

# **Relazione**

## **PARTNER**

# **FCS – Fondazione per il Clima e la Sostenibilità**

**PSR 2014-2020**

**PROGETTO PIF “*Fumenti Antichi e Coltivazioni Sostenibili*”  
Bando Misura 16.2 “*FACS*”**

# **Descrizione dettagliata degli interventi e delle spese dell'azione progettuale 5: “Analisi dell’influenza dell’ambiente pedoclimatico sulle caratteristiche produttive e qualitative”**

## **INTERVENTI PREVISTI nella relazione tecnica**

Durante il periodo dell'attività progettuale saranno raccolti dati di campo relativi alla coltura (crescita, sviluppo, ecofisiologia, etc.) in modo da verificare l'influenza dell'ambiente pedoclimatico sulle caratteristiche produttive e qualitative. Sarà quindi svolta una caratterizzazione dei terreni (granulometria, carbonio organico, calcare totale e attivo, azoto totale, fosforo totale e assimilabile, potassio, zolfo totale, ferro assimilabile, rame assimilabile, zinco assimilabile, manganese assimilabile, boro solubile, pH, capacità di scambio cationico, conducibilità elettrica) che le aziende collegate al progetto destineranno alle vecchie varietà/popolazioni di frumento. Per avere una forma di visualizzazione di facile lettura, le principali caratteristiche del suolo saranno digitalizzate e spazializzate. Saranno installati sensori per l'acquisizione delle principali variabili meteorologiche, oltre che acquisite informazioni derivanti da stazioni agrometeorologiche presenti nella zona, quindi saranno raccolti e analizzati dati di temperature (minime, massime e medie), precipitazioni, radiazione solare, umidità relativa, bagnatura fogliare, velocità e direzione del vento. Verranno quindi calcolati i più idonei indici bioclimatici utilizzati in frumenticoltura. In particolare verranno calcolati indici produttivi-qualitativi, quali sommatorie termiche e analisi delle escursioni termiche, del deficit idrico, della distribuzione delle precipitazioni. I dati saranno spazializzati attraverso opportune tecniche di interpolazione spaziale, basate su metodi geostatistici (kriging, co-kriging, Inverse Distance Weighting) in modo da correlare le variabili climatiche e dei relativi indici bioclimatici, con le caratteristiche orografiche del territorio, anche per mettere in luce possibili criticità e zone di interesse. Gli strati informativi che verranno prodotti consentiranno di identificare aree omogenee e di creare le carte tematiche in grado di descriverne le caratteristiche pedo-climatiche peculiari a cui associare le varietà/popolazioni di frumenti più idonee.

La diffusione dei risultati sarà svolta da FCS che provvederà a organizzare un incontro presso i campi sperimentali, rivolto agli agricoltori locali, un seminario rivolto per illustrare i risultati delle prove e parteciperà ad un convegno nazionale presentando i risultati delle sperimentazioni.

Nella lettera “**Note di chiarimento in merito alle relazioni tecniche del DAGRI-UNIFI e di FCS**” inviata in data 8 giugno 2020 si riporta che le attività di rilievo e monitoraggio dei campi sperimentali, di trattamento dei campioni di grano e di terreno vengono effettuate in piena collaborazione fra i due organismi di ricerca. In merito alle attività di analisi:

- il DAGRI UNIFI si occupa delle sperimentazioni sugli aspetti qualitativi delle granelle ottenute con differenti trattamenti agronomici;
- FCS si occupa delle analisi del suolo con l'obiettivo di rilevare gli aspetti salienti che possono influire sulla qualità delle granelle e delle relative farine integrali.

# Risultati delle prove

## La variabilità degli elementi nutritivi nei campi sperimentali

La caratterizzazione pedologica dei campi sperimentali ha consentito di individuare la variabilità delle caratteristiche di fertilità dei campi, con particolare riguardo di macro e micro nutrienti.

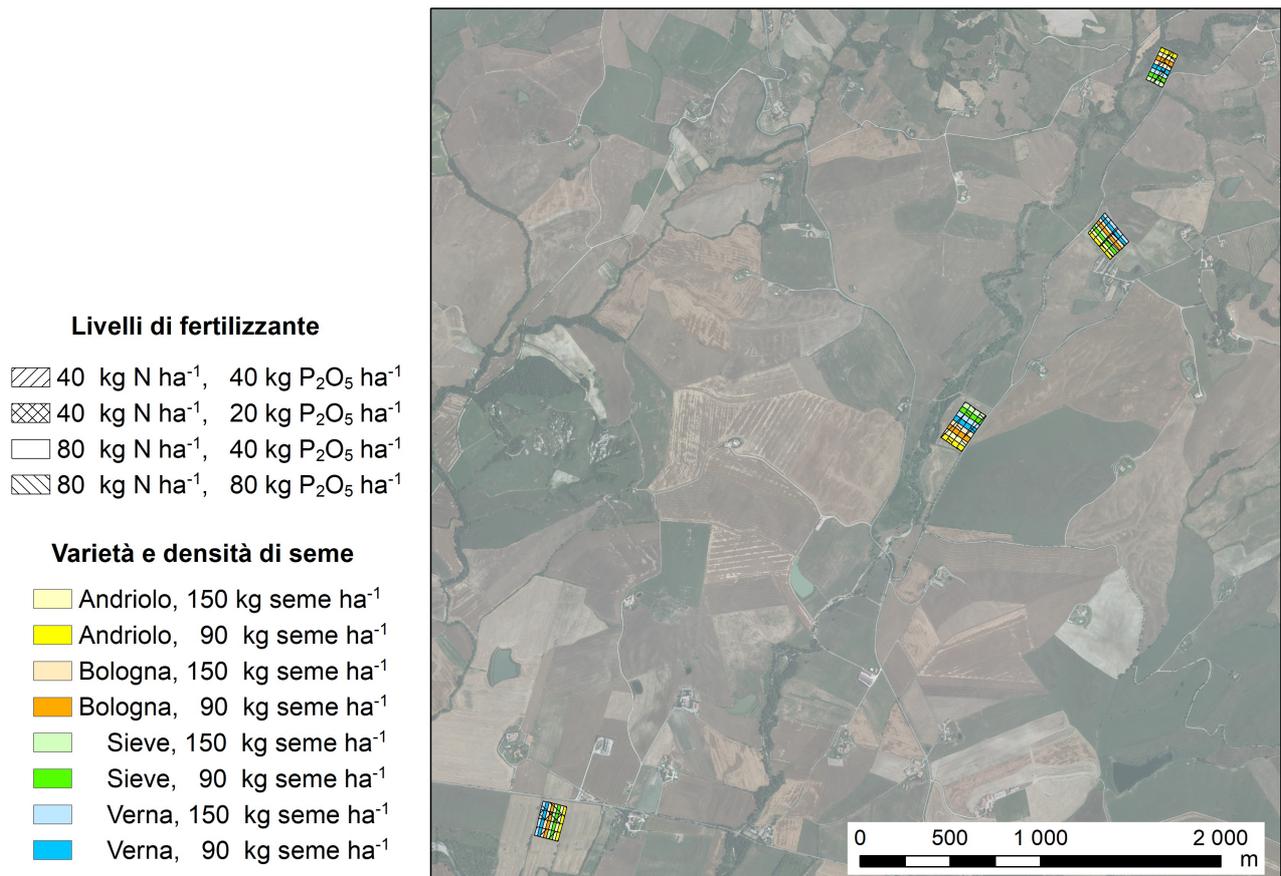


Fig.: Localizzazione dei campi sperimentali

Sono stati prelevati, sia nel primo anno che nel secondo anno di prove, da ogni campo, campioni di terreno per poter procedere con l'analisi della composizione chimica. I carotaggi sono stati effettuati tramite una trivella manuale che ha permesso di estrarre circa 40 cm di suolo per campione.



*Fig.: Campionamenti suolo 2019*

Per ciascun anno le analisi sono state concentrate prevalentemente in uno dei due campi sperimentali al fine di avere sia dati maggiormente analitici da confrontare con la produzione, sia di aumentare l'attendibilità statistica dei risultati. Per il fosforo disponibile e l'azoto, oggetto della prova sperimentale, sono stati eseguiti un numero maggiore di analisi.

Le analisi del suolo sono state eseguite in funzione dello schema sperimentale da applicare nei campi sperimentali.

Un confronto fra lo schema sperimentale adottato per le prove varietali e dei piani di concimazione ed i campionamenti del suolo viene di seguito proposto graficamente.



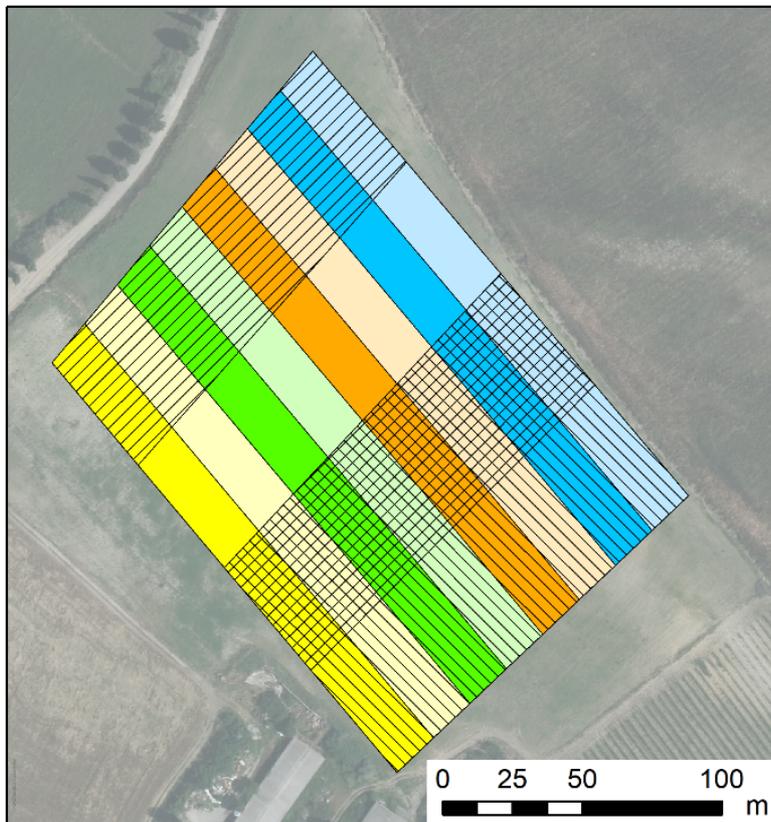
**Livelli di fertilizzante**

- 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
- 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
- 80 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
- 80 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>

