

Relazione finale WP3 e WP4

Per valutare le pressioni evolutive che si possono verificare sulla popolazione di frumento tenero Solibam, è stata impostata una prova dell'ambito della misura 4.3, che prevedeva di valutare la variabilità fenotipica della popolazione coltivata in 4 Zone diverse, caratterizzate da condizioni climatiche diverse, all'interno della regione toscana. Le zone sono state definite in base alle caratteristiche climatiche definite quindi Macro Aree Climatiche (MAC). In tabella 1 e in figura 1, sono riportate le macroaree identificate: Costa (CS), Pianura (P); Collina (CO) e Montagna (MO). Nell'ambito di ogni MAC è stata identificata un'azienda "madre" (M), alle quale fare riferimento per la distribuzione della semente e aziende "figlie", che ricevevano la semente dalle aziende madri. Questa suddivisione è stata impostata con la finalità di individuare in ogni macroarea, l'azienda produttrice della semente della popolazione che può concentrare la produzione della semente solo a valle della valutazione sono state fatte nelle annate agrarie agrarie

| Anno | MAC | Località | Tipologia |
|-----------------|---------------|-------------------------|-----------|
| 1 | Costa | SanDonato Orbetello | F |
| | | San Vincenzo | F |
| | | Sterpaia (Piombino) | M |
| | Pianura | Gambassi | F |
| | | Travalle | F |
| | | Torrita | M |
| | Collina | Santa Luce 1 | F |
| | | Santa Luce 2 | F |
| | | Peccioli | M |
| | Montagna | Barberino | F |
| | | Semproniano | M |
| | | Vicchio - Ginestra | F |
| | | Vicchio - Molezzano | F |
| | | Borgo San Lorenzo | F |
| Semproniano | F | | |
| 2 | Costa | Grimaldi | F |
| | | Tenuta Paganico | F |
| | Pianura | Demetra | F |
| | | Passerini | M |
| | Collina | Barresi | F |
| | | Corrado Eusepi | F |
| | | DiGrigoli | F |
| | | Floriddia | M |
| | | Giuseppe Eusepi | F |
| | | Le macchie alte (Detti) | F |
| | | Monica | F |
| | SanBartolomeo | F | |
| | Montagna | Antonini | M |
| | | Balzani | F |
| Orienti (Furzi) | | F | |
| Tartuchino | | F | |



Figura 1. Localizzazione delle MAC nella regione Toscana

Tabella 1. Macroaree Climatiche (MAC) e aziende coinvolte distinte per aziende madri (M) e aziende figlie (F).

In figura 2 è riportato il criterio di campionamento eseguito in ogni azienda nei due anni di prova. Per ogni campo sono state individuate tre parcelle di 1m^2 circa dove sono state misurate 50 piante e prelevate 100 spighe trebbiate poi valutate e trebbiate singolarmente; inoltre per la valutazione delle caratteristiche produttive e qualitative, sono state raccolte tutte le spighe restanti delle tre parcelle e trebbiate insieme (raccolta massale).



Figura 2. Individuazione delle parcelle di 1 m^2 rappresentative del campo, dove sono stati prelevati i campioni. I rettangoli gialli individuano un transetto determinato in base alla fertilità del campo.

In tabella 2, sono riportate le aziende considerate per il prelievo e valutazione dei campioni e delle spighe raccolti in campo.

