



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE  
NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie agrarie

IL FRUMENTO MONOCOCCO (*Triticum monococcum*  
L. ssp. *monococcum*) IN SARDEGNA:  
CARATTERISTICHE AGRONOMICHE, REOLOGICHE,  
TECNOLOGICHE E POSSIBILITÀ DI SVILUPPO

Relatore

Prof. ssa Margherita Lucchin

Correlatori

Dott. Norberto Pogna

Dott.ssa Laura Gazza

Laureando: Lorenzo Moi

Matricola n. 1019460

ANNO ACCADEMICO 2013/2014



<b>INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE</b>	<b>6</b>	
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>I CEREALI</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>IL FRUMENTO</b>	<b>16</b>
2.2.1	STORIA E FILOGENESI DEL FRUMENTO	17
2.2.2	CARATTERISTICHE DEI FRUMENTI: LA STRUTTURA DELLA PIANTA	19
2.2.3	CICLO DEL FRUMENTO	20
<b>2.3</b>	<b><i>TRITICUM MONOCOCCUM</i></b>	<b>22</b>
2.3.1	CAUSE DELLA PERDITA DI IMPORTANZA STORICA DEL GRANO MONOCOCCO	24
2.3.2	MOTIVI DELLA RISCOPERTA DEL GRANO MONOCOCCO	25
2.3.3	CARATTERISTICHE DEL GRANO MONOCOCCO	26
2.3.3.1	Caratteristiche agronomiche del grano monococco	28
2.3.3.2	Qualità tecnologiche, reologiche e nutrizionali del grano monococco	28
2.3.3.3	Il miglioramento genetico del grano monococco	31
2.3.3.3.1	Monlis	32
2.3.3.3.2	ID331	32
2.3.3.3.3	Hammurabi	33
2.3.4	IL RAPPORTO TRA GRANO MONOCOCCO E CELIACHIA	33
<b>3</b>	<b>SCOPO DELLA TESI</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI E METODI</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>RILIEVI SUI CAMPI SPERIMENTALI DI <i>TRITICUM MONOCOCCUM</i></b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>ANALISI SULLE CARIOSSIDI</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>ANALISI SULLE PIANTE</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>PREVISIONE DELLA FILIERA PRODUTTIVA IN SARDEGNA</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	<b>55</b>
<b>5.1</b>	<b>RILIEVI DI CAMPO</b>	<b>55</b>
5.1.1	POSIZIONE DEI CAMPI E CLIMA	55
5.1.2	CARATTERIZZAZIONE DEI CAMPI SPERIMENTALI	59
5.1.2.1	Il campo sperimentale 1	59
5.1.2.2	Il campo sperimentale 2	60
5.1.2.3	Il campo sperimentale 3	61
5.1.2.4	Il campo sperimentale 4	62
5.1.2.5	Il campo sperimentale 5	63
5.1.2.6	I campi sperimentali 6, 7 e 8	64
5.1.2.7	Il campo sperimentale 9	64
5.1.2.8	Il campo sperimentale 10	65
5.1.2.9	Il campo sperimentale 11	66
5.1.2.10	Il campo sperimentale 12	67
5.1.2.11	Il campo sperimentale 13	67
5.1.2.12	Il campo sperimentale 14	68
5.1.2.13	Il campo sperimentale 15	69
5.1.2.14	Il campo sperimentale 16	70
5.1.2.15	Il campo sperimentale 17	71
5.1.2.16	Il campo sperimentale 18	71

5.1.3	IL CICLO DELLA COLTURA E LA RACCOLTA	72
5.1.3.1	Il campo sperimentale 1	76
5.1.3.2	Il campo sperimentale 2	78
5.1.3.3	Il campo sperimentale 3	80
5.1.3.4	Il campo sperimentale 4	81
5.1.3.5	Il campo sperimentale 5	83
5.1.3.6	I campi sperimentali 6, 7, 8	84
5.1.3.7	Il campo sperimentale 9	86
5.1.3.8	Il campo sperimentale 10	87
5.1.3.9	Il campo sperimentale 11	88
5.1.3.10	Il campo sperimentale 12	89
5.1.3.11	Il campo sperimentale 13	90
5.1.3.12	Il campo sperimentale 14	92
5.1.3.13	Il campo sperimentale 15	92
5.1.3.14	Il campo sperimentale 16	93
5.1.3.15	Il campo sperimentale 17	94
5.1.3.16	Il campo sperimentale 18	95
<b>5.2</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO SULLE CARIOSSIDI E SULLE PIANTE</b>	<b>96</b>
5.2.1	CARIOSSIDI INTERE	96
5.2.1.1	Percentuale di cariossidi vestite, nude intere e rotte	96
5.2.1.2	Peso di 1000 cariossidi (nude e vestite)	98
5.2.1.3	Incidenza delle glumelle su cariossidi completamente vestite	99
5.2.1.4	Percentuale di cariossidi rimaste vestite dopo 3 passaggi nella microtrebbia da banco	100
5.2.1.5	Contenuto proteico, volume di sedimentazione in SDS e volume di sedimentazione specifico	101
5.2.1.6	Hardness SKCS, umidità, colore e stima del contenuto proteico (NIT) dei campioni di cariossidi	103
5.2.1.7	Peso ettolitrico dei campioni	104
5.2.1.8	La pulizia meccanica delle cariossidi	105
5.2.1.9	Elettroforesi A - PAGE delle gliadine	105
5.2.1.10	Elettroforesi SDS-PAGE delle proteine totali	107
5.2.2	ANALISI SULLE FARINE E SULLE SEMOLE	109
5.2.2.1	Resa in farina dei campioni	109
5.2.2.2	Contenuto proteico delle farine e delle semole	110
5.2.2.3	Analisi farinografiche	110
5.2.2.4	Indici di Hagberg delle farine	113
5.2.2.5	Caratteristiche del glutine delle farine e delle semole	114
5.2.3	ANALISI SULLE PASTE	115
5.2.4	ANALISI SULLE PIANTE INTERE E ASPORTAZIONI DI AZOTO DELLA COLTURA	118
<b>5.3</b>	<b>LA FILIERA PRODUTTIVA</b>	<b>119</b>
5.3.1	L'INTERESSE DELLA CITTADINANZA E LA NASCITA DELL'ASSOCIAZIONE TRICUMONORO	119
5.3.2	COME IMPOSTARE LA FASE DI CONSERVAZIONE E PULIZIA DEL PRODOTTO	119
5.3.3	LE STRUTTURE E LE ATTREZZATURE PRESENTI SUL TERRITORIO DELLA BARONIA	122
<b>5.4</b>	<b>DISCUSSIONE</b>	<b>124</b>
5.4.1	LA COLTIVAZIONE IN SARDEGNA	124
5.4.2	LE CARATTERISTICHE QUALITATIVE	127
5.4.2.1	Caratteristiche delle cariossidi e degli sfarinati integrali	127
5.4.2.2	Caratteristiche delle farine e delle semole	132
5.4.2.3	Caratteristiche delle paste	136
5.4.2.4	Caratteristiche delle piante intere	137
5.4.3	OSSERVAZIONI SULLA FILIERA PRODUTTIVA	137

---

## **6 CONCLUSIONI** **139**

---

## **7 BIBLIOGRAFIA:** **141**

### **7.1 ATTI DEI CONVEGNI, LIBRI, PUBBLICAZIONI E RIVISTE** **141**



## **INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE**

FIGURA 1: IL TEFF.....	12
TABELLA 1: PRODUZIONE MONDIALE DI CEREALI E RELAZIONE TRA SUPERFICI COLTIVATE E TERRE ARABILI IN TRE PERIODI DI RIFERIMENTO (FONTE DATI: FAO).....	14
FIGURA 2: LE PRINCIPALI PRODUZIONI VEGETALI AL MONDO (FONTE DATI: FAO).....	14
FIGURA 3: LE QUATTRO SPECIE APPARTENENTI ALLA FAMIGLIA POACEE (SOLO LE PRIME TRE SONO CEREALI) PIÙ COLTIVATE AL MONDO NEL 2010, 2011, 2012 (FONTE DATI: FAO).....	15
FIGURA 4: IL FRUMENTO IN "LA PIANURA DELLA CRAU" DI VAN GOGH.....	16
FIGURA 5: IL FRUMENTO TENERO.....	17
FIGURA 6: TRITICUM TIMOPHEEVII.....	18
FIGURA 7: RELAZIONI FILOGENETICHE TRA FRUMENTI SELVATICI E COLTIVATI.....	18
FIGURA 8: IL CAMPO SPERIMENTALE 12 AD INIZIO LUGLIO 2013(VARIETÀ "HAMMURABI" ).....	23
FIGURA 9: IL CAMPO SPERIMENTALE 4 A FINE GIUGNO 2013 (VARIETÀ "ID331").....	24
FIGURA 10: SPIGHE DI GRANO MONOCOCCO APPARTENENTI ALLA VARIETÀ "HAMMURABI".....	26
FIGURA 11: LE PROTEINE DI RISERVA DEI CEREALI (FONTE: CRA-SCV).....	31
FIGURA 12: IL CAMPO SPERIMENTALE 11 A METÀ GENNAIO.....	36
TABELLA 2: I CAMPI SPERIMENTALI.....	37
FIGURA 13: CRONOLOGIA DEGLI EVENTI NEI CAMPI SPERIMENTALI.....	38
FIGURA 14: PRIMA SUDDIVISIONE DEI CAMPIONI ALL'ARRIVO IN LABORATORIO.....	38
FIGURA 15: SUDDIVISIONE DEI SOTTOCAMPIONI DI CARIOSSIDI (DA SINISTRA: CARIOSSIDI VESTITE, CARIOSSIDI NUDE INTERE, CARIOSSIDI ROTTE).....	39
FIGURA 16: LA MICROTREBBIA DA BANCO.....	40
FIGURA 17: IL TEST DI SEDIMENTAZIONE IN SDS AL MOMENTO DELLA LETTURA DEI VOLUMI DI SEDIMENTAZIONE.....	41
FIGURA 18: UN ANALIZZATORE DI AZOTO SECONDO IL METODO DUMAS.....	41
FIGURA 19: ANALISI MORFOLOGICHE SUI CAMPIONI PULITI MANUALMENTE.....	42
FIGURA 20: ANALISI CHIMICHE SUI CAMPIONI DI CARIOSSIDI PULITI MANUALMENTE.....	43
FIGURA 21: LA PULIZIA MECCANICA DEI CAMPIONI.....	46
FIGURA 22: L'ALVEOGRAFO DI CHOPIN (FOTO: POGNA).....	47
FIGURA 23: IL FARINOGRAFO DI BRABENDER.....	48
FIGURA 24: IL MISURATORE DEL FALLING NUMBER.....	49
FIGURA 25: IL LAVAGLUTINE CON, A SINISTRA, LA CENTRIFUGA.....	49
FIGURA 26: DIAGRAMMA DI ESSICCAZIONE DELLE PASTE.....	50
FIGURA 27: ANALISI SULLE CARIOSSIDI INTERE E MACINATE INTEGRALMENTE, MACINAZIONE.....	52
FIGURA 28: ANALISI SULLE SEMOLE E SULLE FARINE RAFFINATE.....	53
FIGURA 29: ANALISI SULLE PASTE.....	54
FIGURA 30: LA POSIZIONE DEI CAMPI SPERIMENTALI IN SARDEGNA.....	55
FIGURA 31: IL NUORESE CON TUTTI I CAMPI SPERIMENTALI.....	56
FIGURA 32: IL COMUNE DI OROSEI E I CAMPI SPERIMENTALI LIMITROFI (ECCETTO 14 E 17).....	56
FIGURA 33: PARTICOLARE DEI CAMPI 6, 7 E 8.....	57
FIGURA 34: CUMULATO DI PRECIPITAZIONI MENSILI RILEVATE AD OROSEI.....	57
FIGURA 35: CUMULATO DI PRECIPITAZIONI MENSILI RILEVATE.....	57
FIGURA 36: CUMULATI MEDI ANNUI DI PRECIPITAZIONI AD OROSEI E GAVOI NEL PERIODO 1971-2000 (DATI ARPAS)....	58
FIGURA 37: TEMPERATURE MINIME MENSILI AD OROSEI E GAVOI.....	58
FIGURA 38: TEMPERATURE MASSIME MENSILI AD OROSEI E GAVOI.....	58
FIGURA 39: IL CAMPO SPERIMENTALE 1 A FINE GENNAIO.....	60
FIGURA 40: IL CAMPO SPERIMENTALE 2 A FINE GENNAIO (APPEZZAMENTO GRANDE).....	61
FIGURA 41: IL CAMPO SPERIMENTALE 2 A FINE GENNAIO (APPEZZAMENTO PICCOLO).....	61
FIGURA 42: IL CAMPO SPERIMENTALE 3 A METÀ GENNAIO.....	62
FIGURA 43: IL CAMPO SPERIMENTALE 5 A METÀ GENNAIO.....	64
FIGURA 44: IL CAMPO SPERIMENTALE 9 A METÀ GENNAIO.....	65
FIGURA 45: IL CAMPO SPERIMENTALE 10 A FINE GENNAIO 2013.....	66
FIGURA 46: IL CAMPO SPERIMENTALE 12 A FINE GENNAIO 2013.....	67
FIGURA 47: IL CAMPO SPERIMENTALE 13 A FINE GENNAIO 2013.....	68
FIGURA 48: IL CAMPO SPERIMENTALE 14 IMMEDIATAMENTE PRIMA DELLA SEMINA, A FINE GENNAIO 2013.....	69
FIGURA 49: IL CAMPO SPERIMENTALE 15 A FINE GENNAIO 2013.....	70
FIGURA 50: IL CAMPO SPERIMENTALE 16 A FINE GENNAIO 2013.....	71
FIGURA 51: IL CAMPO SPERIMENTALE 18.....	72
FIGURA 52: ESEMPIO DI EMERGENZA ECCESSIVAMENTE RADA NEL CAMPO SPERIMENTALE 5 (FOTO GENNAIO 2013).....	73
TABELLA 3: DATA DI SEMINA, SPECIE E VARIETÀ SEMINATA, GIUDIZI SULL'EMERGENZA E SULLA PRESENZA DI MALERBE NEI 18 CAMPI SPERIMENTALI.....	75
TABELLA 4: VARIETÀ, NUMERO DI SPIGHE PER M <sup>2</sup> , PRODUZIONE E RESA DEI CAMPI SPERIMENTALI.....	76

FIGURA 53: IL CAMPO SPERIMENTALE 1 A INIZIO MAGGIO 2013, FORTEMENTE INFESTATO.....	77
FIGURA 54: IL CAMPO SPERIMENTALE 1 A INIZIO LUGLIO 2013.....	77
FIGURA 55: L'APPEZZAMENTO PIÙ GRANDE DEL CAMPO SPERIMENTALE 2 A INIZIO MAGGIO 2013, CON FORTE INFESTAZIONE DI GRANO DURO.....	78
FIGURA 56: L'APPEZZAMENTO PIÙ PICCOLO DEL CAMPO SPERIMENTALE 2 A INIZIO MAGGIO 2013.....	79
FIGURA 57: IL CAMPO SPERIMENTALE 2.....	79
FIGURA 58: IL CAMPO SPERIMENTALE 3 CON ATTACCO DI MAL DEL PIEDE.....	80
FIGURA 59: IL CAMPO 3 PRIMA DELLA RACCOLTA.....	81
FIGURA 60 IL CAMPO SPERIMENTALE 4 CON INFESTAZIONE PREVALENTE DA GRAMINACEE.....	82
FIGURA 61: IL CAMPO SPERIMENTALE 4 AD INIZIO LUGLIO 2013.....	83
FIGURA 62: IL CAMPO SPERIMENTALE 5 ALL'INIZIO DI MAGGIO 2013.....	84
FIGURA 63: IL CAMPI SPERIMENTALI 6, 7 E 8 AD INIZIO MAGGIO 2013.....	85
FIGURA 64: IL CAMPO SPERIMENTALE 8 (HAMMURABI) A METÀ LUGLIO 2013.....	85
FIGURA 65: IL CAMPO SPERIMENTALE 9 A INIZIO MAGGIO.....	86
FIGURA 66:IL CAMPO SPERIMENTALE 10 AD INIZIO APRILE.....	87
FIGURA 67: IL CAMPO SPERIMENTALE 11 A METÀ LUGLIO 2013.....	88
FIGURA 68: IL CAMPO SPERIMENTALE 11 A FINE APRILE 2013.....	89
FIGURA 69: IL CAMPO SPERIMENTALE 12 A FINE APRILE 2013.....	90
FIGURA 70: IL CAMPO SPERIMENTALE 12 A METÀ LUGLIO 2013.....	90
FIGURA 71: IL CAMPO SPERIMENTALE 13 A FINE APRILE 2013, FORTEMENTE INFESTATO DA AVENA SELVATICA.....	91
FIGURA 72: IL CAMPO SPERIMENTALE 15 A METÀ LUGLIO.....	93
FIGURA 73: IL CAMPO SPERIMENTALE 16 A METÀ LUGLIO, CON FORTE PRESENZA DI SPIGHE SPEZZATE.....	94
FIGURA 74: IL CAMPO SPERIMENTALE 17 IL 7 LUGLIO 2013. E' EVIDENTE IL RITARDO DELLA COLTURA RISPETTO AI CAMPI SPERIMENTALI NELLA ZONA DI OROSEI.....	95
FIGURA 75: IL CAMPO SPERIMENTALE 18 AD INIZIO MAGGIO 2013.....	96
TABELLA 5: CARIOSSIDI VESTITE, NUDE INTERE E ROTTURE DEI 18 CAMPIONI.....	97
FIGURA 76: CARIOSSIDI VESTITE, CARIOSSIDI NUDE INTERE E CARIOSSIDI ROTTE NELLE 3 VARIETÀ DI FRUMENTO MONOCOCCO E NEL CAMPIONE DI RIFERIMENTO (SENATORE CAPPELLI).....	97
TABELLA 6: PESO DI 1000 CARIOSSIDI NUDE E VESTITE.....	98
FIGURA 77: PESO DI 1000 CARIOSSIDI NUDE E VESTITE PER VARIETÀ.....	99
TABELLA 7: INCIDENZA DELLE GLUMELLE SUL PESO DELLE CARIOSSIDI VESTITE (% SU T.Q.).....	100
FIGURA 78: INCIDENZA DELLE GLUMELLE SUL PESO DELLE CARIOSSIDI VESTITE NELLE TRE VARIETÀ DI FRUMENTO MONOCOCCO TESTATE.....	100
TABELLA 8: PERCENTUALE DI CARIOSSIDI RIMASTE VESTITE DOPO IL TERZO PASSAGGIO NELLA MICROTREBBIA DA BANCO .....	101
FIGURA 79: CARIOSSIDI RIMASTE VESTITE DOPO IL TERZO PASSAGGIO NELLA MICROTREBBIA DA BANCO.....	101
FIGURA 80: VOLUME DI SEDIMENTAZIONE IN SDS, CONTENUTO PROTEICO E VOLUME DI SEDIMENTAZIONE SPECIFICO DEI 18 CAMPIONI.....	102
FIGURA 81: CONTENUTO PROTEICO MEDIO PER VARIETÀ IN FRUMENTO MONOCOCCO.....	102
FIGURA 82: HARDNESS SKCS E UMIDITÀ DEI CAMPIONI DI CARIOSSIDI.....	103
FIGURA 83: STIMA DEL CONTENUTO PROTEICO DELLE CARIOSSIDI DI FRUMENTO MONOCOCCO E DURO TRAMITE NIT, SECONDO LE CURVE DI TARATURA DI FRUMENTO TENERO E DURO, COLORE DEI CAMPIONI DI FRUMENTO MONOCOCCO E DURO FORNITI DALLO STESSO ANALIZZATORE.....	103
FIGURA 84: PESO ETTOLITRICO DEI 18 CAMPIONI E MEDIA DELLE 3 VARIETÀ DI FRUMENTO MONOCOCCO.....	104
FIGURA 85: INDICI DI HAGBERG DEGLI SFARINATI INTEGRALI DEI 18 CAMPIONI.....	105
FIGURA 86: DIAGRAMMI ELETTROFORETICI A-PAGE DELLE GLIADINE NEI CAMPIONI 1-10.....	106
FIGURA 87: DIAGRAMMI ELETTROFORETICI A-PAGE DELLE GLIADINE NEI CAMPIONI 11-18.....	106
FIGURA 88: DIAGRAMMA ELETTROFORETICO SDS-PAGE DELLE PROTEINE TOTALI NEI CAMPIONI 11-18.....	107
FIGURA 89: DIAGRAMMA ELETTROFORETICO SDS-PAGE DELLE PROTEINE TOTALI DEI CAMPIONI 10-17 E DELLE 3 VARIETÀ DI FRUMENTO MONOCOCCO (IN ORDINE ID331, MONLIS ED HAMMURABI) COLTIVATE PRESSO IL CRA-QCE ED UTILIZZATE COME STANDARD DI RIFERIMENTO.....	108
FIGURA 90: DIAGRAMMA ELETTROFORETICO SDS PAGE DELLE PROTEINE TOTALI: I PRIMI CINQUE POZZETTI SONO STATI CARICATI CON SFARINATO DA SINGOLO SEME DEL CAMPIONE 7, I SUCCESSIVI QUATTRO POZZETTI CON SFARINATI DELLE VARIETÀ DI FRUMENTO, COLTIVATE PRESSO IL CRA-QCE, SAN PASTORE (S.P), CHINESE SPRING (CH.SPR), CENTAURO (CENT) E SENATORE CAPPELLI, L'ULTIMO POZZETTO È STATO CARICATO CON IL CAMPIONE 18.....	108
FIGURA 91: DIAGRAMMA ELETTROFORETICO SDS - PAGE DELLE PROTEINE TOTALI. I 10 POZZETTI SONO STATI CARICATI CON SFARINATO DA SINGOLA CARIOSSIDE DEL CAMPIONE 18.....	109
FIGURA 92: RESA IN FARINA DEI CAMPIONI.....	109
FIGURA 93: CONTENUTO PROTEICO DELLE FARINE E DELLE SEMOLE.....	110
FIGURA 94: ASSORBIMENTO IDRICO DELLE FARINE.....	110
TABELLA 9: SVILUPPO E STABILITÀ FARINOGRAFICA DELLE FARINE.....	111
FIGURA 95: TEMPO MEDIO PER VARIETÀ DI SVILUPPO FATINOGRAFICO DEGLI IMPASTI DI GRANO MONOCOCCO.....	111

FIGURA 96: TEMPO MEDIO PER VARIETÀ DI STABILITÀ FARINOGRAFICA DEGLI IMPASTI .....	111
FIGURA 97: GRADO DI RAMMOLLIMENTO DELL'IMPASTO A 10 MINUTI DALL'INIZIO DELLA PROVA .....	112
FIGURA 98: GRADO DI RAMMOLLIMENTO DELL'IMPASTO A 12 MINUTI DAL RAGGIUNGIMENTO DELLA CONSISTENZA MASSIMA .....	112
TABELLA 10: VALORI ALVEOGRAFICI DEGLI IMPASTI .....	113
FIGURA 99: VALORI DI W E P/L CALCOLATI COME MEDIA PER VARIETÀ DI GRANO MONOCOCCO E CONFRONTATI CON IL CAMPIONE 18 (GRANO DURO SENATORE CAPPELLI) .....	113
FIGURA 100: INDICI DI HAGBERG DEGLI 8 CAMPIONI DI FARINE .....	114
FIGURA 101: GLUTINE SECCO IN % SUL PESO SECCO DI FARINE E SEMOLE ED INDICE DI GLUTINE .....	114
FIGURA 102: GLUTINE SECCO /CONTENUTO PROTEICO SULLA SOSTANZA SECCA .....	115
FIGURA 103: INDICI DI GIALLO E DI BRUNO DELLE PASTE .....	115
FIGURA 104: TEMPO DI COTTURA PER LA SCOMPARSA DEL NUCLEO NELLE PASTE.....	116
FIGURA 105: LA SCOMPARSA DEL NUCLEO NELLE PASTE. IL NUCLEO È IL FILAMENTO BIANCO VISIBILE NEGLI SPAGHETTI IN COTTURA DOPO SCHIACCIAMENTO. NELLA PROVA QUANDO IL NUCLEO SCOMPARE LA PASTA VIENE SCOLATA.....	116
FIGURA 106: GIUDIZI SULLE PASTE: GIUDIZIO SU COLLOSITÀ, NERVO, AMMASSAMENTO E GIUDIZIO GLOBALE .....	117
FIGURA 107: AUMENTO DI PESO % DELLE PASTE DOPO COTTURA .....	117
FIGURA 108: RESIDUO IN ACQUA DI COTTURA E SOT (SOSTANZE ORGANICHE TOTALI) IN ACQUA DI LAVAGGIO DELLE PASTE .....	118
TABELLA 10: LE ANALISI EFFETTUATE SULLE PIANTE INTERE.....	118
TABELLA 11: CONTENUTO DI POTASSIO SCAMBIABILE E RAPPORTO MAGNESIO POTASSIO NEI TERRENI ANALIZZATI (TABELLA RIASSUNTIVA) .....	124
FIGURA 109: CONFRONTO TRA VALORI DI CONTENUTO PROTEICO OTTENUTI TRAMITE NIT E SECONDO METODO AACC 46- 30 .....	131
FIGURA 110: (DALL'ALTO AL BASSO E DA SINISTRA A DESTRA): FARINOGRAMMI DEI CAMPIONI 5 (HAMMURABI), 6 (ID331), 7 (MONLIS) E 18 (GRANO DURO VAR. SENATORE CAPPELLI).....	133
FIGURA 111: GLI ALVEO GRAMMI DELLE VARIETÀ DI FRUMENTO MONOCOCCO HAMMURABI (CAMPIONE 5), ID33 (CAMPIONE 6) E MONLIS (CAMPIONE 7).....	134
FIGURA 112: IL "GLUTINE" DELLA VARIETÀ HAMMURABI DI FRUMENTO MONOCOCCO.....	135



## 1 Premessa

L'agricoltura italiana vive un momento di enorme sofferenza, causata in misura preponderante dal fatto che l'agricoltore è spesso considerato come un mero produttore di commodities. Questa sofferenza è acuita da un calo costante dei margini di profitto (Henke & Salvioni, 2013) e da una crisi economica che provoca un calo dei consumi (Coldiretti, 2014), sia pure in misura più limitata che in altri settori. Come dimostrano i dati ISTAT infatti, dal 2001 al 2011 i prezzi dei prodotti venduti dagli agricoltori sono aumentati in misura minore dei prezzi dei prodotti acquistati.

Conseguentemente, in assenza di misure economiche e di politica agraria di sostegno, è facile prevedere come il persistere di questa tendenza possa portare l'intero comparto agricolo al collasso.

Un primo elemento che deve essere fortemente valorizzato, nell'ottica di creare un'inversione di tendenza, è il ruolo dell'agricoltore, che non deve essere visto come mero produttore di beni generici di consumo, ma come parte integrante di una filiera di trasformazione e commercializzazione, in altre parole come colui che è garante della qualità dei prodotti e custode del territorio. La funzione delle istituzioni pubbliche, come delle associazioni di categoria, nella diffusione di questa corretta consapevolezza fra i cittadini, è fondamentale.

Un ruolo importante poi è svolto sicuramente dalla ricerca e dall'innovazione, anche se, in questa fase, spesso l'innovazione in campo agricolo causa un elevato aumento dei costi a carico dell'agricoltore, senza che quest'ultimo riesca a trarne il giusto profitto. Per superare questo problema occorre che l'innovazione non riguardi solo il processo produttivo del bene generico, ma l'intera filiera, dal campo alla tavola, ed in particolare che il consumatore sia pienamente informato dei benefici che dall'innovazione possono derivare sulla salute, sul benessere e sulla qualità della vita.

Lo stimolo per questo lavoro viene da lontano, e ha come motore un profondo amore per l'agricoltura, in particolare per le varietà antiche di cereali. L'aver appreso del tentativo di introdurre la coltivazione in territorio sardo di *Triticum monococcum* L. è stato visto da me come una vera e propria sfida.

Il motivo della mia partecipazione a questa sfida è presto detto: il grano monococco è il cereale domesticato più antico al mondo, e il territorio in cui è stato introdotto, il comune di Orosei, è una zona dalla forte vocazione agricola, nella quale tuttavia

l'agricoltura ha progressivamente perso importanza, ma che potrebbe trarre giovamento enorme dalla coltivazione di questo cereale.

Una forte spinta alla coltivazione di questo cereale è stata data dal lavoro svolto dall'Unità per la Valorizzazione qualitativa dei Cereali del Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (CRA-QCE), che ha selezionato una varietà di grano monococco di facile svestibilità (Hammurabi), capace di garantire una resa di circa il 30% superiore in prodotto nudo rispetto alle altre linee vestite, e dagli studi compiuti sul rapporto tra grano monococco e celiachia, che dimostrano un'azione preventiva di questo cereale (Gazza et al., 2009)

Quest'ultimo risultato ha riscosso grande interesse, e, in prospettiva, può avere grande importanza in una regione in cui la celiachia ha un'incidenza di circa un quarto più elevata rispetto alla media nazionale. Lo stesso vale per un'altra forma di intolleranza alimentare nota come *gluten sensitivity*, simile nei sintomi alla celiachia ma priva delle reazioni auto-immunitarie tipiche.

Questo elaborato vuole valutare come, anche in una realtà marginale in cui l'agricoltura professionale ha perso importanza e risulta antieconomica, l'innovazione possa rappresentare un'opportunità quando, come in questo caso, essa dalla produzione del prodotto si estende anche all'organizzazione dell'intera filiera di lavorazione e trasformazione del cereale, puntando così ad un mercato di prodotti finiti ben caratterizzati, di alta qualità ed elevato valore aggiunto come pane, pasta e prodotti tipici. Esperienze come questa, dal mio punto di vista, possono rappresentare un buon punto di partenza per il rilancio dell'agricoltura sia dal punto di vista economico, perché consentono all'agricoltore di assumere un ruolo da protagonista nell'intera filiera di lavorazione, sia sotto il profilo della legittimazione sociale e ambientale, poiché rendono più visibile il contributo dell'agricoltura alla conservazione e valorizzazione del territorio.

Questo lavoro si articola in quattro capitoli.

Nel capitolo primo vengono inquadrati dal punto di vista storico e tassonomico i cereali e il genere *Triticum*, al quale appartiene la specie *T. monococcum*. Di *T. monococcum* vengono riportate, basandosi sui dati disponibili in bibliografia, le caratteristiche agronomiche, tecnologiche, nutrizionali e salutistiche. Infine viene descritto il territorio sul quale è stato coltivato il grano monococco, nelle tre varietà con cui si è svolta la prova .

Il secondo capitolo descrive lo scopo dell'elaborato, mentre il terzo capitolo descrive i materiali con cui si è lavorato, la metodologia sperimentale e gli strumenti utilizzati per l'analisi biochimica dei campioni.

Il quarto capitolo, quello dei risultati e della discussione, ripercorre tutto il lavoro svolto, dal campo, ai laboratori, fino alla tavola. Infine, sulla base dei dati raccolti, viene proposta l'organizzazione di una filiera che abbia come scopo principe quello di valorizzare le strutture già esistenti sul territorio.

## 2 Introduzione

### 2.1 I cereali

La parola “cereale” deriva da Cerere, dea romana della fertilità.

I cereali comprendono un insieme di specie, prevalentemente appartenenti alla famiglia delle graminacee, le quali producono semi secchi e ricchi di amido, che possono essere utilizzati nell'alimentazione animale e umana sia tal quali, sia come sfarinati, sia come prodotti ottenuti da sfarinati. Caratteristica importante dei cereali, che assunsero importanza per l'uomo già nell'antichità, è quella di dare un frutto:

- completo, poiché presenta contenuto proteico, contenuto energetico, lipidi, sali minerali, vitamine in quantità ottimali per l'alimentazione umana
- capace di durare nel tempo, quindi adatto alla costituzione di scorte;
- facilmente trasportabile, poiché si comporta come un liquido;
- facilmente trasformabile in alimento, poiché privo di parti legnose;
- dal sapore che non stanca, quindi adatto ad essere mangiato giornalmente.

Inoltre la loro relativa semplicità di coltivazione ne spiega la diffusione (Baldoni & Giardini, 2000)

Oltre ai semi, può essere utilizzata l'intera pianta per l'alimentazione degli animali.

Frumento tenero, frumento duro, riso e segale sono cereali principalmente utilizzati per l'alimentazione umana, mentre orzo, mais, avena e sorgo sono utilizzati principalmente per l'alimentazione animale. Miglio, panico, triticale, farro e teff sono invece cereali di minore importanza economica.



**Figura 1: Il teff**

Altri importanti criteri di suddivisione sono:

- sulla base delle esigenze climatiche, che vede frumento tenero, frumento duro, avena, orzo, segale, triticale e farro nel gruppo dei cereali microtermi, mentre riso, mais, sorgo, miglio, panico e teff (figura 1) nel gruppo dei cereali macrotermi;

- su base tassonomica, che vede frumento, orzo, segale e avena nella sottofamiglia delle Pooidae, suddivisa nella tribù delle Triticaceae (frumento, orzo e segale) e delle Avenaceae (avena), riso nella sottofamiglia delle Ehrhartoideae, mais, sorgo, miglio e panico nella sottofamiglia delle Panicoidae. L'amaranto e il grano saraceno non appartengono alla famiglia delle Poaceae, ma rispettivamente alle famiglie Amarantaceae e Poligonaceae.

Fin dall'antichità i cereali assunsero una notevole importanza per l'alimentazione umana. In quella che viene definita la Mezzaluna fertile, all'incirca 10000 anni fa, circa 3000 anni dopo l'ultima glaciazione, il clima si assestò verso i livelli attuali e i ghiacci si ritirarono verso nord. Proprio nel Neolitico si ritiene abbia avuto inizio l'agricoltura, e con essa la civiltà, poiché l'uomo passò dalla vita nomade, quindi di cacciatore e raccoglitore, a quella sedentaria, quindi di agricoltore - allevatore. La condizione di vita sedentaria divenne necessaria con l'ingrandirsi delle comunità e con la sempre più forte competizione che l'uomo dovette sostenere con gli animali carnivori, per cui fu necessario contare su fonti alimentari sicure e stabili.

Condizione necessaria per questo cambiamento fu proprio il processo di domesticazione, che coinvolse piante ed animali. Questo cambiamento del modo di vivere degli antenati fu rivoluzionario, tant'è che si può parlare di "Rivoluzione neolitica". I primi gruppi di piante domesticate furono proprio i legumi e i cereali, a testimonianza dell'importanza che ancora oggi svolgono nella dieta, poiché sono complementari dal punto di vista nutrizionale: infatti, mentre i cereali sono ricchi di alcuni amminoacidi essenziali come cisteina e metionina e poveri di altri amminoacidi essenziali come lisina e treonina, con i legumi avviene il contrario. Ecco che l'abbinamento di cereali e legumi consente di ottenere una dieta proteica ad alto valore biologico (VB).

