrizionale, messo a punto da AGQ Labs, per ottimizzare gli apporti di fertilizzanti alla coltura, con particolare riguardo per quelli azotati.

Nell'ambito dell'azione 3.4 (Impiego di immagini satellitari per applicazioni di precision farming su mais), Agronica ha predisposto un'infrastruttura hardware/software in grado di acquisire immagini satellitari e fornire, tramite un'interfaccia di tipo web-gis, delle informazioni georeferenziate quali bilanci idrici e indici vegetativi di specifici appezzamenti a mais.

L'azione 4 (Divulgazione) ha previsto l'organizzazione di 1 incontro tecnico e due visite guidate al campo di confronto varietale frumento e di una visita guidata al campo di monitoraggio nutrizionale del mais. Il secondo incontro tecnico, quello conclusivo, era previsto per il 28/02/2020, ma è stato annullato per l'emergenza sanitaria occorsa; l'iniziativa è stata sostituita con una comunicazione diretta nei confronti del servizio tecnico dell'OP GCI e delle sue cooperative socie. Sono stati inoltre prodotti i 3 articoli preventivati e sono stati realizzati 3 audiovisivi sugli obiettivi e sui risultati del progetto. Per concludere, CRPV ha dedicato al progetto una pagina web sul proprio sito, raggiungibile anche attraverso l'app CRPV PEI, sulla quale sono disponibili i materiali prodotti.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
1 - Cooperazione	Grandi Colture Italiane e CRPV	Esercizio della cooperazione	1	1	18	18
3.1 - Impiego di spettroscopia di immagini per la rilevazione rapida di aflatotossine su granella di mais	CRPV (Proambiente)	Azioni dirette alla realizzazione del piano	1	1	18	18
3.2 - Verifica dell'adattabilità varietale di cultivar di frumento tenero e duro	CRPV e GCI	Azioni dirette alla realizzazione del piano	3	3	13	13
3.3 - Messa a punto su mais di un protocollo per il monitoraggio nutrizionale	AGQ Labs	Azioni dirette alla realizzazione del piano	8	8	16	16
3.4 - Impiego di immagini satellitari per applicazioni di precision farming su mais	CRPV (Agronica Group)	Azioni dirette alla realizzazione del piano	8	8	16	16
4 - Divulgazione	CRPV	Divulgazione	6	11	18	18

2 Descrizione per singola azione

AZIONE 1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

2.1 Attività e risultati

Unità aziendali responsabili (Uar): Grandi Colture Italiane (GCI) e CRPV

Descrizione attività

Grandi Colture Italiane, in veste di leader del coordinamento del Piano di innovazione con il supporto di CRPV, ha pianificato e messo in atto tutte le iniziative necessarie a realizzare l'attività progettuale e conseguire i risultati previsti dal Piano.

All'inizio del progetto è stato costituito un Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento dello stesso, composto dal Responsabile del Progetto (RP – _____ CRPV), dal Responsabile Scientifico (RS – _____ UCSC_PC) e dal Rappresentante del Beneficiario (RB - _____ GCI). Il RP si è occupato di coordinare le attività complessive e le azioni di divulgazione in stretto accordo col beneficiario. Per tutta la durata del Piano, il RP e il RB hanno svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso e, in particolare: il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori; la valutazione dei risultati in corso d'opera; l'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi; la definizione delle azioni correttive.

In generale, il RB e il RP si sono occupati di coordinare nel complesso tutte le attività, animando il GO, seguendone il percorso e verificandone la coerenza e buon sviluppo (attraverso contatti telefonici ed e-mail, incontri e sopralluoghi in campo).

Durante il costante monitoraggio dei lavori ed i risultati via via raggiunti, si è valutata la necessità di azioni correttive che però, nel corso del progetto, non si sono rese necessarie, salvo aggiustamenti tecnici concordati delle attività.

Al termine del progetto, il RP e il RB hanno completato l'analisi dei risultati ottenuti, ai fini anche della predisposizione della relazione tecnica conclusiva oltre alle altre documentazioni necessarie per la rendicontazione amministrativo-economica.

In particolare, sono di seguito descritte i punti di monitoraggio delle diverse attività svolte dal Comitato di Piano nel periodo luglio 2018 – marzo 2020.

In data 30/08/18 si è tenuto, presso l'OP GCI, un incontro di coordinamento dell'attività da svolgersi nel 2018 tra il RP _____, il RS _____ e il RB _____.

Il 24/01/19 si è tenuto, presso l'OP GCI, un incontro tra RP, il RB e il responsabile di AGQ Labs _____ per organizzare la prova di monitoraggio nutrizionale su mais.

Il 6 marzo 2019 si è tenuto, presso il CRPV, un incontro di coordinamento delle altre attività da svolgersi nel corso del 2019 tra il RP _____ e il RB _____.

Infine, il 13/12/19 si sono riuniti il RP e il RB per l'esame dei risultati e per impostare la rendicontazione conclusiva.

Autocontrollo e Qualità

Il Beneficiario si è avvalso delle Procedure e delle Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità dal CRPV, che ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia al progetto, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il progetto;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il progetto;
- Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il Responsabile di Progetto ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa del CRPV. In particolare sono state espletate le attività di seguito riassunte.

Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento dell'intero progetto si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile del Beneficiario, il Responsabile Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti.

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;
- Visite ai campi sperimentali (frumento e mais).

Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti

Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto tali da inficiare il raggiungimento degli obiettivi del Piano.

Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità del CRPV.

Il Sistema Qualità CRPV, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti durante questo periodo di rendicontazione e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/qualifi	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo (€)
	Quadro	Coordinamento cooperazione	160	7.973,13
	Impiegata	Amministrazione	124	4.908,08
	Impiegata	Supporto cooperazione	128	3.072,68
Totale:				15.953,89

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (€)
CRPV		110.126,30	Cooperazione	3.900,00
Totale:				3.900,00

AZIONE 3.1 – Impiego di spettroscopia di immagini per la rilevazione rapida di aflatossine su granella di mais

2.1 Attività e risultati

Unità aziendale responsabile (Uar): Proambiente

Partecipano alle attività: GCI e UCSC_PC

Descrizione attività

Obiettivi

Per il mais è importante avere degli strumenti che possano fornire in maniera rapida e semplice una chiara indicazione del livello di contaminazione da micotossine; soprattutto nella fase di conferimento ai centri di stoccaggio, al fine di segregare le partite in ingresso particolarmente a rischio, risulta necessario disporre di metodiche rapide e sufficientemente indicative del contenuto di aflatossine, le micotossine più pericolose della filiera maidicola. Attualmente, sui conferimenti ad elevato rischio, cioè con umidità della granella inferiore al 20%, devono essere effettuati opportuni controlli tramite dei sistemi rapidi di screening, generalmente basati sull'impiego di semplici lampade UV che evidenziano, tramite fluorescenza, le cariossidi potenzialmente contaminate.

In questa azione, Proambiente S.c.r.l. si è occupato di testare e ottimizzare un prototipo che effettui un rapido pre-screening (tempo di misura minore di 5 minuti) per valutare la presenza di aflatossine su campioni di granella di mais forniti dalla Grandi Colture Italiane che ha operato presso i centri di stoccaggio soci della medesima.

La presenza di Aflatossine (AF) nella catena produttiva degli alimentari è un problema ben noto e per questo motivo sono state sviluppate diverse metodiche di rilevamento e controllo. Tra queste tecniche analitiche la *cromatografia liquida ad alta prestazione* (HPLC) e la *spettrometria di massa* (SM) si distinguono per l'alta accuratezza. Per contro esse risultano costose, richiedono laboratori e personale specializzato, con tempi di esecuzione di una certa lunghezza e sono distruttive del campione da analizzare. Sono conosciute anche tecniche *spettroscopiche classiche* che possono fornire informazioni importanti per quanto riguarda le AF.

Le misurazioni di questo tipo spesso forniscono limitate informazioni per la caratterizzazione spaziale della distribuzione quando si esamina l'intero campione. Per questo motivo sono necessarie numerose misurazioni per esaminare in maniera dettagliata il materiale.

L'impiego delle tecniche non distruttive e in particolare la *Spettroscopia a immagini (Hyper Spectral Imaging)* è considerato un approccio innovativo in grado di fornire un'ampia gamma di informazioni nel controllo nella catena agro-alimentare.

Oltre all'aflatossina, *Aspergillus flavus* sintetizza un metabolita secondario antimicrobico, l'acido kojico che in presenza dell'attività ossidativa provocata da perossidasi, presenti nei tessuti della pianta, genera una fluorescenza giallo-verdastra brillante (BGYF-Bright Greenish Yellow Fluorescence). Il composto, nella forma ossidata, è spesso presente quando il fungo tossinogeno metabolizza l'aflatossina (Lee et al. 1986; Zeringue et al. 1999; Jacks 2004). Sebbene la fluorescenza BGY non indichi necessariamente la presenza di aflatossine, può produrre all'indagine

spettroscopica sovrapposizioni di picchi che possono interferire con quelli caratteristici dell'aflatossina.

Pertanto, l'obiettivo del presente studio era determinare la fattibilità della tecnologia basata sull'immagine per la rilevazione non distruttiva dell'aflatossina nel mais seguendo due linee di attività:

1. Utilizzare la matrice di emissione-eccitazione di fluorescenza per confrontare l'AF misurata da uno spettro-fluoro-fotometro con quella misurata sulla base delle immagini acquisite con un sensore iperspettrale a fluorescenza;
2. Generare un EEM (Excitation Emission Matrix) di miscela di acido kojico, dove la fluorescenza è stata indotta dalla perossidasi e dall'idrogeno perossido, per simulare la BGYF e ciò al fine di determinare potenziali sovrapposizioni di picco confondenti queste sostanze con l'AF.

Assetto strumentale

Per una affidabile rilevazione e quantificazione dell'AF è stato allestito un sistema da laboratorio (Figura 1), composto da strumento Acusto-Optical Imaging Spectrometer (AOIS) e una sorgente UV, montati su un supporto meccanico con movimentazioni tali da facilitare la messa a fuoco del campione osservato.

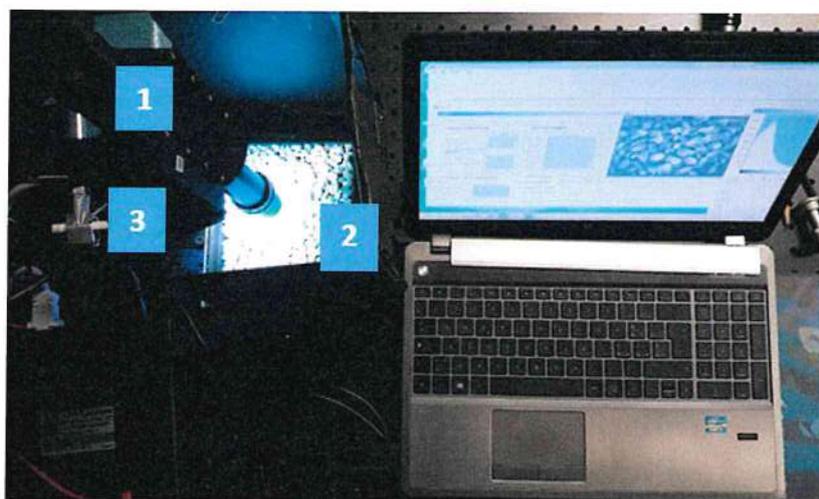


Figura 1. Assetto sperimentale per analisi iperspettrali di mais: (1) AOIS, (2) granella di mais, (3) sorgente UV. Con un apposito software vengono realizzati le impostazioni delle misurazioni e il salvataggio dei dati.

Acusto-Optical Imaging Spectrometer (AOIS)

Lo strumento AOIS, Figura 2, acquisisce singoli fotogrammi del campione osservato nel range 390 nm ÷ 620 nm con passo di 2nm. Con questo passo spettrale AOIS è in grado di acquisire più di 100 fotogrammi, funzionando dunque come un strumento di tipo iperspettrale, Figura 3.



Figura 2. Assetto sperimentale per analisi iperspettrali di mais: AOIS operante nell'intervallo 390÷620 nm, illuminato da una sorgente UV (3) con massima emissione a 365 nm.

I parametri di base dello strumento AOIS sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1

Parameter	Valore
Field of view:	$\pm 30^\circ$
Pix FoV	0,5 mrad
Spectral range:	400 ÷ 700 nm
Spectral resolution:	<1.2 ÷ 2.2 nm
Number of AO Cells:	2
Active Aperture	1 cm ²
Crystal type:	TeO ₂
Spectral Contrast:	> 20 000
Power Consumption	< 5W
CCD Camera	
Array, pix:	2184 x 1472
Pix size, μm :	6.8 x 6.8
D.C., e ⁻ /pix.s @ 5°C:	0.5

Nella sua versione di base AOIS effettua misurazioni iperspettrali da una distanza minima di 20 m fino all'infinito. Per rispondere ai requisiti per le misure previste nell'ambito del presente progetto, il sistema ottico d'ingresso è stato opportunamente modificato per misurazioni nel range di 0.1 ÷ 1.0 m.

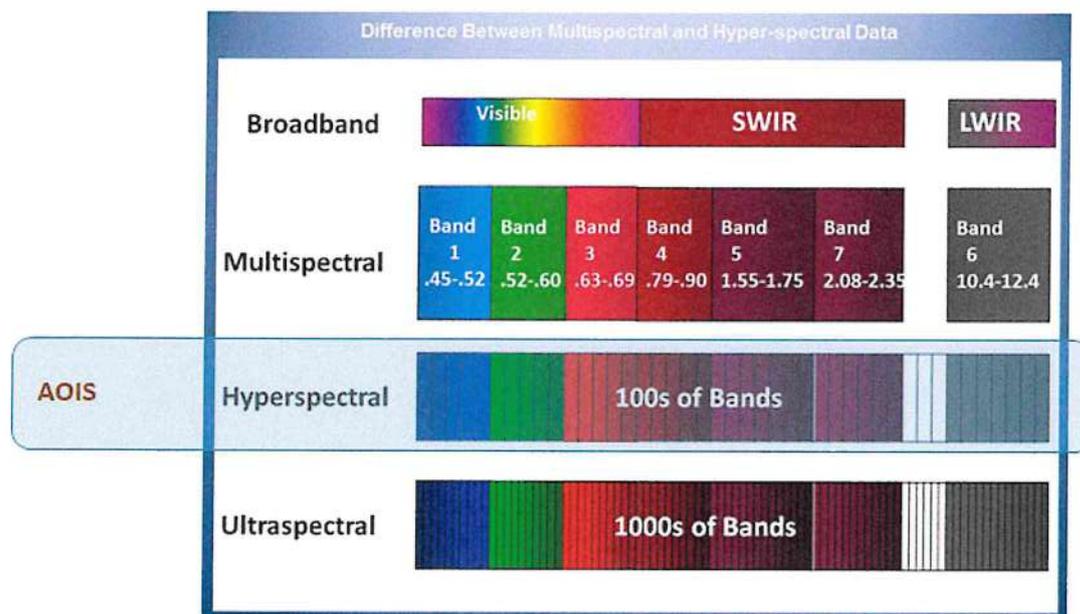


Figura 3. Collocamento di AOIS come tipo di strumentazione per spettroscopia ad immagini

Con i fotogrammi acquisiti da AOIS si crea il cosiddetto *cubo iperspettrale*, Figura 4. Un cubo iperspettrale fornisce informazioni spaziali con elevata risoluzione dello scenario/oggetto osservato (X, Y), mentre lungo l'asse (Z) si ottengono informazioni spettrali.

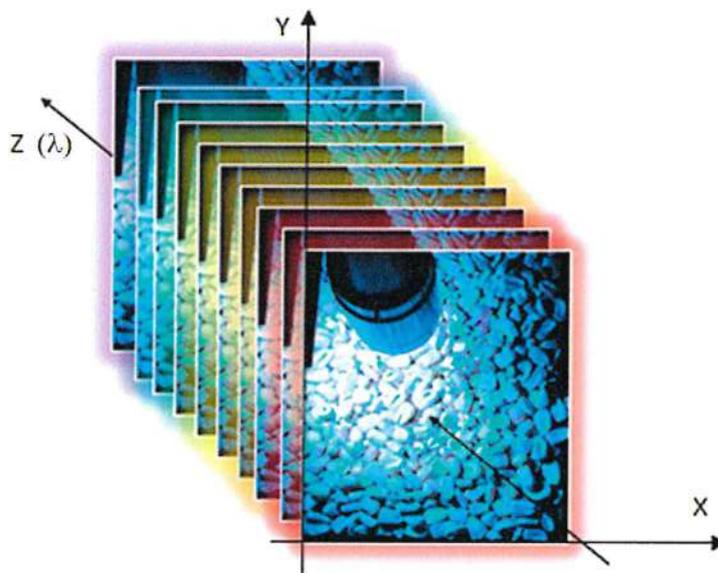


Figura 4. Esempio di un cubo iperspettrale da 10 fotogrammi. La colorazione rappresenta le diverse lunghezze d'onda in cui sono stati acquisiti i fotogrammi. Da questo cubo iperspettrale si ricavano gli spettri per ciascun pixel dell'oggetto osservato.

Sorgente luminosa

Dalla ricerca bibliografica effettuata nella prima fase del progetto si è concluso che la radiazione luminosa in grado di stimolare la fluorescenza dell'AF in maniera efficace è fissata a 365 nm. La banda spettrale della fluorescenza dell'AF si estende da 400 nm fino a 600 nm, con FWHM nell'intervallo 410 nm÷490 nm, Figura 5.

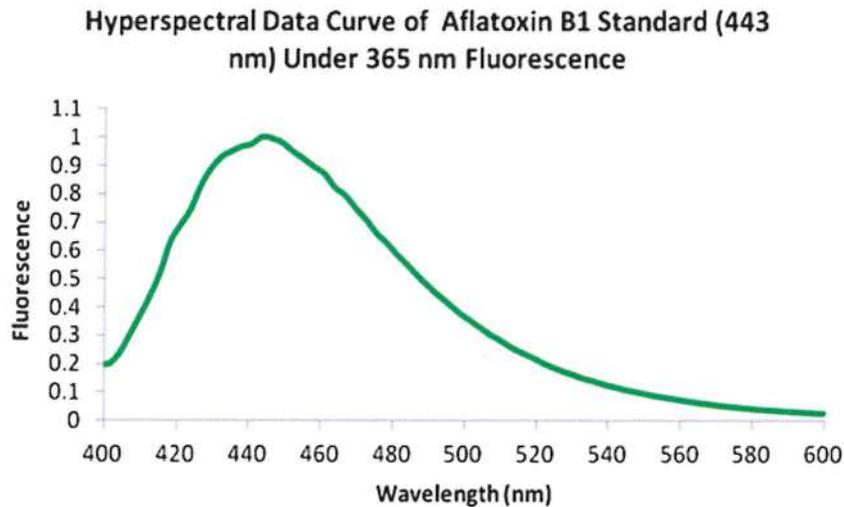


Figura 5. Spettro di fluorescenza di un riferimento di Aflatossina B1. Eccitazione a 365 nm, massima dell'emissione di fluorescenza a 443 nm [4].