| Anno | Azienda | Località | Zona1 | N osserv. Dati Campo | N osserv. Dati Spiga |
|-------------|----------------|---------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | Agriambiente | Barberino | MO1 | 150 | 298 |
| 1 | Antonini | Semproniano | MO2 | 150 | 300 |
| 1 | Balzani | Vicchio/Ginestra | MO1 | 150 | 300 |
| 1 | Balzani | Molezzano | MO1 | 150 | 291 |
| 1 | Bellini | Santa Luce Cart | CO | 150 | 294 |
| 1 | Bellini | Santa Luce NOcart | CO | 150 | 300 |
| 1 | Demetra | Gambassi | P | 150 | 272 |
| 1 | Floriddia | Peccioli | CO | 150 | 242 |
| 1 | Montisi | Travalle | P | 150 | 300 |
| 1 | Passerini | Torrita di Siena | P | 150 | 275 |
| 1 | Retomada | San Donato Alberese | CS | 150 | 300 |
| 1 | Roncareggi | San Vincenzo | CS | 150 | 293 |
| 1 | Sereni | B.go San Lorenzo | MO1 | 150 | 300 |
| 1 | Sterpaia | Piombino | CS | 150 | 300 |
| 1 | Tartuchino | Semproniano | MO2 | 150 | 300 |
| 2 | Antonini | Semproniano | MO2 | 150 | 300 |
| 2 | AzPaganico | Paganico | CS | 150 | 300 |
| 2 | Balzani | Molezzano | MO1 | 150 | |
| 2 | Barresi | San Fabiano | CO | 50 | 100 |
| 2 | CorEusepi | Ponte D'Arbia | CO | 50 | 100 |
| 2 | Detti | Manciano | CO | 132 | 300 |
| 2 | DiGrigoli | Orciano | CO | 150 | 300 |
| 2 | Floriddia | Peccioli | CO | 50 | 100 |
| 2 | Franchini | Gambassi | P | 150 | 296 |
| 2 | Furzi | Sorano | MO2 | 130 | 281 |
| 2 | GiuEusepi | Ponte D'Arbia | CO | 50 | 92 |
| 2 | Grimaldi | San Donato | CS | 150 | |
| 2 | Monica | Monteroni d'Arbia | CO | 50 | 100 |
| 2 | Passerini | Torrita di Siena | P | 150 | 300 |
| 2 | San Bartolomeo | Santa Luce | CO | 150 | 300 |
| 2 | Tartuchino | Semproniano | MO2 | 150 | 300 |

Tabella 2. Aziende considerate per la valutazione della stabilità della popolazione. Numero di osservazioni considerate nella valutazione della stabilità.

Le variabili considerate sono riportate in tabella 2.

| |
|---|
| In campo misurate 50 piante per area di saggio: |
| Altezza Pianta; |
| Altezza base spiga. |
| Campionate 100 spighe per area di saggio: |
| Frequenza spighe aristate; |
| Lunghezza spiga; |
| Larghezza spiga; |
| Numero spighette; |
| Densità spiga; |
| Peso spiga; |
| Numero cariossidi; |
| Peso cariossidi; |
| Peso di 1000 cariossidi. |
| Raccolta «bulk» del seme da ogni area di saggio. |
| Caratteristiche reologiche: |
| Tenacità P; |
| Estensibilità L; |
| Forza dell'impasto W; |
| Rapporto P/L; |
| Contenuto di glutine secco %/s.s.; |
| «indice» di glutine; |
| Contenuto di proteine totali %/s.s.; |
| Contenuto in carbonio %/ s.s.; |
| Caratteristiche nutraceutiche; |
| Contenuto di Flavonoidi frazione solubile mg/g; |
| Contenuto di Flavonoidi frazione legata mg/g; |
| Contenuto di Polifenoli frazione solubile mg/g; |
| Contenuto di Polifenoli frazione legata mg/g; |
| Attività anti-radicalica ART frazione solubile; |
| Attività anti-radicalica ART frazione legata; |
| Digeribilità proteica – pepsina e pancreaticina |

Tabella 3. Variabili considerate nella valutazione delle caratteristiche della popolazione coltivate nelle diverse aziende in ogni macro area climatica.

Parametri morfologico-produttivi.

In tabella 4, sono riportate le medie delle variabili osservate sulla pianta e sulla spiga, oltre ai valori produttivi determinati dalla raccolta "massale" delle tre aree di saggio individuate in ogni campo in ogni azienda nei due anni di prova.