L'importanza storica che hanno avuto i cereali è confermata dal ruolo di primo piano che essi rivestono nell'agricoltura a livello mondiale. Come si può vedere dalla Tabella 1, oltre il 50% dei terreni arabili nel triennio 2010-2012 è stato coltivato a cereali, cifra che trova riscontro anche in periodi precedenti.

Anche dal punto di vista della produzione di cibo i cereali rappresentano le colture più importanti, tant'è che tra le quattro maggiori produzioni vegetali, tre sono proprio cereali (Figura 2 e 3).

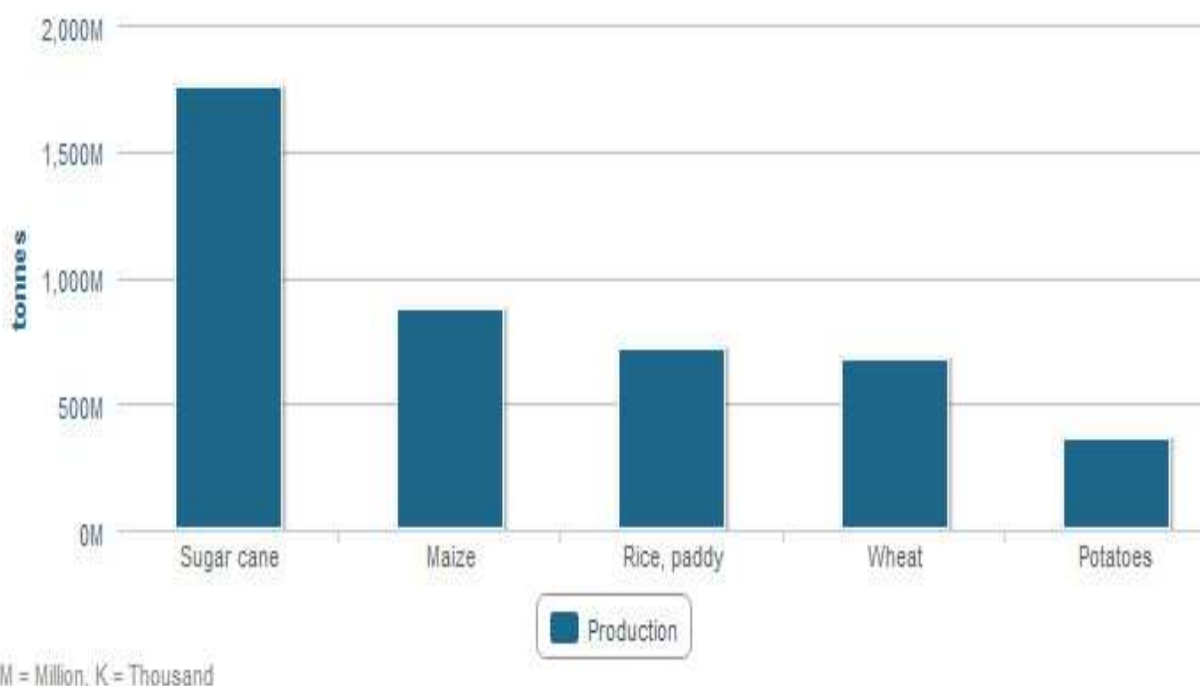
Morfologicamente i cereali sviluppano un apparato radicale fascicolato, che comprende le radici primarie, che si sviluppano al momento della germinazione del seme, e le radici secondarie, che si sviluppano dai primi nodi sotterranei del fusto. Il fusto, chiamato

culmo, è cavo e cilindrico ed è formato da nodi e internodi di numero variabile a seconda della specie, della varietà e delle condizioni ambientali. L'allungamento degli internodi avviene a partire dal basso per moltiplicazione dei tessuti meristemati posti in prossimità dei nodi.

Periodo di riferimento	1992-1994	2002-2004	2010-2012
Produzione di cereali mondiale (Ton x 10 <sup>6</sup> )	1945,08	2134,94	2536,63
Superfici coltivate a cereali nel mondo (ha x 10 <sup>6</sup> )	700,39	669,98	701,07
Terre arabili nel mondo (ha x 10 <sup>6</sup> )	1401,12	1385,95	1392,15
Percentuale di terre arabili nel mondo coltivate a cereali	49,99%	48,34%	50,36%

**Tabella 1: Produzione mondiale di cereali e relazione tra superfici coltivate e terre arabili in tre periodi di riferimento (Fonte dati: FAO)**

Most produced commodities in selected country Average 2010-2012



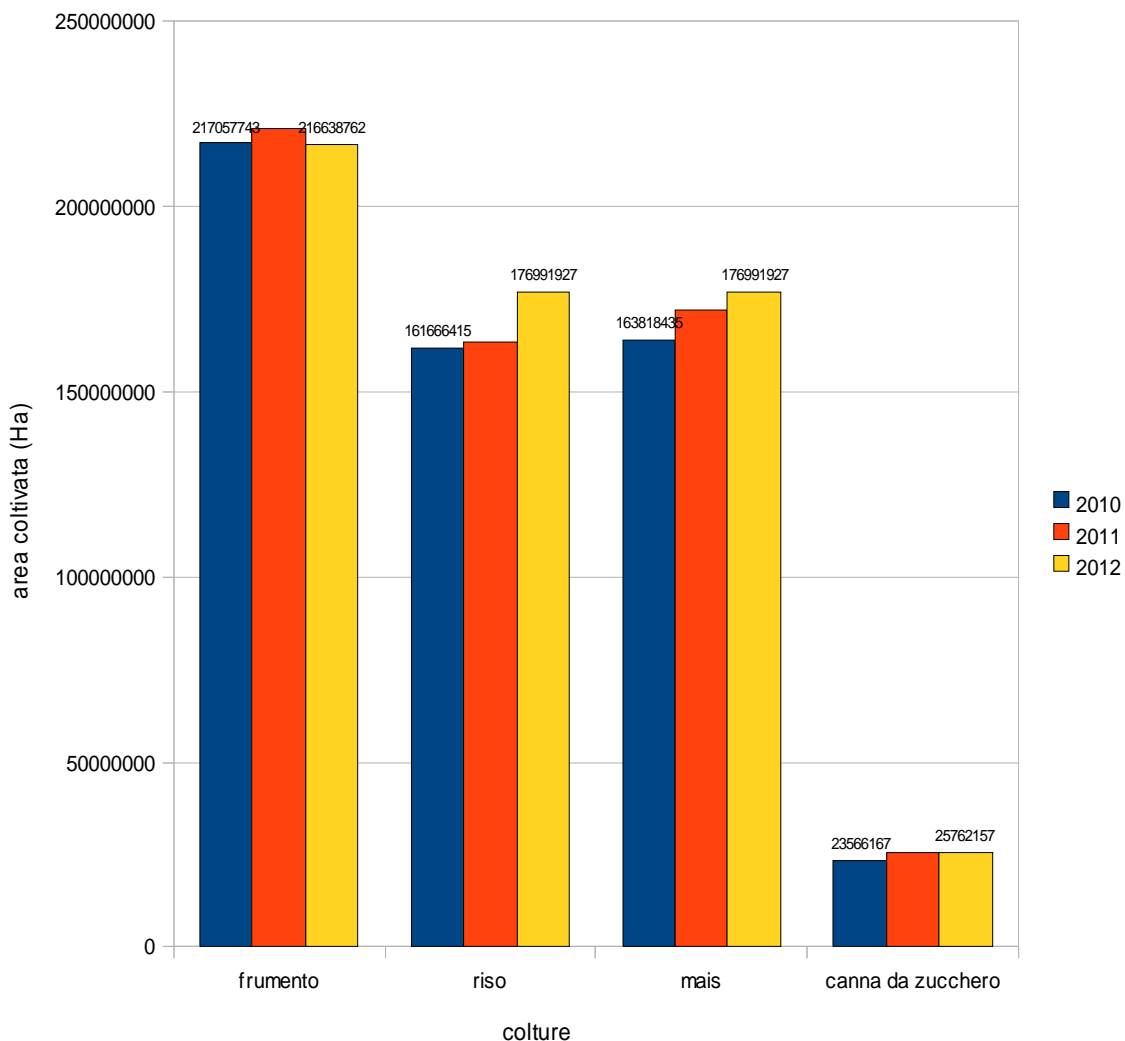
**Figura 2: le principali produzioni vegetali al mondo (Fonte dati: FAO)**

Caratteristica peculiare dei cereali è la formazione di culmi secondari dai nodi basali, detta accestimento. Anche l'accestimento può variare in funzione della specie, della varietà e delle condizioni ambientali.

Le foglie dei cereali sono disposte in maniera alternata lungo l'asse della pianta, generalmente una in corrispondenza di ogni nodo, e sono costituite dalla guaina, dalla lamina, dalla ligula e dalle auricole.

La lamina fogliare è la parte della foglia che viene portata verso l'esterno, la guaina è la parte avvolta intorno al culmo, la ligula è un'appendice membranosa che si trova nel punto di giunzione tra guaina e lamina, le auricole sono appendici falciformi che sono poste alla base della lamina.

Auricole e ligula sono caratteri distintivi delle varie specie di cereali. L'infiorescenza è una pannocchia, una spiga o un racemo. I fiori sono raggruppati in spighe all'interno dell'infiorescenza. Generalmente sono ermafroditi ad impollinazione cleistogama, tranne il mais che è una specie monoica diclina. Il frutto dei cereali è una cariosside amidacea e iridescente ed è formato dall'embrione, dall'endosperma e dallo strato del pericarpo.



**Figura 3: Le quattro specie appartenenti alla Famiglia Poacee (solo le prime tre sono cereali) più coltivate al mondo nel 2010, 2011, 2012 (Fonte dati: FAO)**

## 2.2 Il frumento



**Figura 4: il frumento in "La pianura della Crau" di Van Gogh**

Il frumento è considerato fin dall'antichità il cereale e l'alimento per antonomasia, tant'è che i romani chiamavano le provviste alimentari "*res frumentaria*". E' uno dei cereali più coltivati al mondo ed un'importante risorsa alimentare in molti Paesi del mondo. Come riportano i dati FAO, a livello di superficie risulta il cereale più coltivato al mondo, mentre a livello di produzione occupa il 4° posto dietro canna da zucchero, mais e riso. A differenza di mais e riso, che vengono usati in prevalenza tal quali o subiscono grezzi processi di trasformazione, importanti sono i processi di trasformazione del frumento, che viene sottoposto a molitura per ricavarne semola o farina e viene ulteriormente trasformato in pane, pasta, dolci e biscotti.

In realtà il frumento (*Triticum*), secondo la classificazione di Linneo, è un genere botanico, cui appartengono, oltre alle specie frumento tenero (*Triticum aestivum*) e frumento duro (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) anche il grano monococco (*Triticum monococcum*), il farro (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) e il grano spelta (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*).



### 2.2.1 Storia e filogenesi del frumento

La storia della coltivazione del frumento ha origine durante la rivoluzione neolitica, periodo in cui l'uomo ha cominciato a prendere coscienza dei cicli della natura e a provvedere autonomamente alla produzione degli alimenti. La conoscenza delle origini del frumento ha impegnato per circa 2 secoli studiosi di tutto il mondo

Nel 1800 numerosi botanici ritenevano che l'ancestrale del frumento tenero fosse *Aegilops ovata*, che nelle condizioni di coltivazione, si sarebbe gradualmente trasformata in frumento tenero. Tale ipotesi fu confutata nel 1876 da Gordon, il quale dimostrò che gli ancestrali del frumento tenero erano di natura ibrida.



**Figura 5: il frumento tenero**

Si cominciò quindi a capire che i frumenti coltivati dovevano avere almeno 2 progenitori, i quali avevano o una o 2 cariossidi per spigetta. Già dal 1834 era nota l'esistenza di specie selvatiche di frumento ad una cariosside per spigetta, più precisamente *T. monococcum* ssp *aegilopoides*, molto simile alla forma coltivata. Siccome le due forme sono interfertili questo indica che la ssp. *monococcum* si è evoluta dalla ssp. *aegilopoides* a seguito di mutazioni spontanee. Nel 1904 venne individuato il progenitore selvatico dei frumenti a due cariossidi per spigetta sul monte Hermon del Libano. E' stata proprio questa scoperta a rendere possibili gli studi citogenetici. Oggi sappiamo che

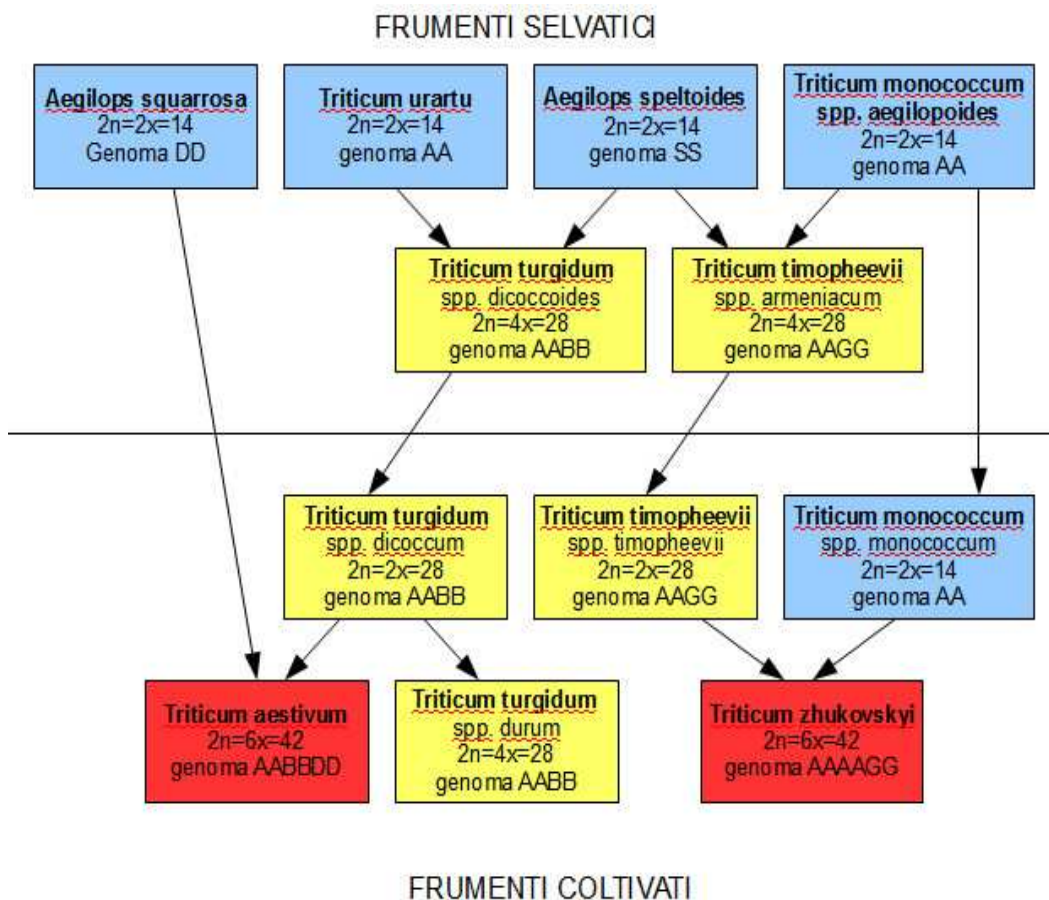
nelle classificazioni moderne ci sono sei specie di *Triticum*, che presentano un numero cromosomico multiplo di 7 nelle cellule somatiche.

Nel genere *Triticum* esistono due specie diploidi (*T. monococcum* e *T. urartu*,  $2n=14$ ), due specie tetraploidi (*T. timopheevii* e *T. turgidum*,  $2n=28$ ), e due specie esaploidi (*T. aestivum* e *T. zhukowskyi*,  $2n=42$ ).



**Figura 6: Triticum timopheevii**

Di questi, *T. aestivum* e *T. turgidum* sono i frumenti più coltivati, il primo per pane e prodotti da forno, il secondo per la pasta.



**Figura 7: relazioni filogenetiche tra frumenti selvatici e coltivati**

Gli studi indicano che i frumenti coltivati oggi discendono da progenitori appartenenti ai generi *Triticum* e *Aegilops* (Blanco et al., 2007). L'incrocio tra questi due generi porta ad individui sterili, per cui l'ibridazione interspecifica associata al raddoppiamento del numero cromosomico è stato un mezzo per superare le barriere riproduttive. Il comportamento degli individui allopoliploidi durante la divisione cellulare è del tutto simile a quello degli individui diploidi, con la formazione di cromosomi bivalenti in meiosi e l'appaiamento di cromosomi omologhi (eredità di tipo disomico). Le specie allopoliploidi di frumento sono il risultato di ibridi tra parentali con diversi livelli di ploidia: ad esempio le specie tetraploidi derivano dall'ibridazione di specie diploidi seguita da successivo raddoppiamento cromosomico, mentre le specie esaploidi derivano da ibridazione tra un individuo tetraploide ed un individuo diploide seguita da successivo raddoppiamento cromosomico. Nelle specie tetraploidi ed esaploidi l'ampia variabilità genetica viene sopportata in misura maggiore rispetto agli individui diploidi, oltre ad avere altri vantaggi. Poiché i poliploidi del genere *Triticum* sono veri allopoliploidi, mostrano un'eterosi permanente, poiché vi sono interazioni favorevoli tra geni dei diversi genomi.

Anche nel XX secolo si sono fatti tentativi per comprendere le origini dei frumenti coltivati. Nel 1926 si è riusciti a dimostrare che anche l'incrocio tra parentali di diverse specie può dare origine a figli fertili. Questo è stato reso possibile grazie al raddoppiamento cromosomico generato nei gameti con l'uso dell'alcaloide colchicina. Si è visto che *Triticum turgidum* (genoma AABB) è stato ottenuto dall'incrocio tra *Triticum urartu* (genoma AA) e *Aegilops speltoides* (genoma **SS**), mentre *Triticum timopheevii* (genoma AAGG) è il risultato dell'incrocio tra *Triticum monococcum* (genoma AA) ed *Aegilops speltoides*. L'esaploide *Triticum aestivum* (genoma AABBDD) invece ebbe origine dal tetraploide *Triticum turgidum* (genoma AABB) e *Aegilops squarrosa* (genoma DD). La difficoltà più grande, negli studi di citogenetica, è stata l'individuazione del donatore del genoma B, molto probabilmente *Aegilops speltoides*.

### **2.2.2 Caratteristiche dei frumenti: la struttura della pianta**

Il grano tra i cereali microtermi viene considerato come un modello

La pianta forma radici di tipo fascicolato. Alla nascita sono presenti le radici primarie, le quali poi perdono di importanza durante lo sviluppo della pianta per la formazione delle radici avventizie.

Il fusto è un culmo di 5-8 nodi. Esso è alto 80-120 cm nelle varietà moderne, mentre si spinge fino a 180 cm nelle vecchie varietà. Tale abbassamento di taglia, ottenuto tramite

incrocio con varietà giapponesi all'inizio del XX secolo, è servito per contenere il fenomeno dell'allettamento (coricamento dei culmi sul campo, spesso per azione del vento). Dall'ultimo internodo del fusto è anche possibile distinguere la specie di frumento, poiché si presenta pieno nel frumento duro, vuoto nel frumento tenero.

Le foglie, come per tutti i cereali, presentano una struttura a nastro e constano di una parte, la guaina fogliare, avvolta intorno al fusto, e di un'altra parte, la lamina fogliare, esposta in piena aria. Tra lamina e guaina è presente la ligula, che nel frumento è abbozzata, e due estroflessioni, le auricole, che nel frumento sono pelose e poco accentuate. La lamina, così come il fusto, presenta delle nervature longitudinali che fungono da sostegno. È tra le nervature che invece, meno visibili, passano i vasi linfatici. Il numero delle foglie è di una ogni internodo.

I fiori sono molto piccoli e sono racchiusi da due foglie carenate, il lemma e la palea, chiamate glume. Il lemma può, specie nei frumenti duri, presentare un'appendice, la resta o arista. L'androceo è formato da 3 stami e 3 antere, mentre il gineceo comprende un carpello.

Il frutto, cioè la cariosside, deriva dall'intero ovario.

Sul dorso della cariosside vi è l'embrione, sopra il quale sono presenti dei peli, mentre la parte ventrale della cariosside è percorsa da un'assolcatura chiamata ilo.

La cariosside è costituita da uno strato esterno, detto pericarpo, e da uno strato interno detto endosperma. L'endosperma è la parte principale della cariosside, formata da sostanze di riserva, che sono amido e, in misura minore, le proteine (gliadine e glutenine).

Tra il pericarpo e l'endosperma vi è l'aleurone, uno strato proteico. È proprio l'endosperma, da cui si ricava la farina o la semola a seconda che sia grano tenero o duro, la parte più nobile della cariosside, mentre da strato aleuronico e pericarpo si ricava la crusca.

L'embrione, presente nella parte basale posteriore della cariosside, contiene gli abbozzi della piumetta e della radichetta.

### **2.2.3 Ciclo del frumento**

Il frumento è un cereale microtermo, che può essere seminato dall'autunno alla primavera. Nei climi caratterizzati da inverni molto rigidi, come quelli nord-europei, esso viene seminato tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, mentre in Italia la finestra di semina varia dalla metà di ottobre negli ambienti più settentrionali fino alla metà di

dicembre degli ambienti più meridionali. Lo sviluppo del frumento viene suddiviso convenzionalmente in fasi fenologiche, che sono correlate a momenti specifici dell'organogenesi.

1. Semina emergenza, che comincia con la germinazione del seme fino all'uscita della plantula dal terreno. Per germinare il seme deve essere privo di fenomeni di dormienza. Il seme, una volta imbibitosi di acqua fino al 40% di umidità e con temperature comprese tra i 4 e i 37°C, emette in un primo momento l'apice radicale protetto dalla coleorizza, ed in seguito l'apice del germoglio, protetto da un fodero chiamato coleotile, con funzione di penetrazione del terreno. Poi vi è la fuoriuscita della prima foglia. Solitamente questa fase ha una durata di 10 o 15 giorni.
2. Emergenza accestimento. In questa fase la pianta emette nuove foglie e si differenziano, non appena la plantula raggiunge le 3-4 foglie, i nuovi primordi fogliari. In questa fase non vi è ancora l'allungamento degli internodi. All'ascella di ogni foglia cominciano a svilupparsi delle gemme avventizie, che potranno sviluppare i culmi di accestimento. Durante l'accestimento vi è un'attiva crescita dell'apparato radicale, ogni culmo ne sviluppa uno proprio che si aggiunge a quello primario.
3. Accestimento inizio levata. I culmi di accestimento vengono emessi in misura dipendente dalla temperatura e possono accestire a loro volta. Intanto all'interno degli apici vegetativi si differenziano i primordi delle spiglette, delle glume e delle glumette.
4. Inizio levata spigatura. Verso la metà di marzo vi è un innalzamento delle temperature e il culmo comincia ad allungarsi per l'allungamento degli internodi. Nello stesso momento avviene l'emissione di ulteriori foglie, di cui l'ultima viene chiamata foglia a bandiera. Essa presenta una guaina allungata, la quale, prima della fuoriuscita della spiga che contiene, si ingrossa assumendo la forma di una piccola botte, detta fase di botticella. Col proseguire della stagione la spiga viene spinta fuori dalla guaina fogliare.
5. Impollinazione e fioritura. Dopo la spigatura, nei singoli fiori della spiga avviene l'impollinazione, che comincia dal centro della spiga e si diparte verso i margini. In questa fase vi è la fuoriuscita delle antere dalle glumette. La fioritura, poiché avviene quando il fiore è ancora chiuso, viene detta autogama cleistogama.
6. Fecondazione, crescita e maturazione della cariosside. La fase di fecondazione avviene per l'immissione dei nuclei pollinici all'interno dell'ovulo. Nell'ovulo comincia

a formarsi l'embrione e nell'endosperma si accumulano sostanze di riserva. All'inizio queste sostanze assumono una consistenza lattea (maturazione lattea), poi la massa si condensa e assume una consistenza cerosa (maturazione cerosa), infine quando la cariosside assume la sua consistenza finale (farinosa o vitrea) e l'umidità scende tra il 18 e il 15%, si ha la maturazione fisiologica. Se l'umidità della cariosside scende sotto il 12%, si parla di maturazione di morte. La fase di formazione e maturazione delle cariossidi ha una durata di circa 40 giorni e il colore della pianta vira dal verde al paglierino.

### **2.3 *Triticum monococcum***

Come abbiamo precedentemente visto per i cereali in generale, la coltivazione e la domesticazione delle specie vegetali, tra cui il grano monococco (*T. monococcum* ssp. *monococcum*) ha consentito all'uomo di passare da una vita nomade ad una vita stanziale e, in questo modo la possibilità che all'interno dei primi gruppi di uomini stanziali non tutti dovessero dedicarsi al procacciamento di cibo, ponendo così le basi per la nascita delle società. Coltivazione e domesticazione non rappresentano la stessa cosa: mentre la coltivazione può avvenire sia per specie selvatiche sia per specie domesticate, e quindi non implica un'attività di selezione dell'uomo all'interno delle specie (Salamini et al, 2002), la "sindrome della domesticazione" è la fissazione di caratteri che distinguono la pianta coltivata dai suoi ancestrali selvatici (Salamini et al, 2002; Fuller, 2007 ; Harlan & De Wet, 1973; Zohary & Hopf, 2000). La domesticazione, che è originata in parte dalla selezione dell'uomo e in parte dal modo in cui le piante vengono coltivate e raccolte, si articola in 7 componenti (Jones & Brown, 2007; Fuller, 2007):

1. perdita della dispersione dei semi, dovuta all'acquisizione del carattere "rachide duro". E' questo il carattere più importante, che segna il legame della coltura con l'uomo. Per l'agricoltore significa avere una resa maggiore alla raccolta.
2. perdita delle strutture di dispersione, come capelli ed uncini, che rendono possibile la dispersione da parte di vento ed animali.
3. aumento della dimensione del seme.
4. perdita di sensibilità agli stimoli ambientali per la germinazione e la fioritura. In questo caso significa che i semi germinano non appena seminati.
5. sincronia nel riempimento e nella maturazione .
6. *habitus* di crescita più compatto.
7. miglioramento dei caratteri qualitativi.

(Brown et al, 2008)



**Figura 8: il campo sperimentale 12 ad inizio luglio 2013(varietà "Hammurabi" )**

Questo è proprio quello che è successo con *T. monococcum*, che è stato il primo cereale domesticato dall'uomo (Salamini et al 2002). Il suo progenitore selvatico, *T. monococcum* ssp *aegilopoides* (o *T. boeoticum*) cresce ancora oggi nelle zone centrali della Mezzaluna fertile. Semi di *T. monococcum* ssp. *aegilopoides*, risalenti al Neolitico (12.500 anni fa) sono stati trovati assieme a semi rotondi di *T. monococcum* risalenti a 10.500 anni fa, per cui questa scoperta rappresenterebbe un chiaro indizio di domesticazione del cereale (Salamini et al, 2002). Il sito preciso di domesticazione del grano monococco, identificato grazie all'analisi di 288 marcatori di loci AFLP in grano monococco coltivato e selvatico, si trova nella zona sud-est della Turchia, nelle montagne del Karcadag. Lì, come confermato anche da altri studi (Nesbitt & Samuel), le somiglianze fra le popolazioni domesticate e selvatiche si sono rivelate maggiori. Tuttavia, secondo altri studi, le montagne del Karcadag rappresenterebbero il luogo di origine, mentre vi sarebbero scenari multipli di domesticazione, cioè la domesticazione è avvenuta in più centri contemporaneamente e nelle vicinanze del luogo di origine (Allaby & Brown, 2004) Oltre al grano monococco, nella stessa area sono stati domesticati altri cereali e legumi (Zohary, 1996). Possiamo quindi dire che la domesticazione ha creato un legame indissolubile tra l'uomo e la pianta. Inoltre, la domesticazione ha coinciso con lo sviluppo di società strutturate e con un'importante

crescita demografica (Brown et al, 2008). Essendo il grano monococco il primo cereale domesticato, la sua storia si intreccia con la nascita delle prime comunità stanziali.

Purtroppo questo forte connubio tra società umana e grano monococco si è interrotto nel tempo



**Figura 9: il campo sperimentale 4 a fine giugno 2013 (varietà "ID331")**

### **2.3.1 Cause della perdita di importanza storica del grano monococco**

La coltivazione del grano monococco è stata largamente diffusa per quasi 6000 anni. Una caratteristica che si ritiene abbia contribuito alla sua diffusione era proprio la sofficità della cariosside. Infatti le tecniche primitive di macinazione erano poco adatte alle cariossidi dure (Brandolini et al, 2008). Il grano monococco era sicuramente coltivato nelle vallate alpine dell'Italia almeno fino al 3000 a.C. e rappresentava un componente sostanziale della dieta dell'uomo del tempo. Questo è emerso anche grazie al ritrovamento di Ötzi, l'"uomo dei ghiacci", il cui cadavere è stato ritrovato perfettamente conservato nel ghiacciaio del Similaun, in alta Val Senales, il 19 settembre 1991 e vissuto, secondo la datazione effettuata col radiocarbonio 14, tra il 3550 e il 3300 a.C.. Al momento della morte Ötzi indossava una mantella di paglia di grano monococco, mentre all'interno dell'intestino sono state trovate tracce di un prodotto sfarinato a base di grano



monococco, segno che comunque nella zona era coltivato (Pogna et al, 2009). Oltre a ciò, lungo tutto l'arco alpino hanno avuto luogo numerosi ritrovamenti di resti di pani datati tra il 3500 e il 3000 a.C., tra cui alcuni proprio fatti con farina di grano monococco (Castelletti et al, 1992).

All'inizio dell'età del bronzo, (circa 1900 a.C.), tuttavia, la coltivazione del grano monococco, che per oltre 7000 anni era stato il cereale principale dell'alimentazione dell'uomo nell'ambiente mediterraneo, venne gradualmente abbandonata. Al suo posto entrò il farro (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*), che fu il cereale per eccellenza fino alla seconda metà del XVI secolo, quando questo ruolo venne assunto dal frumento duro (*T. turgidum* ssp. *durum*) e dal frumento tenero (*T. aestivum*). Il motivo principale fu la resa, che nel farro era superiore a quella del grano monococco, sia a causa delle maggiori dimensioni delle cariossidi, sia per il fatto che, a parità di spiglette per spiga, nel farro i fiori fertili per spigletta sono due. Indubbiamente quindi, vista la necessità di sfamare sempre più persone, addirittura eserciti che dovevano affrontare guerre, si optò per un cereale più produttivo, che tuttavia continuava ad essere vestito e quindi più difficile da consumare. Il farro verrà quindi a sua volta abbandonato in favore dei frumenti nudi, in particolare frumento duro, appartenente alla stessa specie del farro, e frumento tenero. Tuttavia, mentre la coltivazione del farro si è conservata fino ai giorni nostri, la coltivazione del grano monococco si è persa quasi totalmente, anche se non è mai scomparsa del tutto. Sebbene molti ritenessero questo cereale non più coltivato in Italia (Pantanelli, 1944; Ciferri & Bonvicini, 1959; Angelini, 1965; Vallega, 1977), negli anni 80 sono stati raccolti campioni di *T. monococcum* in Puglia ed in Campania (Perrino et al, 1982). Spesso il grano monococco era in miscuglio con il farro (anche se in alcuni campioni raccolti era presente in purezza), e l'utilizzo principale era l'alimentazione del bestiame. Ulteriori studi hanno permesso di trovare semi di grano monococco anche in Spagna, sebbene presenti come infestanti di altre colture (Perrino, 1988).

### **2.3.2 Motivi della riscoperta del grano monococco**

Negli ultimi decenni si sta assistendo ad una ripresa della coltivazione del grano monococco, e le ragioni alla base di questo fenomeno sono molteplici

1. anzitutto, si tratta di una specie particolarmente adatta ad ambienti marginali, che può ben adattarsi ad un'agricoltura a basso impatto ambientale, poiché è particolarmente rustica (Perrino et al, 1982; 1984);
2. è una coltura che ha avuto un bassissimo miglioramento genetico, ma ha rese

- paragonabili a quelle dei frumenti prima del miglioramento genetico degli inizi del 900. (Vallega, 1992; Castagna et al, 1993; Codianni et al, 1996);
3. presenta un profilo nutrizionale migliore rispetto al frumento, soprattutto dal punto di vista proteico, degli antiossidanti, dei polifenoli e dei microelementi (Vallega et al, 1979; Brandolini et al, 2008);
  4. il sapore e il colore dei prodotti è risultato particolarmente gradito ai consumatori (Brandolini et al, 2008)
  5. recenti studi dimostrano una ridotta tossicità del monococco verso le persone con intolleranze alimentari e addirittura un'azione preventiva verso la celiachia (Brandolini et al, 2008; Vincentini et al, 2007; Pogna et al, 2008; Gazza et al, 2009).



**Figura 10: spighe di grano monococco appartenenti alla varietà "Hammurabi"**

Prima di addentrarci nella relazione tra grano monococco e celiachia, occorre però esaminare gli usi tecnologici che può subire *Triticum monococcum* e in particolare quali sono nel dettaglio le proprietà nutritive di questo frumento, entrando così nello specifico delle caratteristiche indagate in questo cereale.

### **2.3.3 Caratteristiche del grano monococco**

Il termine farro ha un significato etnobotanico italiano (Szabò & Hammer, 1996) che è stato applicato a tre specie di frumento vestite, o di "non facile svestitura". In particolare *T. monococcum* ssp *monococcum* è stato chiamato farro piccolo, *T. turgidum* ssp.