**Varietà e densità di seme**

- Andriolo, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Andriolo, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Bologna, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Bologna, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Sieve, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Sieve, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Verna, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Verna, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>

Fig.: I due campi sperimentale 2019 e piano dei trattamenti



**Varietà e densità di seme**

- Andriolo, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Andriolo, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Bologna, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Bologna, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Sieve, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Sieve, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Verna, 150 kg seme ha<sup>-1</sup>
- Verna, 90 kg seme ha<sup>-1</sup>

**2 Livelli di azoto**

40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>

**2 Rapporti azoto:fosforo**

1:1 e 2:1

**Livelli di fertilizzante**

- 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
- 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
- 80 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
- 80 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>

Fig. Campo sperimentale 2019 e piano dei trattamenti



- Tessitura**  
**Carbonio organico (%)**  
**Azoto totale (g/kg)**  
**Azoto nitrico (mg/kg)**  
**Azoto ammoniacale (mg/kg)**  
**Fosforo assimilabile (mg/kg)**  
**Potassio scambiabile (mg/kg)**  
**Calcare totale (g/kg)**  
**Calcio scambiabile (mg/kg)**  
**Magnesio scambiabile (mg/kg)**  
**Rapporto Mg/K**  
**Rapporto Ca/Mg**  
**Sodio scambiabile (mg/kg)**  
**Ferro assimilabile (mg/kg)**  
**Zinco assimilabile (mg/kg)**  
**Selenio assimilabile (mg/kg)**  
**pH in acqua**  
**C.S.C. pH 8.2 (meq/100g)**

Fig. Campionamenti suolo 2019 e parametri rilevati

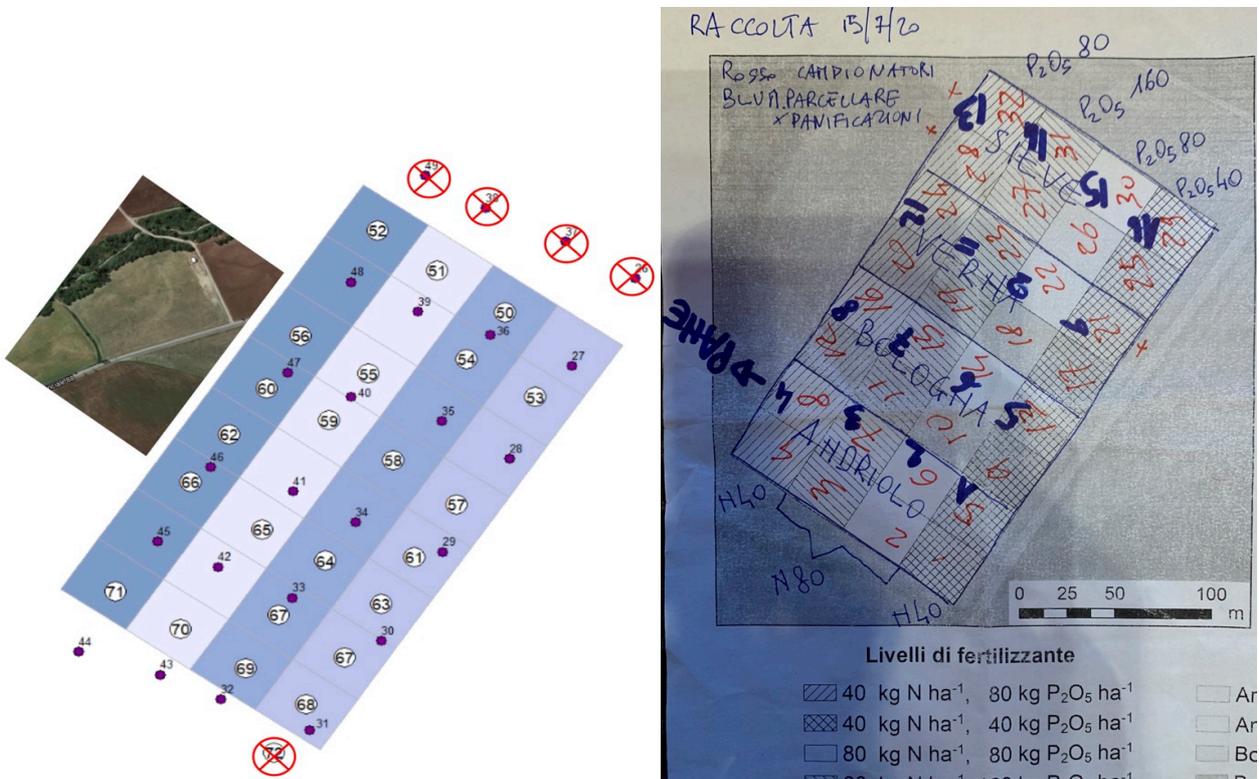
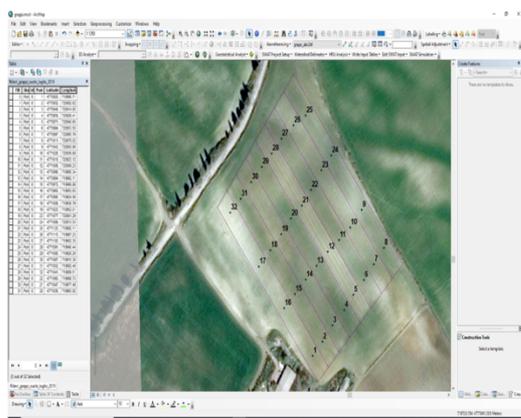
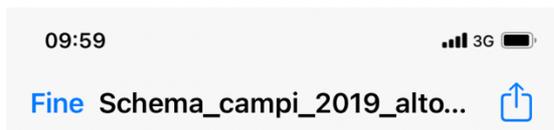
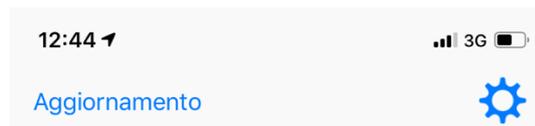


Fig. Campionamenti suolo 2020



Punto	Longitudine	Latitudine	Punto	Longitudine	Latitudine
1	719991	4770920	17	719925	4770996
2	720003	4770932	18	719939	4771010
3	720015	4770946	19	719952	4771023
4	720029	4770959	20	719964	4771036
5	720041	4770972	21	719977	4771047
6	720054	4770984	22	719989	4771061
7	720066	4770998	23	720001	4771077
8	720078	4771012	24	720014	4771090
9	720051	4771044	25	719982	4771123
10	720037	4771029	26	719967	4771115
11	720023	4771018	27	719952	4771104
12	720009	4771008	28	719940	4771091
13	719995	4770996	29	719928	4771080
14	719982	4770985	30	719915	4771067
15	719969	4770973	31	719902	4771053
16	719956	4770961	32	719890	4771041



Latitudine  
43.031745

Longitudine  
11.662276

Precisione del segnale GPS: 5 m

Ultima posizione era: 1 Secondo



Note that you can set the app's language to English in the app's settings.

Fig.: Fasi della georeferenziazione dei campioni di suolo

I risultati delle analisi di laboratorio sono di seguito riportati in tabella per i due differenti anni, corretti in funzione dell'attendibilità geostatistica e al netto dei punti di analisi non utilizzati nel confronto con la composizione della granella. Ricordiamo che l'obiettivo di tale analisi è stato quello di verificare se la composizione in elementi minerali del suolo ha un effetto nella composizione di elementi nutritivi (minerali e non) della granella a livello di singolo appezzamento coltivato e nel contesto pedoclimatico specifico.