| Anno | Azienda | Località | Altezza Pianta | Altezza pianta base spiga | Lungh. Spiga | Num. Spigh. | Dista. 10 spigh. | Peso Spiga | Num. Carios. Spiga | Peso Carios. Spiga | Peso 1000 Carios. | % Spighe Arist. | Prod. q/ha |
|----------------|------------|----------------------|----------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------|
| 1 | Agr MO | Barberino M | 111,95 | 103,97 | 8,35 | 14,04 | 6,04 | 1,66 | 24,04 | 1,18 | 48,36 | 54,00 | 15,76 |
| 1 | Ant MO | Semproniano M | 131,47 | 122,86 | 8,60 | 14,81 | 5,61 | 1,81 | 25,12 | 1,25 | 49,56 | 33,33 | 12,25 |
| 1 | BalGi MO | Vicchio M | 127,82 | 119,62 | 8,75 | 15,16 | 5,80 | 1,73 | 24,03 | 1,22 | 50,22 | 55,33 | 21,20 |
| 1 | Bal MO | Vicchio M | 122,91 | 114,51 | 8,46 | 14,95 | 5,70 | 1,71 | 24,39 | 1,21 | 49,04 | 54,67 | 9,64 |
| 1 | BelCa CO | Santa Luce | 111,22 | 102,99 | 8,30 | 14,22 | 5,88 | 1,50 | 22,32 | 1,03 | 44,83 | 46,00 | 11,14 |
| 1 | BelNca CO | Santa Luce | 123,06 | 113,99 | 9,08 | 15,63 | 5,83 | 1,74 | 26,79 | 1,28 | 47,10 | 47,33 | 20,68 |
| 1 | Dem CO | Gambassi | 91,66 | 84,57 | 6,75 | 11,23 | 6,08 | 1,10 | 16,36 | 0,74 | 44,90 | 52,67 | 12,37 |
| 1 | Flor CO | Peccioli | 135,96 | 127,19 | 8,97 | 16,22 | 5,54 | 1,08 | 15,75 | 0,57 | 32,65 | 29,33 | |
| 1 | LaRet CS | San Donato Orbetello | 115,25 | 106,74 | 8,49 | 13,65 | 6,25 | 1,68 | 22,80 | 1,10 | 47,14 | 55,33 | 15,90 |
| 1 | Mont P | Travalle | 131,28 | 122,48 | 5,52 | 14,77 | 3,70 | 1,86 | 27,18 | 1,27 | 48,61 | 50,67 | 10,32 |
| 1 | Pas P | Torrita | 127,50 | 119,05 | 9,03 | 15,16 | 4,86 | 1,41 | 24,36 | 0,81 | 33,38 | 62,00 | 15,91 |
| 1 | Ronc CS | San Vincenzo | 81,98 | 75,80 | 5,84 | 8,90 | 6,62 | 0,88 | 13,17 | 0,59 | 44,48 | 55,33 | 5,63 |
| 1 | Ser MO | Borgo San Lorenzo | 119,77 | 112,64 | 7,38 | 13,09 | 5,68 | 1,56 | 20,52 | 1,04 | 49,69 | 42,00 | 19,12 |
| 1 | Sterp CS | Piombino | 123,46 | 115,37 | 7,15 | 11,99 | 6,02 | 1,59 | 21,68 | 1,06 | 47,90 | 84,00 | 8,48 |
| 1 | Tart MO | Semproniano | 106,14 | 97,98 | 5,86 | 13,92 | 4,72 | 1,63 | 24,35 | 1,14 | 46,58 | 57,33 | 8,98 |
| 2 | Ant MO | Semproniano | 115,03 | 105,68 | 8,99 | 14,94 | 6,05 | 2,08 | 28,28 | 1,54 | 54,75 | 0,00 | 6,10 |
| 2 | Balz MO | Molezzano | 108,49 | 101,09 | | | | | | | | 42,67 | |
| 2 | Barresi CO | Monteroni d'Arbia | 104,58 | 96,98 | 7,45 | 11,82 | 7,45 | 1,34 | 17,20 | 0,85 | 49,18 | 46,00 | |
| 2 | Ceusep CO | Ponte d'Arbia | 86,08 | 78,51 | 7,07 | 10,81 | 6,61 | 1,02 | 16,02 | 0,71 | 44,24 | 26,00 | 9,06 |
| 2 | Dem CO | Gambassi | 86,45 | 78,18 | 8,34 | 13,81 | 6,14 | 1,63 | 26,10 | 1,13 | 43,05 | 45,33 | |
| 2 | Dig CO | Orciano | 69,85 | 65,02 | 5,32 | 7,35 | 7,34 | 0,63 | 9,71 | 0,41 | 41,39 | 0,00 | 4,37 |
| 2 | Flor CO | Peccioli | 80,61 | 72,70 | 7,79 | 12,56 | 6,26 | 1,28 | 19,88 | 0,84 | 41,35 | 38,00 | 6,71 |
| 2 | Geusep CO | Ponte d'Arbia | 77,95 | 69,48 | 8,66 | 13,20 | 6,62 | 1,41 | 21,18 | 0,95 | 44,37 | 28,00 | |
| 2 | Grim CS | San Donato | | 99,66 | | | | | | | | 36,00 | |
| 2 | Lema CO | Manciano | 94,86 | 87,75 | 7,74 | 11,75 | 6,37 | 1,24 | 18,82 | 0,87 | 45,16 | 55,42 | 8,427 |
| 2 | Moni CO | Monteroni d'Arbia | 107,67 | 98,17 | 9,67 | 14,86 | 6,55 | 1,51 | 22,58 | 1,13 | 45,96 | 42,00 | 8,46 |
| 2 | Ori MO | Sorano (Amiata) | 92,53 | 86,27 | 6,67 | 10,47 | 6,42 | 1,11 | 16,18 | 0,96 | 61,11 | 47,12 | 5,62 |
| 2 | Pas P | Torrita | 125,71 | 116,58 | 9,76 | 15,90 | 6,19 | 1,85 | 26,80 | 1,29 | 48,34 | 89,33 | 11,81 |
| 2 | SanBa CO | Santa Luce | 100,53 | 93,25 | 8,12 | 13,72 | 5,97 | 1,42 | 20,72 | 1,00 | 47,93 | 0,00 | 8,47 |
| 2 | Tart P | Semproniano | 102,37 | 94,27 | 8,46 | 14,14 | 6,01 | 1,71 | 23,64 | 1,21 | 50,15 | 0,00 | 8,80 |
| 2 | Az.Pa CS | Paganico | 87,75 | 80,91 | 6,77 | 10,45 | 6,56 | 0,97 | 15,46 | 0,69 | 43,87 | 0,00 | 6,67 |
| Media | | | 108,65 | 100,74 | 7,83 | 13,30 | 5,94 | 1,47 | 21,46 | 1,02 | 46,57 | 41,75 | 11,20 |
| Valore minimo | | | 69,85 | 65,02 | 5,32 | 7,35 | 3,70 | 0,63 | 9,71 | 0,41 | 32,65 | 0,00 | 4,37 |
| Valore massimo | | | 135,96 | 127,19 | 9,76 | 16,22 | 7,45 | 2,08 | 28,28 | 1,54 | 61,11 | 89,33 | 21,20 |