*dicoccum* è noto come farro medio o farro dicocco e *T. aestivum* ssp. *spelta* come farro grande o spelta (van Slageren & Payne, 2013). Questa nomenclatura appare tuttavia inadeguata per diversi motivi. Storicamente il termine latino *farrum* (genitivo del termine latino *far*, cioè grano) fa riferimento al grano coltivato dai Romani costituito prevalentemente dalla specie tetraploide *T. turgidum* ssp. *dicoccum*. Dal punto di vista botanico il termine *Triticum farrum*, ormai in disuso, è stato introdotto per identificare forme tetraploidi appartenenti al genere *T. turgidum*. D'altra parte, non appare opportuno dal punto di vista agronomico, tecnologico e commerciale indicare con lo stesso nome specie di grano molto diverse tra loro per composizione genetica, morfologia, fisiologia, caratteristiche agronomiche, proprietà organolettiche e nutrizionali. Anche la presenza di cariossidi vestite, che accomuna le tre forme di farro, è messa in discussione dal fatto che esiste un'ampia variabilità nel livello di spogliabilità delle diverse accessioni di *T. monococcum*, *T. turgidum* ssp. *dicoccum* e *T. aestivum* ssp. *spelta*. Ad esempio, come vedremo nel capitolo 2.3.3.3, una varietà di grano monococco oggetto di questo studio è di facile svestibilità, ed essendo interfertile col farro monococco, ricade all'interno della specie *Triticum monococcum* (Brandolini et al, 2008a; Brandolini et al., 2008b) Il grano monococco, come visto in precedenza, appartiene al genere *Triticum*, per cui la morfologia, il ciclo della coltura e le caratteristiche sono simili a quelle generali del frumento. Tuttavia le differenze sono marcate: il primo elemento apprezzabile è proprio la spiga. Mentre tutti gli altri frumenti, compresi farro e grano spelta sono polistici, cioè hanno 4 o 6 ranghi di cariossidi per spiga, il grano monococco è distico. Questo poiché al momento della fioritura i fiori laterali di ogni spigetta tendono ad abortire, mentre rimane fertile soltanto il fiore centrale, che è quello nel quale si forma la cariosside. La cariosside inoltre risulta vestita, cioè dopo la raccolta le glumelle rimangono aderenti al seme. Altra caratteristica peculiare del grano monococco è che tra tutti i cereali è quello con maggiore contenuto proteico, con valori medi del 15-18% come percentuale sulla sostanza secca, rispetto ai frumenti che si attestano al 12% circa (Blanco et al, 2007). Il grano monococco presenta inoltre una elevata percentuale di carotenoidi e tocoli (Lachman et al, 2013; Hejmankova et al, 2010; Brandolini et al, 2008a) Le rese, in prove condotte dall'Unità di ricerca per la selezione dei cereali e la valorizzazione delle varietà vegetali del C.R.A., presso Sant'Angelo Lodigiano (CRA-SCV), erano comprese tra le 2,5 e le 3,5 t/ha contro le 6,5 -7,5 t/ha dei frumenti teneri usati come testimone (Blanco et al., 2007). Questi risultati produttivi possono sembrare deludenti, tuttavia nuovi studi su

questa specie sono molto incoraggianti e potrebbero dare impulso alla coltivazione di questo cereale.

### **2.3.3.1 Caratteristiche agronomiche del grano monococco**

Il grano monococco è stato oggetto di studi fin dalla metà degli anni 70 dello scorso secolo. Dalle prime prove sperimentali si è notato subito che le rese non erano assolutamente equiparabili a quelle dei frumenti tenero e duro, seppure, nella enorme variabilità di resa, fossero presenti linee che superavano i 3000kg/ha in seme nudo (Vallega, 1978). Condizioni sperimentali particolari hanno permesso di superare i 4500kg/ha sempre di seme nudo. La coltura, per questo motivo, ha stentato a decollare, sebbene nota per l'elevato contenuto proteico (Borghini et al, 1996; Vallega, 1992), oltre che per la sua adattabilità ad ambienti marginali (Castagna et al, 1993). Essendo un frumento, è una coltura facilmente meccanizzabile e che necessita di poco impiego di manodopera, ma allo stesso tempo risponde poco agli elevati input tipici delle varietà di frumento tenero e duro più recenti. Tutte le prove effettuate concordano nell'evidenziare che la coltura risponde poco anche ad alte dosi di azoto. Passando invece alla dose di seme ottimale, nelle prove svolte è stato evidenziato che, in confronto ad altri farri, le rese migliori si esprimono con densità di semina decisamente inferiori, addirittura elevate densità sono controproducenti (Troccoli et al, 2005, riportano che la resa massima di frumento monococco è stata raggiunta con densità di 100 semi/m<sup>2</sup>, mentre quella di farro con 200 semi/m<sup>2</sup> nelle stesse condizioni sperimentali) o come la competitività del monococco nei confronti delle infestanti fosse migliore rispetto agli altri frumenti (Castagna et al, 1992). Tuttavia le accessioni di frumento monococco utilizzate nelle prove sperimentali risultano molto eterogenee, per cui occorre stabilizzare maggiormente i caratteri varietali.

### **2.3.3.2 Qualità tecnologiche, reologiche e nutrizionali del grano monococco**

Quando si parla di grano monococco si fa riferimento ad un numero di accessioni che supera le migliaia, all'interno delle quali le caratteristiche tecnologiche sono le più disparate. Come già ricordato, il contenuto proteico del grano monococco può attestarsi al 20% contro un 12% di un grano duro coltivato nelle stesse condizioni. Le proteine dei frumenti, quindi anche del grano monococco, si suddividono, secondo la classificazione di Osborne (1924), in 4 classi di solubilità sequenziale: le albumine (solubili in acqua) e le

globuline (solubili in soluzioni saline), che insieme formano le proteine solubili, le glutenine (solubili in soluzioni acide o alcaline) e le gliadine (solubili in soluzioni alcoliche), che insieme formano le prolamine. Le proteine solubili sono contenute soprattutto nell'aleurone e nel germe, e comprendono molti enzimi che, all'atto della germinazione, permettono la degradazione dell'endosperma e delle proteine di riserva (le prolamine). La maggior parte di queste proteine vengono allontanate dalla farina al momento della macinazione o della setacciatura del macinato integrale mentre rimangono in toto nella farina integrale. Le prolamine sono le proteine di riserva, il cui nome deriva dal loro elevato contenuto in prolina e glutamina. Vengono anche chiamate proteine del glutine, poiché polimerizzano e formano un ammasso elastico chiamato glutine molto simile ad una gomma da masticare (chewing gum), quando si aggiunge acqua alla farina e si produce energia meccanica in presenza di ossigeno. Il glutine, come si vedrà più avanti, è una componente peculiare del frumento, quella che più ne influenza gli utilizzi tecnologici. Per comprendere bene le differenze del grano monococco rispetto agli altri frumenti, occorre analizzare proprio queste due classi di proteine non idrosolubili.

- Le glutenine rappresentano circa il 40% delle proteine dei frumenti, comprendono circa 50 molecole diverse, specifiche per ogni cultivar, quindi è possibile distinguere le varietà di frumento in base al tipo di glutenine che posseggono (Blanco et al, 2007)
- Le gliadine rappresentano sempre una percentuale prossima al 40% delle proteine totali dei frumenti (Blanco et al, 2007)

I primi studi sulla qualità panificatoria indicavano una qualità scadente delle farine per usi che andassero oltre la qualità biscottiera, seppure a queste conclusioni si fosse arrivati analizzando uno scarso numero di accessioni (D'Egidio et al, 1993). Successivamente, aumentando il numero di accessioni analizzate, è stato evidenziato che, accanto ad accessioni poco adatte agli utilizzi tecnologici tipici dei frumenti teneri e duri, vi sono altre accessioni adatte alla produzione di pane e pasta (Borghini et al, 1996). L'attitudine panificatoria o pastificatoria dei frumenti dipende, in misura preponderante, dalla quantità e dalla qualità delle proteine che essi contengono, in particolare dalle proteine del glutine (le prolamine). Un test chiave per valutare in tempi rapidi un gran numero di accessioni e individuare quelle migliori per l'attitudine alla panificazione e pastificazione è il volume di sedimentazione in SDS (Sodio DodecilSolfato) Alla fine si ha uno screening di tutte

quante le accessioni, e si individuano quelle più interessanti, che sono quelle con un volume maggiore. In genere valori superiori a 60 ml indicano la presenza di materiale adatto alla panificazione, su cui andranno poi eseguite analisi più approfondite e specifiche. Esistono diverse linee con volumi di sedimentazione superiori a questo valore, che costituiscono un ottimo materiale per il miglioramento genetico. Quindi, diverse linee di grano monococco hanno qualità tecnologiche paragonabili, o talvolta superiori a quelle dei frumenti tenero e duro. Gli studi dimostrano inoltre che il contenuto di microelementi come Zinco, Magnesio e Potassio, i quali sono fondamentali nella dieta e il cui apporto risulta molto spesso una criticità, è sensibilmente superiore in grano monococco rispetto al frumento tenero coltivato nelle stesse condizioni (Erba et al, 2011).

Rispetto ai frumenti moderni inoltre, il grano monococco presenta livelli decisamente molto alti di sostanze antiossidanti, come ad esempio i carotenoidi, e i tocoli.

I carotenoidi, che appartengono alla categoria delle xantofille idrossilate, sono responsabili della colorazione gialla delle farine e sono localizzati soprattutto nel germe e in piccola misura, nell'endosperma. Nel grano monococco il carotenoide più rappresentato è la luteina, con un contenuto che spesso supera il 90% dei carotenoidi totali. Le ricerche effettuate finora suggeriscono contenuti di luteina nel grano monococco dalle 4 alle 7 volte superiori rispetto ai grani coltivati nelle stesse condizioni.

I tocoli sono antiossidanti liposolubili che vengono suddivisi in tocoferoli ( $\alpha, \beta, \gamma$  e  $\omega$ ) e tocotrienoli ( $\alpha, \beta, \gamma$  e  $\omega$ ). Tutti i tocoli sono associati inoltre alla riduzione del rischio di cancro, di malattie cardiovascolari e all'abbassamento dei livelli di colesterolo LDL (Tiwari et al, 2009). I tocotrienoli inoltre hanno anche capacità neuroprotettiva (Frank et al, 2012). Nel grano monococco i livelli di tocoli totali sono significativamente più elevati rispetto ai frumenti e addirittura al farro dicocco coltivati nelle stesse condizioni. Gli alfa tocotrienoli contenuti nel monococco sono cinque volte superiori rispetto a quelli del frumento di controllo (Lachman et al, 2013).

Un'ultima peculiarità, importante per la comprensione di questo lavoro risiede nella sofficià delle cariossidi di grano monococco, maggiore rispetto alle cariossidi di grano tenero e duro. In questa caratteristica sono coinvolti l'amido e le puroindoline. Le puroindoline sono proteine ricche di triptofano e cisteina, appartenenti alla famiglia 2S delle proteine del seme, pesanti circa 13 KDa, che si trovano associate all'amido. Il grano monococco è particolarmente ricco di questa classe proteica (Taddei et al, 2009). L'amido dei frumenti invece è formato da granuli di tipo A (diametro 10  $\mu\text{m}$ ) e di tipo B e

C (diametro 10  $\mu\text{m}$ ). Si è visto che i granuli di amido di grano monococco sono più numerosi e più piccoli rispetto a quelli di frumento tenero. Inoltre le puroindoline si dispongono sulla superficie esterna dei granuli di amido, fungendo, durante la molitura, da linee di frattura. Ne consegue quindi che i granuli di amido di grano monococco vengono danneggiati mediamente meno dalla molitura rispetto a quelli di frumento tenero, caratteristica che influenza molte proprietà reologiche e tecnologiche di monococco, tra le quali l'assorbimento idrico.

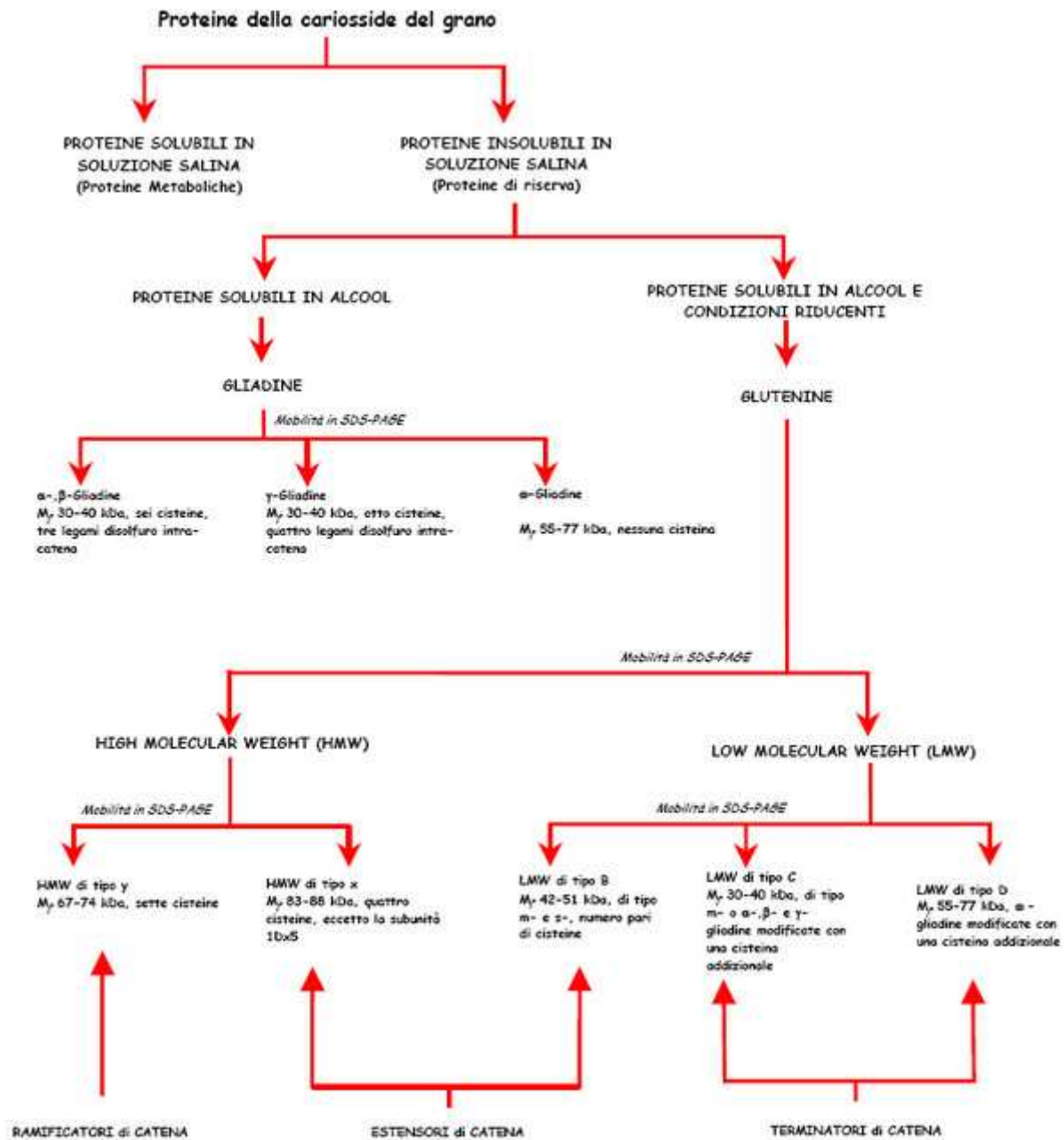


Figura 11: le proteine di riserva dei cereali (Fonte: CRA-SCV)

### 2.3.3.3 Il miglioramento genetico del grano monococco

Il grano monococco è una specie che presenta una variabilità genetica enorme. In Italia, soltanto presso l'unità di ricerca per la Selezione e la Valorizzazione delle Varietà vegetali (SCV) del CRA ne sono conservate oltre 1000 accessioni. Altre importanti collezioni sono presenti presso l'Istituto di Genetica Vegetale del CNR a Bari e presso il Vavilov Institut a S.Pietroburgo in Russia.

In molti casi le accessioni sono “popolazioni”, nel senso che la variabilità all'interno di esse è percepibile anche dai caratteri morfologici.

Sono queste le caratteristiche tipiche di una specie che ha avuto uno scarso interesse per il miglioramento genetico.

La coltivazione del grano monococco in Italia inizia con lo scopo di reperire geni di resistenza a malattie da utilizzare per migliorare i caratteri dei frumenti tenero e duro (Sharma et al, 1981; Vallega, 1979). Infatti si è notata la resistenza di questo frumento a patogeni, tra cui ruggine bruna, ruggine nera, ruggine gialla e oidio (Vallega, 1977) a cui i frumenti coltivati erano generalmente suscettibili, per cui, oltre a studiare i geni di resistenza alle malattie e tentare di trasferirli ai frumenti, se ne è incoraggiata la coltivazione nelle aree marginali (Castagna et al, 1992). Nonostante quindi rese nettamente inferiori rispetto ai frumenti tenero e duro, si sono evidenziati caratteri di interesse per il miglioramento genetico dei frumenti. In alcune aree, tuttavia, la coltivazione del grano monococco ha preso piede, spesso di pari passo con la disponibilità di varietà migliorate. La variabilità della specie *monococcum* in termini di precocità di maturazione, resistenza al freddo, sofficietà delle glumette, numero di carioidi per spighetta, qualità panificatoria è eccezionale. In questo studio sono state prese in esame tre varietà: Monlis, Hammurabi e ID 331.

#### **2.3.3.3.1 Monlis**

Monlis è l'unica delle varietà di monococco ad essere iscritta al Registro Nazionale delle Varietà (D.M.09/11/2006). È a cariosside vestita ed è caratterizzata da buone rese e da ottime qualità panificatorie. Inoltre è priva di omega gliadine, come dimostrato dal frazionamento elettroforetico A-PAGE delle gliadine.

#### **2.3.3.3.2 ID331**

ID331 è una varietà di grano monococco di prossima iscrizione al registro nazionale delle varietà. È a cariosside vestita, agronomicamente simile a Monlis, ma leggermente inferiore tecnologicamente. Possiede un'unica omega gliadina, che è possibile rilevare tramite A-PAGE delle gliadine.



### **2.3.3.3 Hammurabi**

Hammurabi, come ID331, è una varietà di prossima iscrizione al registro nazionale delle varietà. Il nome utilizzato in precedenza per questa linea era Stendhal. Le grandissime particolarità di questa varietà sono che presenta cariossidi nude, che vengono svestite all'80% con mietitrebbia regolata per ridurre le perdite a meno del 5% (dati CRA-QCE), le cariossidi nude pesano mediamente come quelle di ID331 e Monlis vestite, quindi, la resa in seme nudo è circa il 30% superiore rispetto alle altre 2 varietà vestite, risulta precoce quanto l'orzo confrontato con ID331 e Monlis che vengono raccolti assieme al frumento. Hammurabi è una selezione della linea SAL 98-38-8-2-1, ottenuta dal dott. A. Brandolini presso il CRA-SCV di S. Angelo Lodigiano. A sua volta SAL 98-38-8-2-1 deriva dall'incrocio delle linee ID3 x Mono95-2, di cui l'una dà il carattere di precocità, l'altra deriva direttamente dal *T. monococcum sinskaje*, accessione di monococco caratterizzata dalla nudità delle cariossidi. Hammurabi è caratterizzato dalla presenza, di 12-13 omega gliadine, per cui può essere facilmente distinto da altre varietà tramite A-PAGE.

### **2.3.4 Il rapporto tra grano monococco e celiachia**

Un'importante caratteristica del grano monococco, quella che può suscitare particolare interesse in particolari aree geografiche è stata messa in luce dagli studi effettuati in campo medico, in particolare, il rapporto tra grano monococco e celiachia.

La celiachia è una condizione sistemica autoimmune, che colpisce individui geneticamente predisposti in seguito all'ingestione di alimenti contenenti farine di alcuni cereali microtermi, tra cui frumento, orzo, segale e triticale. La celiachia si può manifestare con quadri clinici silenti, con sintomi deboli fino a gravi malassorbimenti nutrizionali capaci di mettere a rischio la vita del paziente (Volta & Ubaldi, 2009). Responsabili della risposta immunitaria sono alcuni epitopi derivanti dalla incompleta digestione delle prolamine di frumento.

Studi effettuati su cellule di mieloma umano K562S hanno dimostrato che, messe a contatto con proteine estratte da grano, agglutinano (Auricchio et al, 1982) Tuttavia, non si riusciva a cogliere ancora il legame tra questa reazione e la celiachia. Tutto diventa più chiaro nel 1995, quando emerge che le prolamine di grano monococco, digerite con un pool enzimatico che simula la digestione gastrica, non provocano agglutinazione delle cellule K562S anche a concentrazioni molto elevate (oltre 4000mg/l)(De Vincenzi et al, 1995). Si è quindi ipotizzato che potessero esserci dei collegamenti tra agglutinazione

delle cellule K562S e reazione autoimmunitaria tipica della celiachia. Oggi sappiamo che i peptidi tossici, fortemente resistenti alla digestione, sono il P31-43, il 33mer e altre 18 brevi sequenze amminoacidiche responsabili della risposta immunitaria adattativa, che si ottengono dalla digestione di glutine di frumento tenero e duro. Tuttavia, seppure i digesti di grano monococco presentino sequenze tossiche capaci di attivare nei pazienti celiaci le risposte immunitarie innata ed adattativa (acquisita), all'interno della frazione omega gliadinica sono presenti peptidi a potenziale azione protettiva, come il peptide 10-mer di grano duro, in grado di ridurre o bloccare lo sviluppo della risposta immunitaria. I genotipi di grano monococco privi di omega gliadine (come ad esempio Monlis) si comportano come i frumenti teneri e duri (Gazza et al, 2010) Inoltre è stato dimostrato che il nostro complesso di enzimi proteasici gastrici, duodenali ed intestinali è in grado di digerire quasi completamente il glutine di grano monococco ma non quello di grano tenero o duro (Gianfrani et al., 2012). La possibile azione preventiva del frumento monococco nei confronti della celiachia e l'elevatissima digeribilità del glutine di questo cereale aprono nuovi scenari per la sua coltivazione. In Sardegna la percentuale di celiaci registrati nel Registro Nazionale è circa di un quarto superiore alla media nazionale (0,31% rispetto a 0,25%). In questa regione l'introduzione del grano monococco nella dieta di coloro che hanno una più elevata probabilità di sviluppare la celiachia, in particolare i familiari dei pazienti celiaci, darebbe ottimi risultati in termini di prevenzione.

### **3 Scopo della tesi**

Questo lavoro di tesi nasce dall'interesse per l'introduzione di grano monococco in Sardegna, cominciato nel 2011, e per la costruzione di una filiera dedicata, che si possa chiudere con la commercializzazione di prodotti quali pane, pasta e prodotti tipici. Le varietà oggetto di valutazione sono le tre precedentemente descritte, cioè Monlis, ID331 e Hammurabi. Lo scopo primario della tesi è di analizzare i punti di forza e di debolezza dell'iniziativa dalla semina della coltura fino alla trasformazione in prodotto finito. In particolare oggetto di attenzione è stato il rapporto tra il basso livello di input agronomici impiegato nelle condizioni sperimentali, tipico delle condizioni delle aree marginali, e la risposta qualitativa della coltura, paragonando i genotipi di grano monococco con la varietà di grano duro più coltivata nella zona (Senatore Cappelli)

La tesi si propone inoltre di verificare, con l'ausilio delle prove effettuate e dei dati raccolti, le positive sensazioni di lavorabilità delle farine e il sapore e l'aspetto dei prodotti finiti descritte da chi, soprattutto tra i familiari dei coltivatori o semplici partecipanti agli assaggi dei prodotti sardi, si è interfacciato col grano monococco.

## 4 Materiali e metodi

Il lavoro è stato svolto in parte in campo, in territorio del comune di Orosei, in Sardegna, nella restante parte nei laboratori dell'Unità di Ricerca per la Valorizzazione Qualitativa dei Cereali del Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (di seguito CRA-QCE), situati a Roma.

### 4.1 Rilievi sui campi sperimentali di *Triticum monococcum*

In Sardegna sono stati seguiti 18 campi sperimentali, 17 seminati a grano monococco e 1 seminato a grano duro (cv Senatore Cappelli), che funge da testimone. Specie e varietà di ogni campo sono indicati nella Tabella 2.

I campi seguiti appartenevano ad agricoltori della zona, o erano di proprietà di agricoltori a tempo parziale.

E' stata rilevata la posizione e la superficie dei campi sperimentali, grazie all'ausilio di mappe e dello strumento "Google Planimeter", e si sono caratterizzate le zone sulle quali si trovano i campi sperimentali dal punto di vista climatico. Su 12 dei 18 campi sperimentali è stato possibile eseguire le analisi dei terreni, i cui risultati sono stati interpretati secondo quanto indicato da Giandon & Bortolami (2008)



**Figura 12: il campo sperimentale 11 a metà gennaio**

Sono stati eseguiti rilievi di uniformità di emergenza tra il 15 e il 28 gennaio 2013, uniformità della coltura ed eventuale presenza di infestanti tra il 25 aprile e il 7 maggio

2013, allettamento della coltura e numero di spighe per metro quadro prima della raccolta, tra il 25 giugno e il 16 luglio 2013. Poco prima della raccolta sono stati prelevati campioni di piante. Tali prelievi sono stati eseguiti prelevando casualmente 20 sottocampioni di piante intere per appezzamento e tagliando la parte inferiore a circa 10 cm dal colletto.

Importante strumento di ausilio alla parte agronomica sono i rilievi fotografici effettuati per tutti i campi di *Triticum monococcum* e distribuiti all'interno di questa tesi (vedi indice delle figure e delle tabelle)

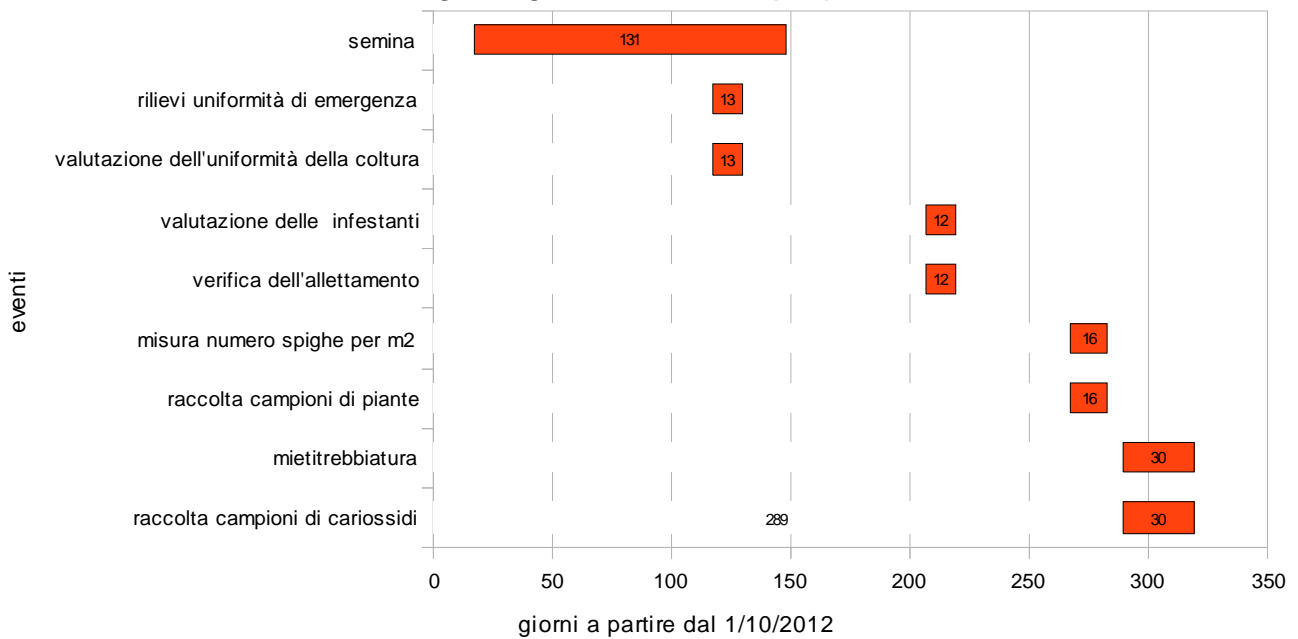
Dopo la raccolta sono stati prelevati da ogni appezzamento 10 campioni di eguale peso durante lo scaricamento della mietitrebbiatrice, e mescolati insieme a formare il campione di granella per le successive analisi. I campi sperimentali da cui sono stati presi i campioni sono indicati nella Tabella 2

I campioni di granella e di piante così raccolti sono stati portati a Roma presso i laboratori del CRA-QCE.

ID SPERIMENTALE E CAMPIONE	CAMPO	SPECIE	VARIETA'	DATA DI SEMINA
1		<i>Triticum monococcum</i>	Monlis	12/12/12
2		<i>T. monococcum</i>	ID331	12/12/12
3		<i>T. monococcum</i>	Hammurabi	20/12/12
4		<i>T. monococcum</i>	ID331	28/12/12
5		<i>T. monococcum</i>	Hammurabi	20/11/12
6		<i>T. monococcum</i>	ID331	15/02/13
7		<i>T. monococcum</i>	Monlis	15/02/13
8		<i>T. monococcum</i>	Hammurabi	15/02/13
9		<i>T. monococcum</i>	ID331	28/12/12
10		<i>T. monococcum</i>	ID331	10/12/12
11		<i>T. monococcum</i>	ID331	28/11/12
12		<i>T. monococcum</i>	Hammurabi	30/11/12
13		<i>T. monococcum</i>	ID331	17/10/12
14		<i>T. monococcum</i>	ID331	28/01/13
15		<i>T. monococcum</i>	ID331	20/12/12
16		<i>T. monococcum</i>	ID331	21/12/12
17		<i>T. monococcum</i>	ID331	05/02/13
18		<i>T. turgidum ssp durum</i>	Senatore Cappelli	30/11/12

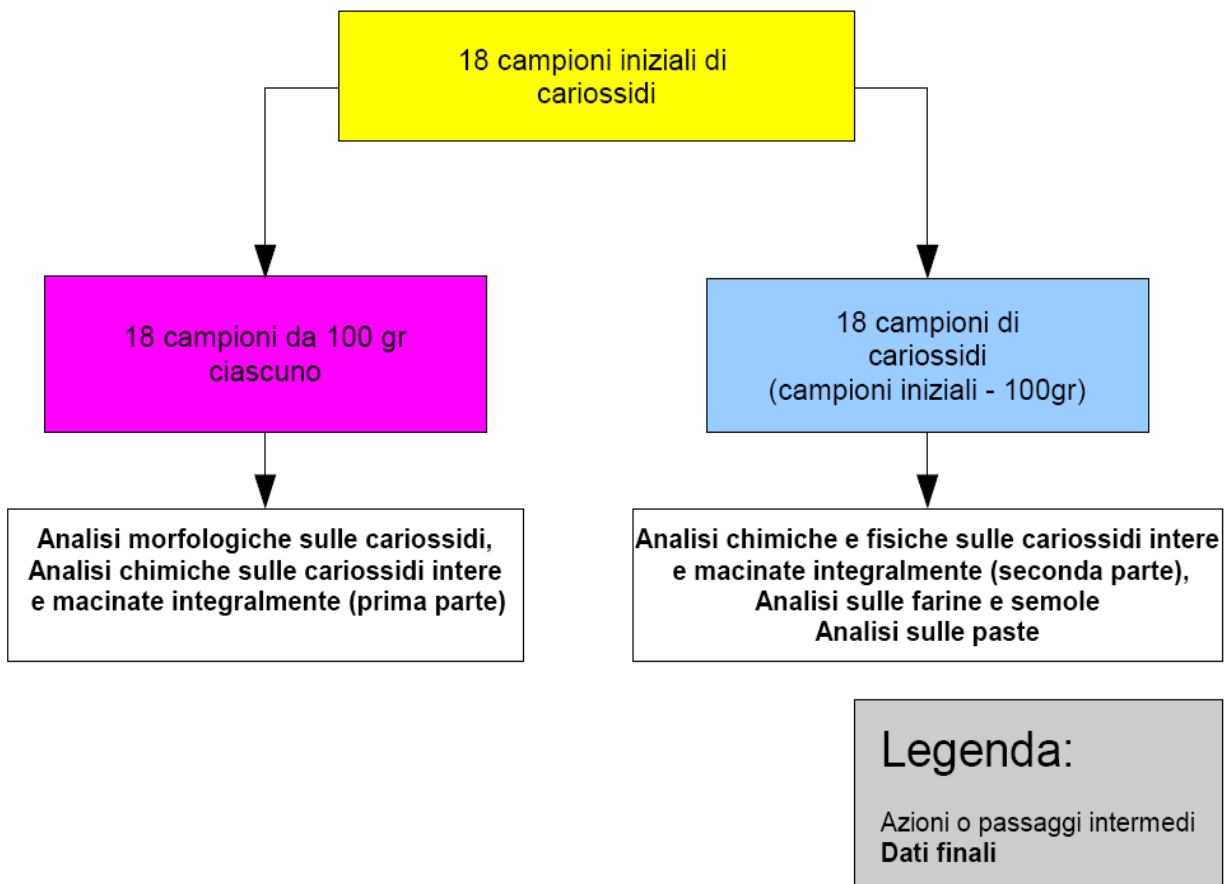
**Tabella 2: I campi sperimentali**

### Cronologia degli eventi nei campi sperimentali



**Figura 13: cronologia degli eventi nei campi sperimentali**

#### 4.2 Analisi sulle cariossidi



**Figura 14: prima suddivisione dei campioni all'arrivo in laboratorio**

Da ognuno dei 18 campioni di granella, dopo aver mescolato manualmente il prodotto all'interno del sacchetto, si è presa un'aliquota, di circa 100 g, che è stata passata su un setaccio a maglie quadre di 2mm ed è stata pulita manualmente eliminando tutto il materiale estraneo.

1. Suddivisione tra cariossidi intere nude, cariossidi vestite, cariossidi rotte e peso di 1000 cariossidi.

Pesati 20 grammi di ogni campione in due repliche, registrando il peso di cariossidi nude intere, cariossidi vestite e cariossidi rotte, si è calcolata poi la percentuale di ogni frazione come media tra le due repliche. In caso di differenze tra le repliche superiori al 10%, è stata analizzata una terza replica scartando la replica non conforme. Le cariossidi intere sia nude che vestite sono state contate, ed è stato determinato il loro peso espresso in termini di peso di 1000 cariossidi calcolato come media tra le repliche.



**Figura 15: suddivisione dei sottocampioni di cariossidi (da sinistra: cariossidi vestite, cariossidi nude intere, cariossidi rotte)**

2. Incidenza delle glumelle sul peso della cariosside

Dai campioni in cui l'incidenza delle cariossidi vestite era superiore al 4%, sono stati prelevate, in maniera casuale, 100 cariossidi vestite e queste sono state

pesate prima e dopo la svestitura manuale per stimare il contributo delle glumelle sul peso totale.

### 3. Percentuale di svestitura dopo tre passaggi in microtrebbia da banco

Su tutti i campioni di Monlis e ID331 e su un campione di Hammurabi sono stati prelevati 20 grammi di cariossidi vestite e sono stati passati per tre volte in una microtrebbia “Comil” modello “M3b”, con velocità del motore impostata a 10. Dopo ogni passaggio di decorticatura, le cariossidi sono state separate nei gruppi “nude intere”, “nude rotte” e “vestite” e queste ultime sono state sottoposte ad un ulteriore passaggio in microtrebbia. Infine è stato misurato il peso delle cariossidi rimaste vestite all'ultimo passaggio ed il peso delle cariossidi nude ottenute nei tre passaggi, distinguendo tra cariossidi intere e cariossidi rotte.