Considerando che la radiazione luminosa più adatta per l'emissione di fluorescenza è 365nm, è stata individuata una sorgente (Figura, 6), composta da singoli LED a tale lunghezza d'onda .

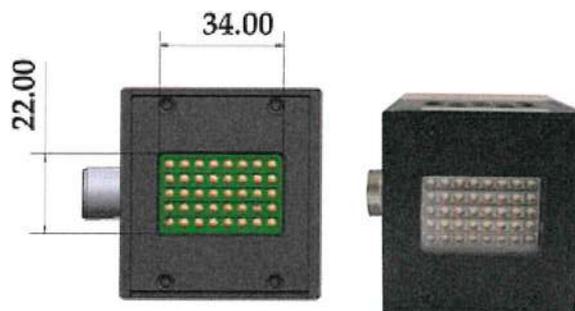


Figura 6. Sorgente con LED a 365 nm, utilizzata per l'eccitazione.

Lo spettro della sorgente è riportato nella Figura 7, dove si evidenzia il massimo dell'emissione per l'eccitazione a 365nm.

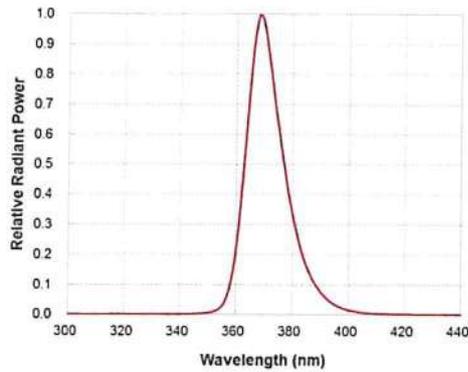


Figura.7 Spettro della sorgente 8x5 LED @365nm

Dall'analisi delle misurazioni riferite ai campioni della raccolta maidicola del 2018 (Rac18) è stato rilevato che nella zona spettrale 570-600 nm è presente un forte segnale di riflettanza, il quale non ha il carattere di fluorescenza dell'acido kojico, dovuto alla presenza di funghi di tipo *Aspergillus*. Dopo ulteriori studi approfonditi delle proprietà spettrali della sorgente di eccitazione utilizzata e una consultazione con il produttore della sorgente, si è concluso che in tale range spettrale è presente una emissione non descritta nelle specifiche tecniche della sorgente stessa.

Filtro passa-basso

Per ridurre l'effetto della emissione indesiderata della sorgente è stato implementato un filtro spettrale tipo passa-basso Andover-400FL07-50 posizionato davanti alla sorgente, Figura 8.



Figura 8. Il filtro passa-basso collocato davanti alla sorgente LED @365nm

In Figura 9 è raffigurata la curva di trasmittanza del filtro (curva blu) e la zona spettrale della fluorescenza d'interesse.

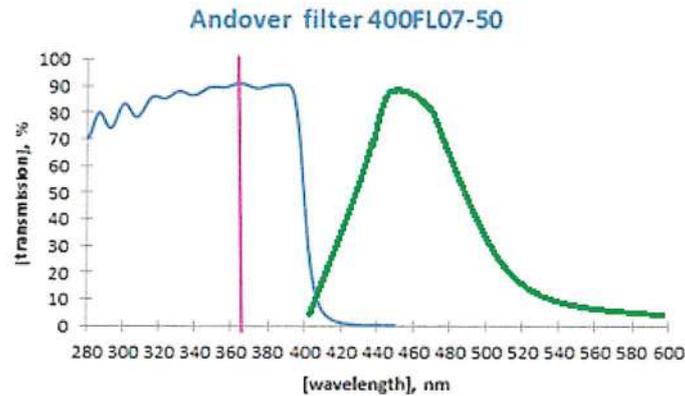


Figura 9. La banda passante del filtro (blu) secondo il Data Sheet del produttore (www.andovercorp.com/products/edge-filters/short-wave-pass), il riferimento di emissione di eccitazione della sorgente LED (fucsia) e la zona spettrale della fluorescenza d'interesse (verde)

L'impiego di questo filtro non ha comportato il miglioramento delle misurazioni a causa di una sua trasmittanza non trascurabile fuori dal suo out-of-band blocking intervall, parzialmente coincidente con la zona spettrale indagata.

Test iniziali

I primi test per mettere a punto l'assetto strumentale sono stati effettuati con alcuni campioni di mais delle raccolte 2017 e 2018. Si fa notare che i due gruppi di campioni presentano diversa morfologia: nei campioni del 2017 sono praticamente assenti i chicchi di mais spezzati, mentre nei campioni del 2018 sono largamente presenti, Figura 10.

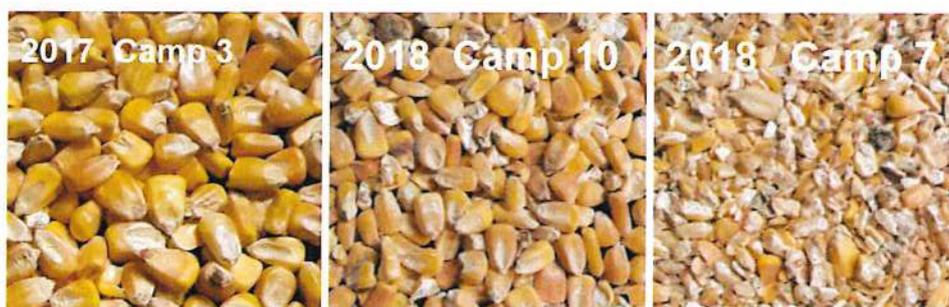


Figura 10. Esempi di campioni del 2017 e del 2018

Nella prima serie di elaborazioni sono stati ricavati gli spettri su tutta la superficie dei campioni. Nella Figura 11 si riporta il confronto tra gli 8 campioni del 2017 e primi 8 campioni del 2018. Si nota la forte presenza della radiazione riflessa nel campione del 2018 nella zona di 600 nm. Questo effetto è stato attribuito al fatto che la maggiore spezzatura nei campioni del 2018 aumenta loro l'albedo, producendo aumento del segnale, tenendo conto anche del fatto che in questa zona è presente una forte emissione della sorgente.

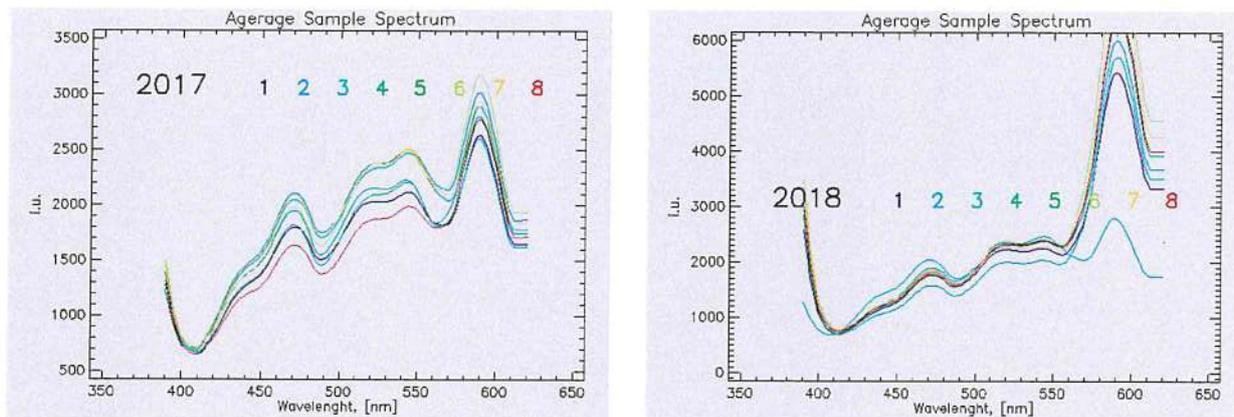


Figura 11. Spettri di riflettanza di 8 campioni del 2017 e del 2018. Il campione #3 del 2018 dimostra un spettro molto diverso dagli altri campioni, compresi quelli del 2107.

Nel tentativo di rilevare la differenza tra i campioni, supponendo che fossero contaminati con AF a diversi livelli, sono state implementate due procedure matematiche (a) derivata, (b) calcolo degli spettri differenziali. Nella Figura 12 si presentano le derivate dei due gruppi di campioni.

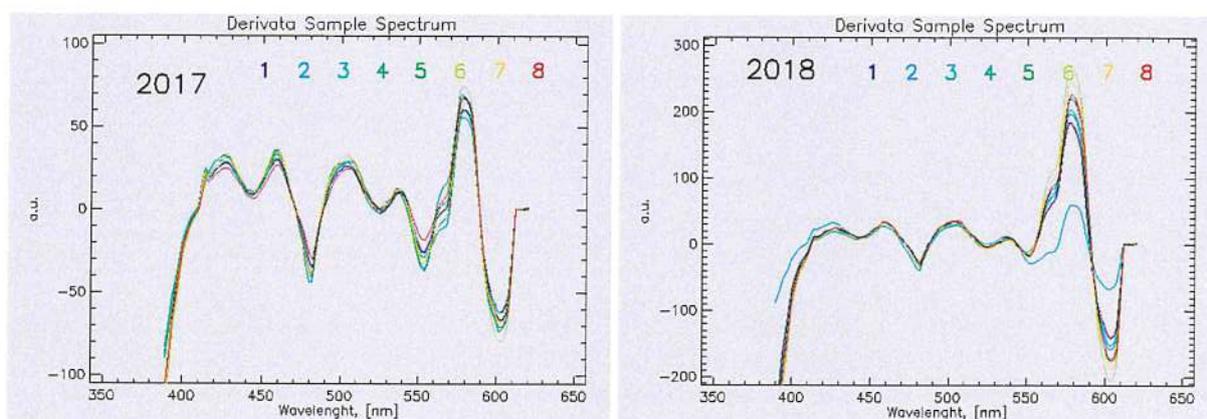


Figura 12. Le derivate degli spettri in funzione della lunghezza d'onda.

La Figura 13 dimostra gli spettri differenziali degli campioni, calcolati implementando un *fitting* polinomiale del 5°.

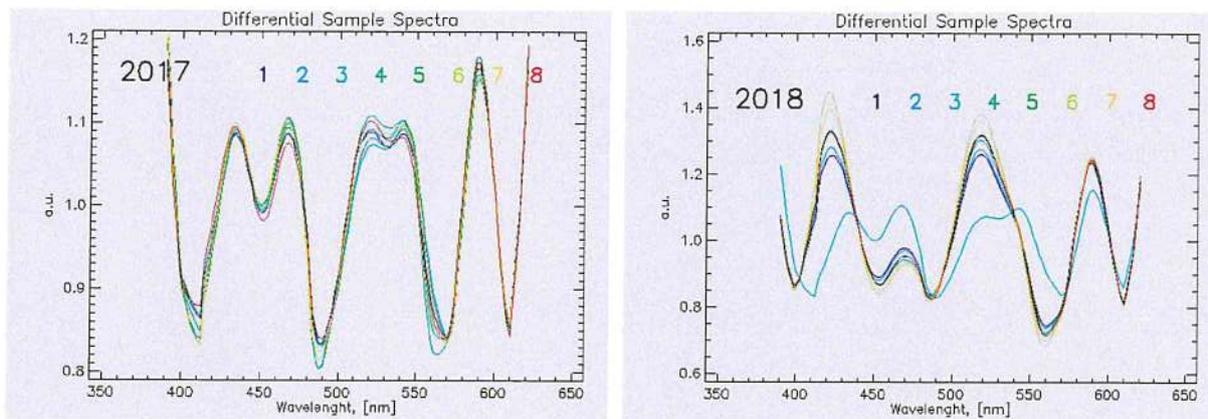


Figura 13. Gli spettri differenziali dei campioni.

Si nota che nella zona di 450 nm e 530 nm gli spettri differenziali dimostrano impronte spettrali diverse, ma considerando lo spettro di fluorescenza dell'AF (vedi Figura 5), questo fatto non può essere correlato con la presenza di AF nei due campioni.

Avvalendosi del fatto che le misurazioni con lo strumento AOIS sono di tipo iperspettrali, è stata verificata l'opportunità di ricavare dai fotogrammi l'eventuale presenza di AF nei singoli granelli di mais. Per questo motivo è stata calcolata la differenza tra due fotogrammi ottenuti in due lunghezze d'onda: una in cui la fluorescenza non si pronuncia e un'altra dove è il massimo della fluorescenza, Figura 14.

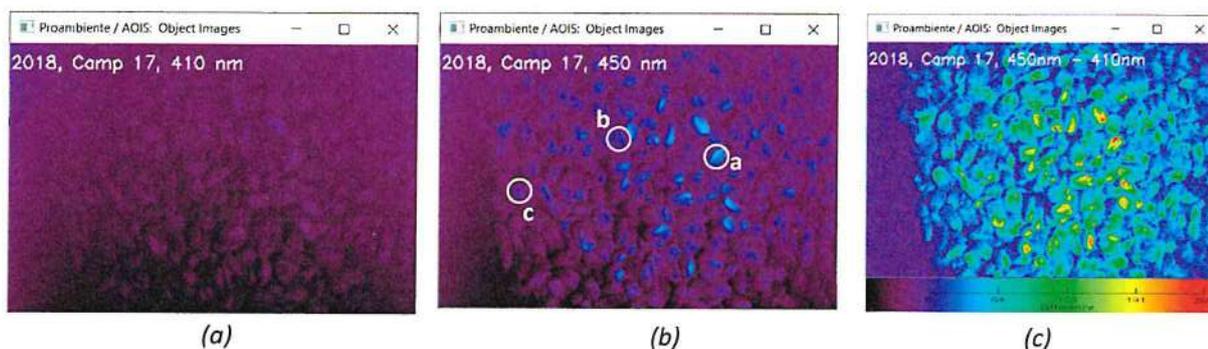


Figura 14. Fotogrammi del campione 17 del 2018: nella lunghezza d'onda 410 nm (a), nella lunghezza d'onda 450 nm, la zona in cui è la emissione massima della fluorescenza dell'AF (b), la differenza tra i due fotogrammi in unità relativa (c)

Lo spettro di uno dei chicchi di mais *a* nella Figura 14a, il quale dimostra maggiore segnale, è stato confrontato con gli spettri di altri due chicchi *b* e *c* dello stesso fotogramma. Nella Figura 15 sono riportate i tre spettri,

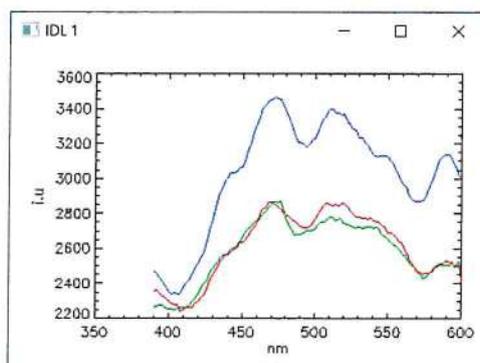


Figura 15. Gli spettri di tre chicchi selezionati nel fotogramma (b) della Figura 14.

Confrontando i tre spettri di cui sopra con lo spettro di fluorescenza dell'AF, si può notare che hanno struttura spettrale molto simile tra loro, con massime intorno a 470 nm, quindi distano circa 30 nm dalla massima dello spettro dell'AF. Per verificare se questo risultato è influenzato da qualche effetto strumentale, è stata effettuata una serie di misurazioni ai fini di verificare la risposta spettrale dell'assetto strumentale. È stata utilizzata una superficie Standard di riflettanza diffusa, OL25RS (Figura 16) della Optronic Laboratories, Inc., la quale si caratterizza per una riflettanza uniforme nell'intervallo spettrale 350 nm ÷ 2500 nm.

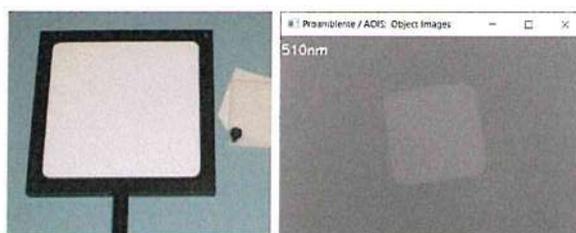


Figura 16. Lo Standard di riflettanza diffusa (a) e un fotogramma dello standard, ottenuto con lo strumento AOIS nella lunghezza d'onda 510 nm (b).

Dall'intera scansione con lo strumento AOIS nell'intervallo 390 nm ÷ 600 nm è stato costruito un cubo iperspettrale dal quale successivamente è stata ricostruita la risposta spettrale del sistema Sorgente & AOIS. Come si dimostra nella Figura 17, la zona 410 ÷ 550 nm, in cui si pronuncia la fluorescenza dell'AF, può essere considerata priva di strutture spettrali osservati nella Figura 15. Quindi la zona 410 ÷ 550 nm, può essere considerata appropriata per le indagini nell'ambito del presente progetto.

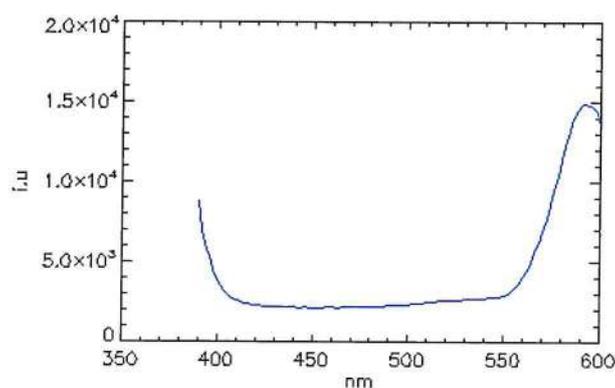


Figura 17. Risposta spettrale della sorgente LED & AOIS

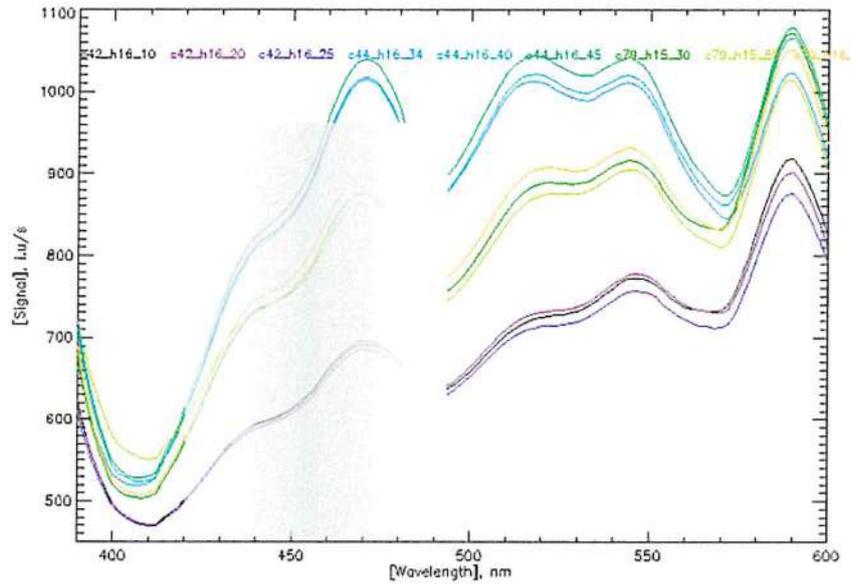
Misurazioni Raccolta 2018

Sono stati acquisiti in laboratorio cubi iperspettrali di 42 campioni di mais, i quali, secondo le misurazioni in HPLC effettuate presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, presentavano diversi livelli di contaminazione di aflatoxina AFB1, Tabella 1.