Tabella 4. Medie delle variabili rilevate sulla pianta e sulle spighe campionate.

La variabile altezza pianta oscilla tra un valore minimo di circa 70 cm ad un valore massimo di 136 cm. Il numero di spighette per spiga oscilla tra 7 e 16, mentre la distanza di 10 spighette del terzo medio della spiga oscilla da 3,7 e 7,45, quindi si hanno spighe molto compatte e spighe molto lasche. Il peso di mille cariossidi

oscilla da un valore di circa 33 g ad un valore massimo di circa 61 g, evidenziando una variazione di questo carattere molto marcata. Anche la produzione ad ettaro, stimata dalla raccolta massale delle tre parcelle di saggio, sottolinea una forte oscillazione dei valori osservato tra tutte le aziende e nei due anni di prova. Per quanto riguarda la frequenza delle spighe aristate si osservano variazioni molto marcate tra i due anni di prova, infatti nei campioni raccolti nell'annata 2018-19 si osservano percentuali di spighe aristate decisamente maggiori delle frequenze di questo tipo di spiga nell'annata 2019-2020; dove è possibile rilevare campioni con presenza zero di spighe aristate. Queste forti oscillazioni testimoniano l'instabilità molto marcata del materiale analizzato

Variabili qualitative

Nella tabella 5 sono riportate le medie delle caratteristiche tecnologiche delle farine. Per la valutazione dei parametri reologici sono state utilizzati i campioni derivante da alcune aziende dove si sono raccolti i campioni più abbondanti e rappresentativi delle macroaree climatiche.