**Figura 16: la microtrebbia da banco**

### 4. Macinazione

Le cariossidi nude intere ottenute sono state mescolate assieme e macinate mediante “Cyclotech TECATOR” modello “1093 sample mill” provvisto di setaccio con fori di 0,5 mm e sullo sfarinato di ognuno dei 18 campioni è stata rilevata l'umidità mediante bilancia termica Sartorius impostata a 125°C.

### 5. Volume di sedimentazione in SDS





**Figura 17: Il test di sedimentazione in SDS al momento della lettura dei volumi di sedimentazione**

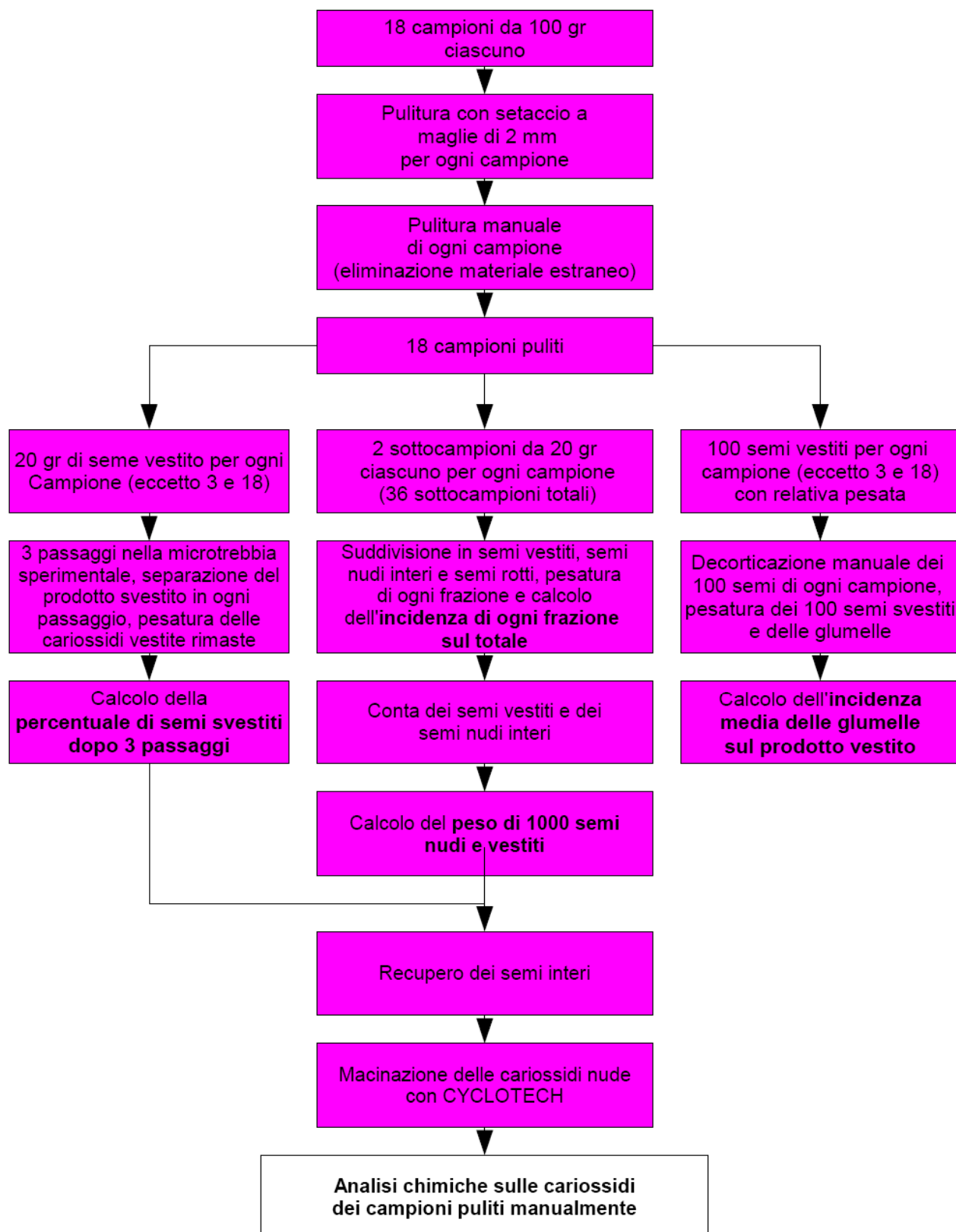
Sul macinato integrale di tutti i 18 campioni è stato trovato il volume di Sedimentazione in SDS. Il metodo utilizzato è quello di Preston del 1954 modificato: di ogni campioni si prendono 0,5 grammi anziché 5 e i cilindri graduati sono da 100ml anziché da 1000

#### 6. Contenuto proteico

Il calcolo del contenuto proteico totale (calcolato come percentuale sul peso secco) è stato eseguito determinando l'azoto totale mediante il metodo della combustione Dumas (secondo il metodo AACCN° 46-30) e moltiplicando per il fattore di conversione 5,7 specifico per il grano, dopo aver corretto sulla sostanza secca i valori di azoto che l'analizzatore determina sul tal quale. La determinazione è stata eseguita mediante analizzatore Leco FP- 428.



**Figura 18: un analizzatore di azoto secondo il metodo Dumas**



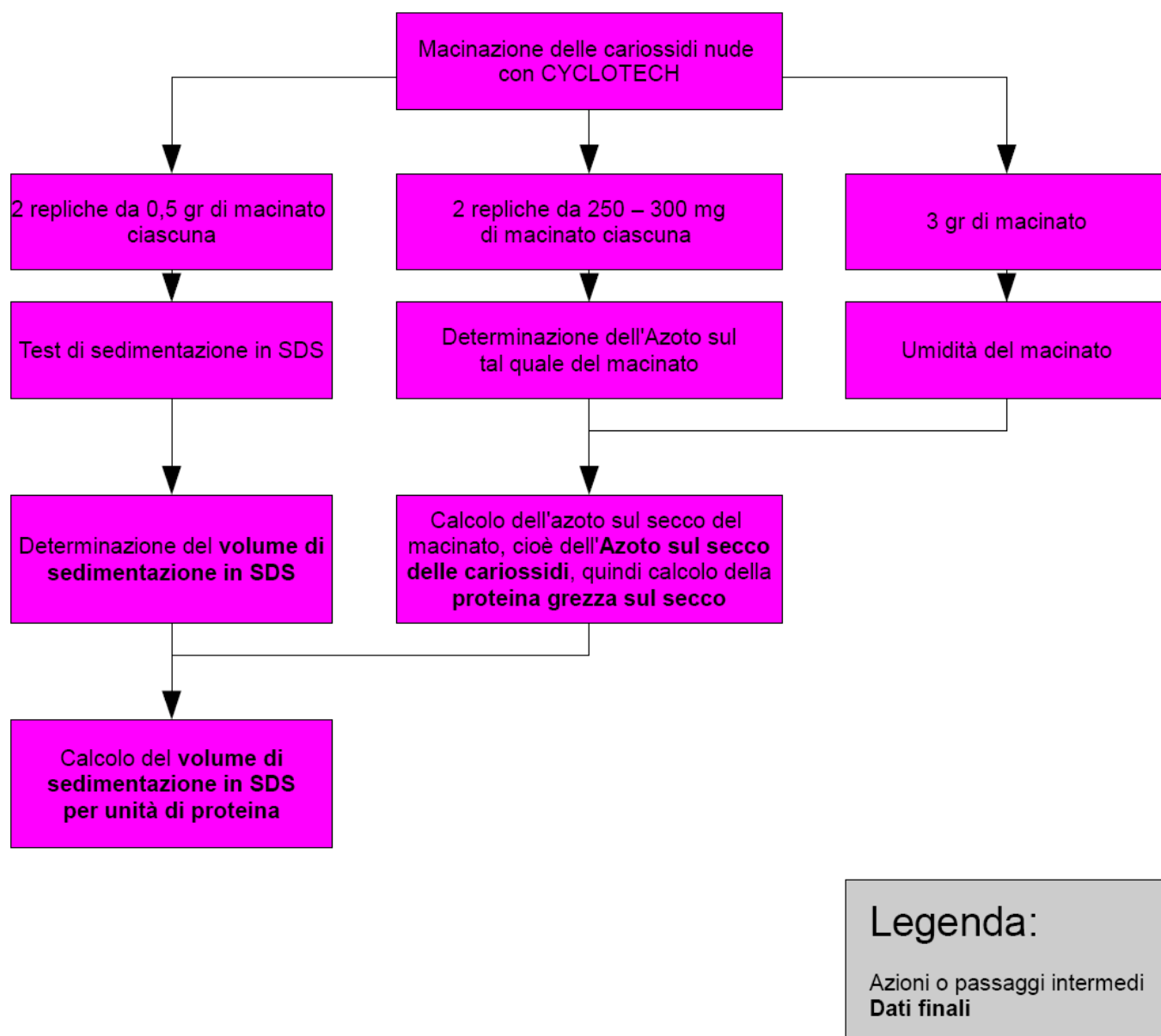
**Legenda:**

Azioni o passaggi intermedi  
**Dati finali**

**Figura 19: analisi morfologiche sui campioni puliti manualmente**

Tutto questo procedimento, fatto con i 100 grammi di ogni campione, è schematizzato nelle figure 14, 19 e 20.

La rimanente aliquota di ognuno dei 18 campioni è stata processata e si è simulato un processo di pulizia pre-macinazione, senza misurare l'effettiva infestazione causata da altre specie. Si sono perciò puliti preliminarmente tutti i campioni passandoli in uno svecciatoio ad alveoli di diametro 5 mm, impostandolo a velocità massima per eliminare le rotture e le impurità fini, poi si sono passati tutti i campioni eccetto il grano duro cv Senatore Cappelli sullo svecciatoio ad alveoli di diametro 9 mm, per separare i semi vestiti da quelli nudi.



**Figura 20: analisi chimiche sui campioni di cariosidi puliti manualmente**

Nei campioni della varietà Hammurabi (4) si è tenuto il seme intero, mentre in quelli della varietà Monlis e ID331 (13) si è tenuto il seme vestito e quello intero opportunamente pulito. Il seme vestito è stato passato in una decorticatrice Otake per 3 volte, avendo cura di separare dopo ogni passaggio i semi vestiti da quelli denudati e gli interi dai rotti, tenendo solo gli interi.

Sul materiale così ottenuto è stato eseguito il test di durezza su circa 100 cariossidi nude mediante SKCS 4100 (Perten), sia per valutare la durezza delle cariossidi di monococco, sia per stimare la contaminazione da semi estranei di orzo e grano dopo pulizia, utilizzando come riferimento il valore dell'indice SKCS dei frumenti monococchi coltivati dal CRA-QCE. Se i valori erano fuori dalla norma, la prova è stata ripetuta selezionando manualmente i semi del campione.

Nell'attesa dei valori di contenuto proteico calcolati secondo la metodica ufficiale (poiché nella pratica non è stato possibile eseguire le determinazioni dell'azoto, e quindi del contenuto proteico con tempestività), si è fatta una prima stima del contenuto proteico dei campioni mediante analisi di circa 300 g di cariossidi nude per campione con analizzatore INFRATEC (FOSS), che analizza la trasmittanza delle lunghezze d'onda nel infrarosso vicino (NIT), in grado di stimare molteplici parametri del campione e di utilizzare molteplici curve di taratura oltre a quelle per il grano tenero e duro, utilizzate nella prova.

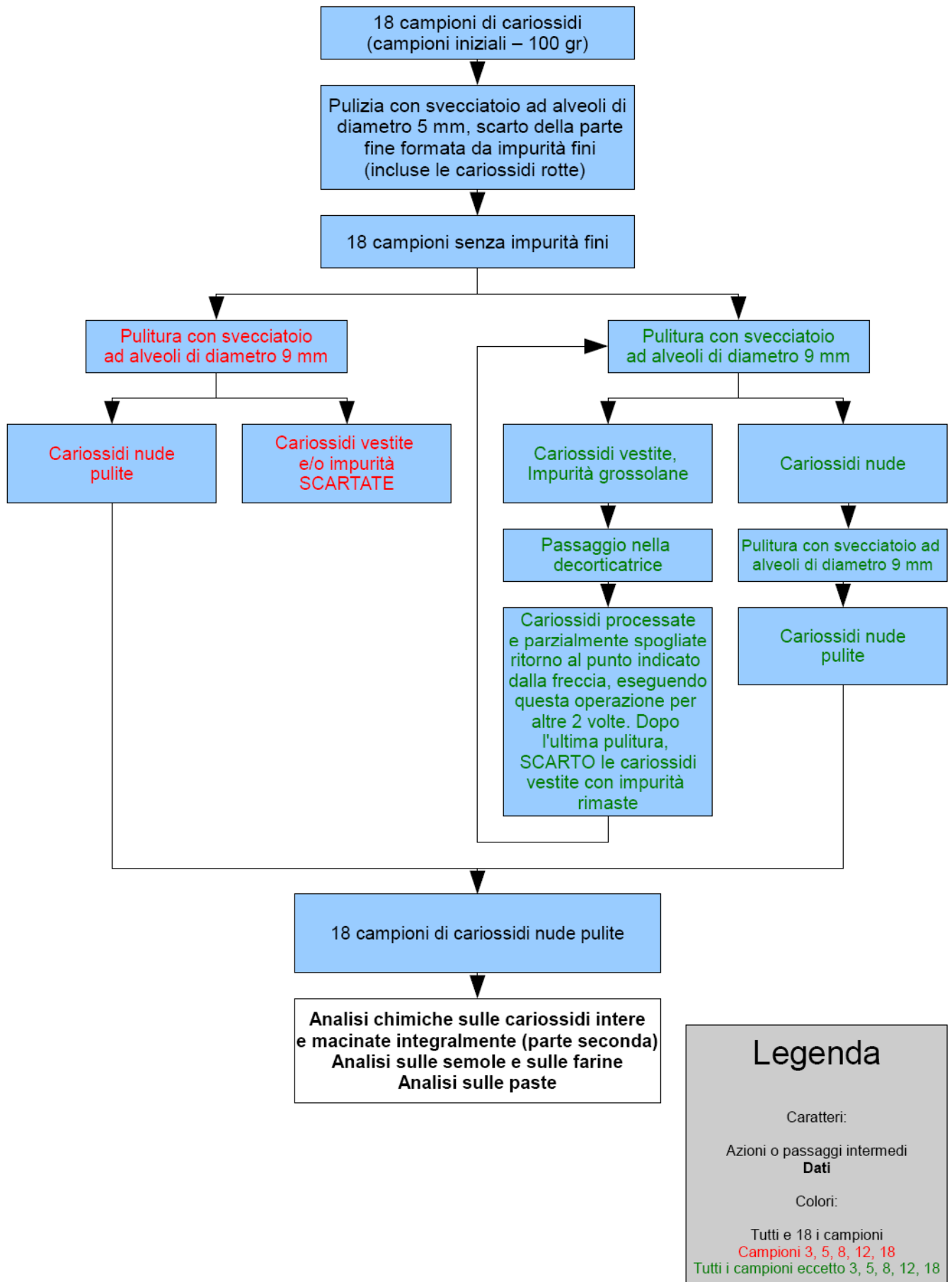
Da ultimo sono stati macinati 2 g di granella per ogni campione e su di essi sono state frazionate le gliadine mediante elettroforesi A-PAGE (estrazione in etanolo al 70%, corsa su gel di poliacrilamide al 7,5%, per 1h e 20', 430V e 378mA a 4°C di temperatura, caricati 1,5µl per ogni campione) e le proteine totali mediante SDS-PAGE (corsa su gel di poliacrilamide al 10% per 2h e 10', 200V e 500mA a 10°C, caricati 4µl per ogni campione) Per 8 campioni selezionati e rappresentativi della variabilità dei 18 sono state fatte le seguenti operazioni:

1. Macinazione

Tutti i campioni sono stati macinati mediante un mulino Bona. La crusca e la frazione di farina più grossa sono state rimacinate. Dopo questa operazione sono state calcolate le rese in farina degli 8 campioni. La crusca e la frazione grezza di farina dopo la seconda macinazione sono state eliminate Per il campione 7 una parte è stata macinata integralmente con mulino FOSS

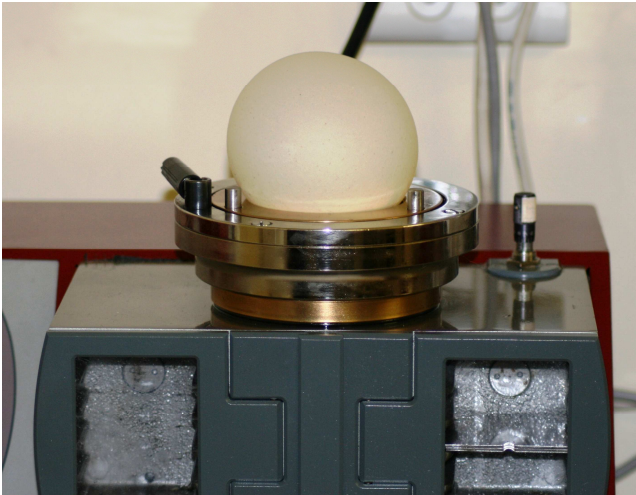
2. Determinazione del contenuto proteico (espresso in percentuale sulla sostanza secca)

Il metodo utilizzato per il calcolo del contenuto proteico totale delle farine è, come per le cariossidi, quello del calcolo dell'azoto Dumas, corretto sul secco e moltiplicato per il coefficiente specifico del frumento (5,7)



**Figura 21: la pulizia meccanica dei campioni**

### 3. Misura delle proprietà viscoelastiche mediante alveografo di Chopin



**Figura 22: l'alveografo di Chopin (Foto: Pogna)**

L'alveografo è utilizzato in reologia per la misura delle proprietà viscoelastiche dell'impasto attraverso la misura della pressione d'aria necessaria all'estensione biassiale del campione di impasto che viene sottoposto a rigonfiamento. Il comportamento del campione di impasto viene mostrato graficamente attraverso l'alveogramma, che rappresenta su un piano cartesiano la variazione della pressione necessaria al rigonfiamento dell'impasto nell'unità di tempo. La prova alveografica è eseguita in 5 repliche, delle quali sono scartate quelle con valori diversi dalla moda. I parametri ricavabili dall'analisi alveografica sono la misura della tenacità massima dell'impasto ( $P$ ), la misura dell'estensibilità dell'impasto ( $L$ ), il rapporto tra tenacità ed estensibilità ( $P/L$ ), il lavoro effettuato per il rigonfiamento dell'impasto sino alla rottura della bolla, comunemente chiamato "forza" ( $W$ ), la radice quadrata del volume d'aria immesso nella bolla fino allo scoppio ( $G$ ).

### 4. Resistenza dell'impasto durante la fase di impastamento mediante farinografo di Braebender



**Figura 23: Il farinografo di Brabender**

Il farinografo di Brabender misura la quantità d'acqua ottimale per ottenere un buon impasto e la resistenza all'impastamento. L'impasto è formato da 300 grammi di farina (al 14% di umidità) a cui si aggiunge acqua distillata affinché raggiunga la consistenza massima di 500 unità farinografiche (UF), a 30°C di temperatura e 63 giri/min delle impastatrici. La prova dura 20 minuti. I dati ricavabili sono l'assorbimento idrico a 500UF, lo sviluppo, la stabilità e il grado di rammollimento, rispettivamente, a 10 min dall'inizio della prova e a 12 minuti dal picco

##### 5. Indice di Hagberg





**Figura 24: il misuratore del Falling Number**

Il Falling number o indice Hagberg o Tempo di caduta é un parametro che serve per valutare l'attività alfa amilasica delle farine. 7 grammi di farina al 14% di umidità vengono mescolati con 25 ml di acqua distillata all'interno di una provetta agitandoli, poi viene inserita un'asta e la provetta viene messa a bagnomaria a 100°C nella camera del misuratore, facendo così partire la prova. Il campione viene prima mescolato dall'asta per 60 secondi, poi, quando l'amido è gelatinizzato, viene alzata. La prova finisce quando l'asta tocca il fondo. L'indice di Hagberg è il tempo che intercorre dall'inizio della prova alla caduta dell'asta (metodo AACC 56-81b).

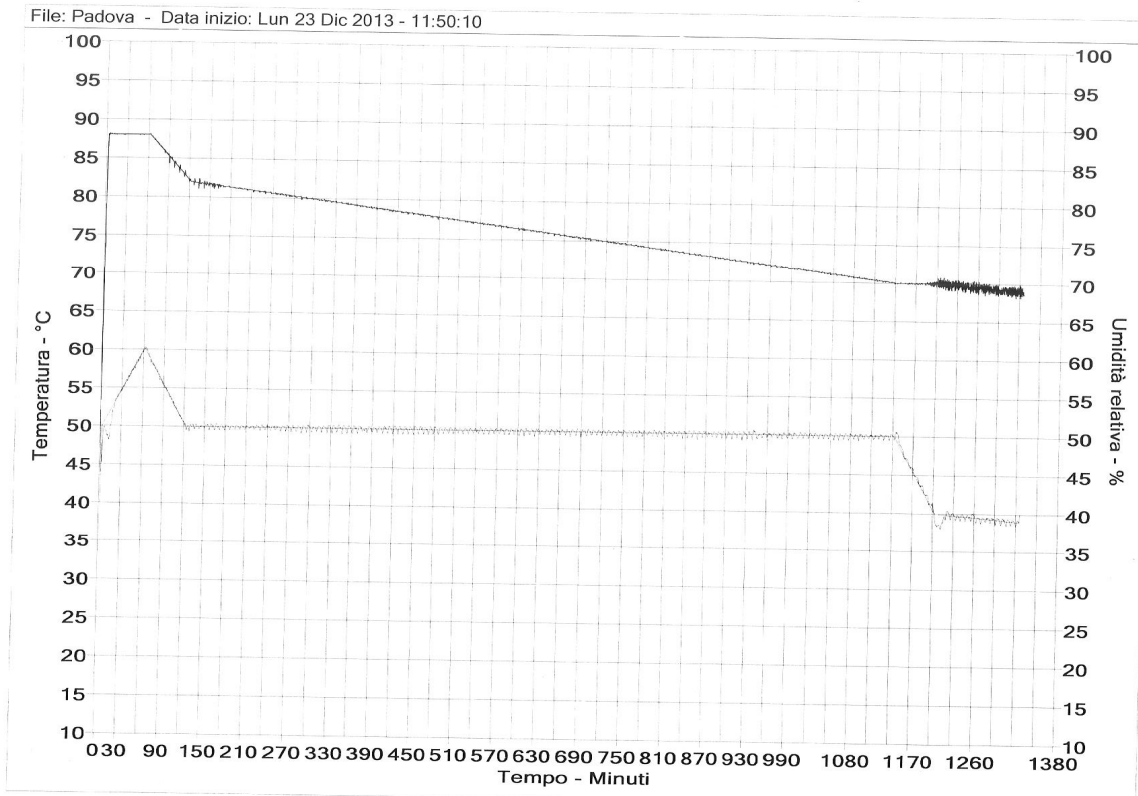
6. Indice di glutine e percentuale di glutine secco



**Figura 25: il lavaglutine con, a sinistra, la centrifuga**

Il Glutomatic è l'apparecchio che permette l'estrazione del glutine dalla farina. Del glutine estratto si è prima calcolato l'indice di glutine, poi si è pesato il glutine secco.

Con 5 di questi 8 campioni, cioè il 5, il 6, il 7 macinato integralmente, il 9 e il 18, si sono fatte delle prove di pastificazione e cottura delle paste. Le paste sono state fatte con l'impianto di pastificazione del CRA-QCE, secondo gli standard di D'Egidio et al., 1977, ed essiccate secondo il diagramma raffigurato qui sotto.



**Figura 26: diagramma di essiccazione delle paste**

In particolare le prove sono state fatte con spaghetti secondo il metodo proposto da D'Egidio et al.(1977), interrompendo la cottura a scomparsa nucleo.

I parametri registrati sono stati:

- 1) SOT(Sostanze Organiche Totali) in acqua di lavaggio
- 2) Amido in acqua di cottura
- 3) Tempo di cottura per la scomparsa del nucleo
- 4) Collosità, nervo, ammassamento, giudizio globale

#### **4.3 analisi sulle piante**

I campioni di piante intere sono stati raccolti solo in alcuni appezzamenti. Le spighe sono state divise dal resto della pianta e si è proceduto a fare le seguenti misurazioni

- I. Rapporto tra peso delle spighe e peso dell'intero campione sul tal quale
- II. Umidità del campione

I culmi, le foglie e le spighe dell'intero campione sono stati seccati in stufa a 60°C per 72h e ripesati. Dalla differenza tra peso iniziale e peso finale del campione è stata calcolata l'umidità.

- III. Harvest Index in percentuale sul peso secco

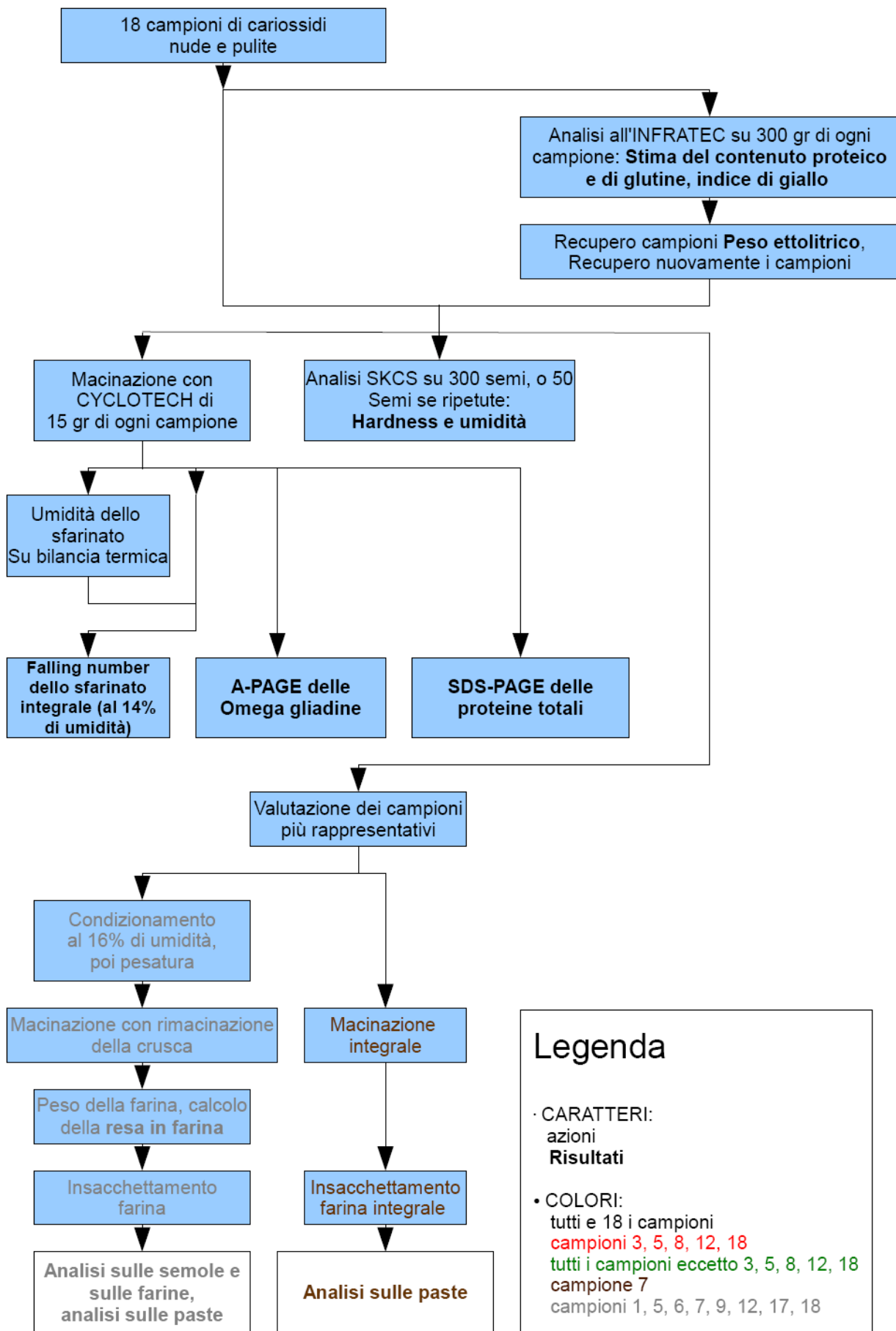
Le spighe sono state trebbiate e decorticate mediante microtrebbia da laboratorio. Dopo ogni passaggio, effettuato a velocità 8 del rotore, sono stati tolti i semi svestiti e ripassati i semi vestiti. Dopo 8 passaggi i semi rimasti vestiti sono stati svestiti manualmente.

- IV. Asporto di Azoto della coltura dal terreno

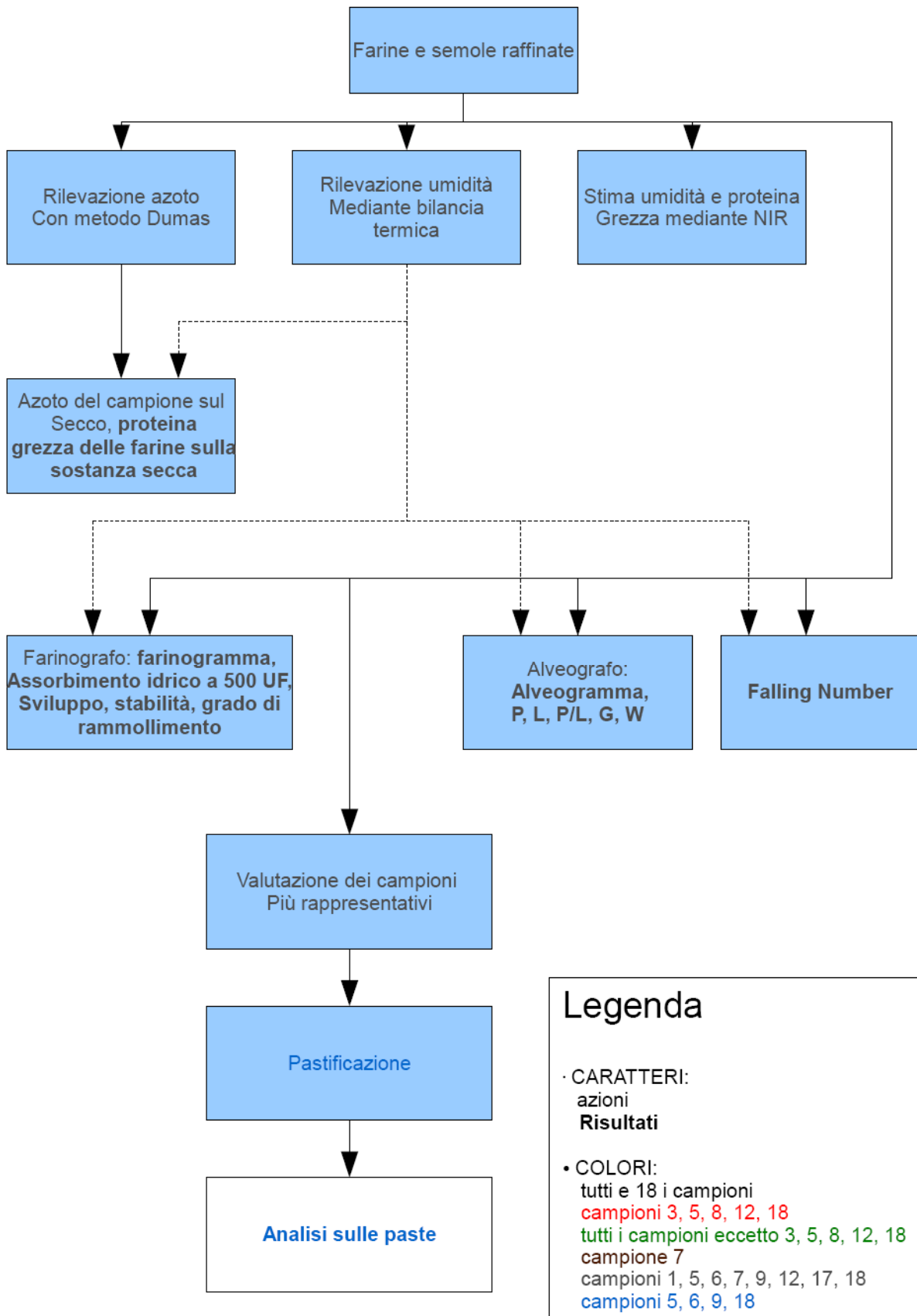
Su 4 campioni rappresentativi, tutte le parti vegetative della pianta sono state raccolte e macinate tramite Cyclotech. Sullo sfarinato è stata determinata la percentuale di azoto sul tal quale, e corretta al peso secco. L'azoto delle cariossidi era già stato determinato in precedenza. Grazie all'Harvest Index è possibile risalire alla quantità di paglia prodotta dalla coltura. L'asporto di azoto dal terreno è riportato con granella al 14% di umidità, viene indicato per 100Kg di granella prodotta. Vengono indicate le asportazioni sia in caso di permanenza della paglia sul terreno, sia in caso di raccolta della paglia dal terreno.