Tabella 1		Rac 18										
Codice campione	3	12	13	15	17	18	19	20	21	22	23	25
Contenuto AFB1 (HPLC)	0.3	0.0	2.4	22.0	2.3	30.2	2.2	7.2	1.2	0.4	1.2	<0.1
Codice campione	26	28	29	30	31	32	37	38	39	40	42	43
Contenuto AFB1 (HPLC)	0.1	0.7	<0.1	65.0	<0.1	<0.1	3.8	10.3	24.4	3.0	252.6	11.7
Codice campione	44	60	61	62	63	64	65	66	68	69	70	73
Contenuto AFB1 (HPLC)	5.3	<0.1	0.2	8.3	6.9	2.3	0.8	11.6	0.1	43.6	22.9	<0.1
Codice campione	74	76	77	78	79	80						
Contenuto AFB1 (HPLC)	<0.1	0.6	1.2	1.1	0.5	0.3						

Tra tutti i campioni esaminati sono state scelti i campioni #42, #44 e #79 che rappresentano diversi livelli di contaminazione: 252.6 ppb, 5.3 ppb e 0.5 ppb rispettivamente. La scelta di questi campioni è stata motivata dal fatto di creare un'ampia scala, comprendente la soglia riferita all'alimentazione umana.

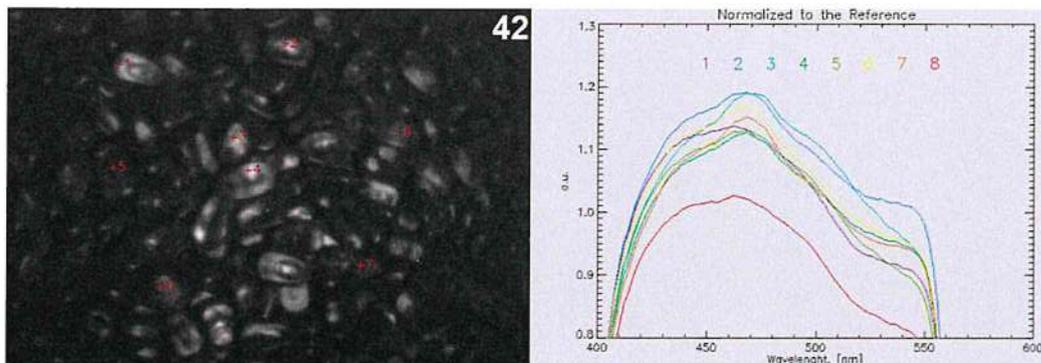
Il primo confronto sull'intera zona di questi tre campioni è riportato nella Figura 18.



(a)

Figura 18. (a) Confronto tra gli spettri di riflettanza dei campioni Rac18 #42, #44 e #79. La zona di maggior fluorescenza di aflatossina con eccitazione @365nm è indicata con il rettangolo. (b) Spettro di fluorescenza dell'aflatossina B1 standard con 365 nm di eccitazione [4]

Dal confronto diretto degli spettri dei tre campioni si è concluso che essi sono dominati dalla riflettanza a larga banda spettrale, la quale non evidenzia chiaramente la presenza di AF né tantomeno il livello contaminazione. Per tenere conto della riflettanza a larga banda dei tre campioni #42, #44 e #79 sono stati esaminati diversi chicchi e per ciascuno di essi è stato calcolato un spettro dal cubo iperspettrale. Successivamente ognuno di questi spettri è stato normalizzato rispetto allo spettro dello standard OL25RS, Figura 19.



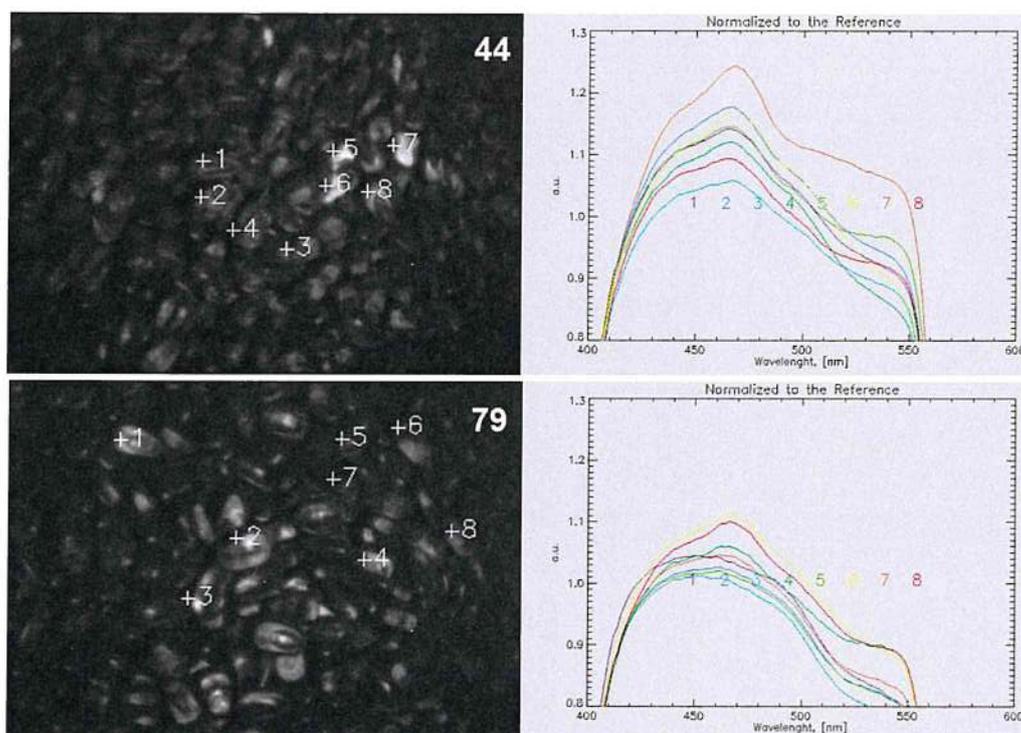


Figura 19. Spettri di riflettanza riferiti agli 8 punti selezionati dei campioni #42, #44 e #79, normalizzati rispetto allo spettro dello standard OL25RS.

Dal confronto degli spettri riportati nella Figura 19 non si dimostra una chiara differenza tra i campioni, proporzionale al loro contenuto di AF. Per questo motivo i segnali più alti (zone bianche della granella, Figura 19) sono stati attribuiti alla riflettanza di tipo speculare e non alla presenza di AF.

In seguito a un approfondimento presso l'Università Cattolica di Piacenza con il Responsabile scientifico del progetto (prof.ssa Paola Battilani) e il responsabile del laboratorio analitico (prof. Amedeo Pietri), è emerso che i campioni Rac18 forniti per le analisi iperspettrali, essendo stati precedentemente essiccati per la lettura in HPLC, avevano perso la possibilità di essere eccitati a 365nm per creare la fluorescenza tipica dell'AF.

Misurazioni Raccolta 2019

Successivamente sono proseguite le misurazioni con i campioni della Rac19 (nr. 50), prelevati con differente tempistica, presso il centro di conferimento di CAPA Vigarano Pieve (FE) da parte della Grandi Colture Italiane Sca.

Nella Tabella 2 sono riportati i codici dei campioni esaminati e la presenza di chicchi fluorescenti visivamente individuati da un operatore specializzato del centro tramite osservazione visuale di emissione di *bright greenish-yellow fluorescence (BGYF)* dai singoli chicchi a causa di presenza di *Aspergillus flavus*. Come scritto in premessa, l'emissione BGYF può essere correlata con la presenza di *Aspergillus flavus*, ma non sempre indica necessariamente la presenza di aflatossine.

Per questo motivo le misurazioni con i campioni della Rac19 sono state focalizzate, in accordo con il Responsabile scientifico, sulla rilevazione diretta del livello di contaminazione da AF.

Tabella 2		Rac 19											
Codice campione		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Numero chicchi		1	5	4	25	3	2	5	8	5	0	6	4
Codice campione		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Numero chicchi		8	0	1	4	0	4	0	20	0	6	4	0
Codice campione		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Numero chicchi		2	20	45	19	1	8	3	2	7	1	1	2
Codice campione		37	38	1/C	2/C	3/C	4/C	5/C	6/C	7/C	8/C	9/C	10/C
Numero chicchi		1	1	1	2	3	0	0	0	2	0	2	2
Codice campione		11/C	12/C										
Numero chicchi		0	0										

Per questo obiettivo sono stati creati 5 gruppi di mais che dimostravano visivamente diverso livello/tipologia di contaminazione. Un esempio, di questi campioni è dimostrato in Figura 20.

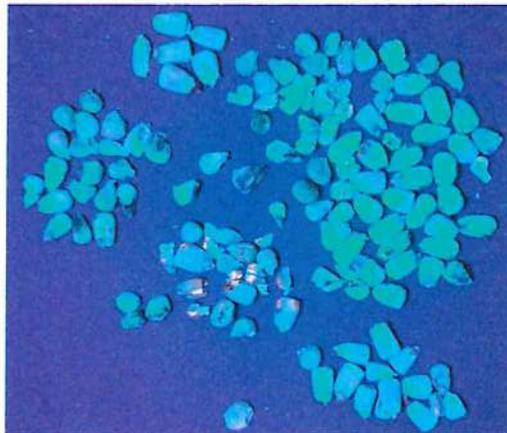


Figura 20. Granella di mais con diversi livelli di probabile contaminazione selezionati per analisi di immagini iperspettrali

Per identificare le proprietà spettrali dei campioni per individuare i chicchi con presenza di BYGF, i fotogrammi ottenuti dalla serie di scansioni sono stati elaborati con i seguenti passaggi:

- Rapporto tra due immagini in diverse lunghezze d'onda, (Figura 21 a, b, c)

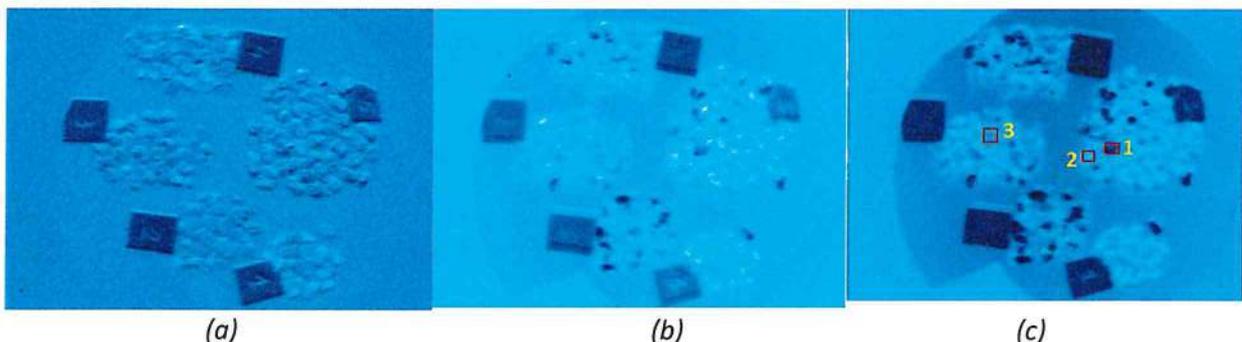


Figura 21. Rapporto tra due immagini ottenute: (a) nelle lunghezze d'onda 500nm/550nm, (b) 500nm/570nm, (c) 500nm/600nm

- Selezione di diverse zone di interesse (ROI) 1, 2, e 3 (Figura 21 c)
- Ricostruzione degli spettri delle ROI, nella zona 500÷600 nm (Figura 22).

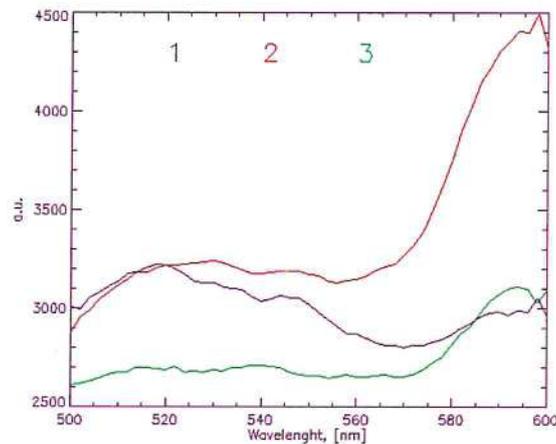


Figura 22. Spettri delle ROI selezionate come dalla Figura 10c. Si nota la sostanziale differenza tra le tre curve.

Da queste analisi si è valutato che la selezione di diverse lunghezze d'onde offre la possibilità di elaborare una soglia in termini numerici, che permette di identificare e selezionare soltanto chicchi di mais contaminati per successive analisi per la presenza di AF. Sulla base di una ricerca bibliografica della potenzialità di alcuni metodi analitici, è stato individuato il metodo *Spectral Angle Mapper (SMA)*.

Spectral Angle Mapper

Considerando che l'obiettivo del progetto è la quantificazione del livello di contaminazione da AF di un campione e che d'altra parte lo spettro misurato è dominato dalle proprietà spettrali proprie del prodotto, si è valutato che l'impiego dell'SMA, fosse un approccio appropriato per le analisi dei cubi iperspettrali ottenuti con lo strumento AOIS.

Questo metodo, largamente utilizzato nelle elaborazioni delle immagini iperspettrali, offre la possibilità di rilevare la presenza di diverse classi di interesse dal punto di vista spettrale rispetto al riferimento con proprietà spettrali ben note.

Per l'impiego di questo metodo SMA, lo spettro dell'AF è stato digitalizzato e interpolato nella stessa scala di lunghezza d'onda in cui sono state effettuate le misurazioni con lo strumento AOIS. È stato sviluppato un programma per calcolare l'angolo spettrale α , applicando la formula

$$(1) \quad \alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^n t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n r_i^2 \right)^{1/2}} \right)$$

Dove:

- t_i è il valore dello spettro ricostruito dal cubo iperspettrale per una certa lunghezza d'onda
- r_i è il valore dello spettro di riferimento (in questo caso lo spettro dell'AF) per la stessa lunghezza d'onda.

Nella Figura 23a si presenta il fotogramma del campione Rac19/4 ottenuto nella lunghezza d'onda 450 nm, dove non si evidenzia chiaramente l'emissione di fluorescenza dell'AF, tipica per questa lunghezza d'onda. Implementando la formula (1) per lo spettro ricavato dal cubo iperspettrale di ciascun pixel dell'area osservata con lo strumento AOIS, è stata creata una mappa riportata nella Figura 23b. Poiché per quest'analisi è stato utilizzato come spettro di riferimento quello dell'AF, si è potuto individuare singoli chicchi che contribuiscono al segnale misurato nella zona spettrale (vedi Figura 5) che caratterizza la fluorescenza dell'AF.

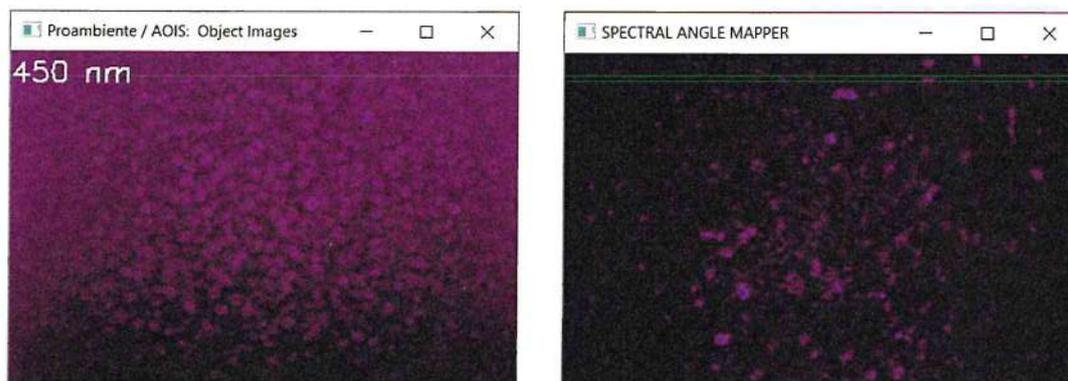


Figura 23. (a) Fotogramma del campione Rac/4 ottenuto nella lunghezza d'onda 450 nm, (b) mappa della distribuzione del parametro α ottenuto con la formula (1), normalizzato al suo valore massimo.

La mappa (Figura 23b) necessita di essere calibrata utilizzando i risultati delle misurazioni con il metodo HPLC (High Performance Liquid Chromatography). In questo modo si potrà definire una soglia del segnale di ciascun pixel, tale che evidenzierà soltanto pixel che rappresentino in maniera univoca il risultato della misura HPLC. L'esito della procedura di calibrazione è determinata dalla soglia S del segnale dei pixel della mappa SMA, la cui somma è uguale al livello di contaminazione del campione ottenuto con la tecnica HPLC.

$$(2) \quad \sum [I(x,y) * S] = AF_{HPLC}$$

Nel programma, appositamente sviluppato per l'elaborazione dei fotogrammi del cubo iperspettrale, è stato introdotto il parametro S, che dà la possibilità di eseguire la procedura di calibrazione nel caso in cui siano disponibili dati dalle misurazioni HPLC.



Figura 24. Esempio della mappa del campione Rac19/4 ottenuta con SAM, impostando tre diversi soglie per la procedura di calibrazione.