| Anno | Zona | Azi | Località | P | L | G | W | P/L | le | Prot. % s.s. | C % /s.s. | Indice Glu | % Glu Secco /s.s. |
|----------------|------|--------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|-------------------------|
| 1 | CO | Bell | San taLuce | 51,48 | 60,9 | 17,2 | 94 | 0,53 | 29,9 | 12,41 | 45,45 | 76,99 | 8,16 |
| 1 | CS | Ronc | San Vincenzo | 31 | 65 | 17,9 | 56 | 0,48 | 32,8 | 10,12 | 45,87 | 72,60 | 5,82 |
| 1 | P | Mont | Travalle | 37 | 85 | 20,5 | 76 | 0,44 | 33,2 | 15,35 | 46,07 | 51,64 | 13,11 |
| 1 | MO | Ant | Semproniano | 40 | 103 | 22,6 | 91 | 0,4 | 31,9 | 13,07 | 46,23 | 68,48 | 8,84 |
| 1 | MO | Tart | Semproniano | 80 | 95 | 13,7 | 112 | 0,84 | 28,8 | 12,62 | 45,60 | 50,39 | 8,73 |
| 1 | MO | BalzMo | Vicchio | 61 | 50 | 15,7 | 98 | 1,22 | 31,7 | 13,52 | 46,53 | 48,68 | 10,43 |
| 1 | MO | Ser | Borgo San Lorenzo | 68 | 94 | 13 | 91 | 0,72 | 32,1 | 11,92 | 46,45 | 48,83 | 8,67 |
| 1 | MO | Agr | Barberino | 66 | 44 | 14,8 | 98 | 1,5 | 27,9 | 11,78 | 46,10 | 54,45 | 8,67 |
| 2 | P | Dem | Gambassi | 39 | 60 | 17,2 | 71 | 0,65 | 35,2 | 12,36 | 46,43 | 76,15 | 8,37 |
| 2 | CO | Ceusep | Ponte D'Arbia | 25 | 119 | 24,3 | 48 | 0,21 | 24,2 | 12,37 | 46,20 | 43,95 | 7,85 |
| 2 | CO | Moni | Monteroni d'Arbia | 25 | 47 | 15,3 | 34 | 0,53 | 20,8 | 16,21 | 45,63 | 31,10 | 14,22 |
| 2 | CO | Lema | Manciano | 36 | 56 | 16,7 | 68 | 0,64 | 40,8 | 14,14 | 46,62 | 30,08 | 11,45 |
| 2 | CS | TenPa | Paganico | 71 | 83 | 20,3 | 141 | 0,86 | 32 | 11,70 | 46,18 | 41,25 | 8,11 |
| 2 | MO | Ori | Sorano (Amiata) | 65 | 80 | 9,5 | 80 | 0,81 | 28,7 | 10,65 | 46,04 | 39,49 | 7,11 |
| 2 | CO | SanBa | SantaLuce | 36 | 93 | 21,5 | 79 | 0,39 | 35,6 | 12,10 | 45,74 | 36,99 | 10,70 |
| Media | | | | 48,77 | 75,66 | 17,35 | 82,47 | 0,68 | 31,04 | 12,69 | 46,08 | 51,41 | 9,35 |
| Valore minimo | | | | 25 | 44 | 9,5 | 34 | 0,21 | 20,8 | 10,12 | 45,45 | 30,08 | 5,82 |
| Valore massimo | | | | 80 | 119 | 24,3 | 141 | 1,5 | 40,8 | 16,21 | 46,62 | 76,99 | 14,22 |

Tabella 5. Media dei valori delle variabili: Tenacità "P", Estensività "L", Volume "G", Forza "W", Rapporto "P/L", Indice di elasticità "le", % Contenuto di Proteine e Carbonio, % Glutine secco, Indice di Glutine.

Le farine ottenute mostrano la forza degli impasti che oscilla tra 34 e 141 (W) dimostrando, anche in per questi parametri, una variazione molto marcata: si va infatti da farine difficilmente panificabili a farine panificabili. Tra i valori della variabile P/L si osservano, per la maggior parte dei campioni, livelli di tenacità e elasticità molto equilibrati per determinare ottime caratteristiche degli impasti lievitati. I contenuti di glutine secco, associati a quelli di proteina totale, espressi come percentuale su sostanza secca (s.s.), fanno registrare delle oscillazioni rilevanti, maggiori per il glutine secco che passa dal 5,82 % al 14,22 %, mentre il contenuto proteico oscilla dal 10,12 % al 16,21 %. Questa non perfetta corrispondenza indica che oltre le gliadine e glutenine responsabili del glutine, altre proteine come albumine e globuline, subiscono variazioni di una certa entità.

Caratteristiche “nutraceutiche”.