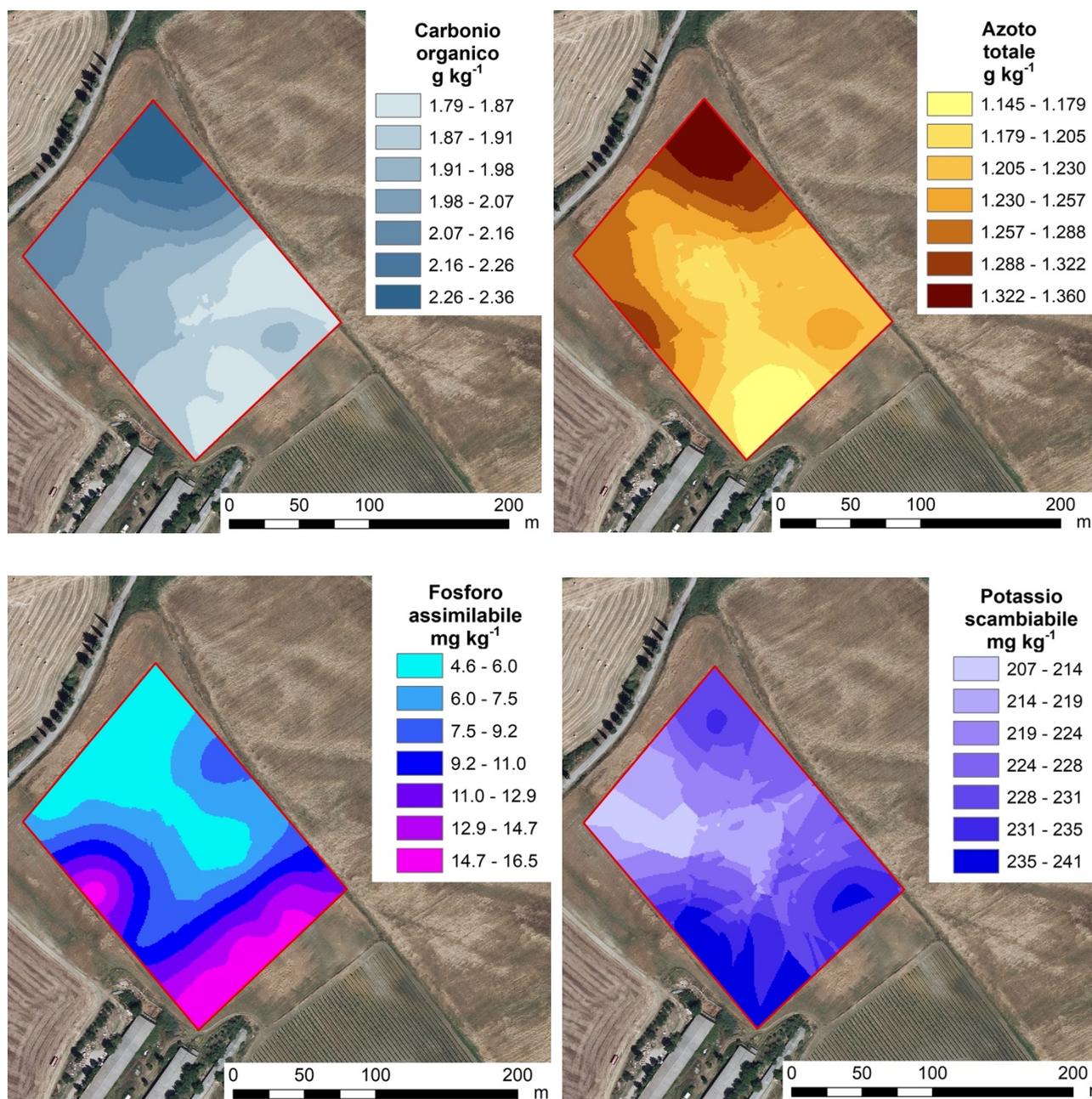
Descrizione	LAT	LONG	Carbonio organico (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	Azoto totale (g/kg)	Azoto nitrico (mg/kg)	Azoto ammoniacale (mg/kg)	Potassio scambiabile (come K <sub>2</sub> O) (mg/kg)	Potassio scambiabile (mg/kg)	Calcere totale (g/kg)	Calcio scambiabile (mg/kg)	Calcio scambiabile (come CaO) (mg/kg)	Magnesio scambiabile (mg/kg)	Magnesio scambiabile (come MgO) (mg/kg)	Sodio scambiabile (mg/kg)	Ferro assimilabile (mg/kg)	Zinco assimilabile (mg/kg)	Selenio assimilabile (mg/kg)	pH in acqua	C.S.C. pH 8.2 (meq/100g)
Suolo GRA 2020 27	4770013.7	719285.7	0.9	1.6	1.1	4	6.0	569	236	12	3497	4895.8	153	255	18	12.5	0.4	0.3	8.2	18
Suolo GRA 2020 28	47699568.0	719257.9	1.1	1.9	1.2	4	8.1	484	201	12	3305	4627.0	134	223	19	8.4	0.3	0.1	8.4	18
Suolo GRA 2020 29	4769922.4	719228.1	1.0	1.7	1.1	4	4.0	564	234	10	3515	4921.0	195	325	12	14.0	0.4	0.3	8.2	20
Suolo GRA 2020 30	4769878.7	719200.3	1.0	1.7	1.1	4	7.4	540	224	13	3330	4662.0	138	230	19	12.0	0.4	0.2	8.1	18
Suolo GRA 2020 31	4769835.1	719168.6	1.0	1.7	1.1	4	4.0	564	234	15	3366	4712.4	174	290	15	15.0	0.4	0.4	8.2	19
Suolo GRA 2020 32	4770074.5	719283.0	1.2	2.0	1.3	4	7.0	624	259	14	3045	4263.0	142	237	16	11.0	0.5	0.1	8.0	17
Suolo GRA 2020 33	4770028.9	719249.3	1.0	1.7	1.2	4	4.0	499	207	14	3250	4550.0	145	242	14	13.0	0.4	0.3	8.2	18
Suolo GRA 2020 34	4769986.6	719227.5	1.0	1.7	1.2	4	5.0	448	186	14	2848	3987.2	103	172	15	9.3	0.4	0.1	8.1	16
Suolo GRA 2020 35	4769936.9	719189.1	0.7	1.3	1.1	4	7.4	369	153	12	2926	4096.4	113	188	17	8.3	0.3	0.1	8.3	16
Suolo GRA 2020 36	4769899.9	719160.7	0.9	1.5	1.0	4	5.0	430	162	12	2861	4005.4	114	190	16	12.0	0.3	0.1	8.2	16
Suolo GRA 2020 39	4770040.1	719216.9	0.9	1.5	1.1	4	5.0	412	171	13	2872	4020.8	92	153	17	11.0	0.3	0.1	8.2	16
Suolo GRA 2020 40	4769998.5	719187.1	0.7	1.3	1.0	4	2.0	436	131	15	2768	3875.2	96	160	13	11.0	0.3	0.2	8.2	15
Suolo GRA 2020 41			0.8	1.4	1.1	4	4.0	321	133	15	2746	3844.4	84	140	16	11.0	0.4	0.1	8.2	15
Suolo GRA 2020 42	4769915.1	719127.6	1.0	1.7	1.1	4	3.0	381	158	12	3279	4590.6	119	198	13	11.0	0.4	0.2	8.2	15
Suolo GRA 2020 43	4769862.2	719101.8	1.0	1.7	1.1	4	5.0	436	161	15	2795	3913.0	111	185	16	13.0	0.4	0.1	7.9	15
Suolo GRA 2020 44	4770106.9	719220.2	1.1	1.9	1.2	4	6.0	480	199	15	2960	4144.0	127	212	16	12.0	0.4	0.1	8.1	16
Suolo GRA 2020 45	4770054.7	719187.1	1.1	1.8	1.2	4	6.4	407	169	9	3538	4953.2	114	190	17	9.1	0.3	0.1	8.2	19
Suolo GRA 2020 46	4770010.4	719158.7	1.0	1.7	1.2	4	5.0	378	157	13	2798	3917.2	106	177	15	12.0	0.4	0.1	8.1	15
Suolo GRA 2020 47			0.8	1.4	1.0	4	5.0	313	130	12	2640	3696.0	88	147	15	12.0	0.3	0.1	8.0	14
Suolo GRA 2020 48	4769927.7	719100.5	0.7	1.2	1.0	4	4.0	294	122	16	2586	3620.4	88	147	15	11.0	0.3	0.1	8.1	14
Suolo GRA 2020 50	4770039.8	719255.9	0.9	1.6	1.1	4	6.5	487	202	13	2962	4146.8	112	187	19	9.3	0.6	0.1	8.2	16
Suolo GRA 2020 51	4770060.4	719225.3	0.8	1.4	1.3	4	4.0	378	157	12	2778	3889.2	104	173	19	11.0	0.5	0.2	8.2	15
Suolo GRA 2020 52	4770080.0	719199.1	0.8	1.4	1.1	4	4.0	376	156	11	2594	3631.6	94	157	19	10.0	0.4	0.3	8.2	14
Suolo GRA 2020 53	4769998.3	719269.3	1.0	1.7	1.1	4	4.0	557	231	11	3254	4555.6	144	240	18	11.0	0.6	0.4	8.2	18
Suolo GRA 2020 54	4770016.9	719238.7	0.9	1.6	1.1	4	3.0	386	160	10	2960	4144.0	129	215	13	17.0	0.9	0.3	8.1	16
Suolo GRA 2020 55	4770009.8	719194.8	0.8	1.4	1.1	4	3.0	386	161	16	2625	3675.0	106	177	14	10.0	0.6	0.2	8.1	15
Suolo GRA 2020 56	4770028.4	719164.7	0.9	1.5	1.0	4	2.0	386	160	14	2725	3815.0	102	170	12	12.0	0.6	0.2	8.1	15
Suolo GRA 2020 57	4769945.8	719233.9	1.0	1.7	1.2	4	5.0	607	252	11	3140	4396.0	147	245	18	12.0	0.5	0.1	8.1	18
Suolo GRA 2020 58	4769967.3	719205.7	0.7	1.2	1.0	4	3.0	362	150	15	3111	4355.4	75	125	16	10.0	1.0	0.1	8.2	17
Suolo GRA 2020 59	4769986.8	719177.1	0.8	1.4	1.1	6	5.0	410	170	17	2369	3316.8	93	155	17	11.0	0.9	0.1	8.2	13
Suolo GRA 2020 60	4770002.6	719149.4	0.9	1.6	1.1	4	4.0	328	136	14	2452	3432.8	91	152	15	9.3	0.5	0.1	8.2	13
Suolo GRA 2020 61	4769920.0	719215.3	1.0	1.7	1.1	9	4.0	615	255	14	3030	4242.0	152	253	18	10.0	0.5	0.1	8.2	17
Suolo GRA 2020 62	4769980.1	719132.7	0.8	1.4	1.0	4	2.0	371	154	14	2668	3735.0	126	210	13	9.1	0.6	0.3	8.1	15
Suolo GRA 2020 63	4769897.1	719200.5	0.9	1.5	1.0	6	5.6	559	232	18	2995	4193.0	155	258	20	8.5	0.5	0.2	8.2	17
Suolo GRA 2020 64	4769951.8	719175.7	1.0	1.7	1.2	4	6.0	436	181	13	2918	4085.2	134	223	17	10.0	0.6	0.1	8.1	16
Suolo GRA 2020 65	4769933.3	719147.5	1.0	1.8	1.1	4	4.0	487	202	13	2884	4037.6	112	187	17	9.1	0.5	0.1	8.2	16
Suolo GRA 2020 66	4769956.7	719115.5	1.0	1.8	1.2	4	5.0	513	213	13	2837	3971.8	112	187	17	11.0	0.5	0.1	8.2	16
Suolo GRA 2020 67	4769870.8	719184.2	0.9	1.6	1.1	3	3.0	595	247	11	3358	4701.2	165	275	12	9.9	0.7	0.4	8.2	19
Suolo GRA 2020 67bis	4769891.8	719154.6	1.2	2.0	1.2	6	5.9	525	218	14	3042	4258.8	155	258	20	9.5	0.8	0.2	8.2	17
Suolo GRA 2020 68	4769847.9	719167.1	1.0	1.8	1.1	4	4.0	591	245	14	3095	4333.0	163	272	21	11.0	0.5	0.1	8.3	18
Suolo GRA 2020 69	4769865.5	719139.8	1.1	1.9	1.2	4	4.0	607	252	15	3116	4362.4	149	248	19	11.0	0.8	0.1	8.3	18
Suolo GRA 2020 70	4769884.6	719110.7	0.9	1.5	1.2	4	4.0	381	158	11	3132	4384.8	132	220	18	9.7	0.5	0.1	8.2	17
Suolo GRA 2020 71	4769903.3	719081.6	0.9	1.6	1.1	4	4.0	422	175	8	3262	4566.8	121	202	17	8.9	0.4	0.1	8.1	18
Suolo GRA 2020 105/affior	4.31	11.7	0.7	1.1	1.0	4	2.0	301	125	41	3168	4435.2	73	122	17	7.7	0.3	0.1	8.2	17
			minimo	0.7	1.1	4.0	2.0	294	122	8.0	3317	4317	73	122	12.0	7.7	0.3	0.1	7.9	13.0
			media	0.9	1.6	1.1	4.3	452	188	13.8	2969	4181	122	204	16.4	10.8	0.5	0.2	8.2	16.5
			massimo	1.2	2.0	1.3	9.0	624	259	41.0	3538	4953	195	325	21.0	17.0	1.0	0.4	8.4	20.0
			CV %	13.5	13.5	7.1	24.4	21.8	21.8	39.2	9.2	9.2	21.3	21.2	14.5	15.6	37.2	55.1	1.0	10.0