Referenze

1. Terry Vrabcheva, Theodora Petkova-Bocharova, Frederic Grosso, Ivan Nikolov, Ivan Nicolaï , Chernozemsky, Marcel Castegnaro, Sylviane Dragacci. Analysis of Ochratoxin A in Foods Consumed by Inhabitants from an Area with Balkan Endemic Nephropathy: A 1 Month Follow-up Study. *J. Agric. Food Chem.* 52, 8, 2404-2410, (2004).
2. H.J.P.Marvina, G.A.Kletera, A.Prandinib, S.Dekkersc, D.J.Boltond. Early identification systems for emerging foodborne hazards. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 5, Pages 915-926 (2009)
3. A.A. Gowena, C.P. O'Donnella, P.J. Cullenb, G. Downeyc and J.M. Friasb. Hyperspectral imaging – an emerging process analytical tool for food quality and safety control, *Trends in Food Science & Technology* 18, 590- 598, (2007).
4. Hruska, Z. et al., *Food Bioprocess Technol* (2014) 7:1195–1201 DOI 10.1007/s11947-014-1265-2
5. J. Weyermann, D. Schläpfer, A. Hueni, M. Kneubühler, M. Schaepman. Spectral Angle Mapper (SAM) for anisotropy class indexing in Imaging Spectrometry

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

La messa a punto dell'assetto sperimentale di carattere innovativo ha richiesto un impegno superiore a quello previsto, sia da un punto di vista strumentale, sia per la risoluzione di problematiche legate alle diverse condizioni e proprietà della materia da analizzare, in grado di interferire sulla bontà del dato da rilevare.

In ogni caso le attività realizzate permettono di confermare che l'impiego della spettroscopia ad immagini (hyperspectral imaging) consente di indagare la distribuzione spazio-spettrale delle proprietà degli oggetti osservati (granella di mais) e di quantificare la loro impronta spettrale nell'intera area osservata rispetto a uno spettro di riferimento, in questo caso lo spettro dell'AF. La misurazione con tale strumento risulta più precisa e accurata di quella svolta con le abituali lampade a luminescenza, discriminando fattori di interferenza quali il colore e il grado di rottura della granella

di mais. A seguito del confronto con i referenti scientifici dell'Università Cattolica di Piacenza, si è deciso di perseguire l'obiettivo innovativo di pervenire a una quantificazione diretta del livello di contaminazione da AF del campione indagato, inizialmente non previsto nel progetto.

Nell'estensione temporale del progetto sono sviluppate procedure che consentiranno la calibrazione anche nel caso in cui siano disponibili dati dalle misurazioni HPLC. Da accordi con il beneficiario del progetto di filiera, le attività proseguiranno anche dopo la rendicontazione del presente piano di innovazione, con la messa a disposizione di campioni e di relative analisi della contaminazione da micotossine anche per l'annata 2020.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/qualifi	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo (€)
	quadro	Supporto alla sperimentazione	240	11.957,87
			Totale:	11.957,87

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (€)
CRPV (Proambiente)		110.126,30	Referente per l'azione	49.780,00
CRPV (UCSC_PC)		110.126,30	Responsabilità scientifica	10.135,50
			Totale:	59.915,50

AZIONE 3.2 – Verifica dell’adattabilità varietale di cultivar di frumento tenero e duro

2.1 Attività e risultati

Unità aziendale responsabile (Uar): CRPV

Partecipano alle attività: GCI

Descrizione attività

Nel corso della stagione 2018/19, a Copparo (FE), è stato approntato un campo di valutazione varietale *on-farm*, da parte di CRPV e GCI, al fine di raccogliere le principali informazioni produttive, morfo-fisiologiche, fitopatologiche e qualitative di un pool di varietà rappresentativo del materiale genetico attualmente disponibile in commercio o di prossima commercializzazione. Tali informazioni sono infatti fondamentali per supportare i produttori agricoli verso una corretta scelta varietale al fine di massimizzare le rese produttive e la qualità della granella.

È indubbio che i campi dimostrativi consentono poi un efficace trasferimento delle conoscenze in quanto il produttore agricolo ha la possibilità di osservare direttamente (e di confrontare) il comportamento di una determinata varietà e di ottenere informazioni sulle principali caratteristiche della medesima, grazie al commento oggettivo fornito dai tecnici coinvolti in questa attività.

Prima di programmare e avviare le semine, il personale tecnico della O.P. GCI, di comune accordo con quello delle Cooperative socie, ha effettuato un attento esame del panorama varietale, sia affermato che emergente o in corso di registrazione, per procedere all’individuazione delle cultivar da mettere in osservazione. In particolare sono state individuate 75 varietà di grano tenero, appartenenti alle diverse classi qualitative (12 grani di forza FF, 20 panificabili superiori FPS, 36 panificabili FP e 7 biscottieri FB) e 44 varietà di grano duro.

La semina del campo è stata effettuata il 15 novembre 2018 nell’Az. Agr. Zaghi Romolo a Copparo (FE). La tecnica colturale adottata, in linea con le indicazioni del Disciplinare Regionale di Produzione Integrata, è riportata in tabella 1.

Tab. 1 – Scheda agronomica del campo di confronto varietale frumento (2018/19).

Az. Agr. Z.	Copparo (FE),
Coltura precedente	Soia
Lavorazioni	estirpatura e affinamento con erpice rotante
Concimazione Pre-semine	Flexammon 10-17 (N stabilizzato a lenta cessione) 3 q.li/ha
Data semina	Grani teneri e duri: 15/11/2018
Rullatura	21/02/2019

Concimazione di copertura inizio accestimento 01/03/2019	Ferticereal 21%N 4 q.li/ha (liquido a lenta cessione N)
Concimazione di copertura botticella 24/04/2019	Ferticereal 21% 4 q.li/ha (liquido a lenta cessione N)
Diserbo post-emergenza 01/03/2019	Starprop 1 lt/ha + Omnera LQM 1 lt/ha
Fungicida foglia a bandiera 17/04/2019	Aviator 1 lt/ha
Fungicida + insetticida spigatura il 7-10/05/2019	Elatus Era 1 lt/ha + Mavrik 20 EW 200 ml/ha
Trebbiatura	24-25/06/19 duri+teneri

Lo schema sperimentale ha previsto dei parcelloni non ripetuti della superficie di ca. 400 m²; in figura 1 viene riportata la mappa dei campi. Al fine di potere osservare il comportamento di ogni varietà nei riguardi della sensibilità alle principali crittogame, quali ruggini, septoria e fusariosi della spiga, una parte del parcellone non è stata sottoposta a trattamenti con fungicidi.

Fig. 1 – Mappa del campo di confronto varietale frumento.

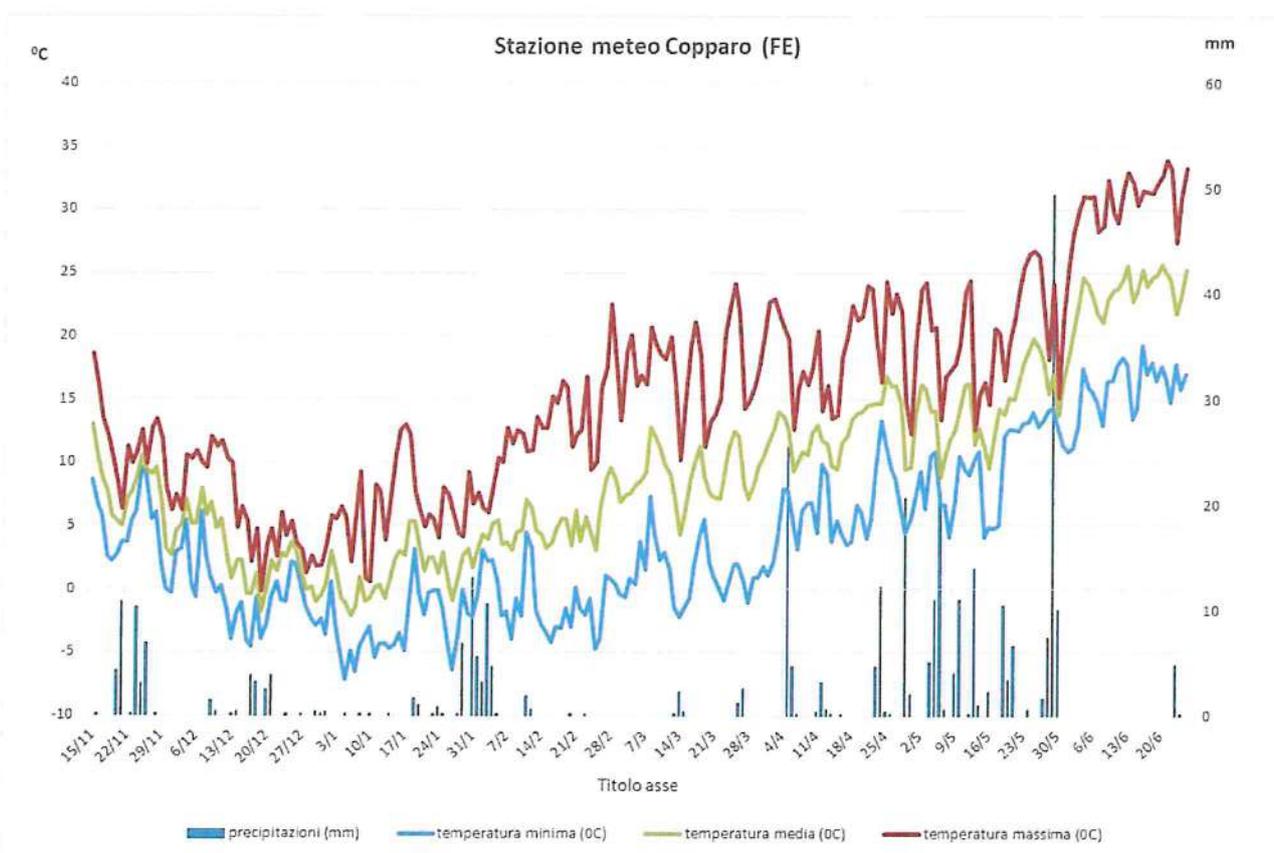


CRPV, con il supporto di Grandi Colture Italiane, ha provveduto al rilievo di: altezza piante, data di spigatura, presenza delle principali fitopatie, allettamento, produzione, umidità granella, peso ettolitrico e tenore proteico.

RISULTATI

Come si può osservare nel grafico 1, la campagna granaria 2018/19 è stata caratterizzata da un autunno/inverno con delle precipitazioni poco abbondanti, inoltre non è stato particolarmente freddo, infatti le temperature sono scese sotto lo zero solo per periodi molto limitati. La primavera, dopo un marzo segnato da un forte innalzamento delle temperature, è stata invece particolarmente piovosa: ad aprile sono caduti 75 mm e a maggio ben 159 mm con conseguenti ripercussioni sullo sviluppo di avversità fungine e in particolare di fusariosi della spiga. Il maggio 2019 è infatti considerato (Arpa-SIM) di gran lunga il mese più piovoso e tra i più freddi dal 1961. In compenso, la coltura ha poi potuto usufruire di un giugno asciutto per poter chiudere la campagna.

Grafico 1 – Andamento meteorologico stazione meteo Copparo - FE. (2018/19)



Risultati della prova di confronto varietale

Fumento tenero

Nella tabella 2 sono riportati i risultati morfo-fisiologici, produttivi e qualitativi delle 75 varietà di frumento tenero. Le varietà sono riportate in ordine di produzione decrescente per ogni categoria di I.S.Q. Accanto alla produzione è riportato l'indice produttivo (IP), calcolato ponendo uguale a 100 la produzione media del campo.

La resa produttiva media si è attestata su 7,02 t/ha, valore buono, anche in considerazione del panorama varietale molto ampio messo in campo (nello stesso anno le varietà in prova nella Sperimentazione Nazionale coordinata dal CREA erano 36).

Se si considerano le diverse classi qualitative, le produzioni medie più elevate, come atteso, sono state riscontrate per la classe FP (7,20 t/ha), anche se le classi FPS e FB si pongono su valori molto prossimi (7,09 e 6,96 t/ha rispettivamente); su un valore leggermente inferiore troviamo, infine, la classe di più elevata qualità, ovvero i FF (6,39 t/ha).

Considerando le 75 varietà in prova, quelle che hanno mostrato la produttività più elevata, superando o eguagliando del 10% la media generale, appartengono alla classe FP (la linea in corso di registrazione SUR H4243-479, Ayrton e l'ibrido Hypodrom) e FPS (Orloge). Tra i FF si segnala Izalco CS, che raggiunge la media di campo e tra l'altro denota ottime caratteristiche qualitative in termini di peso ettolitrico e proteine. Infine, tra i frumenti biscottieri, superano la media di campo Kiathos e Bagou.

Anche il peso ettolitrico medio è buono, ponendosi sul valore di 77,4 kg/hL. Come atteso, il valore medio più alto è raggiunto dai FF, con 81,1 kg/hL; a seguire i FPS con 78,3, i FP con 76,8 e per finire i biscottieri con 71,8 kg/hL. Tra i grani di forza si distinguono Giorgione e Izalco CS (83,0 e 82,9 kg/hL rispettivamente). Tra gli FPS, si segnala in particolare Berta, che, con 83,6 kg/hL, fa segnare il valore migliore in assoluto; buoni anche Algoritmo, Graindor e VST 790/12 (tutti con 81,1 kg/hL). Tra i panificabili superano gli 80 kg/hL: Altavista (81,1) e Caronte (80,7). Tra i biscottieri, Kiathos, oltre a essere il più produttivo, fa segnare anche il migliore peso ettolitrico (76,1 kg/hL).

A dimostrazione della buona qualità della granella, il valore medio delle proteine si colloca sul 12,9%. Anche in questo caso, i valori medi delle diverse classi ISQ rispettano quanto atteso: 14,2% per i FF, 13,0% per i FPS, 12,6% per i FP e 12,1% per i FB. Alcuni grani di forza (Izalco CS, Gianbologna e Soleniti) e il PS Teorema superano il 15%; tra i panificabili, Andromede CS e Colonia superano il 14%.

Per quanto riguarda l'epoca di spigatura, le varietà più precoci sono state Tocayo, Berta, Trafalgar e Filon (entro il 5 maggio), mentre le più tardive sono state Bagou, Kalahari e Colonia (19 maggio).

A fronte di un peso medio delle cariossidi di 43,6 mg, le varietà Teorema, Cabiria, Rubisko, Montecarlo e Hynvictus superano tutte i 50 mg.

Venendo agli aspetti fitosanitari del campo: per quanto riguarda le avversità fungine quali septoria, ruggini e oidio, non si sono evidenziate grandi problematiche; la fusariosi della spiga, invece era diffusamente presente, con diversi gradi di attacco, su tutte le varietà, per via dell'andamento stagionale molto piovoso di maggio, anche nell'area trattata col fungicida in spigatura. Le varietà

medio-tardive sono state le più colpite a causa del fatto che la loro fioritura è avvenuta durante il periodo maggiormente piovoso. Nonostante i danni da fusariosi sulle spighe, a livello comprensoriale, non si sono comunque manifestate grosse problematiche di contaminazioni da micotossine.

Non si segnalano danni da allettamento a maturazione.

Tab. 2 – Caratteristiche morfo-fisiologiche, produttive e qualitative del frumento tenero (2019)

Varietà	Azienda sementiera	I.S.Q.	Peso medio cariossidi (mg)	Data spigatura (gg. 1/4)	Altezza (cm)	Umidità (%)	Produzione (t/ha.al 13% um.)	IP	Peso ettolitrico (kg/hL)	Proteine (%)
IZALCO CS	<i>Caussade</i>	frumenti di forza	42	37	90	10,6	7,03	100	82,9	15,1
TRAFALGAR	<i>Limagrain</i>		44	33	85	10,1	6,69	95	80,1	13,9
BOLOGNA	<i>SIS</i>		33	37	85	10,4	6,59	94	81,1	13,5
NESTORE	<i>Venturoli</i>		37	37	85	10,4	6,51	93	80,1	13,7
SOANA	<i>Conase</i>		43	37	90	10,2	6,46	92	79,5	12,7
GIORGIONE	<i>SIS</i>		39	36	85	10,4	6,45	92	83,0	13,3
MIX ITALY	<i>Apsov</i>		--	-	85	10,3	6,33	90	81,1	14,2
GIANBOLOGNA	<i>SIS</i>		34	37	90	10,6	6,33	90	82,0	15,2
METROPOLIS	<i>Apsov</i>		41	36	90	10,2	6,28	89	80,8	14,6
AXUM	<i>Apsov</i>		36	37	85	10,1	6,25	89	79,5	14,1
REBELDE	<i>Apsov</i>		36	39	80	10,2	6,23	89	81,7	14,7
SOLENITI	<i>Caussade</i>		40	39	80	10,4	5,58	80	80,8	15,4
			38,6	36,8	85,8	10,3	6,39	91,1	81,1	14,2
ORLOGE	<i>Novasem</i>	frumenti panificabili superiori	49	39	95	9,8	8,01	114	77,1	13,4
SO 1622	<i>Caussade</i>		50	42	90	9,8	7,59	108	77,3	12,6
DONATOR	<i>Novasem</i>		36	40	80	9,8	7,57	108	77,3	11,7
TENOR	<i>Novasem</i>		43	41	90	9,5	7,54	107	75,8	11,7
ALGORITMO	<i>Semetica</i>		42	37	95	10,5	7,50	107	81,1	13,2
REFILL	<i>Semetica</i>		40	38	85	9,8	7,42	106	77,7	11,6
UNIK	<i>Florimont D</i>		46	39	90	10,1	7,42	106	79,5	12,5
CESARIO	<i>RAGT</i>		41	42	85	9,3	7,37	105	75,5	12,0
GRAINDOR	<i>Novasem</i>		48	39	95	10,3	7,34	105	81,1	13,2
MONTECARLO	<i>RAGT</i>		52	38	90	10,1	7,27	104	79,5	12,9
TARASCON	<i>Novasem</i>		42	42	85	9,8	7,12	101	76,4	13,3
BRUNELLESCHI	<i>SIS</i>		39	39	90	10,2	6,94	99	80,2	14,1
ASCONA	<i>Limagrain</i>		34	39	95	9,8	6,84	97	77,3	12,8
VST 790/12	<i>Venturoli</i>		49	39	90	10,4	6,69	95	81,1	13,4
BERTA	<i>Limagrain</i>		44	33	85	11,5	6,69	95	83,6	13,7
SOLIVE (1661)	<i>Caussade</i>		50	41	85	8,6	6,69	95	72,7	13,0
VST 002/18	<i>Venturoli</i>		44	41	95	9,9	6,54	93	78,9	13,6
MACARON	<i>Novasem</i>		40	40	90	9,1	6,52	93	74,6	12,4
ILARIA	<i>Isea</i>		40	38	90	10,0	6,44	92	79,5	13,6
TEOREMA	<i>Conase</i>		56	38	85	10,3	6,29	90	80,5	15,2
			44,3	39,3	89,3	9,9	7,09	101,0	78,3	13,0
SUR H4243-479	<i>Venturoli</i>	me fru	46	38	95	10,1	8,06	115	77,3	11,7