#### **4.4 Previsione della filiera produttiva in Sardegna**

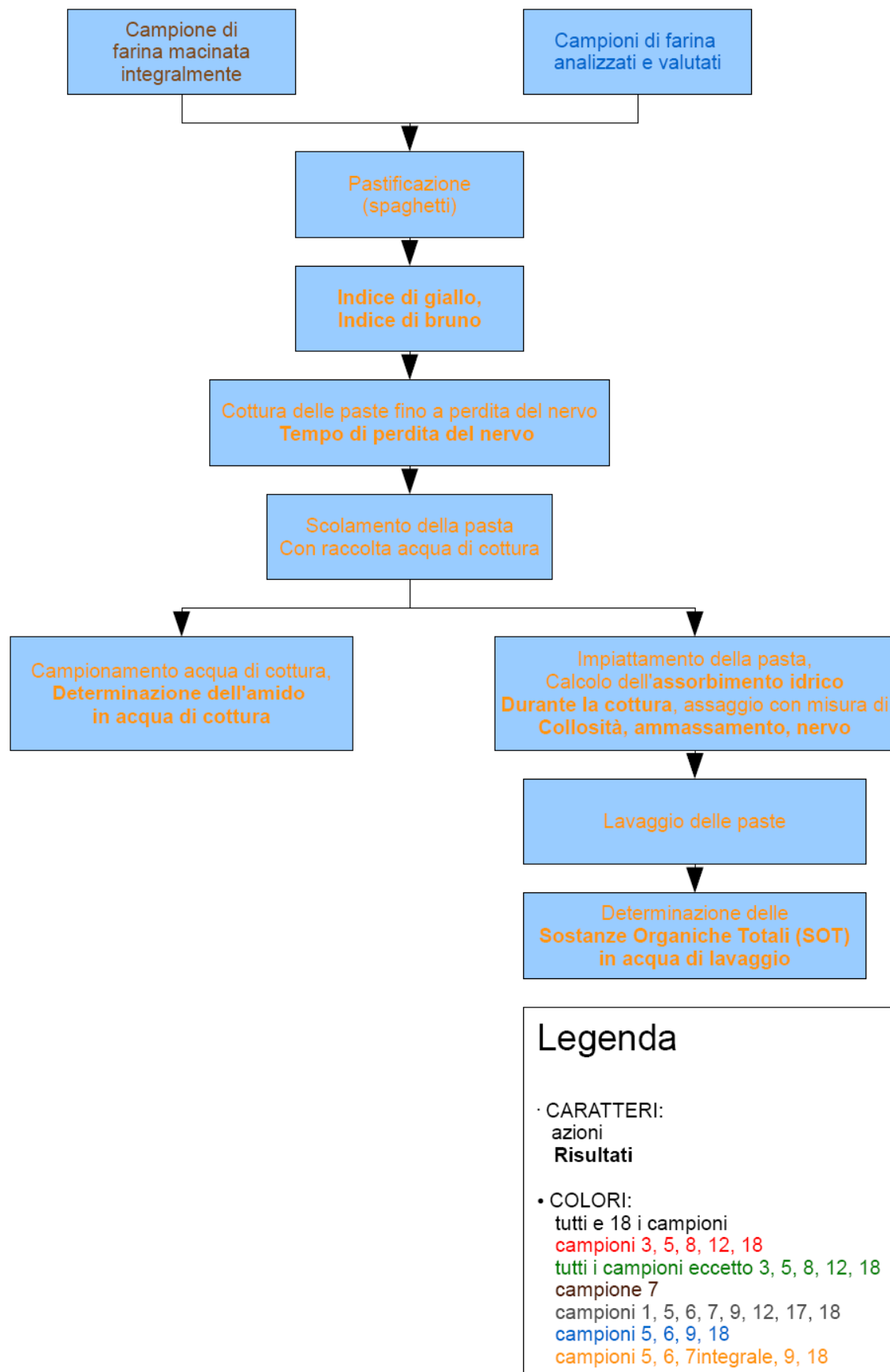
Grazie ai dati raccolti in Sardegna e a quelli risultanti dalle analisi dei campioni si è progettata una filiera produttiva, cercando di mantenere sul territorio tutte le fasi di lavorazione e ricorrendo per quanto possibile ad attrezzature e macchinari e strutture già presenti sul territorio. Una guida per il razionale svolgimento delle operazioni di pulizia, stoccaggio e trasformazione viene fornita grazie a prove effettuate sia con attrezzature in dotazione al CRA-QCE, sia grazie a prove effettuate con attrezzature già presenti in Sardegna.



**Figura 27: analisi sulle cariossidi intere e macinate integralmente, macinazione**



**Figura 28: analisi sulle semole e sulle farine raffinate**



**Figura 29: analisi sulle paste**

## 5 Risultati e discussione

### 5.1 Rilievi di campo

#### 5.1.1 Posizione dei campi e clima

I 18 campi sperimentali analizzati si trovano tutti in Sardegna. Ad eccezione del campo 3, che si trova nel comune di Irgoli, del campo 4, che si trova nel comune di Dorgali, dei campi 6, 7, 8, che si trovano nel comune di Onifai, del campo 14, che si trova nel comune di Siniscola e del campo 17, che si trova nel comune di Fonni, tutti gli altri undici campi sperimentali si trovano nel comune di Orosei.

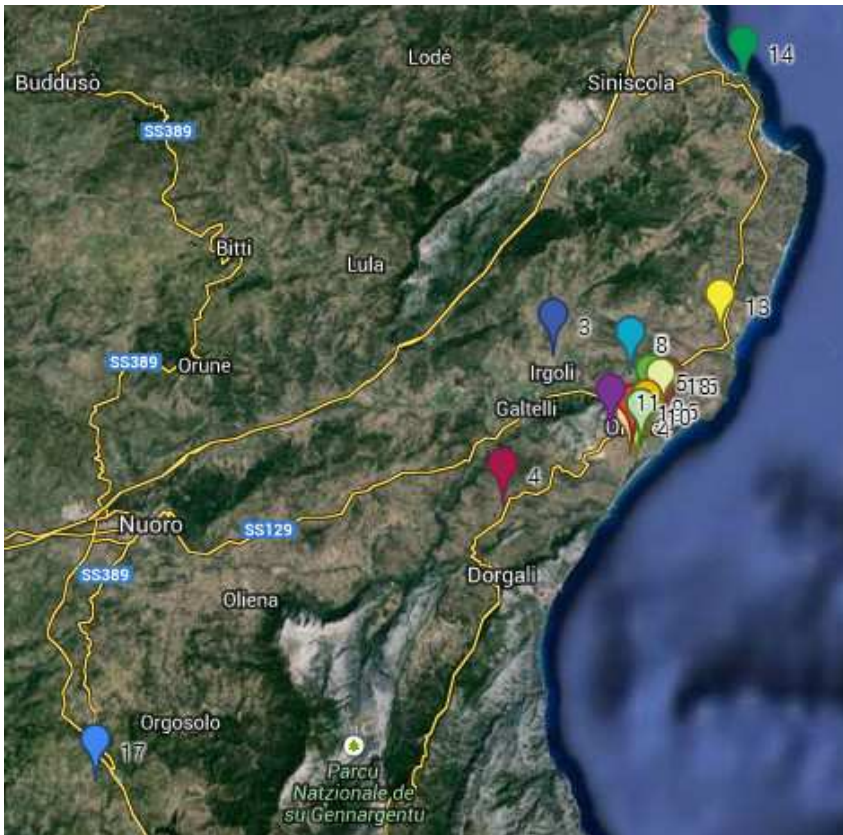


**Figura 30: la posizione dei campi sperimentali in Sardegna**

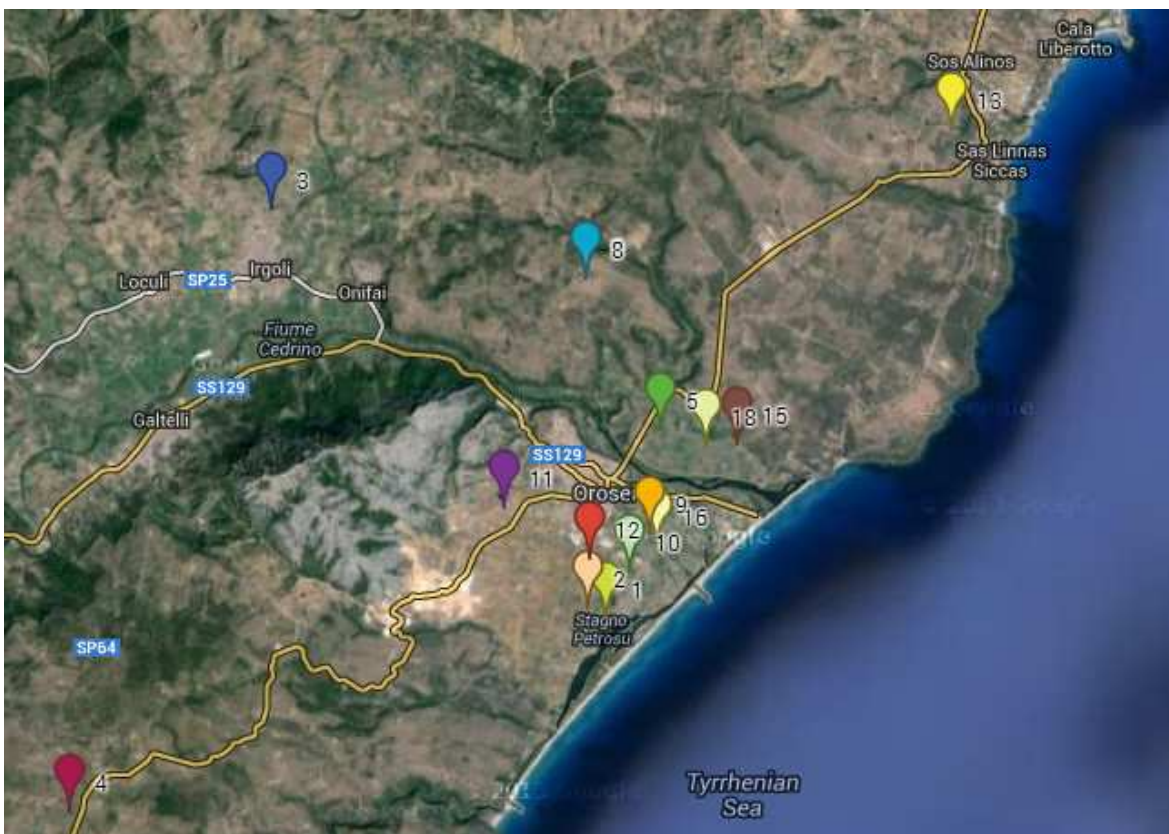
I campi sperimentali sono quindi situati in due differenti zone climatiche:

- Tutti i campi, ad eccezione del 17, sono situati vicino o a pochi chilometri dal mare, in comune di Orosei (NU) o in comuni confinanti. I dati climatici pertanto sono quelli rilevati dalla stazione meteo climatica di Orosei
- Il campo sperimentale 17 ( indicato in colore azzurro in Figura 30) si trova sempre in provincia di Nuoro, ma in comune di Fonni, situato circa 100 km a sud ovest rispetto ad Orosei, molto lontano dal mare e a circa 1300 m di altitudine. I dati

climatici sono quelli rilevati dalla stazione meteo climatica di Gavoi, paese confinante con Fonni.



**Figura 31: il nuorese con tutti i campi sperimentali**

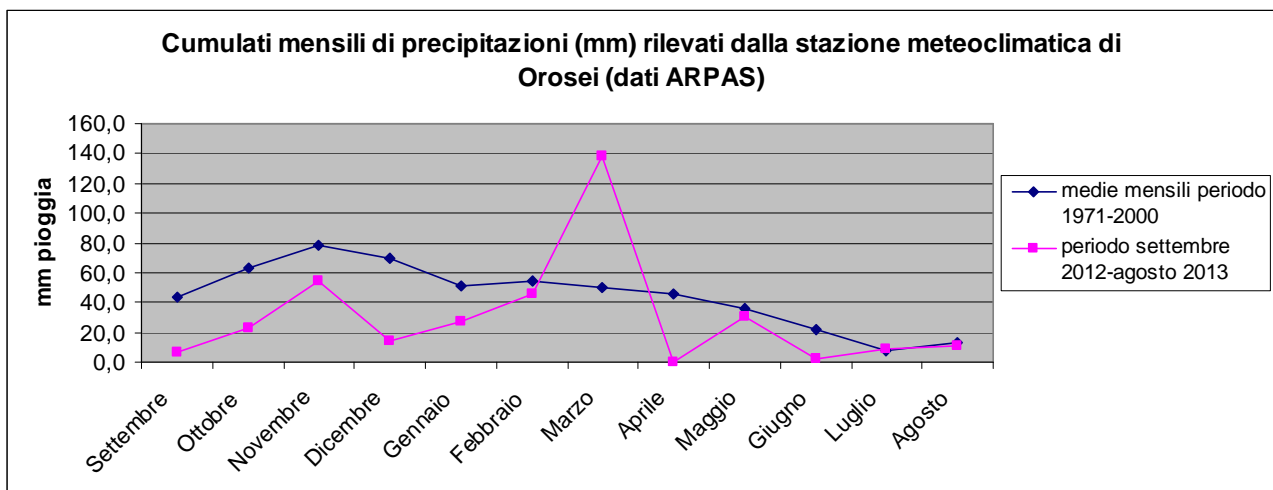


**Figura 32: il comune di Orosei e i campi sperimentali limitrofi (eccetto 14 e 17)**

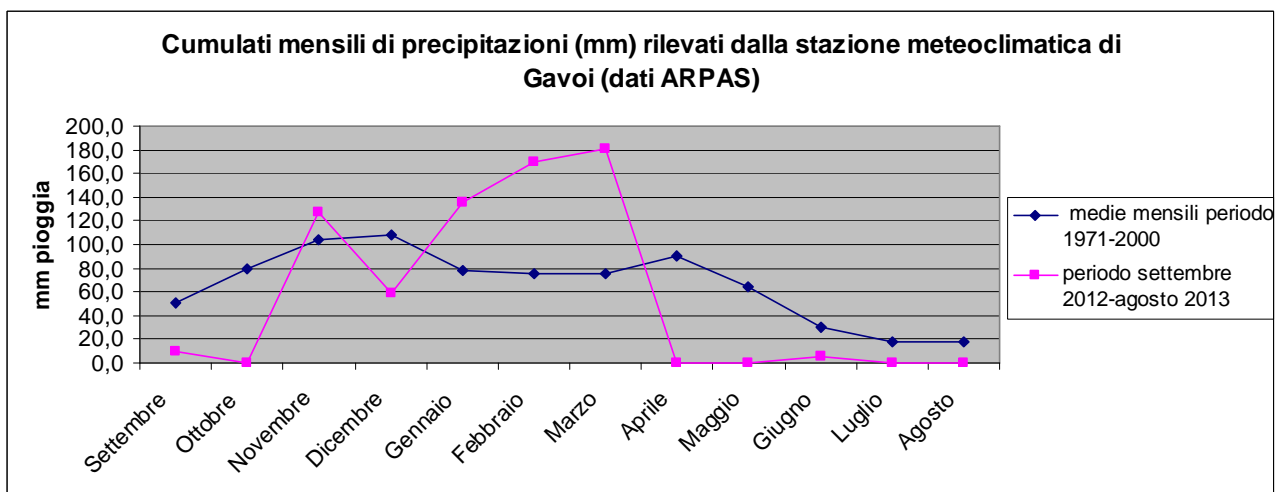




**Figura 33: particolare dei campi 6, 7 e 8**

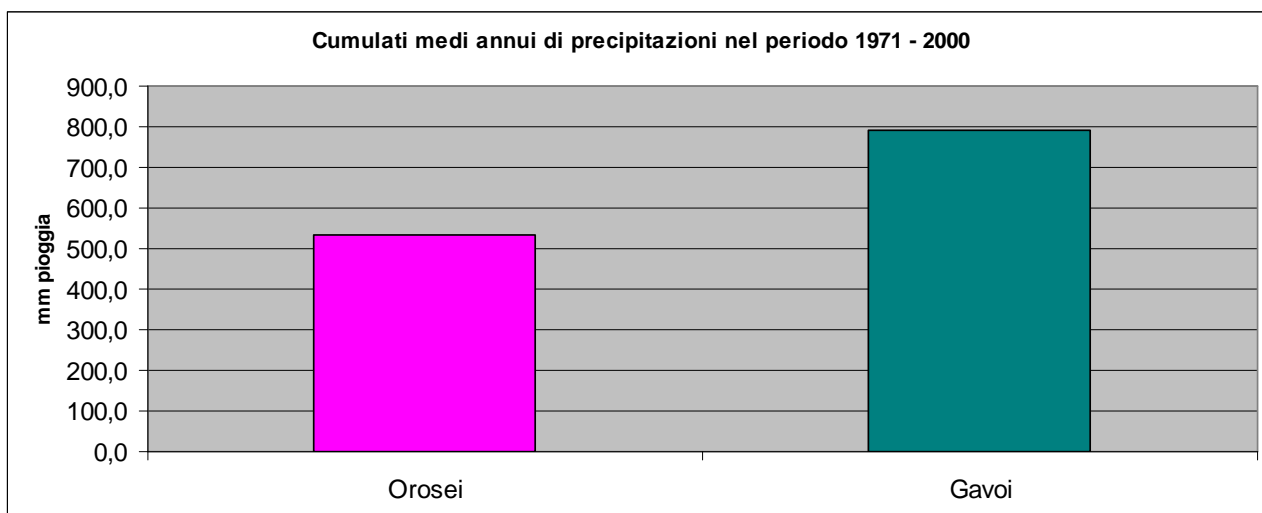


**Figura 34: cumulo di precipitazioni mensili rilevate ad Orosei**

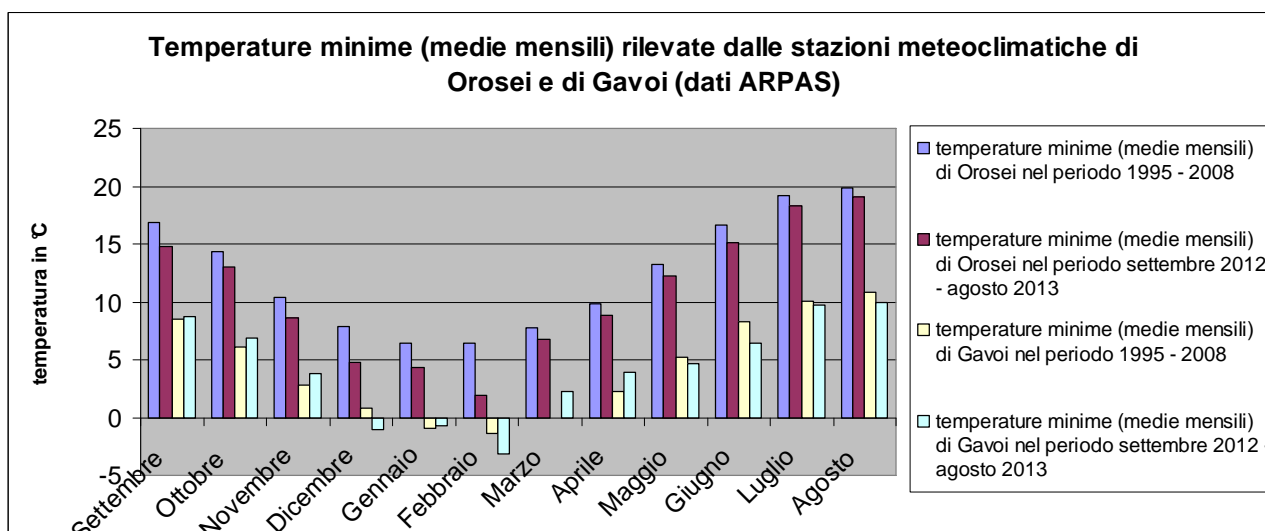


**Figura 35: cumulo di precipitazioni mensili rilevate**

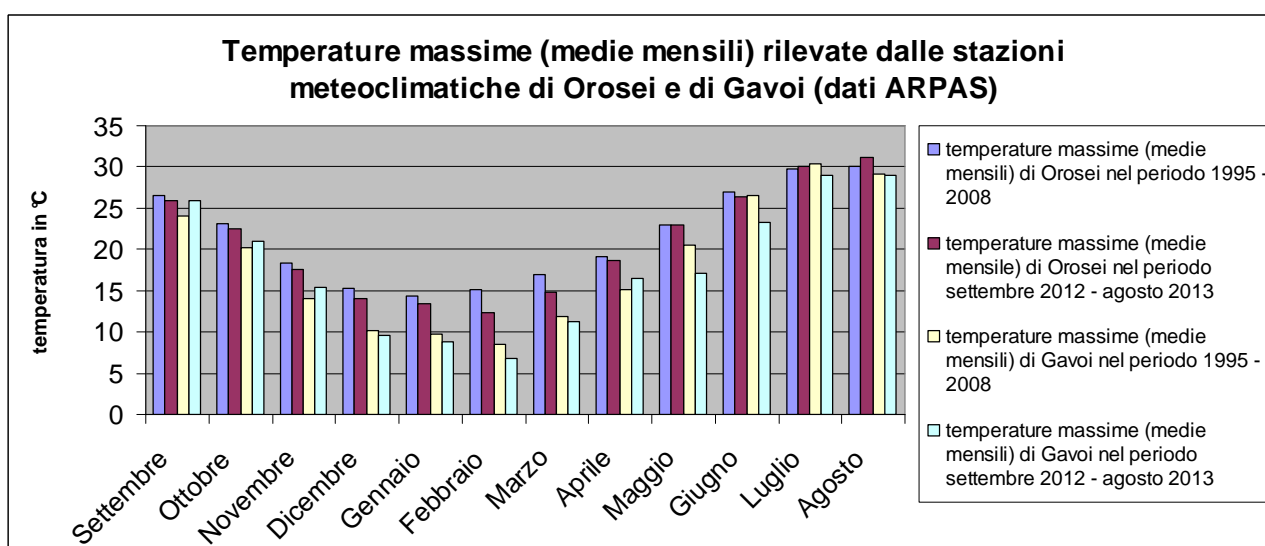
*Alcuni dati (cumulati di precipitazioni di Aprile 2013 Orosei e Ottobre 2012, Aprile, Maggio, Luglio e Agosto 2013 Gavoi) non erano disponibili nei database ARPAS*



**Figura 36: cumulati medi annui di precipitazioni ad Orosei e Gavoi nel periodo 1971-2000 (dati ARPAS)**



**Figura 37: Temperature minime mensili ad Orosei e Gavoi**



**Figura 38: Temperature massime mensili ad Orosei e Gavoi**

### **5.1.2 Caratterizzazione dei campi sperimentali**

Come riportato in precedenza, i rilievi di campo sono stati condotti durante 3 periodi, anche se per alcuni campi sperimentali non è stato possibile eseguire tutti e 3 i sopralluoghi. Il quadro generale che si è ricavato è di profonda eterogeneità tra i campi, che rispecchia la profonda eterogeneità del territorio. Le differenze più profonde si trovano proprio tra i campi situati nel territorio comunale di Orosei. Tale territorio è stato caratterizzato in passato da intensa attività vulcanica (i resti di un antico cono vulcanico possono essere osservati nelle vicinanze dei campi 6-7-8). Il magma, sedimentando su terreni di matrice scistosa, calcarea e granitica in tempi antichi, ha dato origine ad un'enorme variabilità tessiturale. Tale variabilità è accresciuta dalla natura alluvionale dei terreni subito a nord del paese, dove scorre il fiume Cedrino, quindi con sedimenti di tutte le rocce madri presenti, e dalle operazioni di bonifica effettuate negli anni 40, 50 e 60 del 1900, che hanno riguardato la zona sud est del territorio comunale e che hanno influito sulla tessitura dei terreni, poiché i terreni di riporto erano di varia provenienza. Il fatto che l'agricoltura professionale sia una fonte di reddito marginale nel territorio influisce sulle pratiche agricole, per cui le lavorazioni del terreno molto spesso sono semplificate e non vengono programmate in base alle reali esigenze del terreno. Inoltre le rotazioni vengono spesso effettuate con criteri tali da sfruttare eccessivamente la fertilità dei terreni, creando fenomeni di stanchezza. Di seguito si caratterizzano i campi sperimentali, grazie alle informazioni ricevute dai proprietari, dai sopralluoghi effettuati in campo, dalle foto eseguite e, dove disponibili, delle analisi dei terreni. Tutti i terreni analizzati presentavano rapporto carbonio/azoto equilibrato (tra 10,5 e 12,5) e, tranne dove indicato diversamente, contenuto di azoto totale compreso fra 0,1% e 0,2%

#### **5.1.2.1 Il campo sperimentale 1**

Il campo 1 appartiene a G.Fa., si trova a poche decine di metri dal mare e si estende per 1000 mq. Si trova in posizione pianeggiante. Prima della semina il terreno era incolto, ed è stato lavorato con un passaggio di zappatrice rotativa. Non si dispone delle analisi, tuttavia la tessitura è certamente sabbiosa con percentuali trascurabili di limo ed argilla, tanto che si può affermare che è il terreno più sabbioso tra quelli dei campi sperimentali analizzati. Si può inoltre affermare, sulla base delle analisi effettuate su altri terreni simili, che il pH è sicuramente superiore ad 8.



**Figura 39: Il campo sperimentale 1 a fine gennaio**

#### **5.1.2.2 Il campo sperimentale 2**

Il campo sperimentale 2 appartiene, come il campo 1, a G.Fa. e si trova a poche centinaia di metri dal mare. La superficie totale è di 4600 mq, suddivisa in due appezzamenti rettangolari da 1900 mq e 2700 mq. Il terreno l'anno precedente la semina del monococco era seminato a frumento duro, e le lavorazioni pre-semina sono state le stesse del campo sperimentale 1. Il terreno ha una tessitura e caratteristiche simili al precedente, certamente la componente sabbiosa è preponderante, ma presenta anche scheletro. Al centro dell'appezzamento sono inoltre presenti alberature che riducono notevolmente la superficie di coltivazione.



**Figura 40: il campo sperimentale 2 a fine gennaio (appezzamento grande)**



**Figura 41: il campo sperimentale 2 a fine gennaio (appezzamento piccolo)**

### **5.1.2.3 Il campo sperimentale 3**

Il campo sperimentale 3 appartiene a G. Fl. si trova a circa 8 km dal mare in territorio di Irgoli. è in posizione collinare, con esposizione sud, e si estende per 4500 mq. Il terreno,

prima della coltivazione, era adibito in parte a pascolo ed in parte a coltivazione di avena. Prima della semina è stato arato e fresato. Già dalla prima visita si è notato che le lavorazioni non erano state eseguite con accuratezza. La tessitura del terreno è franco sabbiosa, poiché presenta il 77,2% di sabbia, il 9,6% di limo e il 13,2% di argilla. Presenta scheletro di dimensioni inferiori ai 5 cm di diametro. Il terreno è a reazione debolmente acida, con pH di 6,07, con il 2,3% di sostanza organica ed elevati livelli di magnesio, ma scarsi livelli di Calcio e Potassio scambiabili. La C.S.C (Capacità di Scambio Cationico) è di 12,7 meq/100g, con basi saturate all'88,9% (dati 2013)



**Figura 42: il campo sperimentale 3 a metà gennaio**

#### **5.1.2.4 Il campo sperimentale 4**

Il campo sperimentale 4 appartiene a G.S. e si trova su un altopiano in comune di Dorgali, lungo la strada statale che da Orosei porta a Dorgali. Il campo è pianeggiante ed è formato da 2 appezzamenti, uno di 11000 mq e l'altro di 4000 mq, per un totale di 15000mq. L'appezzamento più grande è di forma irregolare e presenta molte tare, come alberi al centro del campo o massi affioranti. Ha inoltre una notevole presenza di scheletro

di dimensioni superiori ai 5 cm di diametro. L'appezzamento più piccolo è di forma rettangolare ed è stato parzialmente ripulito dallo scheletro. Il terreno è franco-sabbioso argilloso, con percentuali di sabbia, limo e argilla rispettivamente di 51,9%, 19,3% e 28,8%. La reazione del terreno è debolmente acida (pH 6,29) e la dotazione di sostanza organica è buona (3,8%). Presenta scarso livello di fosforo e potassio scambiabili, mentre è eccessivamente dotato di Magnesio e mediamente dotato di Calcio. La C.S.C. è 22,2 meq/100g, con basi saturate per l'83,2% (dati 2013). I terreni l'anno precedente la semina erano coltivati a foraggio polifita. Prima della semina sono stati passati con estirpatore e con erpice a dischi. Il terreno si presentava, già dalla prima visita, con dislivelli dovuti a lavorazioni mal eseguite anche superiori ai 40 cm

#### **5.1.2.5 Il campo sperimentale 5**

Il campo sperimentale 5 è stato coltivato da S.G. e si trova sulla pianura alluvionale del fiume Cedrino, a circa un chilometro dal mare. E' ampio 13.000 mq ed è suddiviso in 2 appezzamenti contigui, di forma rettangolare, posti in pianura. Il terreno è franco sabbioso, con percentuali di sabbia, limo e argilla del 61,2%, 19,6% e 19,2% rispettivamente e una reazione fortemente alcalina, con pH 8,60, calcare totale 1,1% di CaCO<sub>3</sub> e calcare attivo 0,4% di CaCO<sub>3</sub>, ciononostante presenta E<sub>Ce</sub> (conducibilità elettrica) pari a 1,317 mS/cm, quindi non è salino. Non presenta eccessi di sodio. E' un terreno ben dotato di sostanza organica (2,98%), molto ricco in magnesio e mediamente dotato in calcio, ma povero in Fosforo e Potassio. La C.S.C. è di 17,0 meq/100g, con basi sature al 99,5%. Il terreno è stato coltivato per 3 anni ad erba medica, poi, prima della semina, è stato arato e lavorato con zappatrice rotativa.



**Figura 43: il campo sperimentale 5 a metà gennaio**

#### **5.1.2.6 I campi sperimentali 6, 7 e 8**

Questi campi sperimentali sono in realtà un unico appezzamento di 3000 mq, su cui sono state coltivate tutte e 3 le varietà (ogni campo sperimentale si estende quindi per 1000 mq). L'appezzamento è di forma rettangolare, si trova su un altopiano, in lieve pendenza, distante circa 5 chilometri dal mare e in territorio comunale di Onifai, pur essendo più vicino al comune di Orosei. L'azienda in cui si trovano i campi sperimentali, di proprietà di S. L., è condotta in regime di agricoltura biologica. I terreni presentano tessitura franco-sabbioso-argillosa, con percentuali di sabbia, limo e argilla del 57,5%, 13,6% e 28,9% rispettivamente, e presentano notevole tenacità in condizioni di scarsa umidità. Il terreno è a reazione neutra, con pH di 7,26, ben dotato di sostanza organica (2,05%). Il terreno si presenta molto ricco in magnesio, ma povero in fosforo, potassio e calcio. La C.S.C. è di 16,0 meq/100g, con basi saturate per il 73,1%. Il terreno gli anni precedenti la semina del monococco è stato adibito a pascolo, poi, prima della semina, è stato dissodato con bulldozer e ripassato con erpice a dischi.

#### **5.1.2.7 Il campo sperimentale 9**





**Figura 44: Il campo sperimentale 9 a metà gennaio**

Il campo sperimentale 9 appartiene a T.E. ed ha una superficie di 3000 mq. E' situato in territorio comunale di Orosei, a meno di 1000 metri dal mare, e si trova in zona pianeggiante. Sul terreno sono state fatte analisi, tuttavia il terreno si presenta altamente eterogeneo e al suo interno si possono notare la matrice granitica, tipica della zona, e le matrici scistosa e basaltica, derivanti dai terreni di riporto utilizzati per bonificare la zona negli anni 40 del 1900. Mediamente, quindi, il terreno è franco sabbioso, con percentuali di sabbia, limo e argilla del 71,9%, 12,3% e 15,8% rispettivamente. Lo scheletro è presente, in quantità e dimensioni modeste, in alcune aree. La reazione è moderatamente alcalina, con pH di 8,09, e la dotazione in sostanza organica è dell'1,84%. Il calcare totale del terreno è 2,2%, mentre quello attivo è lo 0,9%. Il terreno è ricco di magnesio, potassio e fosforo, mentre risulta povero di calcio. La C.S.C è di 11,1 meq/100g, con basi saturate al 98,8%. L'anno precedente la semina il terreno era coltivato a foraggio ed il terreno, prima della semina, ha subito un passaggio di zappatrice rotativa.

#### **5.1.2.8 Il campo sperimentale 10**

Il campo sperimentale 10 appartiene ad A.V., si estende per 3000mq e si trova in territorio comunale di Orosei, a poca distanza dal mare e dai campi sperimentali 1 e 2. Il terreno si trova in posizione pianeggiante ed ha forma rettangolare. Non si hanno dati sulla natura del terreno, tuttavia si ipotizza, per analogia del terreno con il campo sperimentale 5, la natura sabbiosa e la reazione alcalina. In precedenza era coltivato ad orzo e prima della semina è stato lavorato molto superficialmente con zappatrice rotativa.



**Figura 45: il campo sperimentale 10 a fine gennaio 2013**

#### **5.1.2.9 Il campo sperimentale 11**

Il campo sperimentale 11 appartiene a M.D. e si estende per 2500 mq. Si trova a circa 5 chilometri dal mare e a un chilometro circa dalle cave di marmo del paese. L'appezzamento è di forma regolare, in lieve pendenza, e una porzione è in condizione quasi perenne di stress idrico. Il terreno è di colore rosso mattone quando è asciutto, presenta una rilevante percentuale di scheletro (materiale calcareo) di piccole dimensioni. Il terreno è certamente franco-sabbioso. Nessuna altra notizia può essere ricavata anche per l'assenza di terreni analizzati con caratteristiche simili. In precedenza era coltivato a fave, e prima della semina è stato passato con estirpatore e zappatrice rotativa.

#### **5.1.2.10 Il campo sperimentale 12**

Il campo sperimentale 12 si trova appena a sud del paese, distante circa 2 chilometri dal mare, ed appartiene a F.A.. Il terreno si estende per 9000 mq su un'area pianeggiante, ha forma rettangolare, ed è irrigabile. Presenta una quantità trascurabile di scheletro ed è molto simile al terreno dell'appezzamento 2. Non si conosce la precessione colturale, tuttavia prima della semina è stato passato con estirpatore e zappatrice rotativa



**Figura 46: il campo sperimentale 12 a fine gennaio 2013**

#### **5.1.2.11 Il campo sperimentale 13**

Il campo sperimentale 13 appartiene a C.F. e si trova su un altopiano, a pochi chilometri dal mare, nei pressi della frazione Sos Alinos del Comune di Orosei. L'appezzamento si estende per 7000 mq, ha forma rettangolare e presenta alberi secolari all'interno. Il terreno è poco profondo, presenta scheletro di grosse dimensioni e rocce affioranti ed è di matrice basaltica. La tessitura è franco-sabbioso-argillosa, con il 55,9% di sabbia, il 12,3% di limo ed il 31,8% di argilla e la reazione è moderatamente acida (pH 5,76). Il terreno è ben

dotato di sostanza organica (3,55%) presenta buoni livelli di calcio, fosforo e potassio, ma è eccessivamente ricco in magnesio. L'elevata C.S.C. (21,1 meq/100g) è saturata all'86,5%. Prima della semina è stato arato con aratro a dischi, poi passato per l'affinamento delle zolle con vibrocoltivatore



**Figura 47: Il campo sperimentale 13 a fine gennaio 2013**

#### **5.1.2.12 Il campo sperimentale 14**

Il campo sperimentale 14 è stato coltivato da B. C., è grande circa 4000 mq e si trova in territorio comunale di Siniscola, vicino alla località di S. Maria. Si trova in posizione di forte pendenza verso est e presenta piante e cespugli al suo interno. Il terreno è di matrice scistosa e presenta al suo interno rilevanti quantità di scheletro, anche di grandi dimensioni. La tessitura è franco-sabbiosa, con il 73,5% di sabbia, il 13,6% di limo e 12,9% di argilla. La reazione è moderatamente acida (pH 5,57), e la sostanza organica è al 2,58%. Presenta carenze in fosforo e calcio, e bassa C.S.C, ma buoni livelli di magnesio e potassio. Il terreno, l'anno precedente alla semina era incolto, poiché gli anni precedenti

aveva arbusti di macchia mediterranea. È stato passato con erpice a dischi prima della semina.