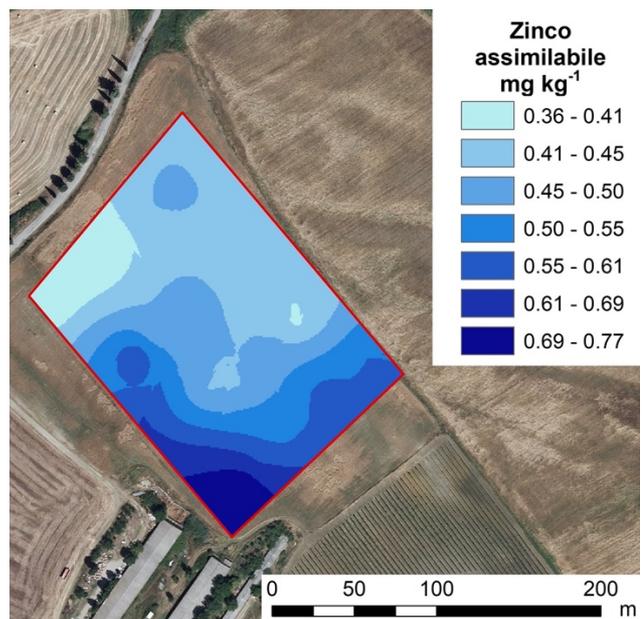
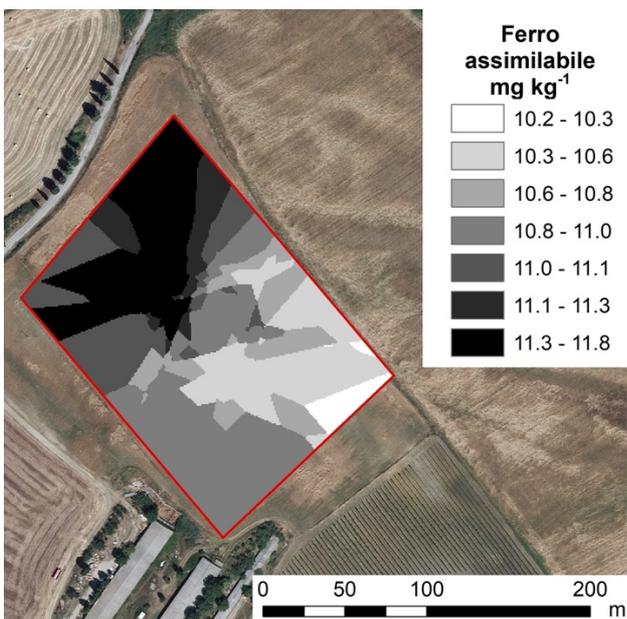
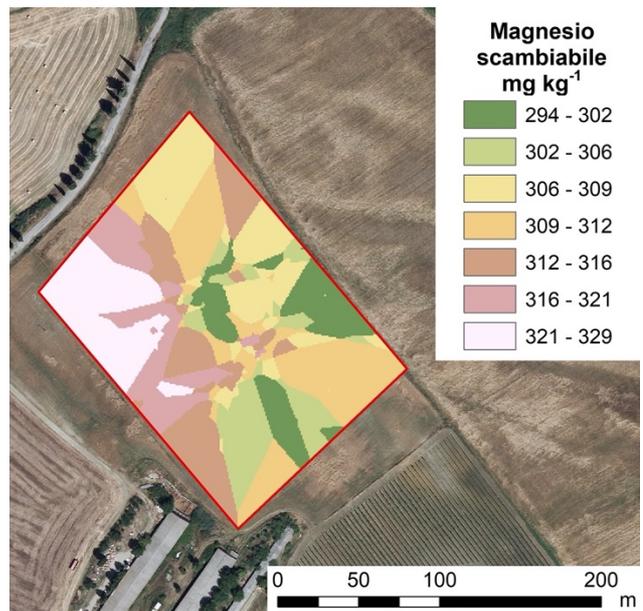
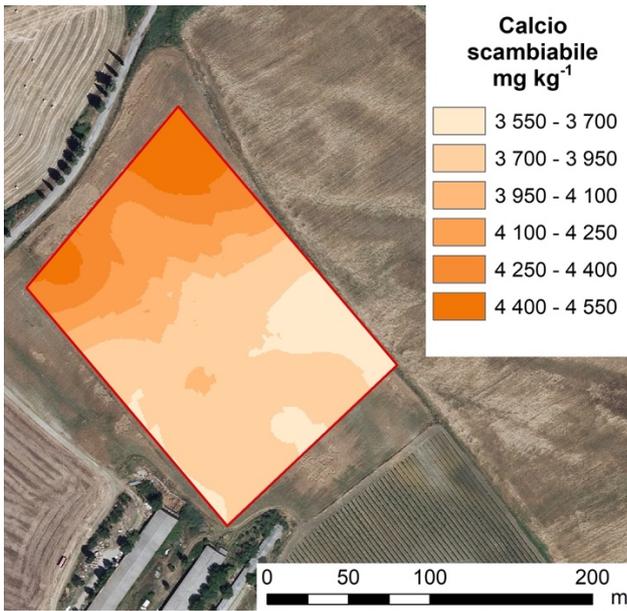
Fig. analisi del suolo della stagione vegeto produttiva 2018-2019

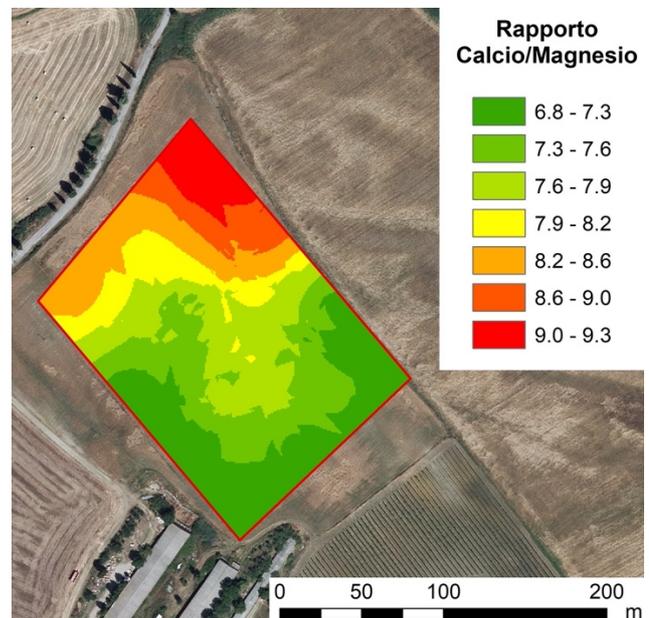
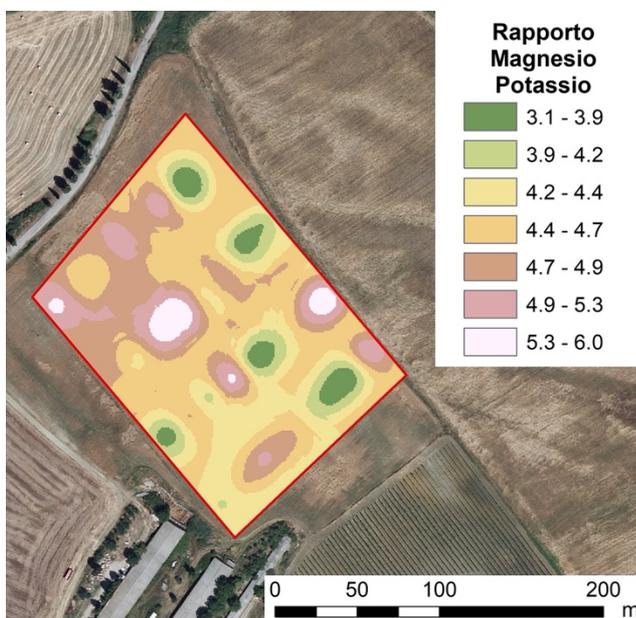
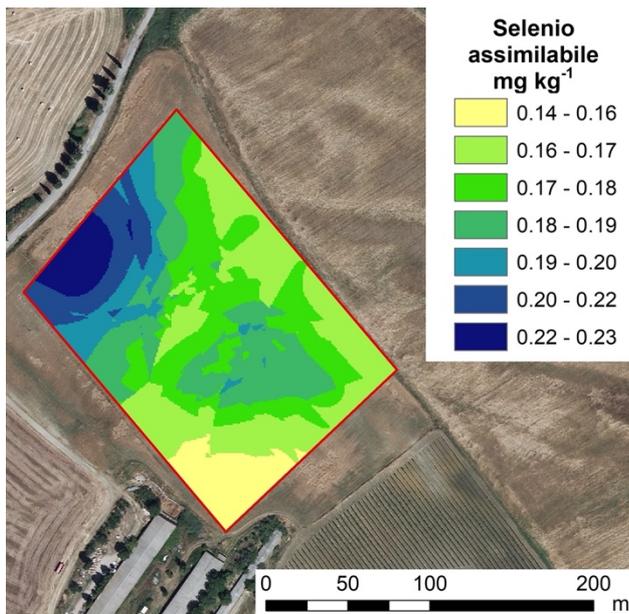
Nelle parcelle del primo anno di prove (stagione 2018-2019) ritroviamo una variabilità elevata del fosforo assimilabile, dello zinco assimilabile e del selenio assimilabile. In misura minore del potassio, del sodio e del ferro assimilabili.