AYRTON	Limagrain		38	42	85	11,1	7,95	113	79,3	12,5
HYPODROM	SIS		46	39	80	10,0	7,73	110	77,6	11,2
NICARAGUA	RAGT		44	38	90	10,5	7,68	109	77,4	12,8
FILON	Semetica		44	34	90	9,7	7,68	109	74,9	13,1
VST 1204/16	Venturoli		47	39	85	9,3	7,65	109	72,7	12,0
SOLINDO CS	Caussade		45	41	90	10,4	7,58	108	79,2	13,5
CARONTE	Semetica		44	36	90	11,2	7,55	108	80,7	12,3
VST 1204/16	Venturoli		47	39	80	9,4	7,55	108	73,0	10,9
HYNVICTUS	Novasem		52	38	95	10,5	7,53	107	76,7	12,4
ANNIBALE	Syngenta		45	38	85	10,0	7,53	107	78,0	13,0
ARNOVA	Limagrain		46	41	85	10,2	7,50	107	76,1	12,3
RUBISKO	RAGT		54	38	85	10,2	7,45	106	76,4	12,0
SORRIAL	PSP		50	40	90	10,4	7,37	105	76,7	13,5
ANTIGUA	Maisadur		49	38	85	10,7	7,35	105	78,3	12,9
GENESI	Syngenta		42	38	95	10,4	7,32	104	78,9	13,0
ABSALON	Limagrain		38	43	85	10,9	7,30	104	77,4	13,8
PR22R58	Pioneer		43	37	85	10,2	7,27	104	78,3	12,5
SOSTHENE	Caussade		49	43	85	10,0	7,25	103	75,5	13,5
VIVENDO	RAGT		40	39	95	10,6	7,25	103	78,3	12,9
WINNER	Florimont D		50	43	90	9,8	7,22	103	73,6	13,1
ADES	Syngenta		44	38	90	9,8	7,20	103	75,5	13,8
MARCOPOLO	Semetica		47	39	85	9,5	7,05	100	74,6	11,5
ORTOLAN	Florimont D		46	42	85	10,0	6,99	100	75,5	13,3
SY CICERONE	Syngenta		34	38	85	10,1	6,89	98	76,4	10,9
ILLICO	Syngenta		44	40	90	10,3	6,89	98	79,8	13,5
CABIRIA	Conase		56	42	85	10,0	6,82	97	77,4	13,3
ERIDIO	Syngenta		43	37	90	10,2	6,82	97	77,0	11,0
ANGELICO	SIS		32	37	75	10,4	6,79	97	79,2	11,7
MALDIVES CS	Caussade		40	40	80	9,8	6,67	95	77,4	13,1
ANDROMEDE CS	Caussade		43	42	90	8,7	6,67	95	71,2	14,4
KALAHARI	Limagrain		40	45	105	10,4	6,59	94	75,2	13,8
OVALO	Novasem		40	39	90	10,8	6,59	94	78,3	10,8
ALTAVISTA	Semetica		39	37	95	10,9	6,57	94	81,1	13,0
COLONIA	Limagrain		47	48	95	9,8	6,49	92	74,6	14,4
GINGER	Conase		49	41	80	9,6	6,41	91	75,5	10,2
			44,5	39,6	87,9	10,2	7,20	102,6	76,8	12,6
KIATHOS	Caussade	frumenti biscottieri	50	41	90	9,3	7,32	104	76,1	11,9
BAGOU	PSP		41	44	90	8,7	7,24	103	70,9	12,9
TOCAYO	RAGT		42	32	95	8,8	6,97	99	73,0	12,1
ARKEOS	Limagrain		41	43	90	8,3	6,94	99	68,7	11,7
SUR 114-15	Conase		50	38	85	9,4	6,82	97	73,3	10,0
SANTORIN	SIS		40	41	85	9,1	6,79	97	73,7	13,3
VST 427/10	Venturoli		48	43	90	8,0	6,67	95	67,2	12,9
			44,6	40,3	89,3	8,8	6,96	99,2	71,8	12,1
			43,6	39,2	88,1	10,0	7,02	100,0	77,4	12,9

Frumento duro

Nella tabella 3 sono riportati i risultati morfo-fisiologici, produttivi e qualitativi delle 44 varietà di frumento duro. Le varietà sono riportate in ordine di produzione decrescente; accanto alla produzione è riportato l'indice produttivo (IP), calcolato ponendo uguale a 100 la produzione media del campo.

La resa produttiva media del campo si è attestata su 5,73 t/ha; hanno superato, o almeno uguagliato, il 10% della media: Fabulis (114), Toscadoux (111), Beltorax (111), Odisseo (111) ed Emilio Lepido (110).

Il peso ettolitrico medio si attesta su 78,3 kg/hL; si distinguono in particolare Voltadur, SY Reale, Cesare e SY Atlante che superano, o eguagliano, gli 81,0 kg/hL. Quindici delle varietà in prova superano, o eguagliano gli 80 kg/hL.

Il contenuto proteico medio si pone sul 14,8%; si distacca da tutte le altre varietà SY Puro, con ben il 18,1% di proteina. Superano il 16%: Heraklion, Idefix e Marco Aurelio; altre 15 varietà superano, o eguagliano, il 15%.

Per quanto riguarda l'epoca di spigatura, le varietà più precoci sono state la siglata VSD 03/17 e Voltadur (entro il 30 aprile), mentre le più tardive sono state Haristide e Babylone (12 maggio).

A fronte di un peso medio delle cariossidi di 50,9 mg, le varietà Ottaviano, Beltorax, Obelix, Leonardo e Augusto superano tutte i 60 mg.

Per quanto riguarda le avversità fungine e in particolare per la Septoria, non si sono evidenziate grandi problematiche; su alcune varietà suscettibili e precoci, quali Solstizio, Anvergur, Biensur (concia C3), la patologia si è manifestata in forma lieve. Come sul frumento tenero, la Fusariosi della spiga era invece diffusamente presente con diversi gradi di attacco, talora anche importanti, su tutte le varietà, per via dell'andamento stagionale molto piovoso di maggio. Le varietà medio-tardive sono state le più colpite a causa del fatto che la loro fioritura è avvenuta durante il periodo piovoso. Nonostante i danni da fusariosi sulle spighe, che hanno sicuramente inciso sulla produttività, non si sono comunque manifestate grosse problematiche di contaminazioni da micotossine.

Non si segnalano danni da allettamento a maturazione.

Tab. 3 – Caratteristiche morfo-fisiologiche, produttive e qualitative del **frumento duro** (2019)

Varietà	Azienda sementiera	Peso medio cariossidi (mg)	Data spigatura (gg. 1/4)	Altezza (cm)	Umidità (%)	Produzione (t/ha.al 13% um.)	IP	Peso ettolitrico (kg/hL)	Proteine (%)
FABULIS	<i>Limagrain</i>	41	34	95	10,8	6,54	114	80,1	15,6
BELTORAX	<i>SIS</i>	62	36	95	11,3	6,38	111	80,7	14,4
TOSCADOUX	<i>Novasem</i>	41	35	85	10,9	6,38	111	78,8	13,4
ODISSEO	<i>Syngenta</i>	58	34	90	11,0	6,33	111	80,4	13,5
EMILIO LEPIDO	<i>SIS</i>	52	33	90	9,7	6,30	110	78,2	15,8
NATUR	<i>RAGT</i>	43	34	90	10,8	6,28	110	80,7	15,1
BIENSUR	<i>Apsov</i>	48	38	75	11,1	6,20	108	80,1	15,0
AUGUSTO	<i>SIS</i>	61	34	85	11,2	6,15	107	79,8	13,6

NOBILIS	<i>PSP</i>	51	39	80	10,4	6,07	106	77,0	12,8
MARTINUR	<i>Semetica</i>	42	32	90	10,7	6,07	106	80,7	14,5
ANUBIS	<i>Limagrain</i>	49	33	90	10,9	6,05	106	79,4	13,8
ANVERGUR	<i>Conase</i>	58	36	90	9,5	6,02	105	74,0	14,0
LEONARDO	<i>Syngenta</i>	61	33	80	10,6	5,97	104	77,3	14,7
SY REALE	<i>Syngenta</i>	53	34	80	11,2	5,97	104	81,6	15,2
OTTAVIANO	<i>SIS</i>	63	33	90	10,7	5,94	104	79,4	15,3
MARIO	<i>Syngenta</i>	50	34	95	9,8	5,84	102	77,0	14,0
VOLTADUR	<i>Semetica</i>	49	29	85	11,5	5,84	102	81,9	14,5
MARCO AURELIO	<i>SIS</i>	52	32	85	10,5	5,81	102	78,2	16,3
CESARE	<i>SIS</i>	52	34	85	11,4	5,81	102	81,6	14,3
PR22D66	<i>Pioneer</i>	49	35	85	10,7	5,79	101	78,5	15,0
HARISTIDE	<i>PSP</i>	56	40	90	10,6	5,76	101	78,2	13,9
PIGRECO	<i>Syngenta</i>	55	35	90	10,7	5,76	101	76,0	14,1
MIRADOUX	<i>Semetica</i>	45	39	85	10,7	5,76	101	78,2	14,2
BABYLONE	<i>Syngenta</i>	50	41	85	9,1	5,74	100	74,8	14,9
DAURUR	<i>Semetica</i>	51	34	85	10,8	5,71	100	80,0	14,8
MONASTIR	<i>Semetica</i>	50	31	90	10,9	5,71	100	77,3	14,0
RGT FALCODUR	<i>RAGT</i>	49	36	85	10,7	5,71	100	79,1	15,4
ROBINUR	<i>Semetica</i>	49	38	85	10,9	5,66	99	78,2	14,4
SY CYSKO	<i>Syngenta</i>	37	36	95	9,6	5,66	99	75,7	14,8
SOLSTIZIO	<i>Conase</i>	50	35	95	9,2	5,63	98	73,6	14,8
AVENTADUR	<i>RAGT</i>	42	31	90	11,2	5,48	96	79,1	14,5
HERAKLION	<i>Syngenta</i>	50	34	90	7,8	5,40	94	67,1	16,9
MARAKAS	<i>RAGT</i>	48	32	90	11,2	5,40	94	80,1	15,3
OBELIX	<i>Syngenta</i>	62	39	95	9,6	5,35	93	76,3	15,1
IDEFIX	<i>SIS</i>	55	35	80	9,8	5,35	93	76,3	16,6
ACHILLE	<i>Isea</i>	50	33	95	11,2	5,35	93	79,1	14,1
PANORAMIX	<i>SIS</i>	52	36	85	10,7	5,32	93	78,2	15,2
RGT BRIKODUR	<i>RAGT</i>	56	34	90	11,1	5,30	92	80,1	15,1
RGT RANGODUR	<i>RAGT</i>	48	35	90	10,7	5,30	92	77,3	14,0
SY ATLANTE	<i>Syngenta</i>	48	35	90	11,0	5,27	92	81,0	14,4
RGT LEONDUR	<i>RAGT</i>	48	32	90	11,0	5,17	90	80,0	15,8
SY PURO	<i>Syngenta</i>	52	35	95	11,0	5,14	90	80,1	18,1
VSD 03/17	<i>Venturoli</i>	50	28	95	10,6	4,91	86	76,3	15,3
BARONIO	<i>Conase</i>	50	37	90	10,9	4,42	77	78,2	15,2
<i>media</i>		<i>50,9</i>	<i>34,6</i>	<i>88,4</i>	<i>10,6</i>	<i>5,73</i>	<i>100,0</i>	<i>78,3</i>	<i>14,8</i>

Conclusioni

La prova ha senz'altro fornito utili indicazioni nella scelta varietale del frumento tenero e duro da seminare nell'areale ferrarese ai fini dell'ottenimento delle migliori rese produttive o qualitative.

Tra le varietà di tenero si sono particolarmente distinte per produttività, superando o eguagliando del 10% la media generale, i panificabili SUR H4243-479 (linea in corso di registrazione), Ayrton e l'ibrido Hypodrom e, tra i panificabili superiori, Orloge. Tra i FF, si segnala Izalco CS, che raggiunge

la media di campo e tra l'altro denota ottime caratteristiche qualitative in termini di peso ettolitrico e proteine. Infine, tra i frumenti biscottieri, superano la media di campo Kiathos e Bagou.

Infine, tra i grani duri hanno superato, o almeno uguagliato, il 10% della media: Fabulis (114), Toscadoux (111), Beltorax (111), Odisseo (111) ed Emilio Lepido (110). Da evidenziare la varietà SY Puro, con ben il 18,1% di proteina.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti durante questo periodo di rendicontazione e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo (€)
	quadro	Partecipa alla sperimentazione	160	7.963,64
	impiegata	Partecipa alla sperimentazione	64	1.517,44
			Totale:	9.481,08

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (€)
CRPV		110.126,30	Responsabile prova	16.160,00
			Totale:	16.160,00

AZIONE 3.3 – Messa a punto su mais di un protocollo per il monitoraggio nutrizionale

2.1 Attività e risultati

Unità aziendale responsabile (Uar): AGQ Labs

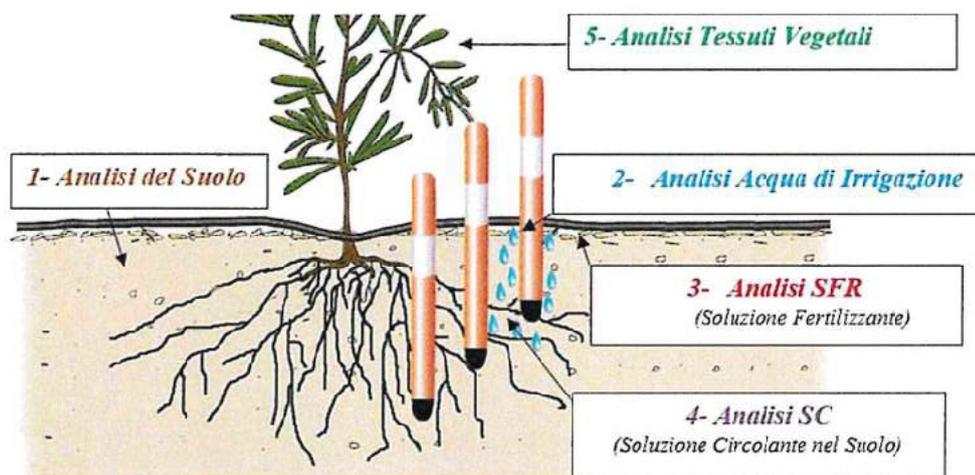
Partecipano alle attività: CRPV

Descrizione attività

Durante la campagna 2019, AGQ Labs, in collaborazione con GCI e CRPV, si è occupata di monitorare gli aspetti idrico-nutrizionali di un campo di mais, allestito presso l’Az. Agr. F_____ a Migliarino (FE).

Il sistema adottato, progettato e brevettato da AGQ Labs, consiste nell’applicare al terreno alcune sonde di suzione per estrarre la soluzione circolante su cui eseguire le analisi di conducibilità elettrica, pH, macro e microelementi, più volte durante la stagione e nelle fasi più critiche per la coltura. Contemporaneamente, vengono eseguite le analisi dell’acqua d’irrigazione, della soluzione fertilizzante, le analisi del suolo e dei tessuti vegetali della pianta. Dal confronto tra ciò che avviene nel suolo e ciò che la pianta realmente assorbe, il sistema è in grado di fornire un’indicazione precisa su come variare la fertilizzazione durante il ciclo colturale, in funzione delle reali esigenze della pianta (fig. 1).

Fig. 1 – Il sistema di monitoraggio di AGQ Lab



Il sistema si fonda su alcuni principi scientifici di seguito descritti.

Soluzione circolante (SC)

Rappresenta l’acqua nel terreno con gli elementi nutritivi in essa disciolti. Poiché le piante assorbono ioni disciolti nella soluzione acquosa, è solo dall’analisi della SC che si è in grado di capire la reale disponibilità per la coltura. Poiché le condizioni chimico-fisiche del suolo variano lungo il profilo del suolo, è fondamentale analizzare la SC a diverse profondità. In tal modo è possibile capire realmente il destino di ogni fertilizzante apportato, e cioè:

a) assorbito dalla pianta, il fertilizzante sarà rinvenuto nella sonda più superficiale e non in quella più profonda;

- b) perso in atmosfera o per dilavamento, in questo caso si ritroverà all'incirca la stessa quantità di elemento sia nella prima che nell'ultima sonda;
- c) immobilizzato e cioè adsorbito dai colloidali o insolubilizzato, l'elemento non si ritrova nella SC e non è presente neanche nelle analisi dei tessuti fogliari.

Salinità

Un altro importante parametro che sono in grado di monitorare le sonde è la salinità. Calcolando la conducibilità elettrica lungo il profilo del suolo si riesce a capire la profondità cui arriva l'acqua apportata. Valori elevati di conducibilità elettrica nella zona di sviluppo delle radici rallentano la crescita della pianta e indicano che vanno allontanati i sali attraverso irrigazioni più abbondanti.

Analisi del terreno

L'analisi del terreno è importante per capire in anticipo come risponderà quel tipo di terreno alle concimazioni o fertirrigazioni che saranno eseguite. Infatti, a parità di disponibilità di un dato elemento, l'apporto di fertilizzante varia in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche (tessitura, dotazione di sostanza organica, pH, CSC, ecc.) del suolo. Per esempio, in un terreno sabbioso è sufficiente un piccolo apporto di sostanza organica per aumentare la stabilità strutturale, ma è necessario eseguire irrigazioni frequenti e apporti di fertilizzanti più generosi poiché questo tipo di suolo è caratterizzato da minore capacità di ritenzione idrica e dotato di minore disponibilità di elementi nutritivi rispetto a un suolo argilloso.

Analisi dell'acqua di irrigazione

L'acqua con cui s'irriga non è pura, ma è spesso una fonte nutritiva importante per la pianta. Eseguire un'analisi dell'acqua d'irrigazione consente di calcolare gli elementi che vengono apportati al terreno "inconsapevolmente" e di sottrarli dal piano di concimazione. Un classico esempio è rappresentato dal Ca, giacché spesso s'irriga con acque dure contenenti elevati quantitativi di tale elemento. È tuttavia importante capire sotto che forma è presente, poiché la pianta assorbe il calcio come ione Ca^{++} e non nelle forme precipitate dello stesso (es. carbonato di calcio) che si ritrovano soprattutto in presenza di pH elevati.