**Figura 48: il campo sperimentale 14 immediatamente prima della semina, a fine gennaio 2013**

#### **5.1.2.13 Il campo sperimentale 15**

Il campo sperimentale 15 si trova a poche centinaia di metri dalla foce del fiume Cedrino, ed è stato coltivato da A. P. Si estende per 12000 mq e si presenta di forma regolare, con poco scheletro. La tessitura è molto simile a quella dei campi 5 e 18, e il pH è sicuramente superiore ad 8. Non si conosce la precessione colturale, tuttavia prima della semina è stato passato con zappatrice rotativa.



**Figura 49: il campo sperimentale 15 a fine gennaio 2013**

#### **5.1.2.14 Il campo sperimentale 16**

Il campo sperimentale 16 si trova a poche centinaia di metri dal mare e dal campo 9, in territorio comunale di Orosei, ed è stato coltivato da A. P..La superficie è di 6000 mq e la posizione è pianeggiante. Il terreno è ben drenato, di forma rettangolare, e di tessitura franco-sabbiosa, con percentuali di sabbia, limo e argilla rispettivamente del 67,9%, 15,6% e 16,5%. La reazione del terreno è debolmente alcalina (pH 7,57), con percentuale di sostanza organica dell'1,89%. Il suolo è ben dotato di fosforo e magnesio, ma scarsamente dotato di Potassio e Calcio. La C.S.C. è di 12,7 meq/100gr, con basi saturate da cationi per l'82,1%. L'anno precedente la semina del monococco il terreno era seminato a foraggio. Prima della semina di monococco è stato passato con zappatrice rotativa



**Figura 50: il campo sperimentale 16 a fine gennaio 2013**

#### **5.1.2.15 Il campo sperimentale 17**

Il campo sperimentale 17 appartiene a M.V. e si estende su una superficie rettangolare di 2500 mq. L'appezzamento, pur trovandosi in territorio comunale di Fonni ad oltre 1000 m di altitudine, è in posizione pianeggiante. L'azienda in cui si trova il campo è condotta con il metodo biologico. Il terreno si presenta privo di scheletro, con tessitura franco sabbiosa e percentuali di sabbia, limo e argilla rispettivamente del 72,9%, 12,3% e 14,8%. Il pH è di 5,92, ed è il terreno più ricco in sostanza organica tra quelli analizzati (4,95%), ed è inoltre quello più ricco di azoto totale (0,26%) Presenta buoni livelli di fosforo, potassio e magnesio, ed una carenza di calcio. La C.S.C. è di 16,1 meq/100g, con basi saturate al 71,8%. Il campo, prima di essere seminato a monococco, era coltivato con fragole. Prima della semina il terreno è stato arato e ripassato con zappatrice rotativa

#### **5.1.2.16 Il campo sperimentale 18**

Il campo sperimentale 18 è coltivato da S.G. e si trova in territorio comunale di Orosei, sulla piana del fiume Cedrino, a poche decine di metri dal campo sperimentale 15. L'appezzamento è di forma regolare ed è ampio 51000 mq (è l'appezzamento più grande fra i 18 seguiti). Il terreno presenta bassissima percentuale di scheletro, ed è franco-sabbioso, con percentuale di sabbia, limo e argilla rispettivamente del 73,2%, 11,6% e 15,2%. È un terreno fortemente alcalino (pH 8,56), con 2,8% CaCO<sub>3</sub> di calcare totale e 1,0% CaCO<sub>3</sub> di calcare attivo, ma non presenta né problemi di salinità né di eccesso di sodio. La sostanza organica è 1,6%, il terreno presenta carenze di tutti gli elementi (azoto compreso, che tuttavia è stato somministrato nella dose di 40Kg/ha dopo la raccolta del campione di terreno) eccetto per il magnesio. La C.S.C è bassa (9,0 meq/100g), con basi saturate al 98,5%. Nulla si sa della precessione colturale del terreno. Prima della semina è stato arato e ripassato con zappatrice rotativa.



**Figura 51: il campo sperimentale 18**

### **5.1.3 Il ciclo della coltura e la raccolta**

Il grano monococco è stato coltivato in condizioni estremamente eterogenee anche nelle situazioni in cui i campi sperimentali si trovavano a poca distanza l'uno dall'altro. Tutti e 18 i campi sperimentali sono stati seminati a spaglio e il seme è stato ricoperto nei modi più diversi. Le quantità di seme distribuite per ettaro, sia per le varietà nude che per quelle vestite, erano variabili e, dove non indicato esplicitamente, erano comprese tra gli 80 kg e i 120 kg di seme per ettaro (in molti casi gli agricoltori non ricordavano il quantitativo seminato). All'interno dei 18 campi sperimentali si sono notate differenze molto marcate. Durante la prima visita il grano monococco si presentava molto rado, specie negli appezzamenti seminati a dicembre o in quelli privi di irrigazione (il terreno era particolarmente secco) tanto che in alcuni casi è stato difficile convincere gli agricoltori a non riseminare un'altra coltura. I campi sperimentali sono stati concimati solamente mediante concimazione azotata, nella dose massima di 50 unità di azoto per ettaro,



quindi, dove concimati, con dosi di azoto molto basse, ma le risposte date dagli agricoltori, spesso molto vaghe e incomplete, non permettono dati sufficientemente affidabili sulle unità di azoto distribuite, se non in rare eventualità.



**Figura 52: esempio di emergenza eccessivamente rada nel campo sperimentale 5 (foto gennaio 2013)**

Durante la seconda visita, effettuata a fine aprile, tra la varietà di frumento monococco Hammurabi e le varietà ID331 e Monlis si sono notate grosse differenze: tutti i campi di Hammurabi (3, 5, 8 e 12) erano in fase di botticella o inizio spigatura, comunque nella stessa fase fenologica del frumento duro di controllo coltivato nel campo sperimentale 18. I rimanenti campi, coltivati con le varietà Monlis e ID331 erano ancora ad inizio levata ed erano indistinguibili in campo. Lo stato fitosanitario delle colture era molto buono, eccetto sporadici attacchi di mal del piede (*Helminthosporium tritici*), e stress causati da ristagno idrico, poca profondità del terreno o siccità.

La presenza di malerbe era costante in tutti i campi e le specie presentavano un'elevatissima variabilità. Quasi tutti i campi non sono stati trattati. Tra le infestanti presenti vi erano sia specie tipiche dei cereali autunno-vernini, come il papavero (*Papaver rhoeas*), il Crisantemo comune (*Chrysanthemum segetum*), le romici (*Rumex acetosa*, *R.*

*crispus* e *R. obtusifolius*), l'avena (*Avena sterilis*), la loiessa (*Lolium multiflorum*), il bromo (*Bromus sterilis*) e l'orzo selvatico (*Hordeum murinum*), sia specie autoctone come cardi (*Carduus* spp.) e cardo mariano (*Sybilum marianum*), sia graminacee coltivate affini a *Triticum monococcum*, come orzo o frumento duro, derivanti da ricacci della coltura precedente o da semi estranei contenuti nella semente. In conseguenza di questo, è stato chiesto agli agricoltori di eliminare manualmente, per quanto possibile, le piante di frumento ed orzo estranee, poiché sarebbe stato impossibile eliminarle chimicamente e il raccolto avrebbe dovuto essere utilizzato in larga parte per le semine dell'anno successivo. Cosa che è stata fatta solo parzialmente. Infine si è osservato come la coltura, nei campi sperimentali in cui era eccessivamente rada all'emergenza avesse recuperato soltanto in alcuni casi in modo da essere paragonabile agli altri campi che avevano manifestato fin da subito un'omogenea e fitta emergenza. Durante la terza visita ai campi il numero di spighe per m<sup>2</sup> ha assunto valori molto diversi, dalle 300 alle 1500. In questo periodo (fine giugno 2013) si sono notate le ulteriori differenze tra le 3 varietà di grano monococco ed il grano duro di riferimento: la varietà Hammurabi si presentava a fine giugno a maturazione di morte, mentre ID331 e Monlis erano a maturazione cerosa, così come il frumento duro "Senatore Cappelli". Il campo sperimentale 17, tuttavia, rappresentava un'eccezione, poiché, al momento della visita (10 luglio) era appena avvenuta la fioritura. In nessun campo erano presenti fenomeni di allettamento. Altra differenza importante era l'altezza della pianta, che nella maggior parte dei campi di monococco era di circa 120 cm (non misurata), mentre quella del frumento duro "Senatore Cappelli" era di circa 180 cm.

Al momento della raccolta si sono manifestati i problemi maggiori: la prima metà del mese di luglio è stata caratterizzata da piogge frequenti, alcune delle quali di grossa entità. Tutti i campi sono stati raccolti dalla stessa persona, ad eccezione del 17. La raccolta è stata effettuata molto tardivamente (seconda metà di luglio), poiché nella zona di Orosei non sono disponibili mietitrebbiatrici, che devono venire da fuori, ed in alcuni campi si sono verificati spezzamenti del rachide delle spighe, accentuati dal vento, che hanno causato notevoli perdite di prodotto. La regolazione della mietitrebbiatrice era inadeguata, poiché eccessivamente "aggressiva" verso il prodotto (questo aspetto verrà ripreso con le analisi di laboratorio effettuate sulle cariossidi), e poiché con ventilazione eccessiva. In tutte e 3 le varietà di monococco raccolte il prodotto si presentava visivamente pulito, addirittura con pochissimi semi rimasti vestiti in tutti i campioni della varietà Hammurabi, ma con una percentuale rilevante di semi rotti. Il problema più grosso è stata la ventilazione eccessiva,

che ha causato perdite di prodotto che, per quanto riguarda la varietà ID331, sono del 60% nell'unico caso di cui si hanno dati (il campo sperimentale e il relativo campione di granella non sono tra quelli analizzati in questa tesi), mentre non è possibile effettuare una stima per le varietà Hammurabi e Monlis. Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva della situazione di ogni campo, e vengono descritte le situazioni di ogni campo sperimentale nel dettaglio.

ID campo sperimentale	Data di semina	Specie e varietà	Emergenza coltura a gennaio	Presenza malerbe ed eventuale diserbo
1	12/12/2012	Monlis	Discreta	Molto presenti
2	12/12/2012	ID331	Discreta	Molto presenti
3	20/12/2012	Hammurabi	Non soddisfacente	Mediamente presenti
4	28/12/2012	ID331	Discreta	Molto presenti
5	20/11/2012	Hammurabi	Scarsa	Poco presenti
6	15/02/2013	ID331	Non seminata	Non presenti
7	15/02/2013	Monlis	Non seminata	Non presenti
8	15/02/2013	Hammurabi	Non seminata	Non presenti
9	28/12/2012	ID331	Buona	Mediamente presenti
10	10/12/2012	ID331	Scarsa	Molto presenti
11	28/11/2012	ID331	Ottima	Poco presenti
12	30/11/2012	Hammurabi	Ottima	Diserbato/mediamente presenti
13	17/10/2012	ID331	Ottima	Molto presenti
14	28/01/2013	ID331	Non ancora emersa	Mediamente presenti
15	20/12/2012	ID331	Mediocre	Mediamente presenti
16	21/12/2012	ID331	Buona	Poco presenti
17	05/02/2013	ID331	Non ancora seminata	Non presenti
18	30/11/2012	Senatore Cappelli	Ottima	Non presenti

**Tabella 3: Data di semina, specie e varietà seminata, giudizi sull'emergenza e sulla presenza di malerbe nei 18 campi sperimentali**

ID campo sperimentale	Varietà	Spighe /m <sup>2</sup>	Prodotto raccolto (kg)	Resa (kg/ha)
1	Monlis	nd	nd	nd
2	ID331	620	900	1950
3	Hammurabi	952	200	440
4	ID331	56/527 - 734	1000	660
5	Hammurabi	945	1800	1400
6	ID331	1180	90	1200
7	Monlis	1200	120	900
8	Hammurabi	1540	100	1000
9	ID331	540	600	2000
10	ID331	nd	40	130
11	ID331	420/620	200	800
12	Hammurabi	840	700	1100
13	ID331	nd	150	210
14	ID331	nd	300	Nd
15	ID331	550	1100	920
16	ID331	611	700	1170
17	ID331	340	220	900
18	Senatore Cappelli	nd	18900	2700

**Tabella 4: varietà, numero di spighe per m<sup>2</sup>, produzione e resa dei campi sperimentali**

#### **5.1.3.1 Il campo sperimentale 1**

Nel campo sperimentale 1 la coltura (*T. monococcum* var. Monlis) è stata seminata il 12/12/2012, ed il seme è stato ricoperto con un passaggio superficiale di zappatrice rotativa. L'emergenza, durante la prima visita, era piuttosto uniforme, ma l'appezzamento risultava già visibilmente infestato da *Phragmites communis* Trin (canna palustre); sicuramente era inimmaginabile la situazione che si sarebbe presentata nei mesi seguenti. Durante la seconda visita il campo era fortemente infestato e la coltura, ad inizio levata, era sovrastata dalle numerose infestanti, tanto che in alcuni punti era impossibile vederla. Il maggiore problema era rappresentato da *Phragmites communis* (canna palustre) e da

*Chrysanthemum segetum* L. (crisantemo campestre) mentre la presenza di *Phalaris* spp (falaridi) era sicuramente trascurabile. Non era presente inquinamento da piante appartenenti al genere *Triticum* che non fossero la coltura seminata, o al genere *Hordeum*. Sul campo non sono stati fatti rilievi sulla densità di individui/m<sup>2</sup>. Anche al momento della raccolta, avvenuta in ritardo di circa 2 settimane dalla maturazione di raccolta, erano ben visibili le numerose piante infestanti. Poco prima della raccolta sono stati individuati danni da allettamento in una porzione del campo, mentre i danni da rottura del rachide delle spighe erano poco rilevanti. Non sono disponibili dati sulla produzione di granella, nè sulla resa.



**Figura 53: il campo sperimentale 1 a inizio maggio 2013, fortemente infestato**



**Figura 54: il campo sperimentale 1 a inizio luglio 2013**

### 5.1.3.2 Il campo sperimentale 2

Nel campo sperimentale 2 la coltura è stata seminata il 12/12/2012, con le stesse modalità del campo precedente. Durante il mese di gennaio l'emergenza è apparsa discreta. Tuttavia, dopo aver appreso che sull'appezzamento più grande del campo sperimentale era stato seminato frumento l'anno precedente, è stato verificato, mediante estirpamento di alcune plantule ed osservazione del seme ancora associato, che era presente inquinamento dalla coltura precedente. Ad aprile, è stato osservato che l'appezzamento osservato a gennaio era molto infestato da ricacci della coltura precedente, tanto da sembrare seminato a frumento duro (in figura 53, oltre che in figura 54, è possibile vedere l'enorme entità dell'inquinamento) oltre che da *Papaver rhoeas* e *Avena fatua*. Ugualmente infestato, ma non da *Triticum turgidum*, risultava l'appezzamento più piccolo del campo sperimentale. Al momento della raccolta sono state rilevate 620 spighe/m<sup>2</sup> nell'appezzamento senza i ricacci di grano duro. La coltura, nei giorni prima della raccolta, non presentava fenomeni di allettamento e le spighe non risultavano spezzate. La raccolta ha prodotto 900 Kg di granella, con una resa di 1950 Kg/ha, dato assolutamente privo di significato, oltre che per le ingenti perdite verificate ex post, anche per l'alto contenuto di frumento duro tra il prodotto raccolto. Il campione di granella per le analisi di laboratorio è stato pertanto preso dal raccolto dell'appezzamento più piccolo.



**Figura 55: L'appezzamento più grande del campo sperimentale 2 a inizio maggio 2013, con forte infestazione di grano duro**



**Figura 56: L'appezzamento più piccolo del campo sperimentale 2 a inizio maggio 2013**



**Figura 57: Il campo sperimentale 2**

### 5.1.3.3 Il campo sperimentale 3

Il campo sperimentale 3 è stato seminato il 20/12/2012 e ricoperto mediante passaggio di zappatrice rotativa. Una parte dell'appezzamento di circa 500mq, durante la prima visita, è risultata eccessivamente infestata da *Raphanus raphanistrum* (ravanello selvatico), tanto da richiedere la risemina. A causa della siccità e della non irrigabilità dell'appezzamento, le emergenze erano molto irregolari. Le lavorazioni di affinamento del terreno apparivano inoltre eseguite con poca cura e tali da accentuare le irregolarità del terreno. Durante la seconda visita l'area riseminata appariva ugualmente infestata da *Raphanus raphanistrum*, ma si è comunque deciso di non effettuare alcun trattamento erbicida. La canopy della coltura era irregolare, vi erano aree del campo (circa 200 m<sup>2</sup> in tutto) in cui la coltura era totalmente assente, altre in cui vi erano le piante in stato di stress, causato, come si sarebbe scoperto dopo le analisi fitopatologiche, dal Mal del Piede (*Helminthosporium tritici*). Inoltre, il campo risultava infestato pesantemente in alcuni punti da *Raphanus raphanistrum*, mentre erano presenti con omogeneità e in bassa misura infestazioni di *Myagrum perfoliatum* (miagro), *Chrisantemum segetum* (crisantemo campestre), *Papaver rhoeas* (papavero), *Fumaria officinalis* (fumaria), *Rumex crispus* e *obtusifolius* (romici) e *Sylibum marianum* (cardo mariano).



**Figura 58: il campo sperimentale 3 con attacco di Mal del piede**



Al momento della raccolta la densità di spighe/m<sup>2</sup> risultava di 920 spighe/m<sup>2</sup>, dato comunque poco significativo poiché relativo soltanto ad un'area di circa 1000 m<sup>2</sup>, che rappresentava la parte con le spighe più fitte. Prima della raccolta sono state notate macchie nere sulle glume che si sono viste indicatrici della mancanza di cariossidi all'interno della spiga. Difatti gran parte delle spighe erano caratterizzate da questo fenomeno. La produzione è stata di 200 kg, con una resa di 440 kg/ha. Non erano presenti fenomeni di allettamento alla raccolta, né risultavano spighe spezzate.



**Figura 59: Il campo 3 prima della raccolta**

#### **5.1.3.4 Il campo sperimentale 4**

Il campo sperimentale 4 non è stato visitato a gennaio, ma solamente a maggio e luglio. Il seme, dopo la semina, avvenuta il 28/12/2012, è stato ricoperto con un passaggio di erpice a dischi. La visita di maggio ha messo in luce grandi problemi di emergenza nell'appezzamento con presenza prevalente di scheletro, dovute proprio alla mancanza di terra fine. Molto buona invece l'emergenza nell'appezzamento spietrato. L'appezzamento con grande presenza di pietre presentava accentuati dislivelli, dovuti alla presenza di pietre di grosse dimensioni e rocce affioranti ed alla scarsa cura messa nelle lavorazioni preparatorie del terreno. Inoltre erano presenti infestanti, tra le quali *Bromus* spp, *Apera apica-venti* e *Phalaris canariensis* diffuse con elevata intensità nelle aree dove migliore era stata l'emergenza della coltura, mentre *Anthemis arvensis*, *Anagallis arvensis*, *Ranunculus*

*repens*, *Sylibum marianum* e *Rumex acetosa* erano presenti soprattutto nelle aree del campo dove la coltura era scarsamente o per nulla emersa. Nell'appezzamento più piccolo (quello spietrato) erano invece presenti infestazioni di *Sonchus asper*, *Daucus carota*, *Sylibum marianum*, *Cirsium arvense* e *Phalaris canariensis*. Il danno causato dalle infestanti era sicuramente rilevante in entrambi gli appezzamenti.



**Figura 60 Il campo sperimentale 4 con infestazione prevalente da graminacee**

Nel mese di giugno la situazione è apparsa in tutta la sua problematicità. L'appezzamento più grande era composto da un'area (circa il 40%) in cui la coltura presentava una densità di 520 spighe/m<sup>2</sup>, un'area grande circa il 20% in cui la densità era di 57 spighe/m<sup>2</sup>, visibilmente più piccole delle spighe al punto precedente, e la rimanente area (circa il 40%) era una via di mezzo tra le due. Nell'appezzamento più piccolo invece, molto omogeneo, la densità era di 730 spighe/m<sup>2</sup>. Al momento della raccolta i danni da rotture del rachide avevano causato la perdita di oltre il 10% delle spighe, mentre di entità trascurabile appariva l'allettamento. La raccolta, che è stata effettuata in ritardo di circa 10 giorni dalla maturazione di raccolta, ha prodotto 1000 Kg di granella, per una resa di 660 Kg/ha. Appare certo che la pessima sistemazione del campo abbia influito negativamente sulla raccolta.



**Figura 61: Il campo sperimentale 4 ad inizio luglio 2013**

#### **5.1.3.5 Il campo sperimentale 5**

Il campo sperimentale 5 è stato seminato il 20/11/2012 ed il seme è stato ricoperto mediante 2 passaggi incrociati di erpice a maglie. Durante la prima visita, avvenuta a gennaio, l'emergenza è stata così insoddisfacente da spingere il coltivatore del terreno a riseminare, evento che è stato scongiurato con molta fatica. L'emergenza della coltura era particolarmente rada, ed il terreno, già coperto di malerbe, seppure di bassa competitività (*Oxalis* spp), lasciava presagire una forte infestazione. Tuttavia la canopy della coltura, all'inizio del mese di maggio, si presentava uniforme, non erano evidenti né carenze nutrizionali né sintomi di malattia (come il Mal del Piede). La coltura tuttavia risultava visibilmente infestata (circa 0,2 spighe/m<sup>2</sup>) solamente da individui estranei di grano duro, contaminazione che sicuramente era presente nella semente e avvenuta o in campo o in fase di raccolta, ovviamente l'annata agraria precedente (2011/2012) a quella della prova, ma il risultato era tale che il campo sembrava diserbato. Al momento della raccolta non erano presenti fenomeni di allettamento, la copertura era ancora molto omogenea con 950 spighe/m<sup>2</sup> e una moda di 10 culmi di accestimento per pianta. La raccolta ha prodotto circa 1800 Kg, con una resa di circa 1400 Kg/ha. Questo campo sperimentale, secondo il racconto del coltivatore, per tutto il ciclo della coltura non ha ricevuto nessuna concimazione.



**Figura 62: Il campo sperimentale 5 all'inizio di maggio 2013**

#### **5.1.3.6 I campi sperimentali 6, 7, 8**

Per tutti e 3 questi campi sperimentali non è stata effettuata la visita di gennaio, ma solo quelle di maggio e luglio. Tuttavia nella prima visita non sarebbe stato possibile valutare l'emergenza della coltura, poiché la semina, nei 3 campi sperimentali, è avvenuta il 15/02/2013. La dose di semina è stata decisamente elevata (250 kg/ha) ed il seme è stato ricoperto mediante passaggio di erpice a denti. Al momento della prima visita risultava molto omogenea la canopy della parte di appezzamento coltivata con la varietà Hammurabi, mentre meno omogenei risultavano le parti coltivate a ID331 e Monlis. Si è comunque verificato come, nei punti in cui la coltura era più rada vi fossero sassi di grosse dimensioni o rocce affioranti. Gli stadi fenologici delle 3 varietà erano visibilmente diversi: seminate lo stesso giorno, la varietà Hammurabi era prossima alla fioritura, mentre ID331 e Monlis erano ancora in fase di levata. Lo stato fitosanitario della coltura era eccellente. Il numero di specie infestanti presenti nella coltura era elevato, ma con pochi individui ciascuna, ad eccezione della specie più presente, *Capsella bursapastoris*. Tuttavia la presenza di malerbe era visibilmente bassa, soprattutto dove vi era seminata la varietà Hammurabi. All'inizio del mese di luglio, i campi sperimentali erano omogenei, la varietà Hammurabi era già alla maturazione di morte, mentre Monlis era a maturazione di raccolta e ID331 era a maturazione cerosa avanzata. Il numero di individui/m<sup>2</sup> era decisamente

alto, con Hammurabi che ne presentava 1540, mentre ID331 e Monlis 1180. Nonostante l'elevata densità e, conseguentemente, il minor diametro dei culmi, non erano presenti fenomeni di allettamento.



**Figura 63: i campi sperimentali 6, 7 e 8 ad inizio maggio 2013**

A metà del mese di luglio è stato compiuto un veloce sopralluogo per verificare la presenza di spighe rotte, col risultato che solamente il 10% delle spighe osservate in Monlis e ID331 presentava rotture di piccola entità, mentre assolutamente trascurabile era la quantità di spighe rotte in Hammurabi.



**Figura 64: il campo sperimentale 8 (Hammurabi) a metà luglio 2013**

La raccolta ha prodotto 120 kg nella varietà Monlis (campo sperimentale 6), 90 Kg nella varietà ID331 e 100 Kg nella varietà Hammurabi, con una resa di 1200 Kg/ha, 900 Kg/ha e 1000 Kg/ha rispettivamente. Il momento della raccolta è avvenuto in ritardo di circa 30 giorni per la varietà Hammurabi, mentre di 10 giorni per le altre 2 varietà. Poiché tra un campo sperimentale e l'altro vi era continuità e ID331 e Monlis erano di dubbia distinguibilità in campo, si è deciso di includere, tra le analisi di laboratorio, una verifica dell'omogeneità del campione 7 (ID331).

#### **5.1.3.7 Il campo sperimentale 9**

Il campo sperimentale 9 è stato seminato il 28/12/2012 e ricoperto con passaggio di zappatrice rotativa. Durante la prima visita le emergenze erano uniformi e il terreno risultava sufficientemente livellato. Durante il mese di aprile la canopy della coltura risultava omogenea, così come lo stato fitosanitario della coltura era buono. La quantità di malerbe presenti era rilevante, con forte presenza di *Medicago lupulina*, *Avena fatua* e, sporadicamente, di *Stellaria media*, *Papaver rhoeas*, *Hordeum murinum* e *Triticum turgidum* ssp. *durum* (presente nella semente). Il campo è stato concimato con 30 unità di azoto per ettaro, eseguite prima della levata. Durante il sopralluogo effettuato il 14 luglio, la coltura era a maturazione di morte ed aveva dominato tutte le infestanti eccetto *Avena fatua*, ancora visibile, era omogenea con 540 spighe/m<sup>2</sup> e non presentava fenomeni rilevanti di allettamento. Numerose invece erano le spighe spezzate, stimabili al 30% del totale. La coltura ha prodotto 600 Kg, con una resa di circa 2000 Kg/ha.



**Figura 65: il campo sperimentale 9 a inizio maggio**

### 5.1.3.8 Il campo sperimentale 10

Il campo sperimentale 10 è stato seminato il 10/12/2012 senza subire lavorazioni e il seme è stato ricoperto con un passaggio leggero di erpice a dischi (così leggera da non avere neppure interrato i residui della coltura precedente). Già dalla prima visita risultava evidente l'inadeguatezza della lavorazione e della scelta di seminare monococco in questo appezzamento, poiché era il terzo anno che era coltivato a graminacee. Il terreno era già coperto uniformemente a fine gennaio, ma non solo dalla coltura.

Durante la visita effettuata ad inizio maggio la coltura passava decisamente in secondo piano rispetto alle infestanti presenti, tanto che, vista l'elevata percentuale di infestazione, passano in secondo piano eventuali osservazioni in merito allo stato fitosanitario della coltura. Erano presenti *Lolium multiflorum*, *Avena fatua*, *Phalaris canariensis*, *Sonchus arvensis*, *Bromus* spp, *Hordeum murinum* e *vulgare*, *Triticum turgidum* ssp. *durum*, *Daucus carota*, *Rumex acetosa* e altre specie, in misura minore. Prima della raccolta (la terza visita è avvenuta a metà del mese di luglio), quando la coltura ha sovrastato la maggior parte delle specie infestanti, è stato possibile notare che, per le numerosissime fallanze, risultava coperto dalla coltura solamente il 30% dell'appezzamento, alternando settori in cui la coltura appariva fitta ed omogenea a settori in cui dominavano le malerbe. Oltretutto le spighe spezzate erano almeno il 40% del totale. La raccolta ha prodotto 40 kg, con una resa di circa 130 kg/ha.



**Figura 66:il campo sperimentale 10 ad inizio aprile**



**Figura 67: il campo sperimentale 11 a metà luglio 2013**

#### **5.1.3.9 Il campo sperimentale 11**

Il campo sperimentale 11 è stato seminato il 28/11/2012 e il seme è stato ricoperto con un passaggio di estirpatore. Durante la prima visita le emergenze erano regolari e l'operazione di ricoprimento dei semi era così ben fatta che il campo sembrava seminato mediante seminatrice. In un punto del campo, quello con falda più superficiale, la copertura era molto buona. Nel secondo sopralluogo la coltura era in fase di levata, e la sua canopy si presentava omogenea nell'80% della superficie dell'appezzamento, mentre nel restante 20%, comprendente anche l'area maggiormente soggetta a ristagno idrico e con falda superficiale, lo sviluppo della coltura era sub ottimale. Lo stato fitosanitario della coltura era quindi decisamente buono, e non vi era presenza di malerbe ad eccezione di *Triticum turgidum*, presente come inquinamento della semente. Nell'intervallo tra il sopralluogo di maggio e quello di luglio il proprietario del terreno ha comunque eliminato manualmente le piante estranee, con risultati più che buoni. Nel sopralluogo di luglio sono state riconfermate le osservazioni sulla crop canopy, in particolare si è osservato che nell'80 % dell'appezzamento con copertura ottimale erano presenti 620 spighe/m<sup>2</sup>, mentre nel restante 20% in evidente stato di stress dovuto ad asfissia radicale e alla maggiore pietrosità del terreno, erano presenti 420 spighe/m<sup>2</sup>, con spighe più piccole del 25%



rispetto a quelle delle piante ben sviluppate. La raccolta ha prodotto circa 200 Kg, con una resa di 800 Kg/ha.



**Figura 68: il campo sperimentale 11 a fine aprile 2013**

#### **5.1.3.10 Il campo sperimentale 12**

Il campo sperimentale 12 è stato seminato il 30/11/2012 e il seme è stato ricoperto mediante passaggio di zappatrice rotativa. Durante la prima visita (fine gennaio) il campo risultava ben lavorato e perfettamente livellato, e le emergenze erano regolari. Nella seconda ispezione la coltura si trovava in fase di fioritura e la canopy era abbastanza omogenea, ad eccezione di alcune aree poste lungo le testate del campo, in cui sicuramente la quantità di seme era insufficiente. Lo stato fitosanitario della coltura era discreto. La coltura è stata diserbata, cosicché la presenza di malerbe è stata trascurabile. Tuttavia, lungo una testata del campo era presente una forte contaminazione da grano duro, a causa della pessima pulizia del seme utilizzato per completare la semina. Al momento del terzo sopralluogo la copertura del campo era più omogenea rispetto al sopralluogo precedente, con 840 spighe/m<sup>2</sup>. L'altezza delle piante era di circa 1 m, e non risultavano né fenomeni di allettamento, né di rottura delle spighe. La produzione del campo è stata di 1000 Kg, con una resa di circa 1100 Kg/ha.



**Figura 69: il campo sperimentale12 a fine aprile 2013**



**Figura 70: il campo sperimentale 12 a metà luglio 2013**

#### **5.1.3.11 Il campo sperimentale 13**

Il campo sperimentale 13 è stato seminato il 17/10/2013 ed il seme è stato ricoperto con un passaggio di erpice tipo Howart. Durante la prima ispezione la coltura è apparsa eccessivamente sviluppata per il periodo (fine gennaio), con copertura del terreno molto uniforme. Il terreno era stato coltivato l'anno precedente a prato di graminacee, era stato lavorato poco profondo (per via delle rocce affioranti) e l'appezzamento era stato seminato per metà con grano monococco, ma l'altra metà era seminata a orzo, per cui si è individuato subito il rischio di una successiva pesante infestazione da graminacee. Al secondo sopralluogo la coltura si presentava all'inizio della levata, visibilmente aveva sofferto per il ristagno idrico causato dalle abbondanti piogge del mese di marzo, era ben messa dal punto di vista fitosanitario, ma presentava fortissime infestazioni da *Avena fatua* e *Hordeum vulgare* e presenza di *Phalaris* spp., *Rumex acetosa* ed *Anthemis arvensis*. Sicuramente la contaminazione da orzo è avvenuta per la scarsa purezza della semente di grano monococco, come confermato anche dal proprietario del terreno. Al momento della raccolta la percentuale di spighe rotte era del 60%, così come erano rilevanti i danni causati da volatili sulle spighe e l'allettamento causato dal passaggio di animali selvatici. Il prodotto raccolto è stato 150 kg, con una resa di circa 210 kg/ha



**Figura 71: il campo sperimentale 13 a fine aprile 2013, fortemente infestato da avena selvatica**

#### **5.1.3.12 Il campo sperimentale 14**

Il campo sperimentale 14 è stato seminato il giorno 28/01/2013 ed il seme è stato interrato mediante un passaggio di erpice a dischi, in occasione del primo sopralluogo. Il campo sperimentale era per metà in piano e per metà in pendenza. Le lavorazioni sono state effettuate discretamente, tuttavia in alcuni punti il livellamento del terreno non era soddisfacente. Purtroppo non è stato possibile visitare l'appezzamento nel mese di maggio. Durante il mese di luglio, prima della raccolta, si è visto come la copertura vegetale non fosse soddisfacente e le piante fossero di altezza inferiore agli 80 cm. Non si hanno notizie né sulla produzione, né sulla resa.

#### **5.1.3.13 Il campo sperimentale 15**

Il campo sperimentale 15 è stato seminato il 20/12/2012 e ricoperto con un passaggio di zappatrice rotativa. Durante il primo sopralluogo l'emergenza appariva regolare, il terreno era ben livellato e in alcuni punti presentava ancora i residui della coltura precedente. Ad inizio maggio, in occasione della seconda ispezione, lo stato fitosanitario della coltura appariva ottimo, tuttavia le emergenze erano irregolari, specie al centro del campo in un'area grande il 5% della superficie del campo sperimentale. Le malerbe più problematiche erano *Carduus* spp., *Sylibum marianum*, *Avena fatua* e le impurità della semente, rappresentate da grano duro ed orzo, mentre erano presenti in misura minore, soprattutto nelle aree di scarsa emergenza della coltura, *Lolium multiflorum*, *Myagrum perfoliatum*, *Rapistrum rugosum*, *Anagallis arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Rumex acetosa* e *Ranunculus* spp. Al momento della raccolta le spighe rotte erano circa il 15%, mentre non si conosce il numero di spighe/m<sup>2</sup>. La raccolta, che è avvenuta il 25 luglio, con circa 15 giorni di ritardo rispetto alla maturazione fisiologica, ha dato una produzione di 1100 Kg ed una resa di circa 920 Kg/ha.