Anche nelle parcelle del secondo anno di prove (stagione 2019-2020) ritroviamo una variabilità elevata del fosforo assimilabile, dello zinco assimilabile e del selenio assimilabile. In misura minore del potassio e del magnesio assimilabili.

I differenti campi sperimentali mostrano caratteristiche chimiche simili sia in contenuto di elementi sia nella loro variabilità. A titolo di esempio si riportano le mappe di variabilità di alcuni elementi nutritivi disponibili nell'appezzamento sperimentale di Grappi Luchino del 2019.







*Fig. Spazializzazione del contenuto di elementi nel campo sperimentale del 2019*

Tutti i parametri chimici e fisici rilevati con le analisi del suolo sono stati messi in relazione con i parametri produttivi e qualitativi della granella, rilevati nelle differenti parcelle sperimentali.

Analizzando la produzione l'elemento minerale che ha mostrato una correlazione altamente significativa è il fosforo disponibile. Tale elemento quando contenuto nel suolo in quantità inferiori ai 20 mg/kg di terreno (metodo Olsen) è causa diretta di relazioni con la produzione. Nello specifico la produttività del frumento è direttamente correlabile al fosforo assimilabile presente nel suolo. Le mappe di variabilità del fosforo nel suolo possono essere impiegate come base per le mappe di prescrizione della fertilizzazione fosfatica in un'ottica di agricoltura di precisione.

I risultati mostrano sostanzialmente un'assenza di relazioni dirette significative fra il contenuto di un elemento minerale nel suolo e quello della granella.

Relazioni indirette altamente significative sono risultate essere:

- Il calcio presente nella granella è risultato essere dipendente dal ferro assimilabile presente nel suolo.
- Il ferro presente nella granella è risultato essere dipendente dal pH del terreno.
- Il potassio presente nella granella è risultato essere dipendente dallo zinco assimilabile presente nel suolo.

Relazioni indirette significative sono risultate essere:

- I nitrati presenti nella granella sono risultati essere dipendenti dal carbonio organico del suolo.
- Il selenio e i solfati presenti nella granella sono risultati essere dipendenti dal potassio scambiabile del suolo.
- Il potassio presente nella granella è risultato essere dipendenti dal calcio dal ferro e dal selenio del suolo.
- Il magnesio presente nella granella è risultato essere dipendenti dallo zinco del suolo.
- Il ferro presente nella granella sono risultati essere dipendenti dallo zinco del suolo.

	Carbonio organico (g/kg)	Azoto totale (g/kg)	Azoto nitrico (mg/kg)	Azoto ammoniacale (mg/kg)	Fosforo assimilabile (mg/kg)	Potassio scambiabile (mg/kg)	Calcare totale (g/kg)	Calcio scambiabile (mg/kg)	Magnesio scambiabile (mg/kg)	Rapporto Mg/K	Rapporto Ca/Mg	Sodio scambiabile (mg/kg)	Ferro assimilabile (mg/kg)	Zinco assimilabile (mg/kg)	Selenio assimilabile (mg/kg)	pH in acqua	C.S.C. pH 8.2 (meq/100g)
Resa (t/ha)	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Umidità (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Ceneri (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Ca (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Fe (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	**	ns
Mg (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Se (ug/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	**	*	ns	ns
Na (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Polifenoli (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Flavonoidi (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Azoto totale (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Proteine totali (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Azoto organico (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C organico (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fosfati (mg/g)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Nitrati (mg/Kg)	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Solfati (mg/Kg)	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Amido totale (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Amilosio (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Amilopectina (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Rapporto Amilosio/Amilopectina (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Fig. Significatività delle relazioni fra parametri produttivi e caratteristiche del suolo

Molti dei risultati ottenuti possono essere interpretati come fenomeni di antagonismo nell'assorbimento di elementi minerali del suolo. In altre parole quando il rapporto fra elementi antagonisti (es. calcio/magnesio o magnesio/potassio) non è bilanciato si creano fenomeni di assorbimento preferenziale da parte delle colture.

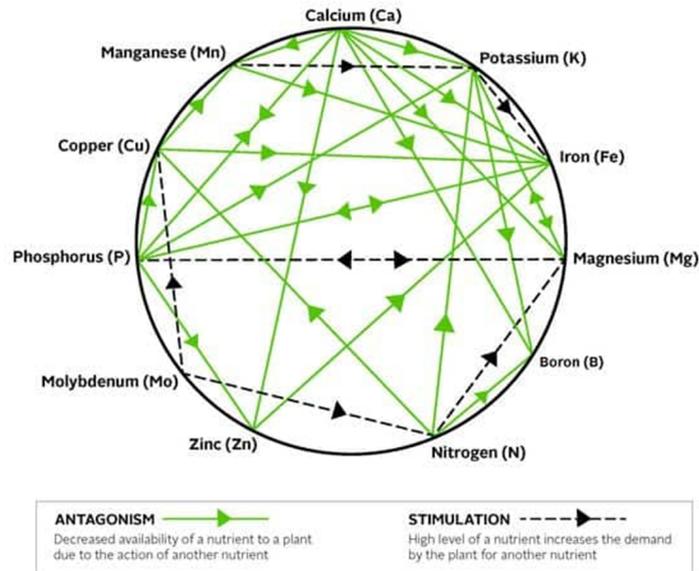


Fig.: Relazioni di antagonismo fra nutrienti del suolo nei confronti dell'assorbimento da parte delle piante.

Una nota degna di approfondimento è rappresentata dalla relazione fosforo/resa. La correlazione lineare ha mostrato, infatti, una linea di tendenza che indica un incremento di circa 60 kg di granella per ciascun mg di fosforo disponibile presente nel suolo, nei valori compresi fra quelli riscontrati. Tutte e 4 le varietà analizzate hanno risposto positivamente.

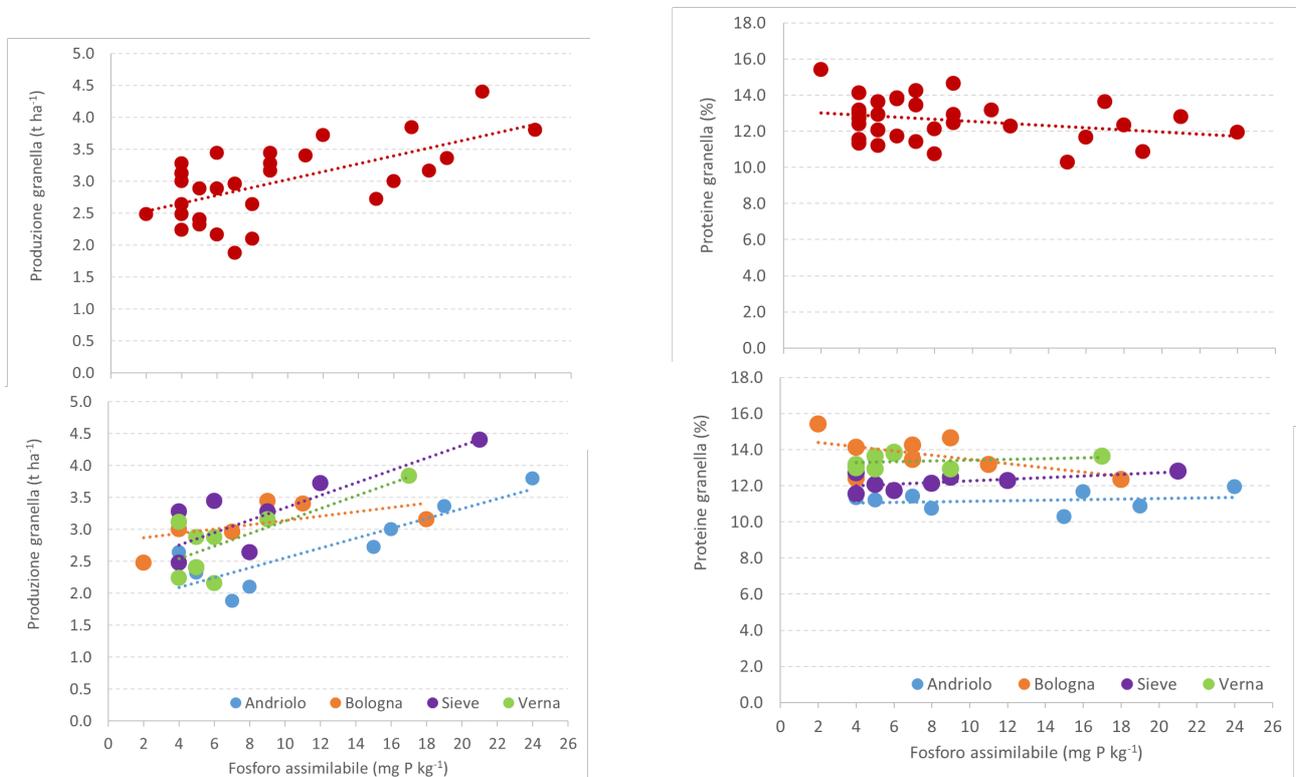


Fig.: Relazioni fra fosforo disponibile nel suolo con la produzione (a sinistra) e con il contenuto proteico della granella (a destra).

In maniera meno significativa all'aumento di produzione legato al fosforo del terreno è corrisposto un decremento del contenuto proteico passando, come tendenza, dal 13% al 12%.

Analizzando gli input di concime azotato somministrato possiamo riportare i seguenti risultati:

- il livello d'azoto ha inciso in maniera altamente significativa sulla resa;
- il livello d'azoto ha inciso in maniera significativa sul rapporto amilosio/amilopectina;
- il rapporto di concimazione azoto/fosforo è risultato correlato significativamente con la produzione;
- il rapporto di concimazione azoto/fosforo è risultato correlato significativamente con il rapporto amilosio/amilopectina;
- passando da 40 ad 80 unità di azoto ad ha si è registrato un incremento medio di produttività di circa 600 kg;
- passando da 40 ad 80 unità di azoto la variazione di produzione delle differenti varietà è oscillata fra circa 4 e 10 q.;
- Il livello di concimazione azota non è risultato correlato a nessun elemento minerale presente nella granella.