Analisi fogliari

Analizzare ciò che la pianta ha effettivamente assorbito, dà un'ulteriore conferma della validità dei risultati ottenuti a livello radicale. In caso contrario, avendo in mano tutte le informazioni, sarà più semplice indagare le ragioni che hanno portato al non assorbimento di determinati elementi nutritivi e proporre una soluzione rapida al problema. AGQ Labs ha messo a punto delle curve specifiche per ogni specie e varietà, che mettono in luce i range ottimali di valori fogliari durante ciascuna fase fenologica. Tali curve partono dal presupposto che le esigenze della pianta variano in funzione dello stadio fenologico in cui si trova. Pertanto consentono di capire se le necessità di ogni elemento durante ogni periodo dell'anno sono soddisfatte o no dal terreno e dagli apporti di fertilizzanti. Le analisi fogliari sono utili anche per individuare eventuali eccessi di alcuni elementi (es. Cl, B, Na) che possono provocare fenomeni di fitotossicità.

Interpretazione dei dati e correzione del piano di concimazione/fertirrigazione

I tempi di risposta delle analisi variano da 3 a 5 giorni lavorativi, un tempo sufficientemente breve

per riuscire ad apportare modifiche in tempi ragionevoli e utili dal punto di vista agronomico.

I risultati delle analisi vengono sottoposti al tecnico AGQ, il quale esegue una visita in azienda per confrontarli con la situazione visiva delle piante e per discuterne assieme all'agricoltore. Al fine di interpretare correttamente i risultati, è fondamentale studiare e analizzare non le analisi prese singolarmente, ma l'interazione esistente tra tutti i dati ottenuti.

Le curve fogliari consentono di capire se la pianta è nutrita bene o male in ogni momento, e anche di creare uno storico utile per gli anni successivi.

Le eventuali modifiche del piano di concimazione potranno essere rivalutate nel corso della successiva analisi.

Ricadute economiche e ambientali

L'applicazione a livello aziendale di un sistema di monitoraggio come quello appena descritto consente, da un lato, d'incrementare le rese produttive e migliorare la qualità del prodotto (con evidenti vantaggi in termini di PLV) e dall'altro, di ridurre i costi di produzione come diretta conseguenza dei minori apporti di fertilizzanti e acqua d'irrigazione.

Sotto il profilo ambientale, si evidenziano i vantaggi derivanti dal monitoraggio dei parametri concernenti l'irrigazione, la nutrizione e l'assorbimento di nutrienti, che consente di migliorare l'efficienza dei fertilizzanti e di limitare l'apporto di acqua irrigua, apportando lo stretto necessario, con conseguente minore impatto sull'ambiente.

La prova presso F. – Migliarino (FE)

Nell'azienda sono stati identificati due settori uno "Tradizionale", con irrigazione per aspersione, della superficie di circa 1 ettaro (fig. 2), e uno "Fertirrigato" (suddiviso in due appezzamenti) della superficie di circa 5,5 ettari (fig. 3).

Fig. 2. Il settore irrigato per aspersione



Fig. 3. Il settore fertirrigato



Nella tabella 1 viene riportata la scheda agronomica dei due settori considerati. Per quanto riguarda le concimazioni nel campo "Fertirrigato", allo stadio di 3 foglie è stata eseguita una concimazione a spaglio di urea in ragione di 200 kg/ha.

Nei diversi settori sono stati inoltre svolti i prelievi della soluzione circolante e le analisi fogliari per conoscere in ogni fase fenologica la reale disponibilità nel terreno di acqua e soluzione nutritiva e soprattutto per conoscere l'assorbimento reale e la traslocazione di ogni singolo elemento all'apparato vegetativo.

I campionamenti di foglie e soluzione circolante (quando presente) sono iniziati il 4 giugno e sono proseguiti con una cadenza di 15 giorni. Le analisi non hanno mai mostrato particolari carenze nutrizionali, quindi si è deciso di proseguire il programma di fertirrigazione senza troppe variazioni. Quest'ultimo è iniziato l'8 giugno ed è proseguito fino al 28 giugno (prima della fioritura) distribuendo un concime ternario 15-10-30 in ragione di 120 kg/ha e 270 kg/ha di urea suddividendo i quantitativi settimanalmente. Durante la fioritura, inoltre, è stato distribuito un concime con solo fosforo 40% per un quantitativo di 20 kg/ha per stimolare l'allegagione. Complessivamente, sono state distribuite 234 unità di azoto.

Nel settore "Tradizionale" è stata eseguita solo la concimazione a spaglio con 600 kg/ha di urea suddivisa in 3 turni da 200 kg/ha l'una, per un totale di 276 unità di azoto.

La raccolta è stata effettuata il 7 di settembre, con una produzione che si è attestata a circa 14,5 t/ha per il settore "Fertirrigato" e 11,5 t/ha per il settore "Tradizionale", nonostante il 13 agosto il mais abbia subito una grandinata importante con stima del danno pari all' 8-10%.

Tab. 1 – Scheda agronomica dei due settori.

	Appezzamento 1 e 2 FERTIRRIGAZIONE	Appezzamento 3 IRRIGAZIONE TRADIZIONALE CON ROTOLONE
Coltura precedente	Soia	Soia
Cover crop invernale	Mix crucifere e leguminose semina inizio ottobre	Mix crucifere semina inizio settembre
Lavorazioni autunno	Epicatura a 30 cm a seguire passaggio con carier	Epicatura a 30 cm a seguire passaggio con carier
Lavorazioni primavera	A fine marzo trattato cover con Glyphosate; A seguire effettuato 2 passaggi con dischi cross cutter	A fine marzo trattato cover con Glyphosate; A seguire effettuato 2 passaggi con dischi cross cutter
Data semina	Varietà DKC 6728 il 02/04/2019	Varietà DKC 6728 il 03/04/2019
Densità di semina	8.5 semi mq	8.5 semi mq
Diserbo di post-emergenza precoce a 3 foglie	ADENGO 1.5 lt/ha + JOKER 0.5lt/ha + SINERGON PLUS 2.5 lt/ha	ADENGO 1.5 lt/ha + JOKER 0.5lt/ha
Concimazione localizzata in semina	Granverde TOP START 8-35 a 25 kg/ha	UMOSTART SUPER ZN 25kg/ha
Concimazione di copertura il 30/04/2019	UREA 200 kg/ha (92 UN)	UREA 200 kg/ha (92 UN)
Concimazione di copertura il 26/05/2019	-----	UREA 200 kg/ha (92 UN)
Concimazione di copertura il 08/06/2019	-----	UREA 200 kg/ha (92 UN)
Stesura manichetta il 04/06/2019	SI	NO
Installazione sonde	16/04/2019	-----
Fertirrigazione	Inizio 08/06/2019	NO
	Fine 28/06/2019	-----

	NPK 15-10-30: 120 kg/ha UREA: 270 kg/ha	-----
Trebbiatura	07/09/2019	07/09/2019
Produzione t al 13% umidità *	14,5	11,5

* 13/08/2019 grandinata importante con stima di danno tra 8-10%

Si riportano di seguito i registri delle irrigazioni per il settore "Fertirrigato" e "Tradizionale" e i rispettivi andamenti delle umidità del terreno e gli apporti idrici (piogge e irrigazione).

Tab. 2 – Registro delle irrigazioni del settore "Fertirrigato".

Coltura 3. MAIS TARDIVO > REGISTRO IRRIGAZIONI

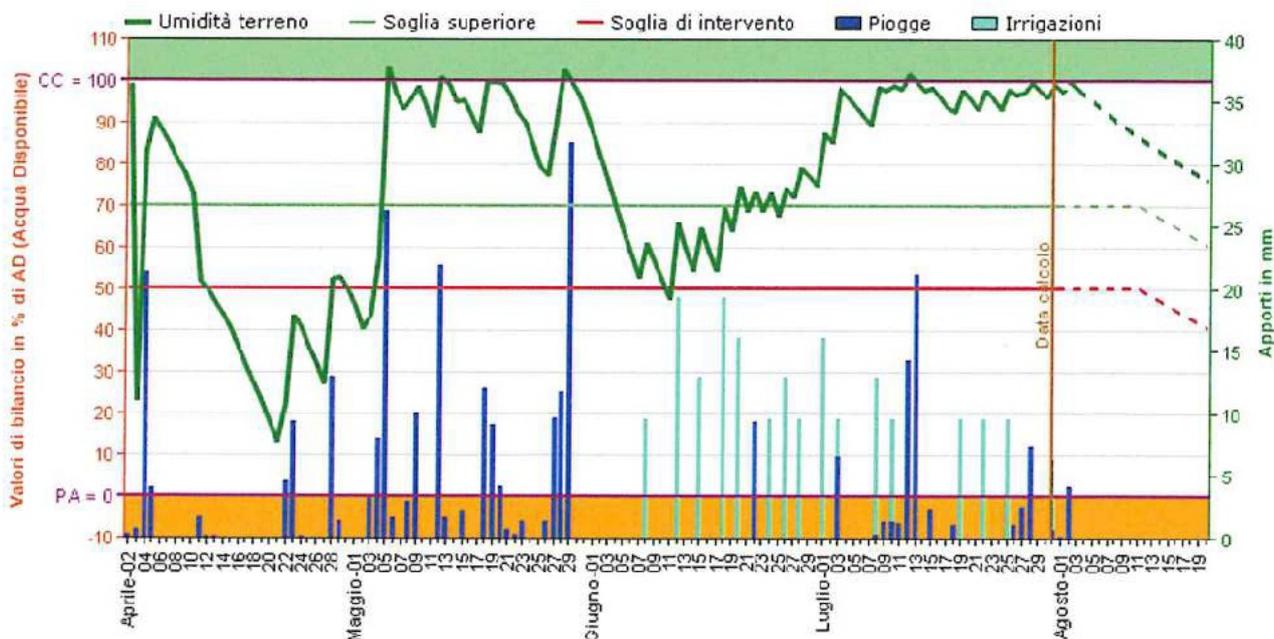
Data start: 02/04/2019

Impianto irriguo: Ala gocciolante

Sesto erogatori: 0.3 mt x 0.9 mt - Portata erogatore: 0.9 lt/h - Portata impianto: 3,222 mm/h

Data	Valore (mm)	Durata (h)	Data ricezione	User
31/07/2019	6,4	2:00	31/07/2019	Modifica Elimina
25/07/2019	9,7	3:00	26/07/2019	Modifica Elimina
22/07/2019	9,7	3:00	22/07/2019	Modifica Elimina
19/07/2019	9,7	3:00	21/07/2019	Modifica Elimina
10/07/2019	9,7	3:00	10/07/2019	Modifica Elimina
08/07/2019	12,9	4:00	10/07/2019	Modifica Elimina
03/07/2019	9,7	3:00	05/07/2019	Modifica Elimina
01/07/2019	16,1	5:00	01/07/2019	Modifica Elimina
28/06/2019	9,7	3:00	28/06/2019	Modifica Elimina
26/06/2019	12,9	4:00	26/06/2019	Modifica Elimina
24/06/2019	9,7	3:00	24/06/2019	Modifica Elimina
20/06/2019	16,1	5:00	20/06/2019	Modifica Elimina
18/06/2019	19,3	6:00	18/06/2019	Modifica Elimina
15/06/2019	12,9	4:00	15/06/2019	Modifica Elimina
12/06/2019	19,3	6:00	12/06/2019	Modifica Elimina
08/06/2019	9,7	3:00	08/06/2019	Modifica Elimina

Graf. 1 – Andamento dell'umidità del terreno, piogge e irrigazioni. Settore "Fertirrigato".



Tab. 2 – Registro delle irrigazioni del settore "Tradizionale".

Coltura 4. MAIS MEDIO > REGISTRO IRRIGAZIONI

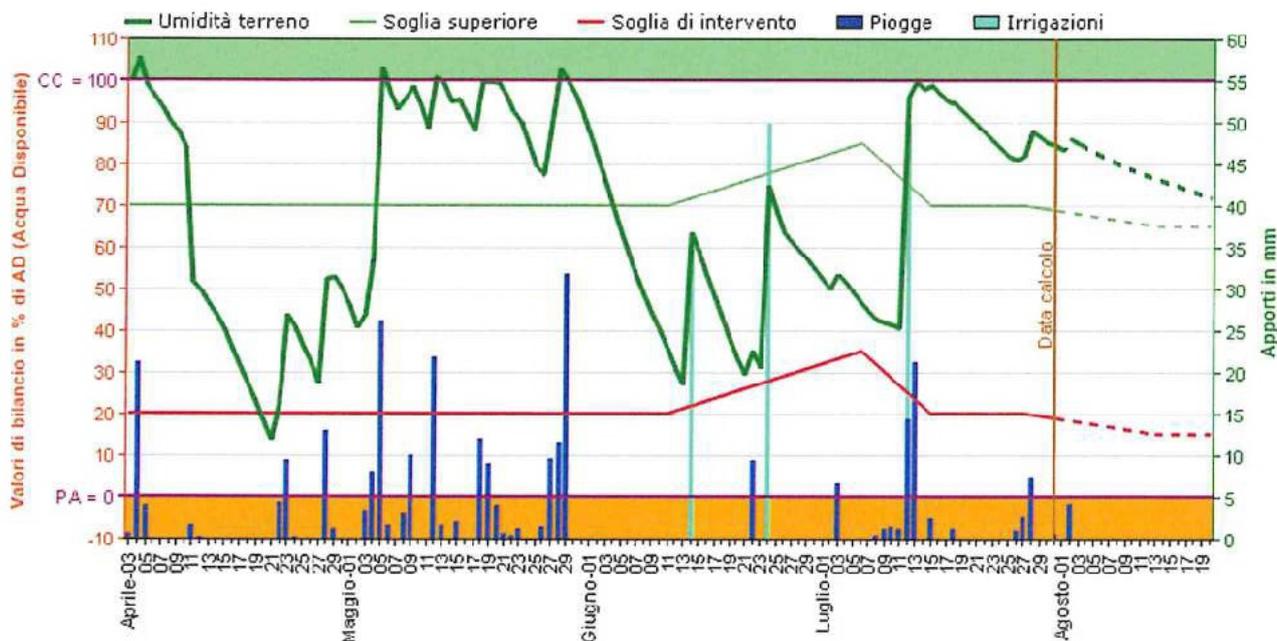
Data start: 03/04/2019

Impianto irriguo: Rotolone 140

Sesto erogatori: mt x mt - Portata erogatore: lt/h - Portata impianto: mm/h

Data	Valore (mm)	Durata (h)	Data ricezione	User	
12/07/2019	50,0		12/07/2019		Modifica Elimina
24/06/2019	50,0		24/06/2019		Modifica Elimina
14/06/2019	35,0		14/06/2019		Modifica Elimina

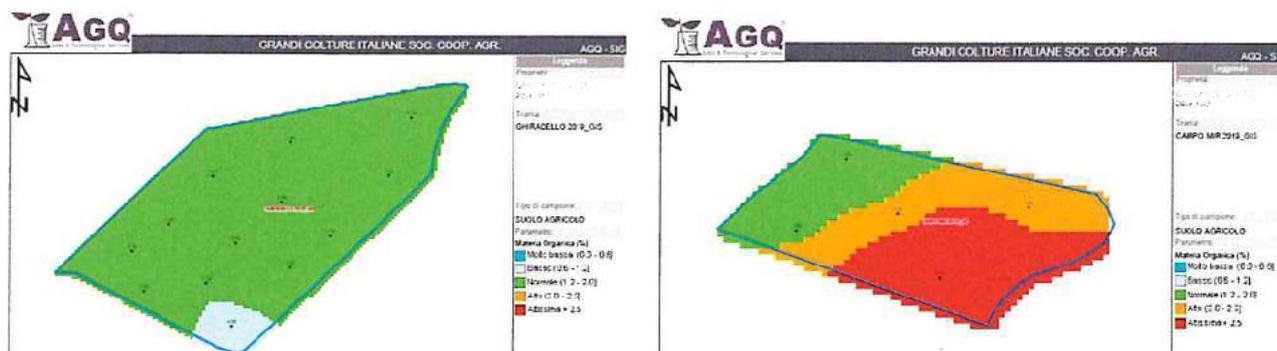
Graf. 2 – Andamento dell'umidità del terreno, piogge e irrigazioni. Settore "Tradizionale".

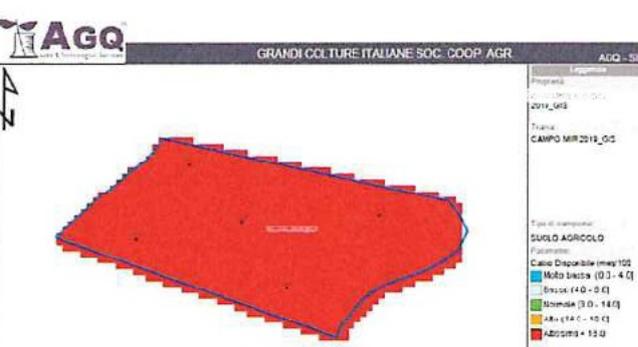
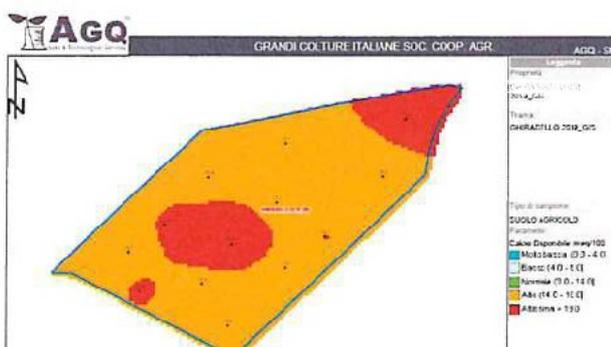
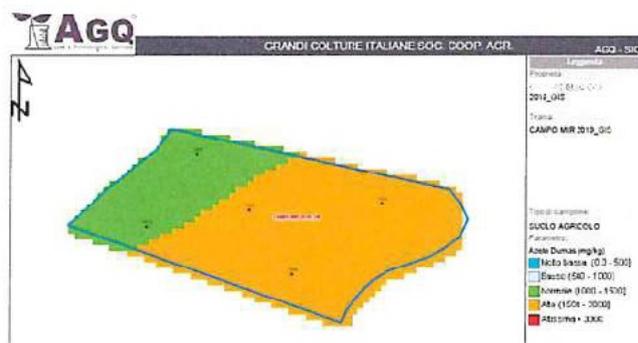


Come descritto precedentemente, il sistema AGQ ha permesso di controllare in ogni singolo intervento di fertirrigazione se la concentrazione degli elementi nutritivi e la disponibilità idrica soddisfacevano le esigenze colturali della pianta stessa.