In tabella 6 sono riportate le medie per le variabili responsabili di alcune caratteristiche nutraceutiche delle farine. Un parametro interessante è la digeribilità delle proteine totali, questo è determinato in vitro su estratti di farine idrolizzati con due enzimi proteolitici: pepsina e pancreatina. Dopo idrolisi con pepsina, in ambiente acido, si osservano (Tab. 6) valori che superano il 46 % delle proteine totali idrolizzate in aminoacidi liberi. L'idrolisi con l'enzima pancreatina fa registrare valori che oscillano tra l'11,94% e il 38 %. Non sempre, comunque, ad alte percentuali di idrolisi con pepsina corrispondono elevati valori di proteine digerite con pancreatina. Considerando la digestione totale, sempre avvenuta in vitro, si possono osservare elevati livelli di digeribilità superiori al 70 % che risultano molto frequenti tra i campioni analizzati, dimostrando come la popolazione evolutiva presenti ottime caratteristiche che possono ridurre l'insorgenza di intolleranze al frumento di tipo non celiaco.

| Anno | Zona | Località | % Dig Pepsina | Dig Pancr/tot | Dig Totale | Flav. Free mg/g s.s. | Flav. Bound mg/g s.s. | Poly. Free mg/g s.s. | Poly. Bound mg/g s.s. | ARP Free | ARP Bound |
|----------------|------|-------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| 1 | CO | Santa Luce | 31,14 | 19,55 | 50,69 | 0,25 | 0,48 | 1,47 | 2,44 | 5,81 | 34,43 |
| 1 | CS | San Vincenzo | 23,77 | 19,88 | 43,65 | 0,46 | 0,48 | 1,29 | 2,19 | 7,91 | 31,94 |
| 1 | P | Travalle | 31,12 | 35,29 | 66,41 | 0,29 | 0,42 | 1,27 | 2,25 | 3,39 | 29,45 |
| 1 | MO | Semproniano | 43,46 | 33,14 | 76,60 | 0,38 | 0,49 | 1,12 | 2,39 | 0,00 | 30,95 |
| 1 | MO | Semproniano | 40,85 | 34,46 | 75,30 | 0,32 | 0,56 | 1,59 | 2,05 | 0,00 | 31,45 |
| 1 | MO | Vicchio | 39,85 | 33,46 | 73,30 | 0,32 | 0,58 | 1,27 | 2,07 | 0,00 | 36,34 |
| 1 | MO | Borgo San Lorenzo | 33,17 | 37,24 | 70,41 | 0,28 | 0,45 | 1,69 | 2,15 | 0,00 | 29,93 |
| 1 | MO | Barberino | 31,72 | 37,14 | 68,86 | 0,19 | 0,47 | 1,59 | 2,09 | 0,00 | 32,12 |
| 2 | P | Gambassi | 38,80 | 18,09 | 56,89 | 0,25 | 0,48 | 1,39 | 2,29 | 3,30 | 34,71 |
| 2 | CO | Ponte D'Arbia | 46,84 | 27,36 | 74,19 | 0,34 | 0,48 | 1,01 | 2,23 | 12,19 | 33,04 |
| 2 | CO | Corsarello (SI) | 34,77 | 38,00 | 72,77 | 0,46 | 0,48 | 1,07 | 2,21 | 15,64 | 34,87 |
| 2 | CO | Manciano | 46,02 | 11,94 | 57,96 | 0,47 | 0,49 | 1,63 | 2,32 | 9,51 | 30,23 |
| 2 | CS | Paganico | 31,72 | 37,14 | 68,86 | 0,26 | 0,55 | 1,55 | 2,71 | 10,72 | 36,83 |
| 2 | MO | Sorano (Amiata) | 41,85 | 36,46 | 78,30 | 0,40 | 0,40 | 1,48 | 2,02 | 7,14 | 31,13 |
| 2 | CO | Santa Luce | 31,05 | 32,90 | 63,95 | 0,41 | 0,62 | 1,79 | 2,10 | 8,45 | 30,33 |
| Media | | | 36,41 | 30,14 | 66,54 | 0,34 | 0,50 | 1,42 | 2,23 | 5,60 | 32,52 |
| Valore minimo | | | 23,77 | 11,94 | 43,65 | 0,19 | 0,40 | 1,01 | 2,02 | 0,00 | 29,45 |
| Valore massimo | | | 46,84 | 38,00 | 78,30 | 0,47 | 0,62 | 1,79 | 2,71 | 15,64 | 36,83 |

Tabella 6. Medie dei parametri relativi alla digeribilità in vitro, dei metaboliti secondari e della capacità anti-radicalica.

Per quanto riguarda i metaboliti secondari (Tab. 6), si osservano valori, riferiti al frumento, elevati. Infatti, soprattutto per i polifenoli, si registrano valori medi di 1,42 mg/g si s.s. per la frazione solubile e di 2,71 mg/g per la frazione insolubile (legata), con piccole oscillazioni in entrambi i casi. Anche la capacità anti-radicalica (ARP), soprattutto quella della frazione insolubile, ha valori, sempre in relazione al frumento, molto elevati e costanti. Questo a dimostrare come le popolazioni evolutive, che sono il risultato di un di un pool di genotipi coevoluti insieme, abbiano una maggiore capacità competitiva e di adattamento, associata proprio con una maggiore capacità di produzione dei metaboliti secondari.