	Livello di Azoto	Rapporto Azoto:Anidride fosforica		Livello di Azoto	Rapporto Azoto:Anidride fosforica
Resa (t/ha)	**	**	Flavonoidi (mg/Kg)		
Umidità (%)			Azoto totale (%)		
Ceneri (%)			Proteine totali (%)		
Ca (mg/Kg)			Azoto organico (%)		
Fe (mg/Kg)			C organico (%)		
Mg (mg/Kg)			Fosfati (mg/g)		
Se (ug/Kg)			Nitrati (mg/Kg)		
K (mg/Kg)			Solfati (mg/Kg)		
Na (mg/Kg)			Amido totale (%)		
Zn (mg/Kg)			Amilosio (%)		
P (mg/Kg)			Amilopectina (%)		
Polifenoli (mg/Kg)			Rapporto Amilosio/Amilopectina (%)	*	*

Fig.: significatività delle correlazioni fra livello di concimazione azotata e parametri qualitativi e produttivi del frumento.

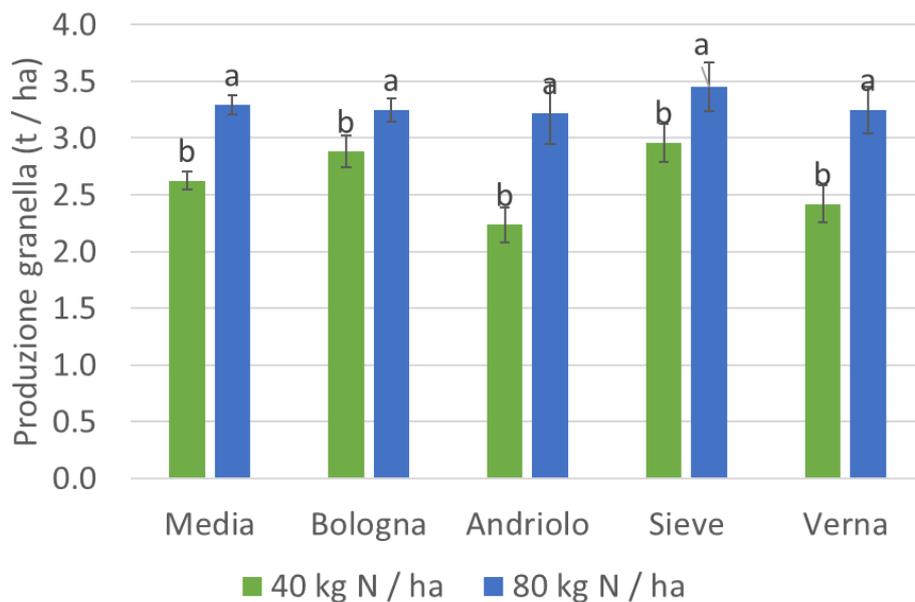


Fig.: produttività del frumento in funzione del livello di concimazione azotata.

Considerando le combinazioni di fertilizzante azotato e fosfatico possiamo affermare che nella media delle varietà considerate le alte dosi di azoto e fosforo (80 kg/ha N + 80 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) portano ad un significativo incremento produttivo di quasi 4 q. di granella. Tutte le varietà rispondono in maniera simile a parte l'Andriolo che mostra le migliori performance con (80 kg/ha N + 40 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Quest'ultima varietà ha già mostrato, in altre prove, una rispondenza asincrona ai fertilizzanti, rispetto alle altre varietà.

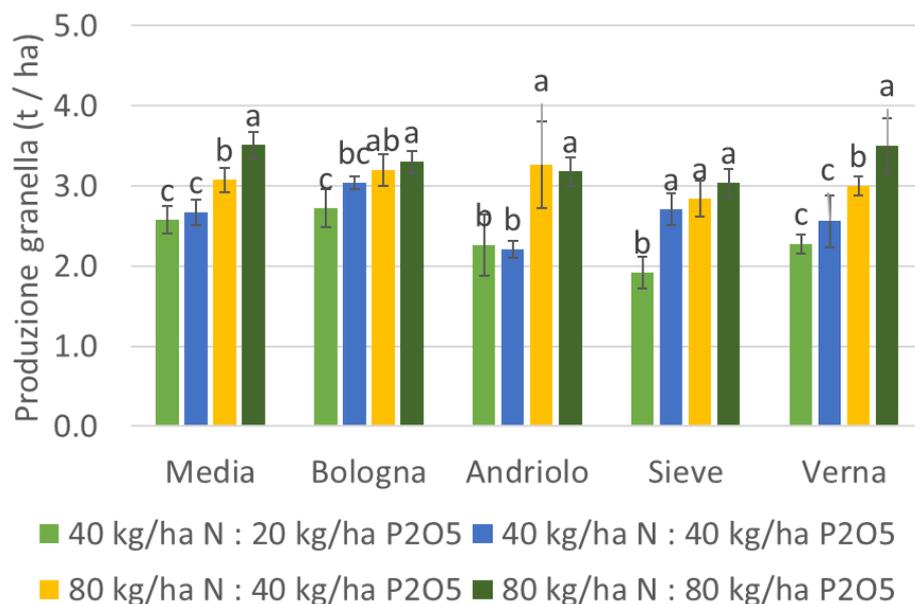


Fig.: produttività del frumento in funzione delle combinazioni di fertilizzanti azotati e fosfatici.

Il rapporto amilosio/amilopectina risulta influenzato significativamente dall'apporto di fertilizzante azotato. In media il rapporto diminuisce da 0,24 a 0,22 passando dal basso all'alto input azotato. Tutte le varietà hanno risposto coerentemente mostrando una diminuzione del rapporto amilosio/amilopectina all'incremento dell'azoto somministrato.

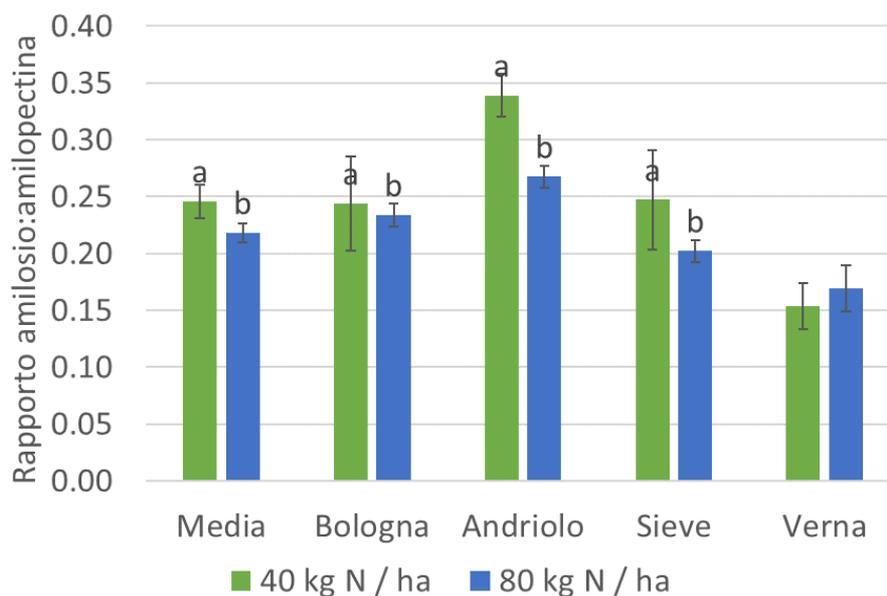


Fig.: rapporto amilosio/amilopectina in funzione del livello di fertilizzazione azotata.

Le asportazioni di azoto sono variate in media fra 61 e 77 kg/ha considerando rispettivamente i due livelli di concimazione azotata di 40 e 80 kg/ha. Tutte le varietà hanno risposto coerentemente anche se l'Andriolo ha mostrato asportazioni sensibilmente inferiori rispetto alle varietà a confronto.

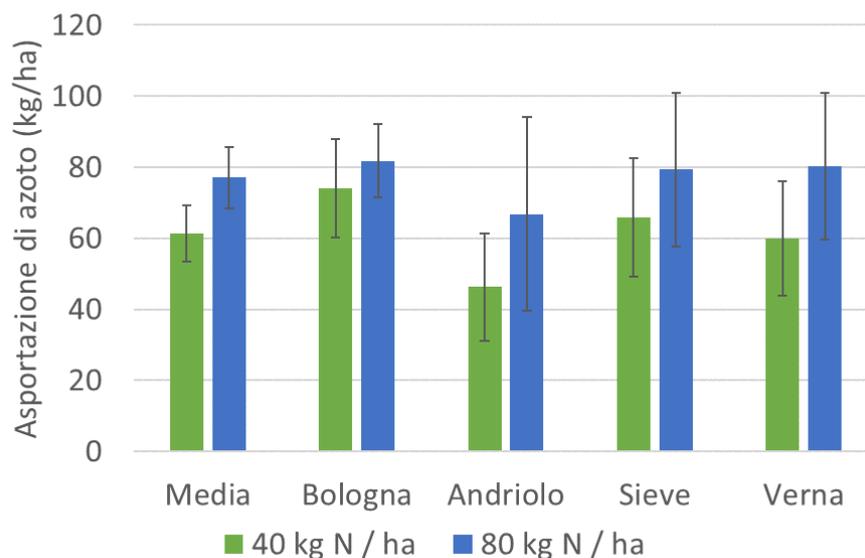


Fig.: asportazioni di azoto in funzione del livello di fertilizzazione azotata.