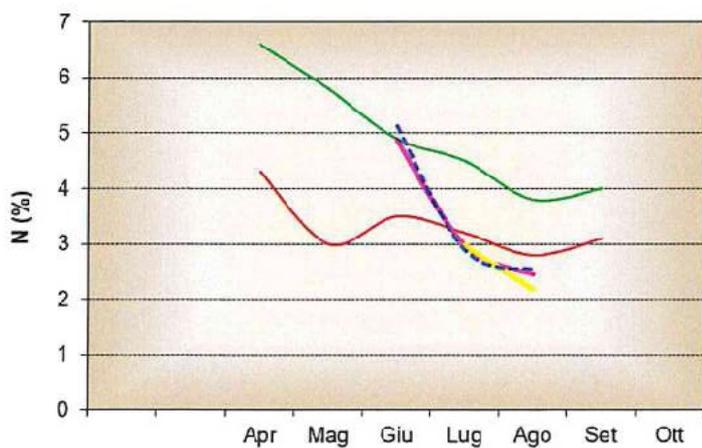
Per conoscere le reali esigenze e per ottimizzare al meglio la concimazione, nei settori indicati è stato svolto anche un lavoro di mappatura, georeferenziando i punti di prelievo e costruendo una mappa di fertilità del suolo stesso (Figura 4). Questo primo dato è stato preso in considerazione per svolgere la concimazione di fondo e per conoscere i punti ottimali di prelievo sul campo. Come possiamo vedere dalle immagini che seguono il terreno si presenta con una buona disponibilità di sostanza organica e azoto organico, dovuto principalmente alla tessitura e granulometria del terreno. Si denota invece una diversa disponibilità di K tra i due appezzamenti.

Fig. 4 – Mappe del suolo del settore "Fertirrigato" (S.O., N "Dumas", K disponibile, Ca disponibile)





Di seguito si riportano i grafici dell'andamento della soluzione per N, P e K.



RAPPORTO DI MONITORAGGIO NUTRIZIONALE				TABELLA DATI ANALITICI				13/09/2019			
	Cliente:	GRANDI COLTURE ITALIANE SOC. COOP. AGR.	Coltivo:	MAIZ							
	Tenuta	GCI 2019	Varietà:	MAIZ							
	Trama	MAIS 2019 TRADIZIONALE	Fenologia	--							
	Data:	09/09/2019									

19/07/2019	pH	CE	HCO3	H2PO4-	Cl-	SO4--	NO3-	NH4+	Ca++	Mg++	Na+	K+	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		dS/m a 25° C	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L							
SONDA 15 cm	8,32	0,65	4,53	<6,14	1,57	0,76	<0,16	<0,28	4,09	0,88	1,77	0,20	0,09	<0,05	0,01	<0,05	0,22

15/07/2019	pH	CE	HCO3	H2PO4-	Cl-	SO4--	NO3-	NH4+	Ca++	Mg++	Na+	K+	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		dS/m a 25° C	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L							
SONDA 15 cm	8,19	0,59	3,77	<6,14	1,44	0,90	0,33	<0,28	4,23	0,88	1,67	0,19	0,08	<0,05	0,02	<0,05	0,15

FOGLIE MAIS	N Total	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo
	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
04/06/2019	4,87	0,38	3,03	1,04	0,21	0,23	453	4 213	8,47	351	72,7	16,8	32,4	<10,0
04/07/2019	2,97	0,29	2,31	0,82	0,30	0,18	<250	3 983	15,8	241	80,2	13,6	29,7	<10,0
05/07/2019	2,98	0,34	2,88	0,65	0,13	0,27	<250	5 548	17,0	241	72,8	17,6	41,8	<10,0
18/07/2019	2,19	0,26	1,98	0,78	0,23	0,17	<250	4 084	9,76	254	45,9	14,7	27,0	<10,0
19/07/2019	2,45	0,28	2,13	0,89	0,17	0,22	<250	35.021	15,9	181	56,0	22,4	21,7	<10,0
09/08/2019	2,32	0,30	2,55	0,57	0,20	0,24	<250	5 441	18,3	180	52,0	13,3	29,6	<10,0
08/09/2019	1,55	0,21	1,28	1,20	0,38	0,18	<250	3 724	28,3	203	63,5	11,2	43,3	<10,0
09/09/2019	1,93	0,32	2,22	1,26	0,27	0,35	350	6 309	38,6	205	78,9	17,0	50,9	<10,0

RAPPORTO DI MONITORAGGIO NUTRIZIONALE				TABELLA DATI ANALITICI				13/09/2019			
	Cliente:	GRANDI COLTURE ITALIANE SOC. COOP. AGR.	Coltivo:	MAIZ							
	Tenuta	SCI 2019	Varietà:	MAIZ							
	Trama	MAIS 2019 FERTIRRIGATO	Fenologia	--							
	Data:	09/09/2019									

15/07/2019	pH	CE	HCO3	H2PO4-	Cl-	SO4--	NO3-	NH4+	Ca++	Mg++	Na+	K+	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		dS/m a 25° C	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L							
SONDA 15 cm	8,20	0,84	4,07	<6,14	1,49	0,92	2,89	<0,28	7,30	1,36	1,11	0,18	0,20	<0,05	0,03	0,08	0,23

04/06/2019	pH	CE	HCO3	H2PO4-	Cl-	SO4--	NO3-	NH4+	Ca++	Mg++	Na+	K+	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		dS/m a 25° C	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L							
SONDA 15 cm	7,70	1,81	10,8	<6,14	0,83	0,40	3,62	<0,28	12,1	2,39	1,78	0,12	0,35	<0,05	0,05	<0,05	<0,05
SONDA 30 cm	7,58	1,59	9,40	<6,14	0,70	0,21	2,38	<0,28	8,67	2,12	1,55	<0,05	0,35	<0,05	1,61	<0,05	<0,05
SONDA 60 cm	7,52	1,24	10,5	<6,14	0,54	3,95	<0,16	<0,28	9,96	4,74	0,37	0,12	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	0,43

FOGLIE MAIS	N Total	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo
	%	%	%	%	%	%	mg/kg							
04/06/2019	5,14	0,35	2,61	1,07	0,28	0,27	<250	4 546	9,12	656	93,7	19,6	27,8	<10,0
05/07/2019	2,89	0,32	3,18	0,89	0,22	0,29	<250	6 666	24,8	263	78,2	13,7	29,3	<10,0
19/07/2019	2,54	0,30	1,87	0,89	0,30	0,23	<250	5 096	11,1	213	62,9	12,1	28,1	<10,0
09/08/2019	2,67	0,28	1,66	0,66	0,57	0,20	<250	7 421	14,9	158	53,0	9,27	30,6	<10,0
09/09/2019	1,83	0,26	1,37	1,33	0,46	0,23	362	4 362	36,3	165	88,2	19,6	38,7	<10,0

Possiamo vedere come i valori di soluzione circolante presenti durante la stagione produttiva siano stati sempre superiori nella tesi fertirrigata rispetto a quella tradizionale e soprattutto come l'attività vegetativa sia stata superiore dando una maggior risposta vegetativa e una conseguente migliore produzione.

Una corretta disponibilità idrica e una corretta nutrizione permettono alla pianta stessa di garantire un accrescimento e una struttura vegeto-produttiva corretti.

In definitiva, la tesi fertirrigata ha consentito una resa produttiva più elevata di quella tradizionale (14,5 vs. 11,5 t/ha) a fronte di apporti azotati più limitati (234 vs. 276 unità di azoto) denotando quindi una migliore efficienza di impiego degli elementi fertilizzanti.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti durante questo periodo di rendicontazione e non sono state rilevate criticità nella fase di realizzazione dell'azione.

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (€)
AGQ Labs		9.869,40	Responsabile prova	9.869,40
CRPV		110.126,30	Partecipa alla prova	2.240,00
Totale:				12.109,40

I

AZIONE 3.4 – Impiego di immagini satellitari per applicazioni di precision farming su mais

2.1 Attività e risultati

Unità aziendale responsabile (Uar): Agronica Group

Partecipano alle attività: CRPV

Descrizione attività

Nell'ambito di questa azione, Agronica ha sviluppato un supporto informativo alle decisioni (DSS), basato sull'acquisizione automatizzata delle immagini satellitari, ai fini del telerilevamento degli appezzamenti in cui si produce mais; tali immagini, attraverso l'applicazione dinamica e semi-automatizzata di algoritmi specifici di interpretazione, hanno fornito l'indice vegetativo NDVI proprio dell'appezzamento e, attraverso l'uso del DSS IrriNet, i relativi bilanci idrici. Questi indici vegetativi, una volta definiti, sono stati messi a disposizione, attraverso un sistema di web-gis, del servizio di assistenza tecnica della OP GCI.

I tecnici della OP GCI hanno individuato 10 appezzamenti a mais (5 nel 2018 e 5 nel 2019). Per ciascun appezzamento i tecnici hanno fornito le coordinate relative all'appezzamento e Agronica ha di conseguenza definito il profilo del poligono.

Per i 5 appezzamenti selezionati sono state svolte le seguenti attività:

- Calcolo del bilancio idrico relativo alla stagione irrigua 2018.
- Calcolo del bilancio idrico relativo alla stagione irrigua 2019.
- Sulla base dei bilanci, identificazione delle date stimate da Irrinet per le seguenti fenofasi: semina/trapianto, emergenza: fase piena (> 50%), 6a foglia, levata: fase piena (> 50%), emissione del polline: fase piena (> 50%), senescenza delle setole: fase piena (> 50%), maturazione latte: fase piena (> 50%), maturazione cerosa: inizio fase (0-5%), Digitalizzazione del poligono dell'appezzamento in GIAS (figura 1).
- Elaborazione degli indici vegetativi NDVI.

In **Allegato 1_bilanci idrici** sono riportati i bilanci idrici effettuati per ciascun appezzamento e le relative date di fenofase calcolate dal bilancio Irrinet per la stagione irrigua 2018 e 2019. Il bilancio, in base alle temperature provenienti quotidianamente dal servizio agrometeorologico di ARPAE, calcola la sommatoria termica e, utilizzando le tabelle parametriche colturali definite dal CER, simula lo sviluppo colturale e la data di inizio delle relative fasi fenologiche. per individuare le date di inizio fenofase.

Gli appezzamenti selezionati sono stati digitalizzati nella piattaforma Web-GIS in modo da poterli sovrapporre alle mappe NDVI.

Scaricamento dei dati satellitari ed elaborazione dei valori di NDVI

Nell'area interessata dagli appezzamenti sono stati elaborati i dati satellitari Sentinel in diverse date della stagione.

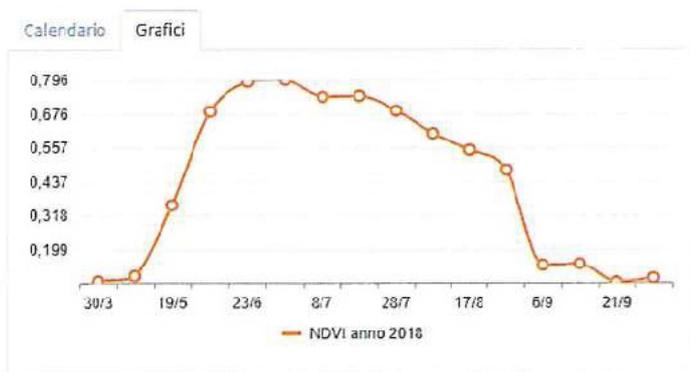
Agronica ha predisposto una infrastruttura hardware e software progettata e realizzata per poter scaricare in modalità automatizzata le immagini satellitari "grezze" acquisite dai satelliti Sentinel-2, direttamente prelevate dal portale dell'ESA "Copernicus Land Monitoring Service". Le immagini Sentinel-2 coprono uno swath di 290 km (ampiezza lato immagine) ed hanno una risoluzione

spaziale variabile da 10 a 60 metri, a seconda delle bande spettrali analizzate. Particolarmente utili ed interessanti per l'agricoltura di precisione sono le bande nel RED EDGE e NIR a 20 metri e quelle del VIS e NIR a 10 metri. Tali caratteristiche consentono la stima della clorofilla e quindi dell'azoto e del LAI. La dimensione dell'acquisizione di base già comporta una certa difficoltà di trattamento a causa delle dimensioni, in termini di byte, veramente importanti per qualsiasi infrastruttura software ordinaria. La costellazione prevista di 2 satelliti consente una frequenza di ri-acquisizione delle stesse superfici (290 km) ogni 3-5 giorni.

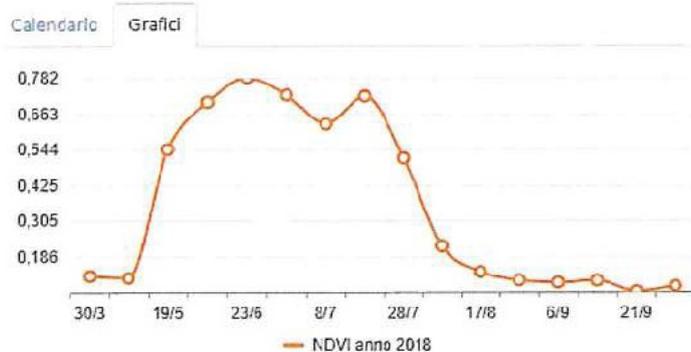
Nell'ambito del progetto le immagini grezze acquisite sono state pre-elaborate per ottenere i valori di NDVI, quindi filtrate e archiviate storicizzandole per l'intero periodo necessario al monitoraggio degli appezzamenti oggetto degli studi.

In figura 1 sono riportati i grafici degli andamenti del valore di NDVI in corrispondenza dei 10 appezzamenti monitorati. Gli appezzamenti digitalizzati e le immagini satellitari elaborate sono visualizzabili e utilizzabili sulla piattaforma Web-GIS. Tale supporto è utilizzabile in maniera semplificata ed intuitiva direttamente dal servizio tecnico della O.P GCI e delle sue cooperative associate.

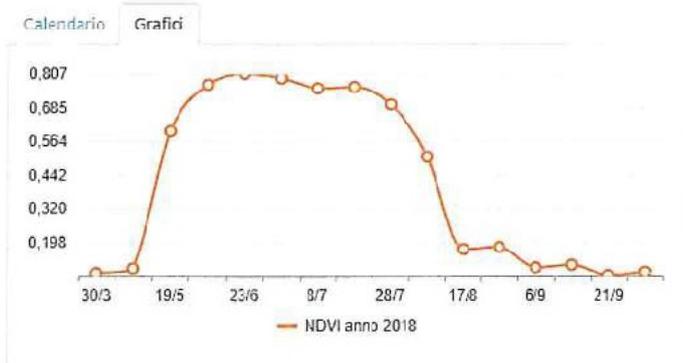
Fig. 1 – Andamenti degli indici vegetativi NDVI negli appezzamenti monitorati



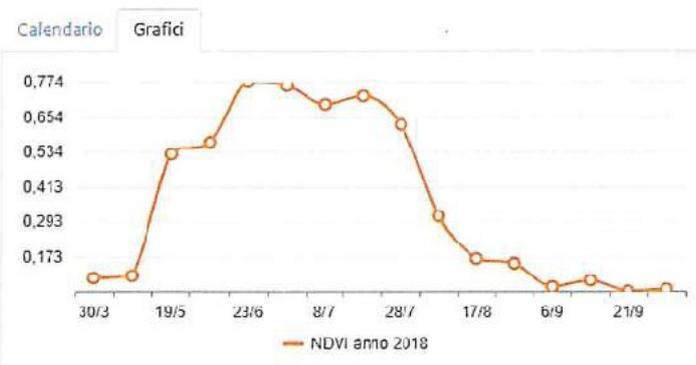
Az. Agr. F (2018)



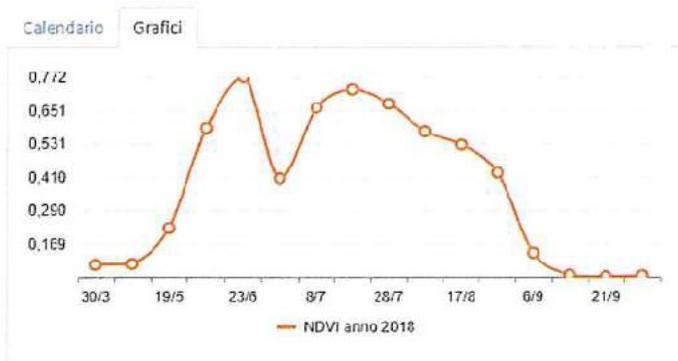
Az. Agr. G (2018)



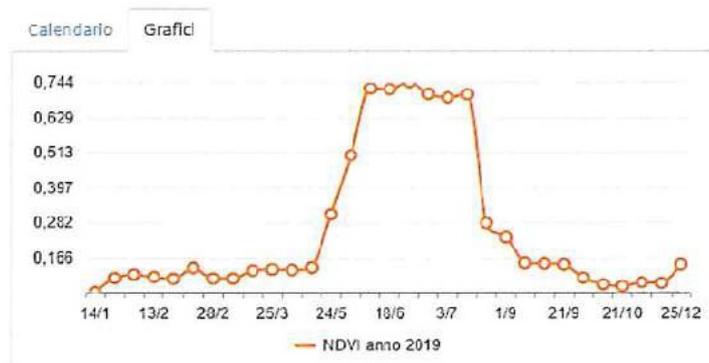
Az. Agr. Fir (2018)



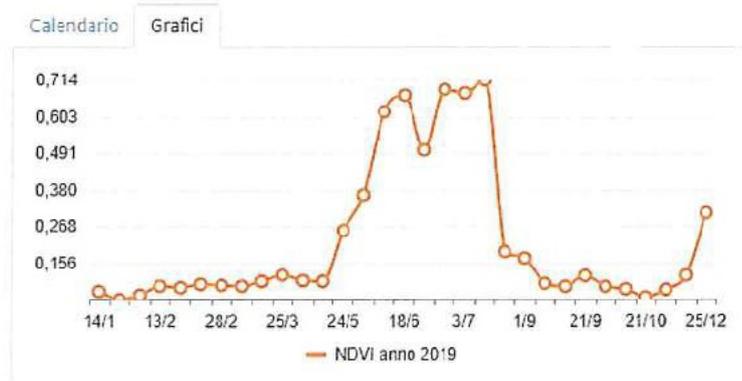
Az. Agr. Go. (2018)



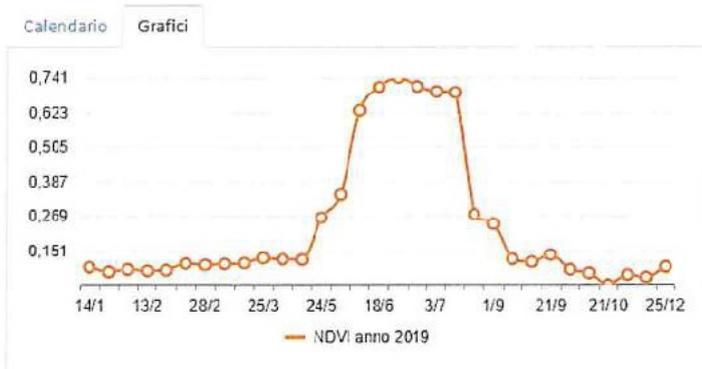
Az. Agr. Br (2018)



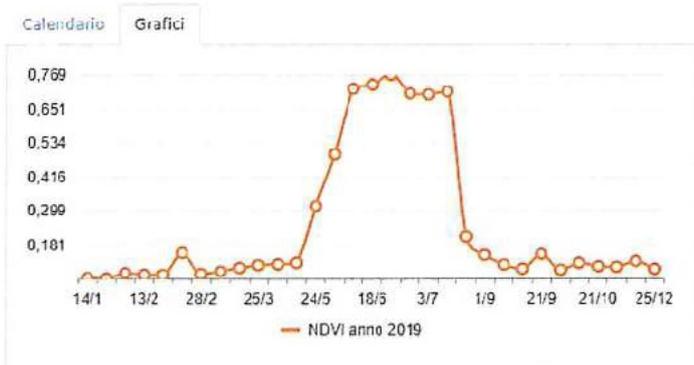
Az. Agr. F. (2019)



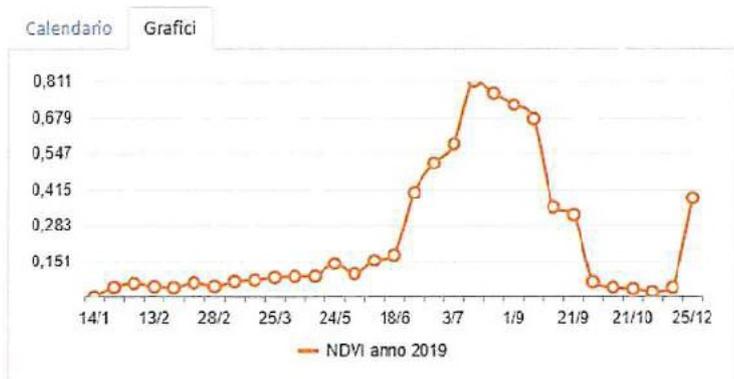
Az. Agr. G (2019)



Az. Agr. Fi (2019). Appezzamento 1



Az. Agr. Fi (2019). Appezzamento 2



Az. Agr. Go (2018)

Piattaforma informatica per la consultazione delle mappe Web-GIS

I costi della predisposizione delle infrastrutture hardware e software necessarie per l'acquisizione delle immagini satellitari, la loro elaborazione e la pubblicazione tramite web-gis delle mappe tematiche, sono stati sostenuti nell'ambito dell'analogo piano di innovazione proposto su soia dal medesimo beneficiario Grandi Colture Italiane (Progetto Risposta), mentre nel presente piano si considera l'elaborazione degli specifici indici vegetativi per il mais e relative mappe spaziali. Per una migliore comprensione dell'intera piattaforma se ne descrive di seguito la struttura completa.