Determinazione delle micotossine

Per alcuni campioni, senza mantenere la distinzione per azienda, ma solo per macroarea climatica e per anno, sono state fatte le analisi per la determinazione della presenza di micotossine (Tab. 7). I valori dei tricoteceni T2 e HT2, prodotti dalla presenza di alcune fusariosi della spiga, indicano la presenza di piccole quantità molto al disotto dei valori ammessi. Infatti, come indicazione per il frumento non processato (cariosside intera) il limite consigliato da non superare è di 50 µg/kg. Attenzione comunque deve essere prestata dato che sarebbe auspicabile di non rilevare (o solo tracce) questi tricoteceni.

| Anno | Zona | T2-HT2 ppb | DON ppb | Ocratossina A ppb |
|----------------|------|-------------|-------------|-------------------|
| 1 | CS | 31,0 | 70,0 | <LOD |
| 1 | P | 14,0 | 29,0 | <LOD |
| 1 | CO | 14,0 | 28,0 | <LOD |
| 1 | MO | 27,0 | 22,0 | <LOD |
| 1 | MO | 11,0 | <LOD | <LOD |
| 1 | MO | 25,0 | 17,0 | <LOD |
| 1 | MO | 13,0 | 10,0 | <LOD |
| 1 | MO | 2,4 | 14,0 | <LOD |
| 2 | CS | 16,3 | 12,0 | <LOD |
| 2 | P | 8,0 | 15,0 | <LOD |
| 2 | CO | 22,3 | 18,0 | <LOD |
| 2 | CO | 21,0 | 10,0 | <LOD |
| 2 | CO | 12,0 | 33,0 | <LOD |
| 2 | CO | 23,0 | 28,0 | <LOD |
| 2 | MO | 18,5 | 24,0 | <LOD |
| 2 | MO | 33,0 | 1,6 | <LOD |
| Media | | 18,2 | 22,1 | 0,0 |
| Valore minimo | | 2,4 | 1,6 | 0,0 |
| Valore massimo | | 33,0 | 70,0 | 0,0 |

Tabella 7. Presenza di micotossine in alcuni campioni provenienti dalle macroaree considerate ppb (µg/kg).

Per quanto riguarda il deossivalenolo (DON), i valori osservati sono al di sotto di quelli consigliati per i prodotti per l'infanzia (< 200 µg/kg). Comunque, anche in questo caso è raccomandata una particolare attenzione nell'evitare la comparsa in campo di fusariosi della spiga (*Fusarium graminearum* e *F. culmorum*), utilizzando semente sana, adottando adeguate rotazioni colturali, adottare densità di semina non elevate, ridurre o limitare l'apporto di concimazione azotate e interrare bene i residui di mais o sorgo della coltivazione precedente.

Nie campioni analizzati non è stata riscontrata la presenza di ocratossina A, normalmente prodotta da *Aspergillus ochraceus* e *Penicillium verrucosum*, che normalmente si manifestano durante il periodo di stoccaggio.

Conclusioni

- La forte variazione osservata tra le aziende entro ogni Macro Area Climatica (MAC) (vedi allegato dell'analisi della varianza) non può essere imputata tutta alle forze evolutive; bisogna, quindi, prestare più attenzione alla produzione della semente;

- La variazione delle dimensioni della spiga e del peso delle 1000 cariossidi, sono determinate da una densità di piante a m² non uniforme, è necessaria, quindi, una maggiore attenzione alla preparazione dei campi e alla distribuzione del seme;
- Visto la variazione marcata, osservata tra le macroaree, confermata dalle analisi della varianza (vedi Allegato) bisognerebbe adottare, per la produzione della semente strategie dedicate per ogni macroarea climatica (MAC);
- La qualità delle farine risulta sufficientemente equilibrata tra le caratteristiche tecnologiche e le caratteristiche nutrizionali;
- Maggiore attenzione deve essere applicata alle condizioni di coltivazione per ridurre e controllare la presenza delle micotossine.

Firenze, 19 aprile 2022

Responsabile scientifico

Prof.ssa Donatella Paffetti