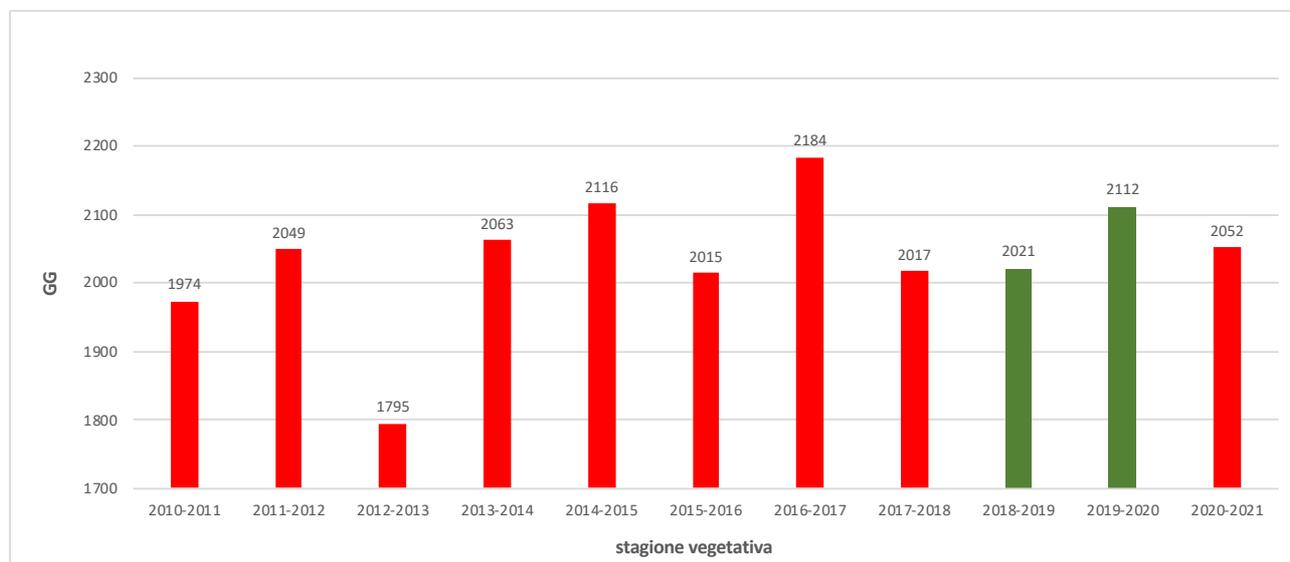
## La variabilità meteo-climatica nei due anni di coltivazione

Relativamente al monitoraggio delle condizioni climatiche, sono state acquisite informazioni da stazioni meteorologiche presenti nell'area d'indagine ed integrate con quelle di un sensore termogrametrico installato presso le aree sperimentali.

Una prima serie di elaborazioni è stata effettuata sulla base della stazione meteorologica di Ripa d'Orcia. Una seconda serie di elaborazioni è stata basata su una media di misurazioni provenienti da differenti stazioni di misura poste in prossimità dell'area d'indagine.

Durante le stagioni di crescita e produzione, considerate come periodo novembre-giugno, sono stati calcolati e analizzati i dati relativi alle precipitazioni mensili cumulate e ai gradi giorno cumulati (GG). Il valore GG è stato calcolato giornalmente come differenza tra la temperatura media giornaliera e la temperatura di base considerata utile per la crescita e lo sviluppo. È stata considerata una soglia termica di 4°C per la caratterizzazione dell'intero ciclo colturale come riportato in altri studi (Porter e Gawith., 1999; Saiyed et al., 2008). I valori cumulati dei GG ( $\Sigma$ GDD) sono stati calcolati come anche su base mensile per un raffronto dei differenti andamenti stagionali.

L'analisi dell'andamento termometrico ha mostrato che a fronte di una disponibilità termica media di 2036 GG durante gli 11 anni analizzati, il primo anno di prove è risultato sostanzialmente in linea mentre il secondo anno si è avuta un'anomalia positiva di 76 GG imputabile principalmente a un inverno mite. Viceversa, in fase di maturazione, le giornate con temperature massime sopra 26 °C sono risultate molto maggiori nel primo anno di prove (2018-2019) con il giugno 2019 che ha fatto registrare 24 giorni caldi rispetto ai 14 di media negli 11 anni analizzati. Tale fenomeno ha determinato una leggera siccità compensata solamente in parte dalle piogge di maggio.



*Fig.: Sommatoria delle temperature attive maggiori di 4°C (GG) durante le stagioni vegeto-produttive novembre-giugno con evidenziate le due stagioni oggetto di sperimentazione*

	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
nov	181	181	139	246	185	171	117	177	152	182	173
dec	71	65	103	96	122	99	67	75	101	95	98
jan	69	35	37	123	50	121	107	79	76	156	109
feb	66	147	74	138	97	103	157	81	157	143	152
mar	251	256	220	232	222	278	296	198	206	209	165
apr	316	299	338	284	366	279	293	366	252	344	293
may	468	437	367	456	458	407	536	486	455	412	477
jun	552	628	518	488	616	557	611	556	623	570	585
<b>Nov-Jun</b>	<b>1974</b>	<b>2049</b>	<b>1795</b>	<b>2063</b>	<b>2116</b>	<b>2015</b>	<b>2184</b>	<b>2017</b>	<b>2021</b>	<b>2112</b>	<b>2052</b>

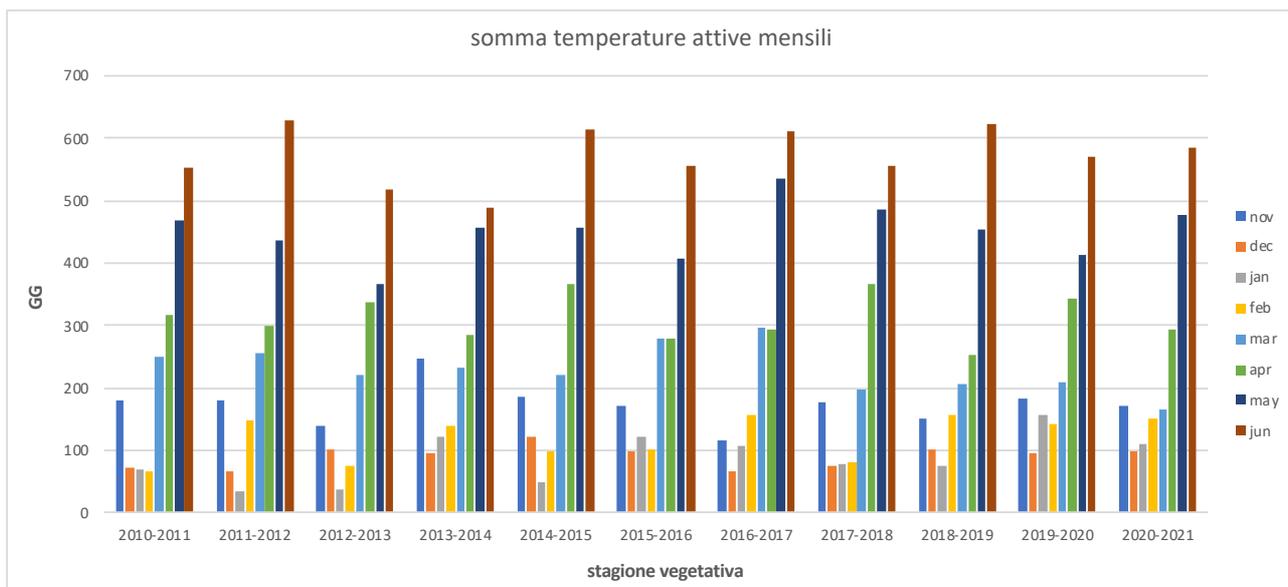


Fig.: Sommatoria mensile delle temperature attive maggiori di (GG) durante le stagioni vegeto-produttive novembre-giugno

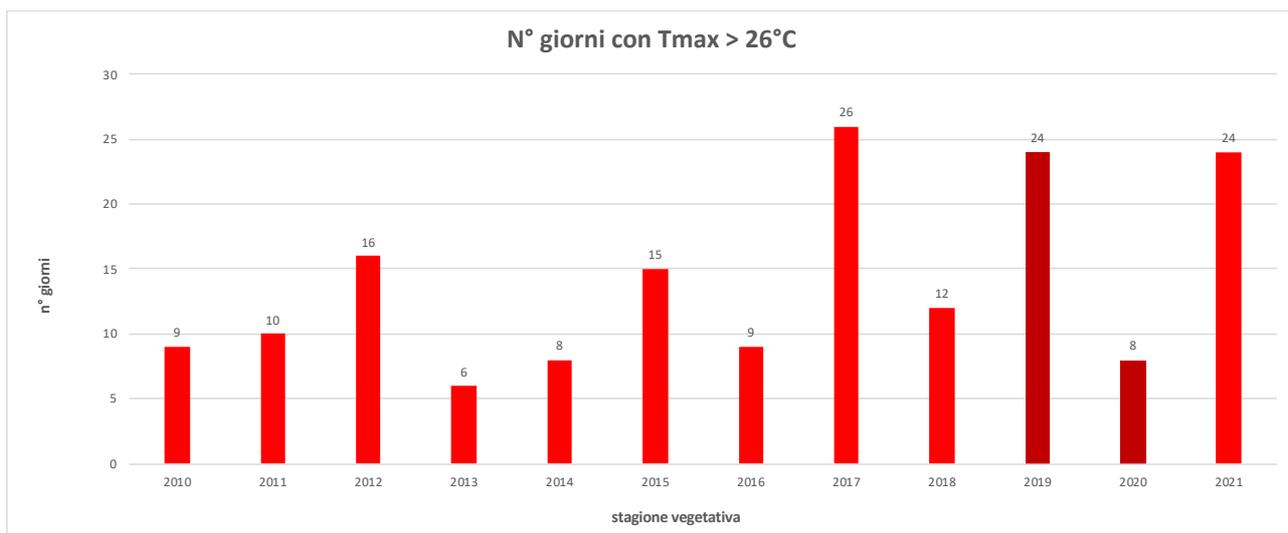
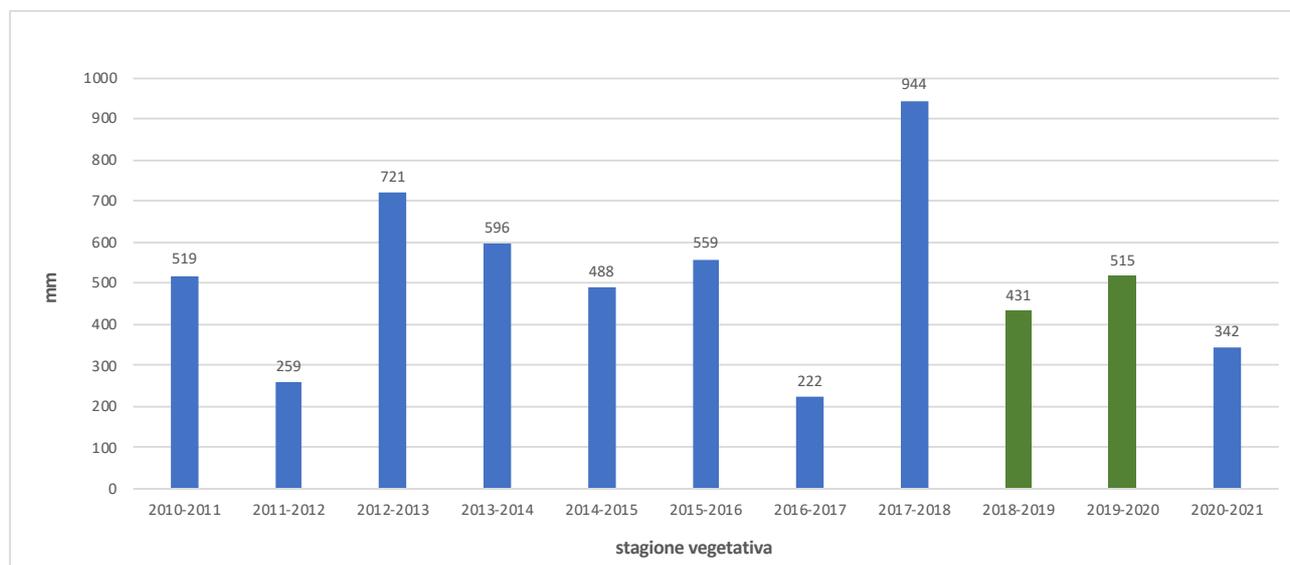