Il servizio Web è utile per la visualizzazione delle mappe interattive a supporto dei processi decisionali del produttore agricolo. In figura 2 è riportata l'interfaccia Web del servizio mediante la quale l'utente può visualizzare la situazione dei propri appezzamenti (geometria, coltura, caratteristiche del suolo) e i dati NDVI provenienti da copertura satellitare. Nell'area GIS di sinistra è possibile visualizzare a diversi livelli di zoom le geometrie degli appezzamenti sovrapposti ai dati di NDVI elaborati a partire dai dati satellitari provenienti da Sentinel 2. I dati di NDVI sono consultabile sia in forma puntuale (singoli valori) nel grafico sulla destra che in base alla data selezionata dall'utente (scheda "calendario") e rappresentata in mappa come gradazione di colore: dal rosso, che indica valori di NDVI bassi, al verde che indica valori alti.

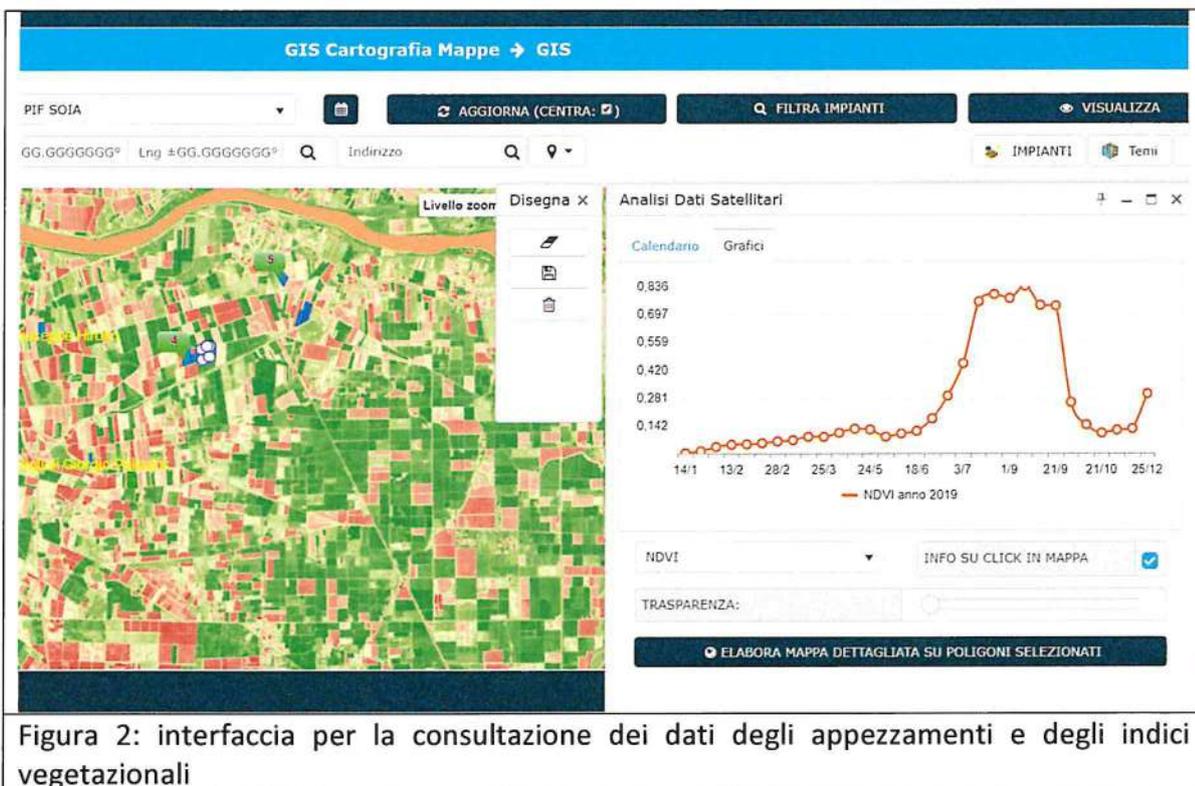


Figura 2: interfaccia per la consultazione dei dati degli appezzamenti e degli indici vegetazionali

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti durante questo periodo di rendicontazione e non sono state rilevate criticità nella fase di realizzazione dell'azione.

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (€)
CRPV (Agronica)		110.126,30	Responsabile attività	15.120,80
CRPV		110.126,30	Partecipa alla prova	8.760,00
Totale:				23.880,80

AZIONE 4 – Divulgazione

2.1 Attività e risultati

Unità aziendali responsabili (Uar): CRPV

Partecipano alle attività: GCI

Descrizione attività

Il personale CRPV, in collaborazione con quello di GCI, ha organizzato e gestito le iniziative e azioni di diffusione che sono descritte di seguito.

Pubblicazioni

Sono stati prodotti 3 articoli tecnici: uno sull'attività riguardante l'impiego di spettroscopia di immagini per la rilevazione rapida di aflatotossine su mais (in corso di pubblicazione), uno sui risultati emersi dalle prove di confronto varietale frumento tenero (<http://www.agrinotizie.com/2020/05/05/adattabilita-varietale-del-frumento-tenero-nellareale-ferrarese/>) e l'ultimo sulle prove di confronto varietale grano duro (<http://www.fidaf.it/index.php/adattabilita-varietale-del-frumento-duro-nellareale-ferrarese/>).

Visite guidate

1. 24/05/2019 – Visita al campo di confronto varietale dei cereali autunno-vernini. Az. Agr. Zaghi Romolo, Copparo (FE).
2. 12/06/2019 – II Visita al campo di confronto varietale dei cereali autunno-vernini. Az. Agr. Zaghi Romolo, Copparo (FE).
3. 02/08/2019 – Visita al campo per la messa a punto di un sistema di monitoraggio nutrizionale su mais fertirrigato. Società agricola Fattoria dell'Agape di Ghirardello Gino e Caprili Patrizia s.s., Migliarino (FE).

Incontri tecnici

1. 02/08/2019 – Incontro tecnico sulla messa a punto di un sistema di monitoraggio nutrizionale su MAIS fertirrigato. Società agricola Fattoria dell'Agape di Ghirardello Gino e Caprili Patrizia s.s., Migliarino (FE).
2. Il secondo incontro tecnico, quello conclusivo, era previsto per il 28/02/2020, ma è stato annullato per l'emergenza sanitaria occorsa; l'iniziativa è stata sostituita con una comunicazione diretta nei confronti del servizio tecnico dell'OP GCI e delle sue cooperative socie e con la predisposizione di specifico materiale divulgativo, sotto forma di slide e quindi facilmente fruibile (pubblicato sulla pagina web del Progetto di CRPV), sui risultati emersi.

Audiovisivi

Sono stati prodotti 3 audiovisivi di circa 5 minuti ciascuno: uno con la descrizione complessiva delle attività svolte, uno girato nel corso della prima visita al campo di confronto varietale di frumento tenero e duro e l'ultimo con l'intervista sui risultati delle attività di impiego della spettroscopia per

la rilevazione rapida di aflatossine su mais. Si tratta di materiale originale che troverà diffusione tramite la pagina web dedicata al progetto e verrà caricato su Youtube.

Tutta la documentazione relativa alle locandine prodotte e diffuse ed i fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative sopra riportate, nonché copia degli articoli sono disponibili presso il CRPV.

Il CRPV ha messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. All'interno del portale CRPV è stata individuata una pagina dedicata al Piano (<https://progetti.crpv.it/Home/ProjectDetail/51>), composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto. Inoltre attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente CRPV ha proceduto all'aggiornamento della pagina con il materiale divulgativo ottenuto nell'ambito del Piano. Tale materiale divulgativo è visionabile anche attraverso l'app android CRPV PEI regolarmente scaricabile dal Play Store.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti durante questo periodo di rendicontazione. Le criticità rilevate nella fase di divulgazione delle attività del GO sono derivate dall'emergenza sanitaria che ha impedito lo svolgimento dell'incontro tecnico conclusivo già programmato; l'incontro è stato però sostituito da altro tipo di attività divulgativa.

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/qualifi	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo (€)
	quadro	Divulgazione	16	800,16
	impiegata	Supporto divulgazione	48	1.181,28
			Totale:	1.981,44

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo (€)
CRPV		110.126,30	Divulgazione	4.030,00
			Totale:	4.030,00

3 Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico-scientifiche	Si segnalano alcune criticità relative all'impiego della spettroscopia per la rilevazione rapida delle aflatossine su mais. La messa a punto dell'assetto sperimentale di carattere innovativo ha richiesto un impegno superiore a quello previsto, sia da un punto di vista strumentale, sia per la risoluzione di problematiche legate alle diverse condizioni e proprietà della materia da analizzare (granella di mais), in grado di interferire sulla bontà del dato da rilevare. Per cercare di ovviare alle problematiche emerse, le attività proseguiranno anche dopo la rendicontazione del presente piano di innovazione, con la messa a disposizione da parte del Beneficiario di campioni e di relative analisi della contaminazione da micotossine anche a seguito della conclusione del presente Piano.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Non si segnalano criticità nella gestione del piano.
Criticità finanziarie	Non si segnalano criticità finanziarie.

4 Altre informazioni

Nessuna altra informazione viene integrata.

5 Considerazioni finali

Le diverse azioni previste nel Piano sono state condotte regolarmente e non si segnalano significativi scostamenti, in termini di attività realizzate, da quanto previsto.

6 - Relazione tecnica

AZIONE 3.1 – Impiego di spettroscopia di immagini per la rilevazione rapida di aflatossine su granella di mais

Per il mais è importante avere degli strumenti che possano fornire in maniera rapida e semplice una chiara indicazione del livello di contaminazione da micotossine; soprattutto nella fase di conferimento ai centri di stoccaggio, al fine di segregare le partite in ingresso particolarmente a rischio, risulta necessario disporre di metodiche rapide e sufficientemente indicative del contenuto di aflatossine, le micotossine più pericolose della filiera maidicola. A tal scopo, Proambiente si è occupato di testare un prototipo di strumento (Acusto-Optical Imaging Spectrometer - AOIS) che

avesse la possibilità di effettuare un rapido pre-screening di campioni di granella di mais per valutare la eventuale presenza di aflatossine.

La messa a punto dell'assetto sperimentale di carattere innovativo ha richiesto un impegno superiore a quello previsto, sia da un punto di vista strumentale, sia per la risoluzione di problematiche legate alle diverse condizioni e proprietà della materia da analizzare, in grado di interferire sulla bontà del dato da rilevare.

In ogni caso le attività realizzate permettono di confermare che l'impiego della spettroscopia ad immagini consente di indagare la distribuzione spazio-spetttrale delle proprietà degli oggetti osservati (granella di mais) e di quantificare la loro impronta spettrale nell'intera area osservata rispetto a uno spettro di riferimento, in questo caso lo spettro dell'aflatossina. La misurazione con tale strumento risulta più precisa e accurata di quella svolta con le abituali lampade a luminescenza, discriminando fattori di interferenza quali il colore e il grado di rottura della granella di mais. Alla luce di quanto emerso, si è deciso di perseguire l'obiettivo innovativo di pervenire a una quantificazione diretta del livello di contaminazione da Aflatossina del campione indagato, inizialmente non previsto nel progetto.

A questo proposito sarà necessario continuare la collaborazione tra Proambiente e Grandi Colture Italiane con la messa a disposizione di ulteriori campioni e di relative analisi della contaminazione da micotossine.

AZIONE 3.2 – Verifica dell'adattabilità varietale di cultivar di frumento tenero e duro

L'attività intendeva individuare le principali caratteristiche morfo-fisiologiche, fitosanitarie, produttive e qualitative di un pool di varietà di frumento tenero e duro coltivate in pieno campo, per la verifica dell'adattabilità varietale all'areale di coltivazione ferrarese.

A tal fine è stato approntato, nel 2018/19, un campo di valutazione varietale *on-farm* a Copparo (FE), da parte di CRPV e GCI, in cui si sono poste a confronto 75 varietà di grano tenero, appartenenti alle diverse classi qualitative ISQ – Indice Sintetico Qualità (12 grani di forza FF, 20 panificabili superiori FPS, 36 panificabili FP e 7 biscottieri FB) e 44 varietà di grano duro.

La prova ha senz'altro fornito utili indicazioni nella scelta varietale del frumento tenero e duro da seminare nell'areale ferrarese ai fini dell'ottenimento delle migliori rese produttive e/o qualitative. Tra le varietà di tenero si sono particolarmente distinte per produttività, superando o eguagliando del 10% la media generale, i panificabili SUR H4243-479 (linea della RV in corso di registrazione), Ayrton e l'ibrido Hypodrom e, tra i panificabili superiori, Orloge. Tra i FF, si segnala Izalco CS, che raggiunge la media di campo e tra l'altro denota ottime caratteristiche qualitative in termini di peso ettolitrico e proteine. Infine, tra i frumenti biscottieri, superano la media di campo Kiathos e Bagou. Tra i grani duri, hanno superato, o almeno uguagliato, il 10% della media: Fabulis (IP 114), Toscadoux (IP 111), Beltorax (IP 111), Odisseo (IP 111) ed Emilio Lepido (IP 110). Da evidenziare la varietà SY Puro, con ben il 18,1% di proteina.

AZIONE 3.3 – Messa a punto su mais di un protocollo per il monitoraggio nutrizionale

Questa attività prevedeva di testare su mais, a livello dimostrativo, un servizio di monitoraggio nutrizionale, messo a punto da AGQ Labs, per ottimizzare e possibilmente ridurre, gli apporti di fertilizzante alla coltura, con particolare riguardo per quelli azotati.

Durante la campagna 2019, AGQ Labs, in collaborazione con GCI e CRPV, si è occupata di monitorare gli aspetti idrico-nutrizionali di un campo di mais fertirrigato a manichetta, a confronto con uno tradizionale irrigato per aspersione, allestito presso l'Az. Agr. Fattoria dell'Agape a Migliarino (FE). Il sistema adottato consiste nell'applicare al terreno alcune sonde di suzione per estrarre la soluzione circolante su cui eseguire le analisi di conducibilità elettrica, pH, macro e microelementi, più volte durante la stagione e nelle fasi più critiche per la coltura. Contemporaneamente, vengono eseguite le analisi dell'acqua d'irrigazione, della soluzione fertilizzante, le analisi del suolo e dei tessuti vegetali della pianta. Dal confronto tra ciò che avviene nel suolo e ciò che la pianta realmente assorbe, il sistema è in grado di fornire un'indicazione precisa su come variare la fertilizzazione durante il ciclo colturale, in funzione delle reali esigenze della pianta.

Tramite il monitoraggio è stato possibile evidenziare che i valori di soluzione circolante presenti durante la stagione produttiva sono stati sempre superiori nella tesi fertirrigata rispetto a quella tradizionale e soprattutto come l'attività vegetativa sia stata superiore dando una maggior risposta vegetativa.

Una corretta disponibilità idrica e una corretta nutrizione permettono alla pianta stessa di garantire un accrescimento e una struttura vegeto-produttiva corretta.

In definitiva, la tesi fertirrigata ha consentito una resa produttiva più elevata di quella tradizionale (14,5 vs. 11,5 t/ha) a fronte di apporti azotati più limitati (234 vs. 276 unità di azoto) denotando quindi una migliore efficienza di impiego degli elementi fertilizzanti.

AZIONE 3.4 – Impiego di immagini satellitari per applicazioni di precision farming su mais

Quest'attività prevedeva l'approntamento di una piattaforma informatica web-gis, in comune con l'analoga Mis. 16.2 presentata da GCI sulla soia (Progetto Risposta), per la condivisione di mappe di vigoria della vegetazione (indice NDVI), di alcuni campi di mais presi a riferimento, prodotte da immagini satellitari, ai fini principalmente della verifica dello stato vegetativo e delle condizioni di stress idrico della coltura.

A tal scopo, Agronica ha predisposto un'infrastruttura hardware/software in grado di acquisire immagini satellitari e fornire, tramite un'interfaccia di tipo web-gis, delle informazioni georeferenziate quali bilanci idrici e indici vegetativi.

La piattaforma Web-GIS per la visualizzazione delle immagini satellitari elaborate è stata messa a disposizione dell'OP GCI e dei servizi tecnici delle cooperative sue socie.

Data ~~2.6.MAG.2020.~~