**Figura 72: il campo sperimentale 15 a metà luglio**

#### **5.1.3.14 Il campo sperimentale 16**

Il campo sperimentale 16 è stato seminato il 21/12/2012, ed il seme è stato ricoperto con le stesse modalità del campo sperimentale 15. Durante il primo sopralluogo l'emergenza era regolare e le plantule erano in fase di accostamento. Il terreno era lavorato regolarmente e non presentava dislivelli. Purtroppo non è stato possibile visitare il terreno ad aprile, ma il 15 luglio la coltura appariva molto omogenea, con un'ottima copertura vegetale, un numero di spighe/m<sup>2</sup> di 550, senza problemi fitosanitari e pulita da malerbe, eccetto sporadiche (circa 0,01spighe/m<sup>2</sup>) piante di grano duro. L'altezza era di circa 1,30m. L'allettamento era assente, tuttavia le spighe spezzate erano circa il 50%. Sono stati raccolti 700 Kg di prodotto, con una resa di 1170 Kg/ha. Si stima che la raccolta sia avvenuta con un ritardo di circa 20 giorni.



**Figura 73: il campo sperimentale 16 a metà luglio, con forte presenza di spighe spezzate**

#### **5.1.3.15 Il campo sperimentale 17**

Il campo sperimentale 17 (varietà ID331) è stato seminato il 5/02/2012 ed il seme è stato ricoperto mediante passaggio di erpice a denti. La quantità di seme utilizzata per la semina è stata circa 60 kg/ha. Durante la visita effettuata ad inizio maggio (2/05/2012) la coltura era in fase di levata, decisamente in ritardo rispetto a tutti gli altri campi sperimentali, di circa 30 giorni. La copertura vegetale era uniforme, eccetto alcuni punti (sulle testate del campo) in cui vi erano problemi di ristagno idrico. Nel sopralluogo fatto il 5 luglio 2013 la coltura aveva appena fiorito, l'altezza era di circa 150 cm e la lunghezza delle spighe era circa il 30% maggiore rispetto a quelle degli altri campi sperimentali (sono stati presi come esempio le spighe dei campi 9 e 15). Le spighe erano in numero di 350/m<sup>2</sup>, ed il numero di culmi di accestimento per pianta era piuttosto basso (moda di 3 culmi/pianta). L'infestazione da malerbe era molto bassa, tra le specie presenti vi erano *Matricaria camomilla*, diffusa sotto il piano della coltura, alcune zone in cui era presente *Avena fatua* e qualche pianta di grano duro (0,01 piante/m<sup>2</sup>) La raccolta è avvenuta a metà del mese di agosto, ha prodotto circa 220 kg con una resa di circa 900 Kg/ha. Al

momento della raccolta non erano presenti né fenomeni di allettamento, né rottura di spighe

A fianco del campo sperimentale 17 era stato destinato, con le stesse operazioni colturali del campo sperimentale 17, un appezzamento alla semina della varietà Hammurabi. Tuttavia l'emergenza della coltura è stata assente e le rare spighe nate nel campo non hanno prodotto seme.



**Figura 74: il campo sperimentale 17 il 7 luglio 2013. E' evidente il ritardo della coltura rispetto ai campi sperimentali nella zona di Orosei**

#### **5.1.3.16 Il campo sperimentale 18**

Il campo sperimentale 18 è il campo di controllo, in cui è stato seminato grano duro (varietà Senatore Cappelli). Siccome si è deciso di includerlo solamente in un secondo momento nella prova, a raccolta già avvenuta, le osservazioni effettuate sono carenti. La coltura è stata seminata nel mese di novembre con le stesse modalità del campo sperimentale 5. A maggio l'altezza della coltura appariva superiore ai 150 cm e la copertura omogenea, ma non è stato possibile osservare lo stato fitosanitario della coltura. Non appariva infestazione di malerbe. Al momento della raccolta l'altezza della coltura era almeno di 170 cm, e non erano presenti fenomeni di allettamento.



**Figura 75: il campo sperimentale 18 ad inizio maggio2013**

## **5.2 Risultati delle analisi di laboratorio sulle cariossidi e sulle piante**

### **5.2.1 Cariossidi intere**

I campioni, all'arrivo ai laboratori del CRA-QCE, si presentavano molto eterogenei, sia per quantità ( variavano da circa 500 g a 5 kg) sia per purezza fisica. A causa di questo, si è deciso di effettuare una pulizia manuale su una piccola parte di ogni campione (100 g) per effettuare le analisi morfologiche e la parte di quelle chimiche che necessitassero di un'accurata purezza fisica. La restante parte di ogni campione è stata pulita meccanicamente, sia per questioni di tempo, sia per capire quanto fosse accurata la pulizia meccanica.

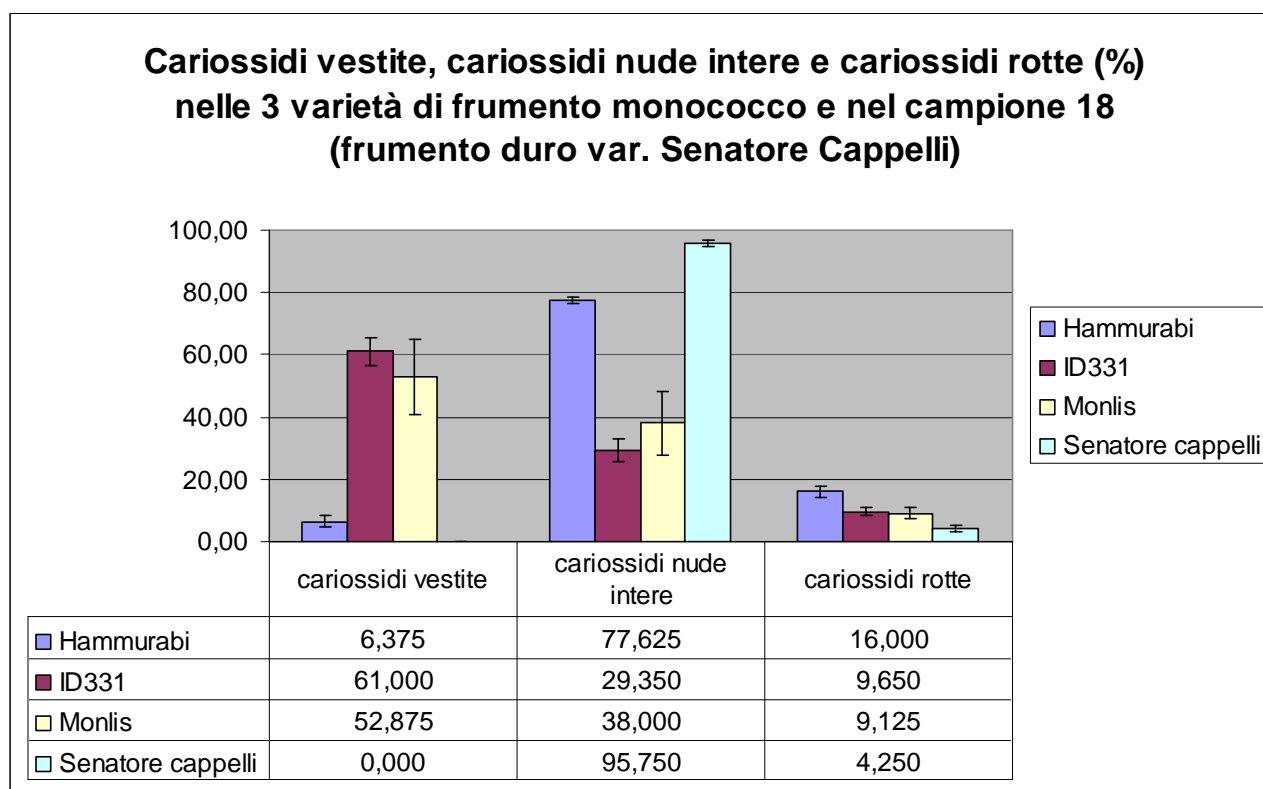
#### **5.2.1.1 Percentuale di cariossidi vestite, nude intere e rotte**

<u>ID campione</u>	<u>Varietà</u>	<u>% cariossidi vestite</u>	<u>% cariossidi nude intere</u>	<u>% cariossidi rotte</u>
1	Monlis	28,75	58,25	13
7	Monlis	77	17,75	5,25
2	ID331	46,75	46,75	6,5
4	ID331	59	26	15



6	ID331	72,5	23,75	3,75
9	ID331	41,25	38,5	20,25
10	ID331	43,75	39,25	17
11	ID331	27,75	55,75	16,5
13	ID331	87	9,25	3,75
14	ID331	93,25	5	1,75
15	ID331	78,5	15,25	6,25
16	ID331	60,25	34	5,75
17	ID331	ND	ND	ND
3	Hammurabi	2,5	82,5	15
5	Hammurabi	6,25	76,75	17
8	Hammurabi	14,75	76,75	8,5
12	Hammurabi	2	74,5	23,5
18	Senatore Cappelli	0	95,75	4,25

**Tabella 5: cariossidi vestite, nude intere e rotture dei 18 campioni**



**Figura 76: Cariossidi vestite, cariossidi nude intere e cariossidi rotte nelle 3 varietà di frumento monococco e nel campione di riferimento (Senatore Cappelli)**

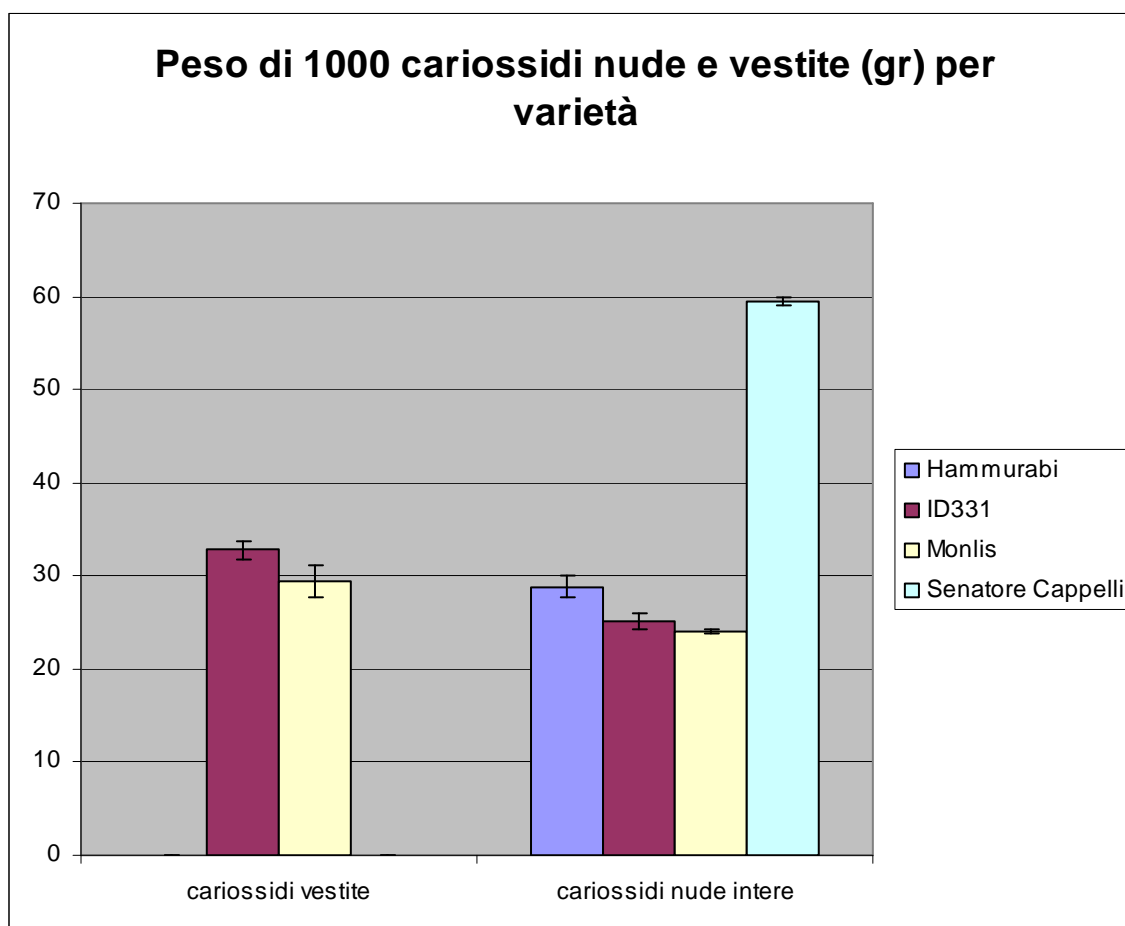
*I quattro colori delle barre di questo grafico (Figura 76) contraddistinguono in modo univoco le varietà per tutti i grafici di questa tesi*

I dati riportati in Tabella 5 e in figura 76 sono riferiti ai campioni in purezza fisica. Come è possibile notare dal grafico, esiste una differenza significativa tra le cariossidi nude intere della varietà Hammurabi rispetto altre due varietà, mentre tra la varietà Monlis e ID331 non ci sono significative differenze

#### 5.2.1.2 Peso di 1000 cariossidi (nude e vestite)

ID campione	Varietà	Peso 1000 cariossidi vestite (gr)	Peso 1000 cariossidi nude (gr)
1	Monlis	31,72	24,03
7	Monlis	27,00	19,00*
2	ID331	32,00	26,39
4	ID331	32,73	22,88
6	ID331	29,59	23,70
9	ID331	38,46	29,09
10	ID331	35,88	27,12
11	ID331	32,48	24,49
13	ID331	27,08	20,58
14	ID331	30,40	23,47
15	ID331	35,48	27,52
16	ID331	33,93	25,91
17	ID331	nd	nd
3	Hammurabi	nd	27,41
5	Hammurabi	nd	31,00
8	Hammurabi	30,93	25,96
12	Hammurabi	nd	31,04
18	Senatore Cappelli	nd	59,48

**Tabella 6: Peso di 1000 cariossidi nude e vestite**



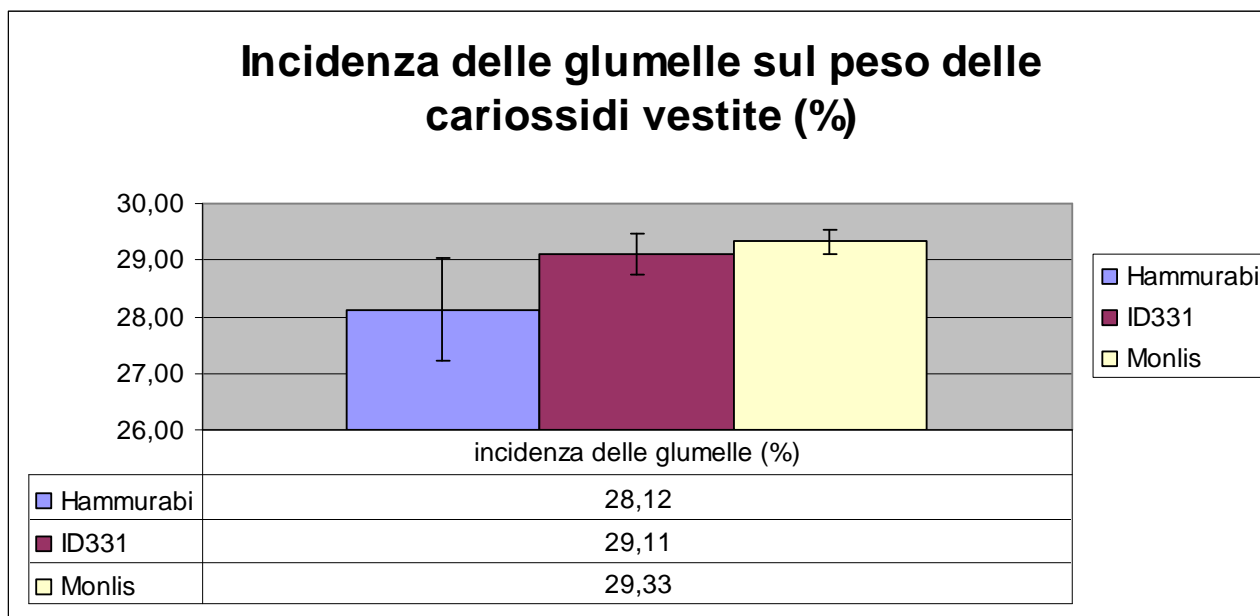
**Figura 77: peso di 1000 cariossidi nude e vestite per varietà**

### 5.2.1.3 Incidenza delle glumelle su cariossidi completamente vestite

ID Campione	Varietà	Incidenza delle glumelle (%)
1	Monlis	29,03
7	Monlis	29,63
2	ID331	29,03
4	ID331	30,30
6	ID331	29,03
9	ID331	28,95
10	ID331	30,56
11	ID331	26,47
13	ID331	28,57
14	ID331	29,03
15	ID331	30,56
16	ID331	28,57
17	ID331	nd
3	Hammurabi	nd

5	Hammurabi	26,83
8	Hammurabi	29,41
12	Hammurabi	nd

**Tabella 7: Incidenza delle glumelle sul peso delle cariossidi vestite (% su t.q.)**



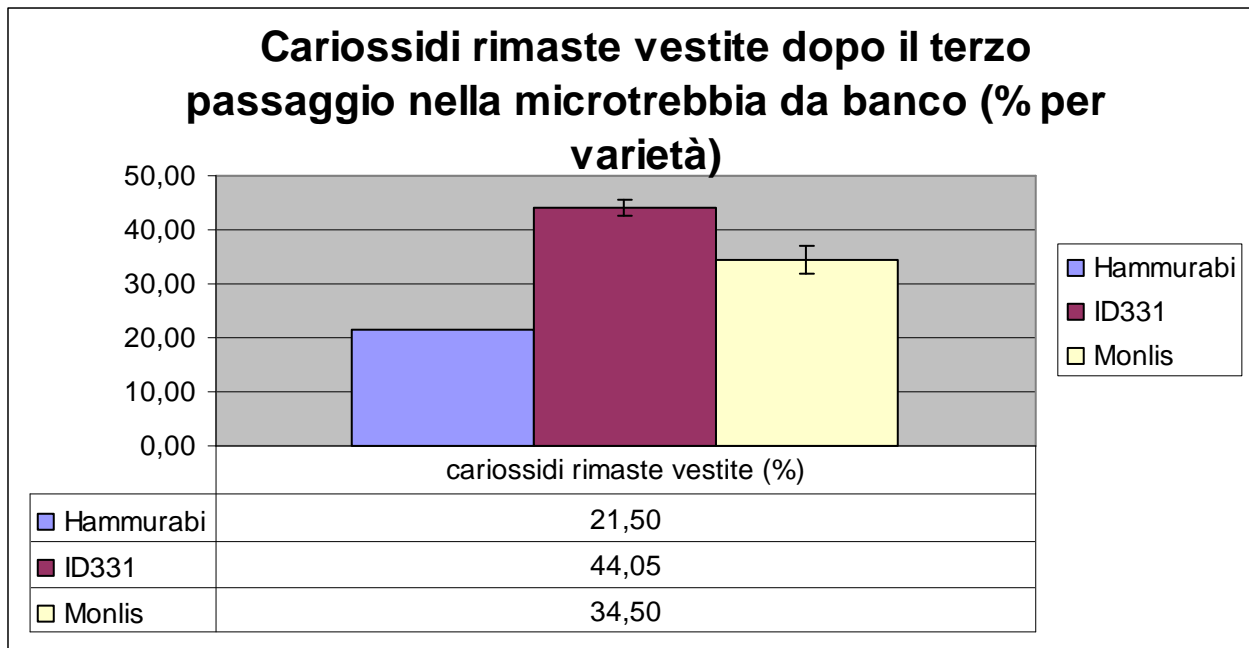
**Figura 78: Incidenza delle glumelle sul peso delle cariossidi vestite nelle tre varietà di frumento monococco testate**

#### 5.2.1.4 Percentuale di cariossidi rimaste vestite dopo 3 passaggi nella microtrebbia da banco

ID campione	Varietà	% semi vestiti dopo il terzo passaggio nella microtrebbia
1	Monlis	38%
7	Monlis	31%
2	ID331	45%
4	ID331	38,5%
6	ID331	50%
9	ID331	43,5%
10	ID331	45,5%
11	ID331	38%
13	ID331	42%
14	ID331	38%
15	ID331	52%
16	ID331	48%

17	ID331	Nd
3	Hammurabi	Nd
5	Hammurabi	Nd
8	Hammurabi	21,5%
12	Hammurabi	Nd
18	Senatore Cappelli	Nd

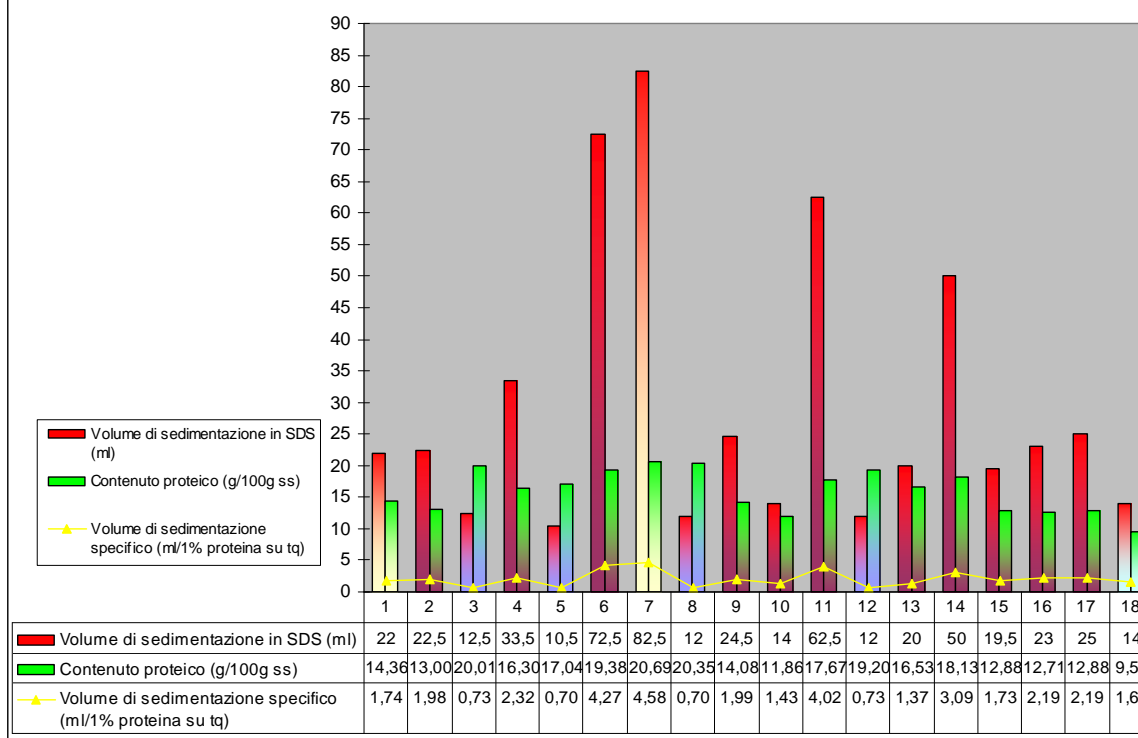
**Tabella 8: percentuale di carioidi rimaste vestite dopo il terzo passaggio nella microtrebbia da banco**



**Figura 79: carioidi rimaste vestite dopo il terzo passaggio nella microtrebbia da banco**

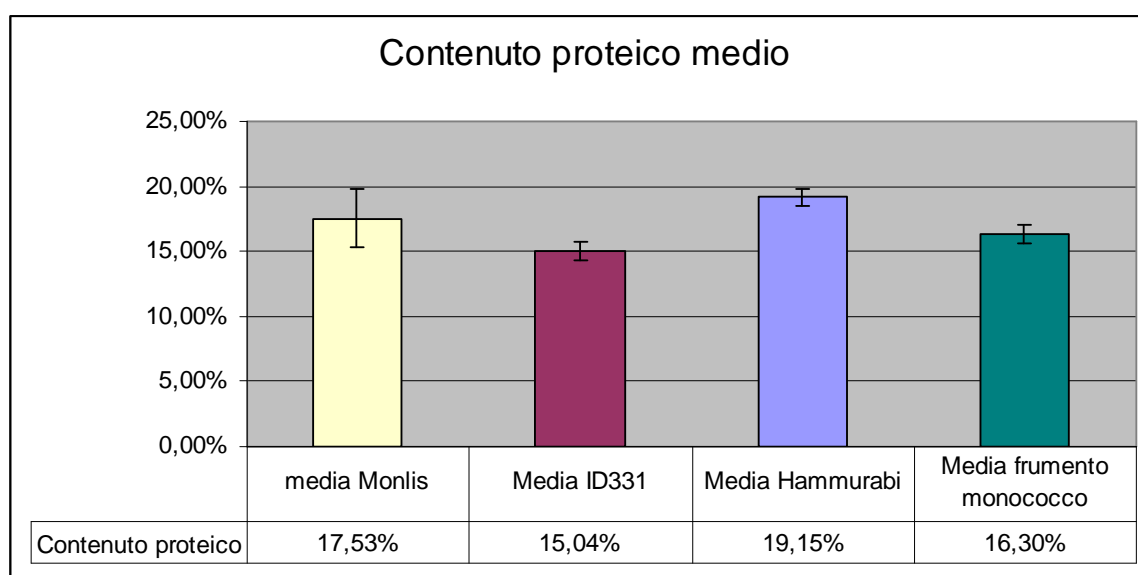
### 5.2.1.5 Contenuto proteico, volume di sedimentazione in SDS e volume di sedimentazione specifico

**Volume di sedimentazione in SDS (ml), contenuto proteico (% o gr/100 gr ss) e volume di sedimentazione specifico (ml/1% di proteina tq) dei 18 campioni**



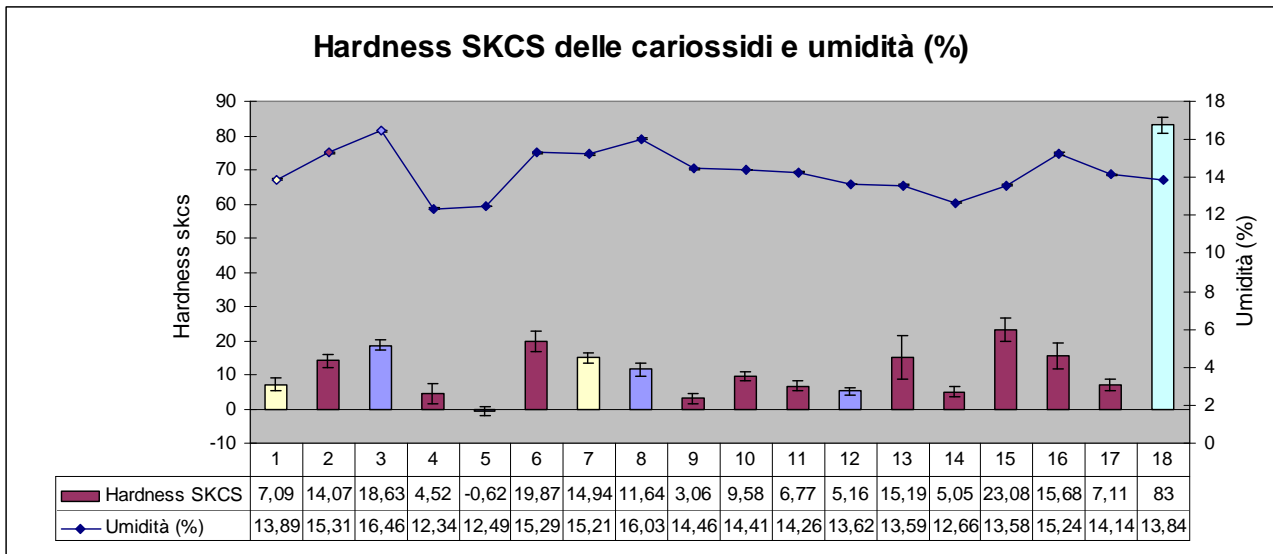
**Figura 80: volume di sedimentazione in SDS, contenuto proteico e volume di sedimentazione specifico dei 18 campioni**

Grafico a barre e linee bicolori: il colore alla base delle barre e all'interno dei simboli sulle linee è associato alla varietà, i colori all'apice delle barre e all'esterno dei simboli sulle linee sono associati alle informazioni riportate in legenda

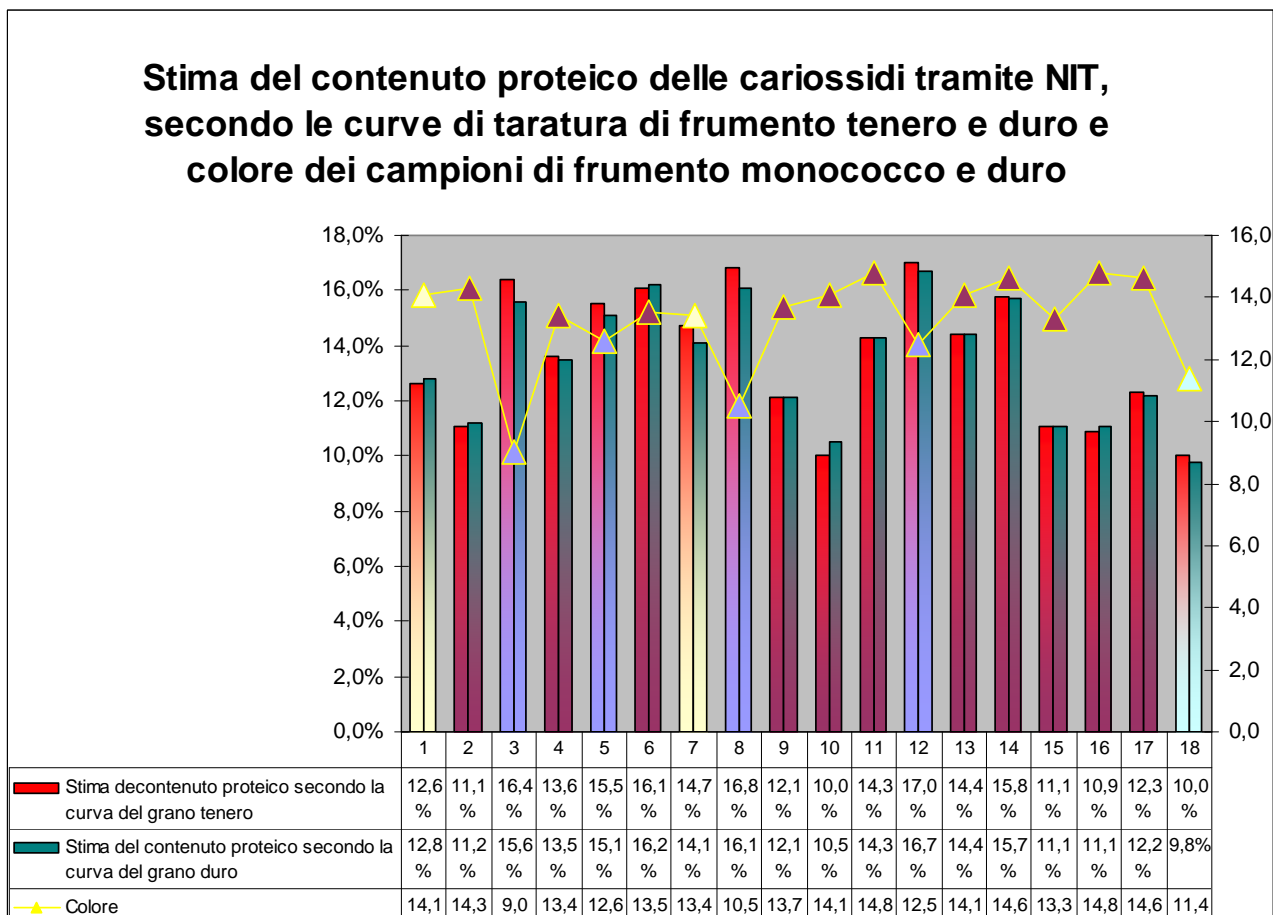


**Figura 81: contenuto proteico medio per varietà in frumento monococco**

### 5.2.1.6 Hardness SKCS, umidità, colore e stima del contenuto proteico (NIT) dei campioni di cariossidi

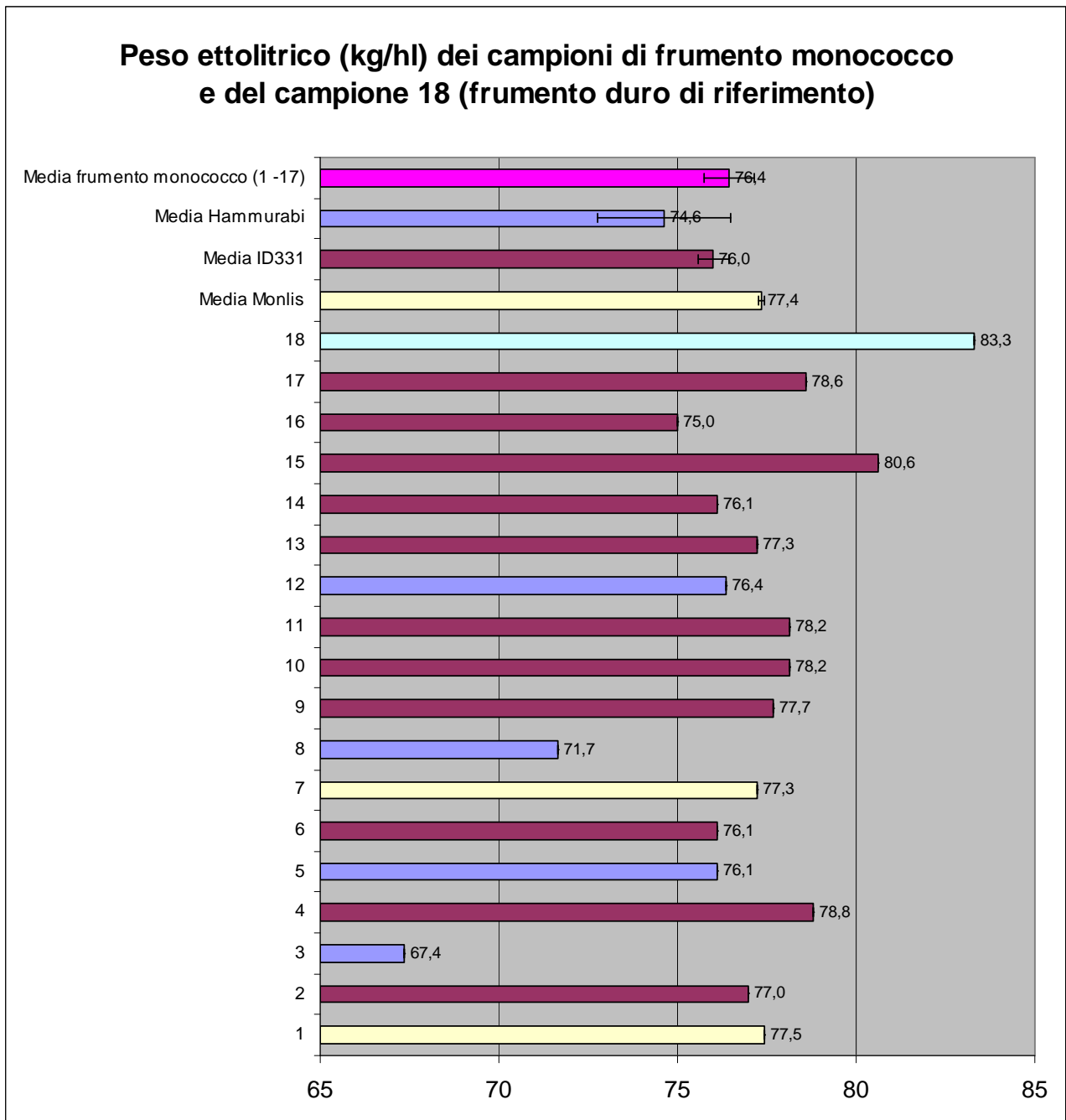


**Figura 82: Hardness SKCS e umidità dei campioni di cariossidi**



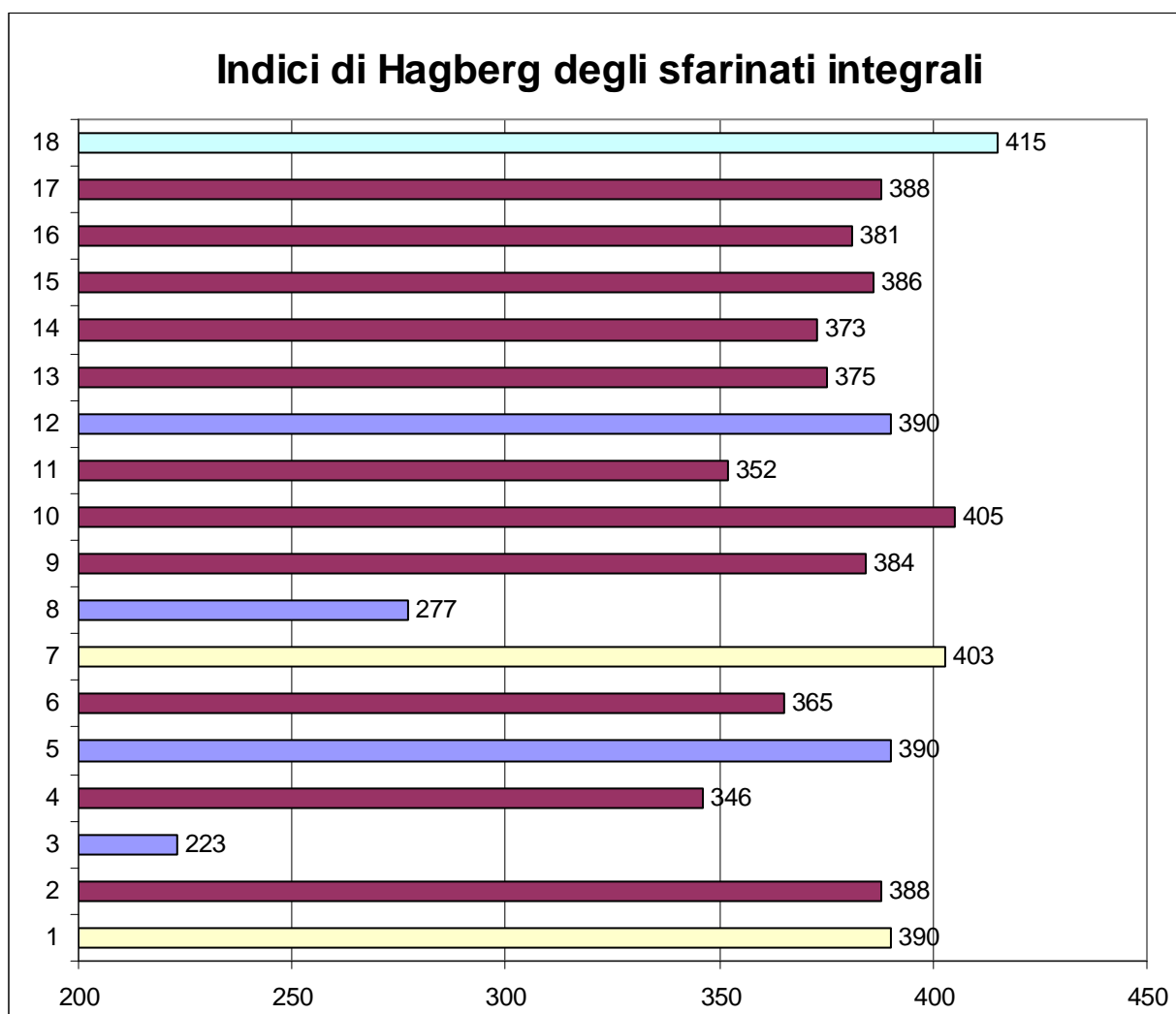
**Figura 83: Stima del contenuto proteico delle cariossidi di frumento monococco e duro tramite NIT, secondo le curve di taratura di frumento tenero e duro, colore dei campioni di frumento monococco e duro forniti dallo stesso analizzatore**