Fig.: numero di giorni con temperatura massima dell'aria superiore a 26 °C nel mese di giugno

Dall'analisi meteo-climatica le precipitazioni medie durante la stagione vegeto produttiva del frumento sono state di 509 mm, negli 11 anni considerati. Considerando i due anni di prova le

precipitazioni possono essere considerate abbastanza fedeli alla media, con cumulati di 431 e 515 mm in sequenza temporale.



*Fig.: Cumulato delle precipitazioni(mm) durante le stagioni vegeto-produttive novembre-giugno con evidenziate le due stagioni oggetto di sperimentazione*

Analizzando la distribuzione durante le due stagioni le anomalie maggiormente evidenti sono rappresentate dalla leggera siccità invernale del primo anno di prove (2018-2019) e dalle eccessive piogge di giugno 2020 che hanno inciso sulla fase finale di maturazione del grano. Queste ultime sono risultate distribuite durante buona parte del mese.

	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
<b>nov</b>	163	9	195	82	145	30	64	67	<b>84</b>	<b>219</b>	17
<b>dec</b>	68	83	50	18	71	4	16	92	<b>80</b>	<b>51</b>	108
<b>jan</b>	38	7	101	116	28	76	18	47	<b>28</b>	<b>15</b>	101
<b>feb</b>	23	10	80	78	66	136	32	90	<b>18</b>	<b>3</b>	30
<b>mar</b>	71	4	81	45	71	48	26	422	<b>3</b>	<b>39</b>	9
<b>apr</b>	37	86	39	73	45	59	33	45	<b>69</b>	<b>42</b>	38
<b>may</b>	57	54	135	89	37	87	20	144	<b>140</b>	<b>19</b>	22
<b>jun</b>	63	6	40	96	26	120	13	38	<b>9</b>	<b>127</b>	18
<b>Nov-Jun</b>	<b>519</b>	<b>259</b>	<b>721</b>	<b>596</b>	<b>488</b>	<b>559</b>	<b>222</b>	<b>944</b>	<b>431</b>	<b>515</b>	<b>342</b>

*Tab.: Cumulato mensile delle precipitazioni durante le stagioni vegeto-produttive novembre-giugno. In evidenza le due stagioni oggetto della sperimentazione.*

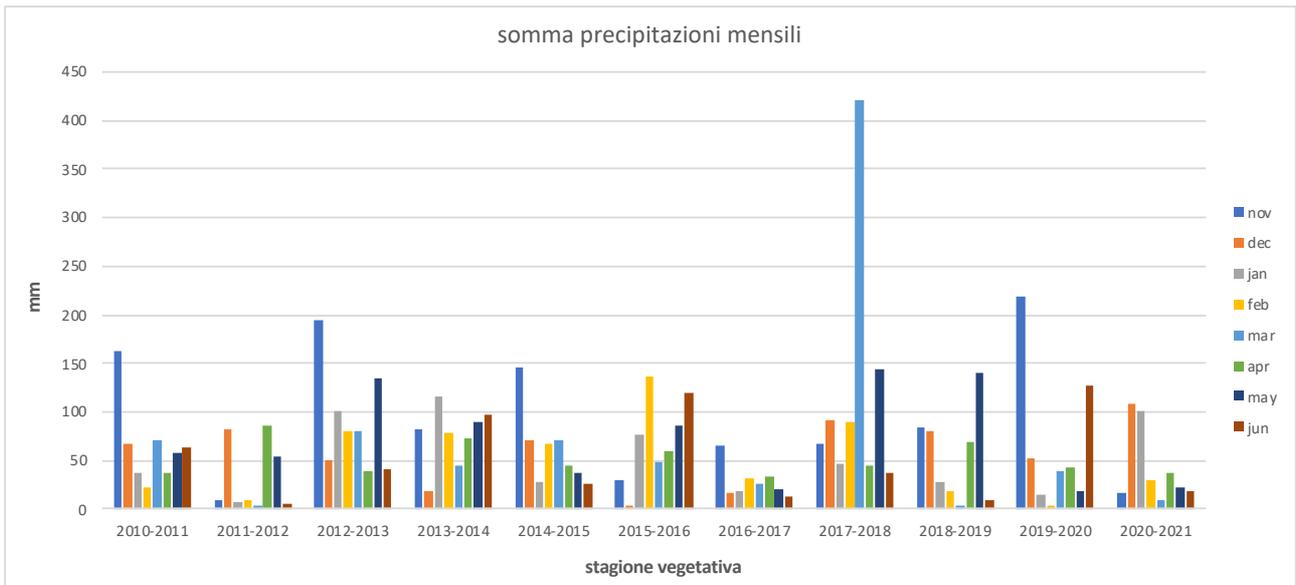


Fig.: Cumulato mensile delle precipitazioni durante le stagioni vegeto-produttive novembre-giugno

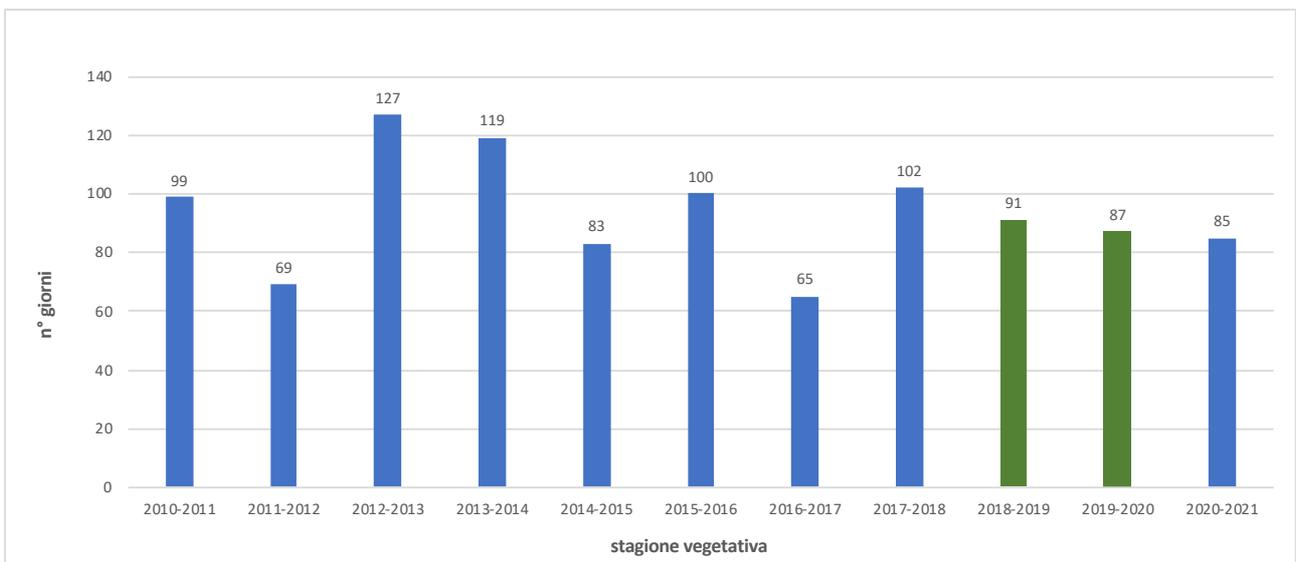


Fig.: numero di giorni piovosi durante le stagioni vegeto-produttive novembre-giugno

## Conclusioni

Le sperimentazioni effettuate hanno mostrato che non esiste un effetto diretto delle caratteristiche chimico fisiche del suolo sulle caratteristiche qualitative della granella.

A livello produttivo solamente il fosforo disponibile modifica significativamente la produttività e quindi le mappe di variabilità di questo elemento nel suolo possono essere utilizzate come base per le mappe di prescrizione per la concimazione fosfatica.

I livelli di fertilizzazione azotata e fosfatica utilizzati hanno inciso positivamente sulla produttività del frumento ma non hanno variato la qualità salutistica intesa come contenuto di elementi minerali. A livello qualitativo i livelli di azoto sono risultati correlati negativamente con il rapporto amilosio/amilopectina.

A livello agroclimatico i due anni considerati nelle prove non hanno mostrato anomalie termo-pluviometriche tali da ritenersi stagioni produttive anomale. In generale possiamo inquadrare l'ambiente di coltivazione come caldo-arido, ossia caratterizzato da scarsità di precipitazioni durante il ciclo vegeto-produttivo e primavere calde. In tal senso possono essere intese anche le basse produttività della coltivazione biologica del frumento e tale caratteristica può essere causa dell'elevato accumulo di elementi minerali nella granella.

Firenze, 31 dicembre 2021

Il responsabile scientifico

*Dr. Marco Mancini*