### 5.2.1.7 Peso ettolitrico dei campioni



**Figura 84: peso ettolitrico dei 18 campioni e media delle 3 varietà di frumento monococco**





**Figura 85: Indici di Hagberg degli sfarinati integrali dei 18 campioni**

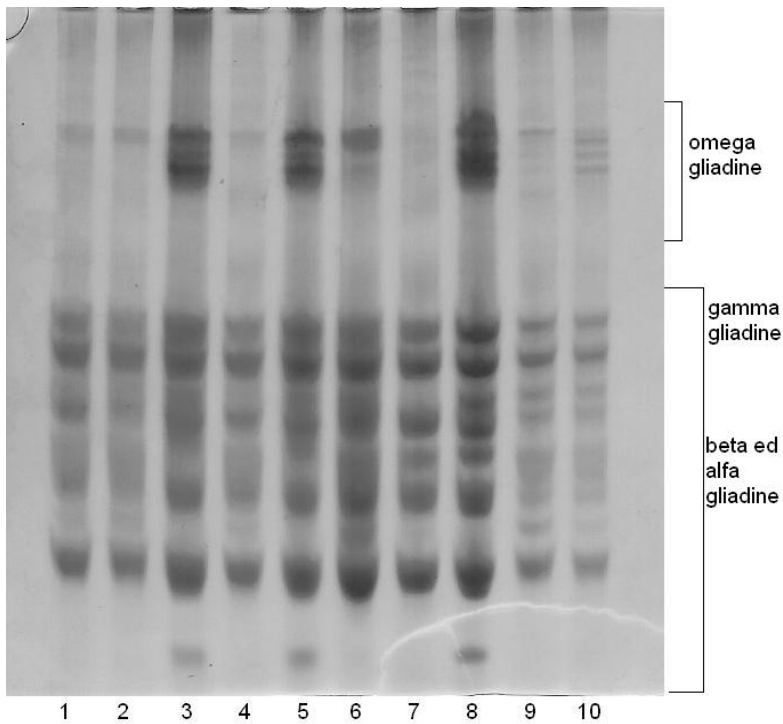
#### 5.2.1.8 La pulizia meccanica delle cariossidi

Durante la fase di pulizia meccanica delle cariossidi non sono stati raccolti dati sulla quantità di materiale estraneo presente. In quasi tutti i casi era inferiore al 15%, ma il campione 15 presentava circa il 35% di materiale estraneo.

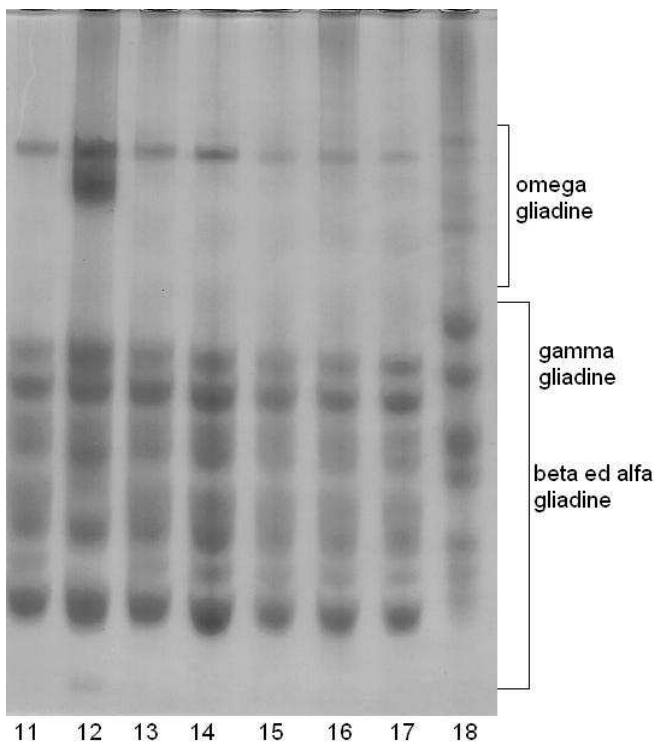
#### 5.2.1.9 Elettroforesi A - PAGE delle gliadine

La varietà Hammurabi è facilmente distinguibile da Monlis e ID331, tuttavia, per distinguere la varietà ID331 da Monlis occorre dimostrare l'assenza di omega gliadine per affermare che la varietà è Monlis, mentre se viene visualizzata una sola omega gliadina, la varietà è ID331. Il dubbio è stato lecito soprattutto nei campi sperimentali 6 e 7, in cui avrebbe potuto verificarsi con facilità uno scambio di sementi, e quindi l'impossibilità di

riconoscere con certezza la varietà. Tale prova ha consentito infatti di rilevare che al momento dello stoccaggio era avvenuto uno scambio tra i campioni 6 e 7. Le associazioni tra ID del campione e Varietà sono già state corrette.



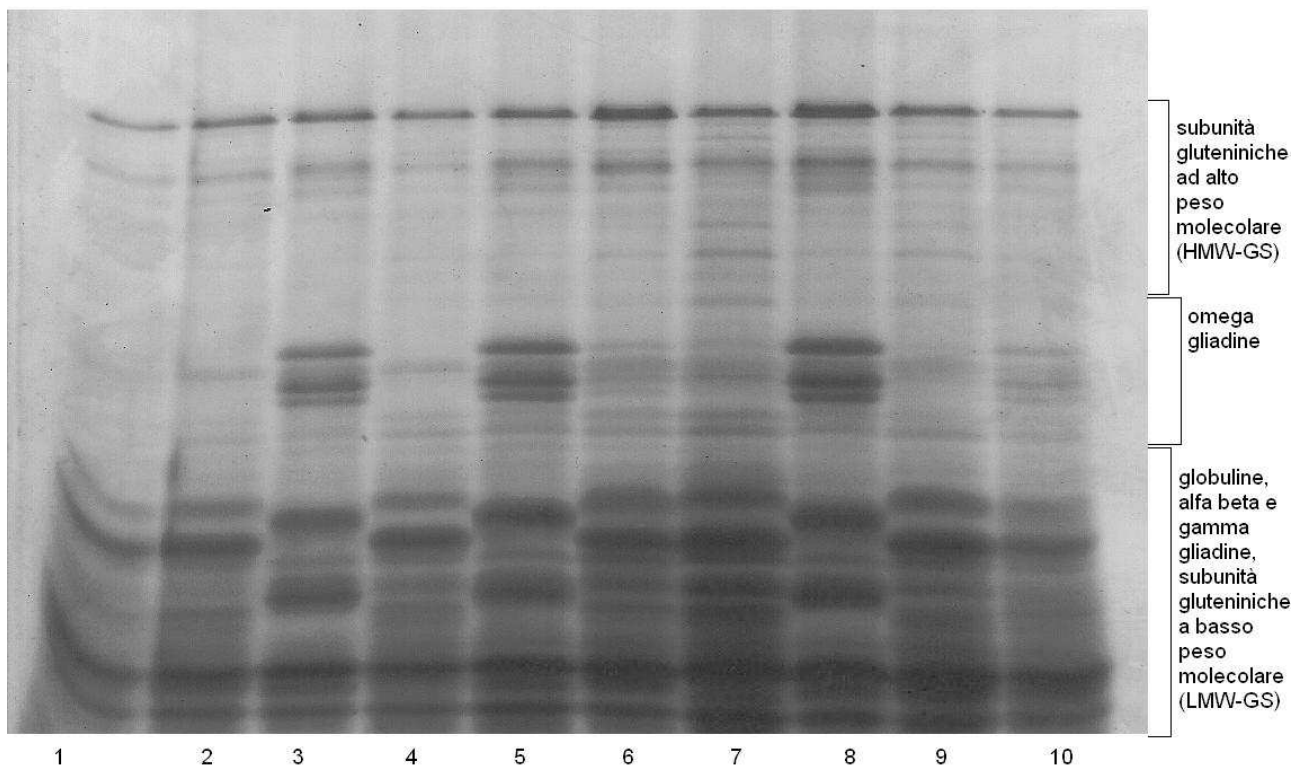
**Figura 86: Diagrammi elettroforetici A-PAGE delle gliadine nei campioni 1-10**



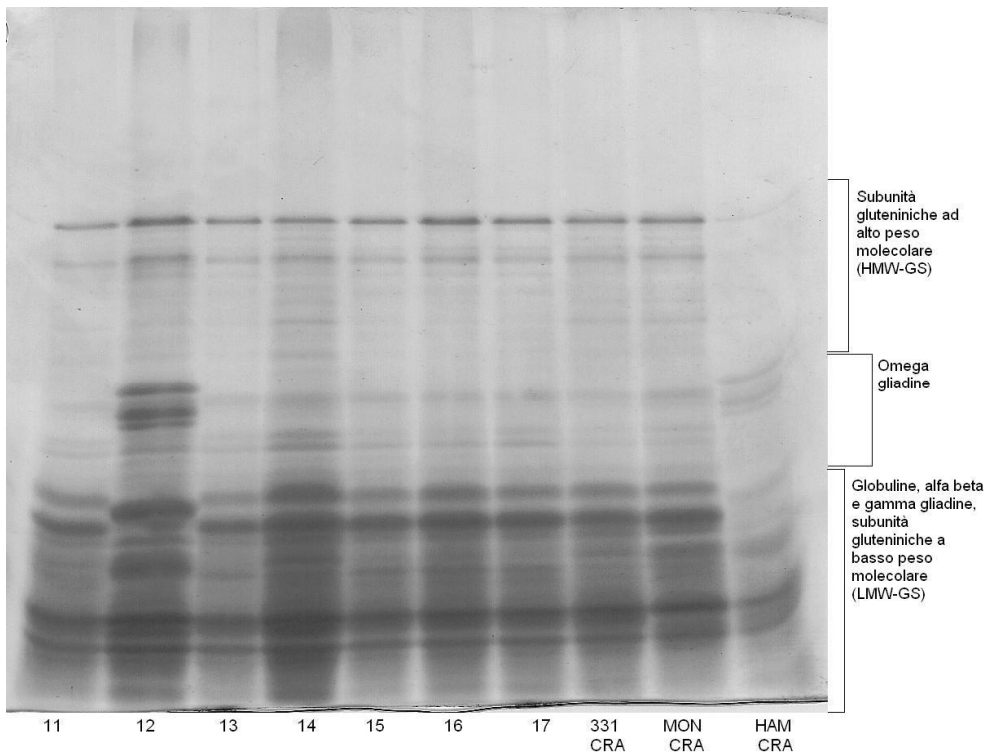
**Figura 87: Diagrammi elettroforetici A-PAGE delle gliadine nei campioni 11-18**

### 5.2.1.10 Elettroforesi SDS-PAGE delle proteine totali

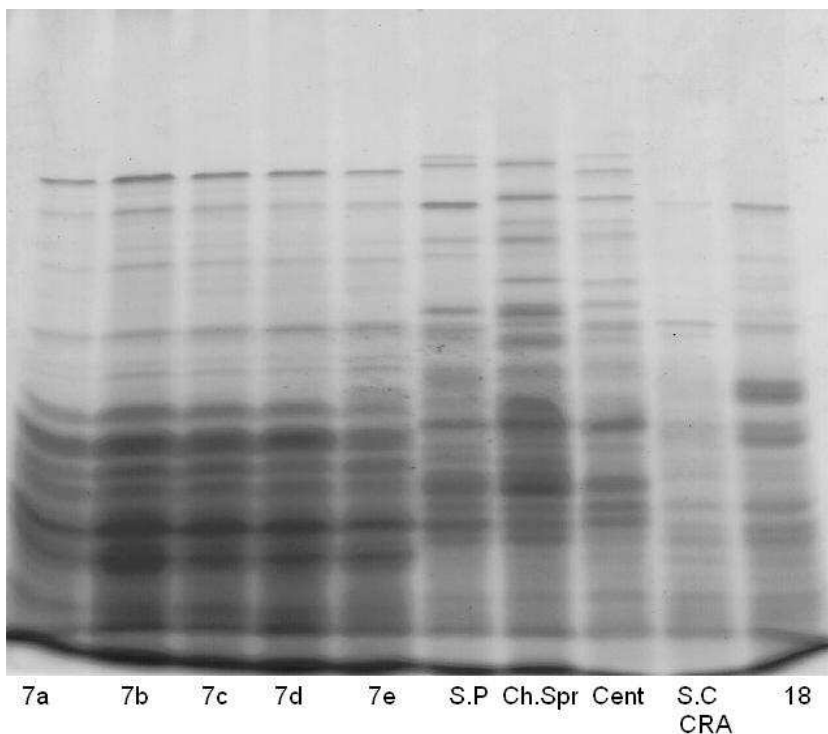
L'elettroforesi SDS PAGE delle proteine totali è stata eseguita, oltre che per confrontare i profili proteici di farro monococco e frumento, per valutare l'inquinamento del frumento monococco da specie affini, per comprendere quindi fino a che punto la pulizia meccanica fosse stata fatta con accuratezza. Inoltre il campione 18 mostrava gran parte delle cariossidi con endosperma farinoso e si voleva capire se ciò fosse dovuto a bianconatura (che è stata ipotizzata fin dall'inizio) oppure a contaminazioni da frumento tenero o altre varietà di frumento duro. I tracciati elettroforetici mostrano chiaramente la similitudine tra il testimone Senatore Cappelli coltivato dal CRA-QCE ed il campione 18, e come siano comparabili i tracciati elettroforetici degli sfarinati delle dieci cariossidi estratte casualmente all'interno del campione 18. Non sono state rilevate anomalie neppure tra i tracciati elettroforetici delle 5 cariossidi estratte casualmente all'interno del campione 7.



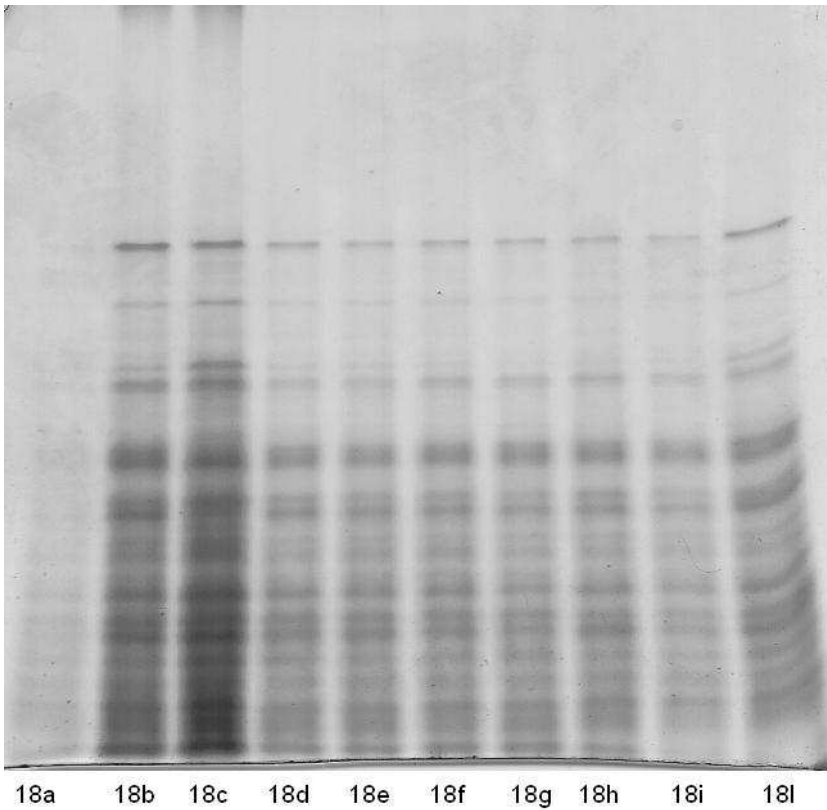
**Figura 88: Diagramma elettroforetico SDS-PAGE delle proteine totali nei campioni 1-18**



**Figura 89: Diagramma elettroforetico SDS-PAGE delle proteine totali dei campioni 10-17 e delle 3 varietà di frumento monococco (in ordine ID331, Monlis ed Hammurabi) coltivate presso il CRA-QCE ed utilizzate come standard di riferimento**



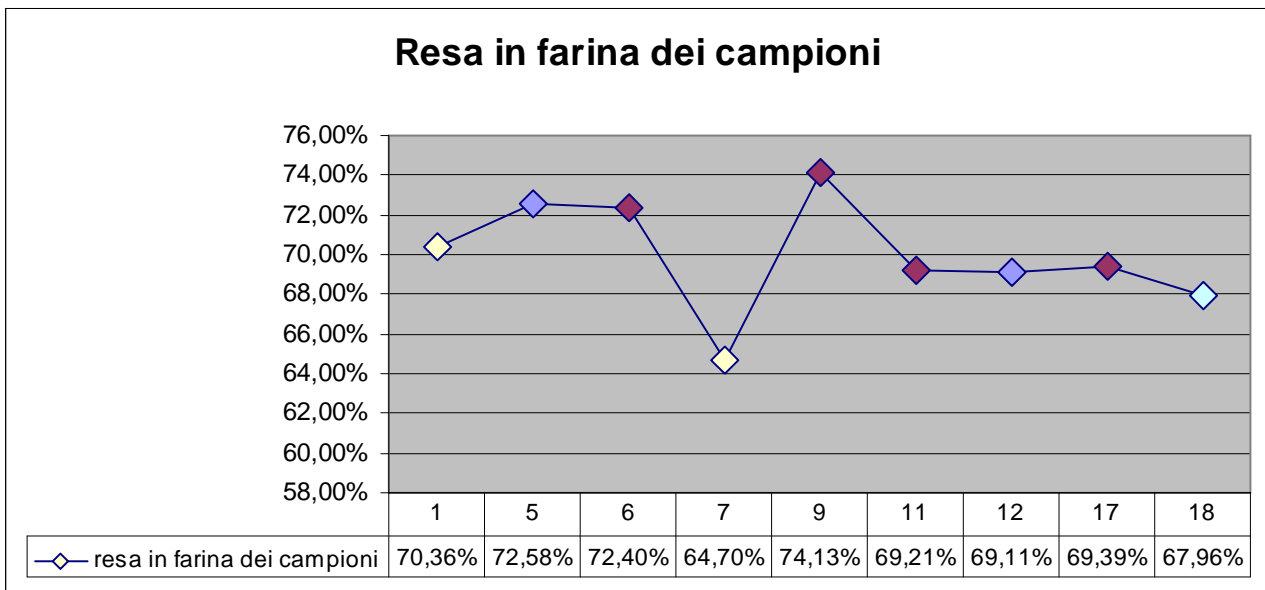
**Figura 90: Diagramma elettroforetico SDS PAGE delle proteine totali: i primi cinque pozzetti sono stati caricati con sfarinato da singolo seme del campione 7, i successivi quattro pozzetti con sfarinati delle varietà di frumento, coltivate presso il CRA-QCE, San Pastore (S.P), Chinese Spring (Ch.Spr), Centauro (Cent) e Senatore Cappelli, l'ultimo pozzetto è stato caricato con il campione 18**



**Figura 91: Diagramma elettroforetico SDS - PAGE delle proteine totali. I 10 pozzetti sono stati caricati con sfarinato da singola cariosside del campione 18**

## 5.2.2 Analisi sulle farine e sulle semole

### 5.2.2.1 Resa in farina dei campioni



**Figura 92: resa in farina dei campioni**

### 5.2.2.2 Contenuto proteico delle farine e delle semole

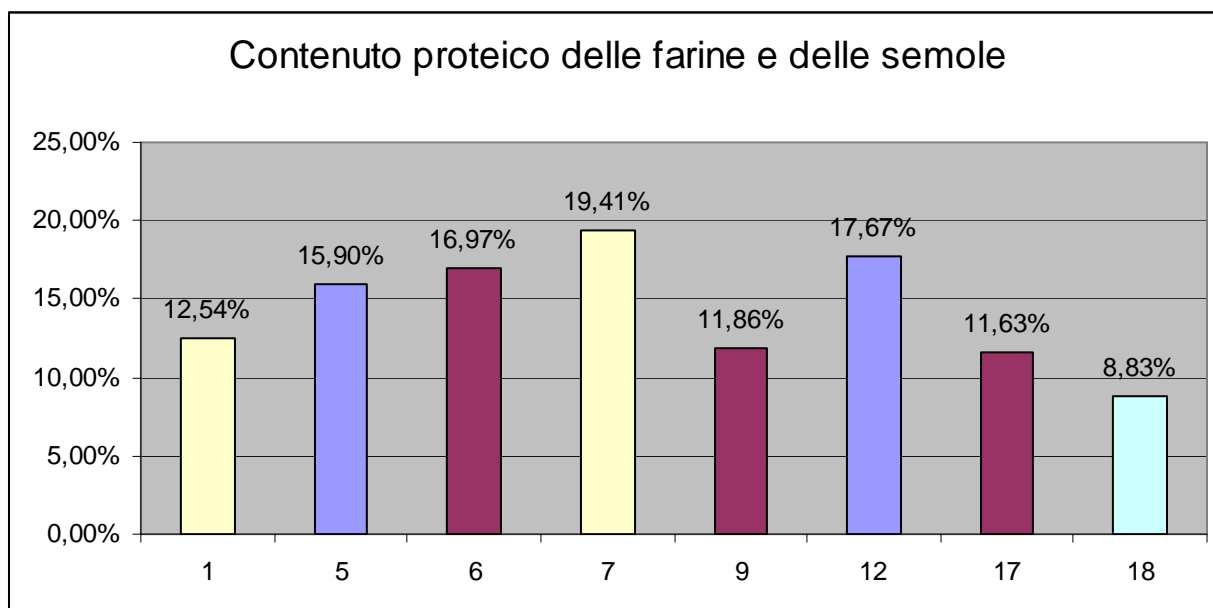


Figura 93: contenuto proteico delle farine e delle semole

### 5.2.2.3 Analisi farinografiche

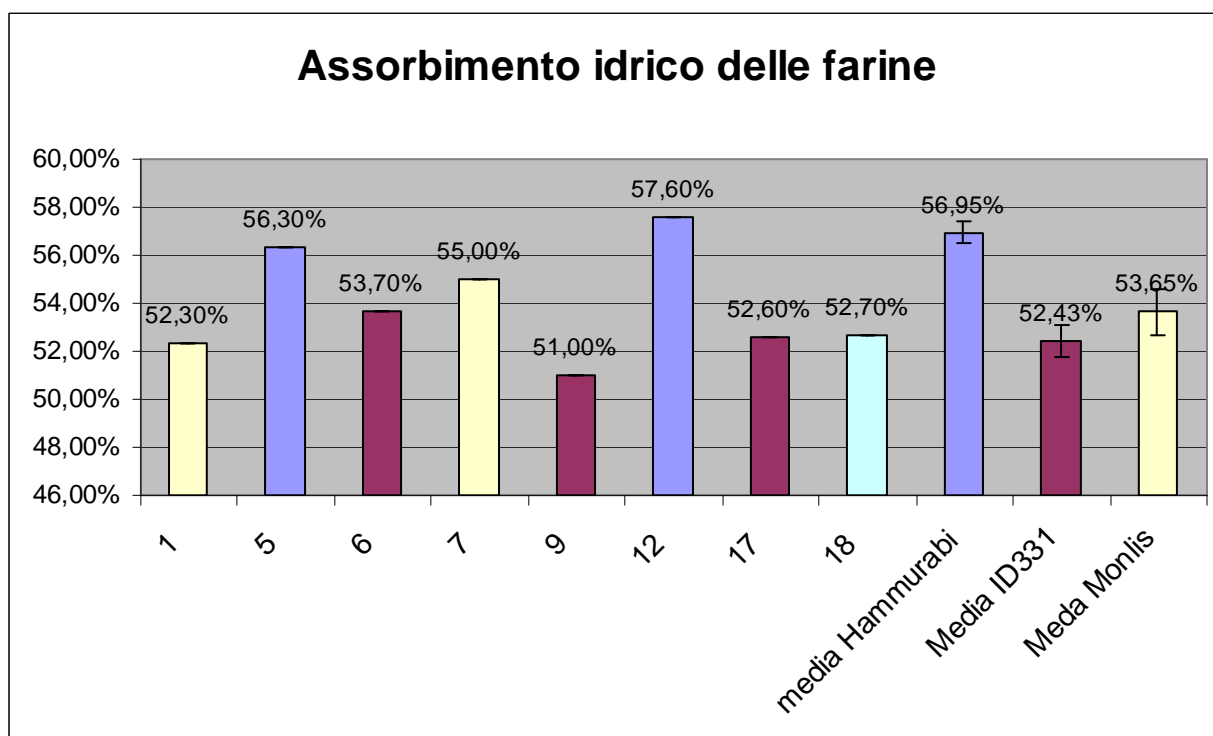
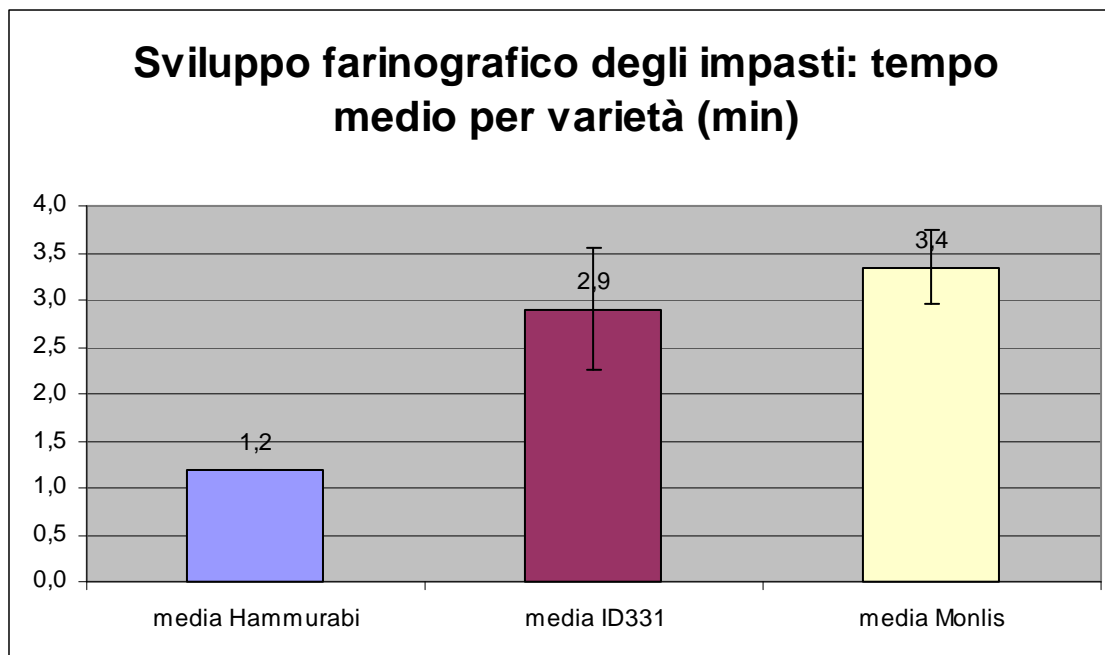


Figura 94: assorbimento idrico delle farine

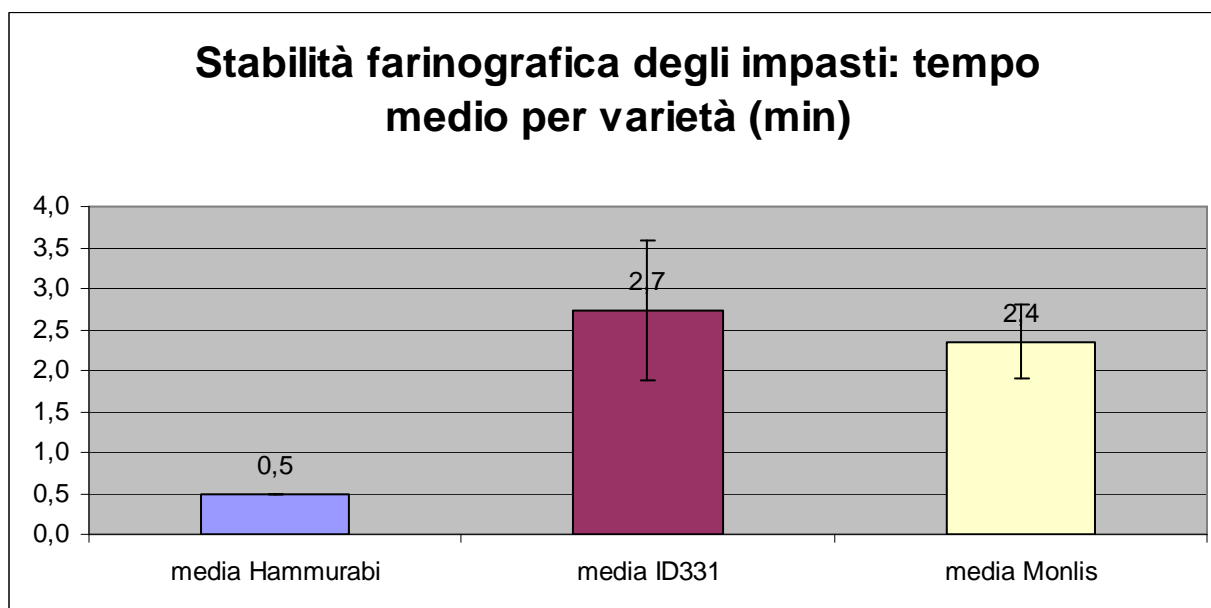
ID Campione	Varietà	Sviluppo farinografico (min)	Stabilità farinografica (min)
1	Monlis	2,8	1,7
5	Hammurabi	1,2	0,5

6	ID331	4,5	4,8
7	Monlis	3,9	3,0
9	ID331	2,0	1,7
12	Hammurabi	1,2	0,5
17	ID331	2,2	2,7
18	Senatore Cappelli	1,7	2,4

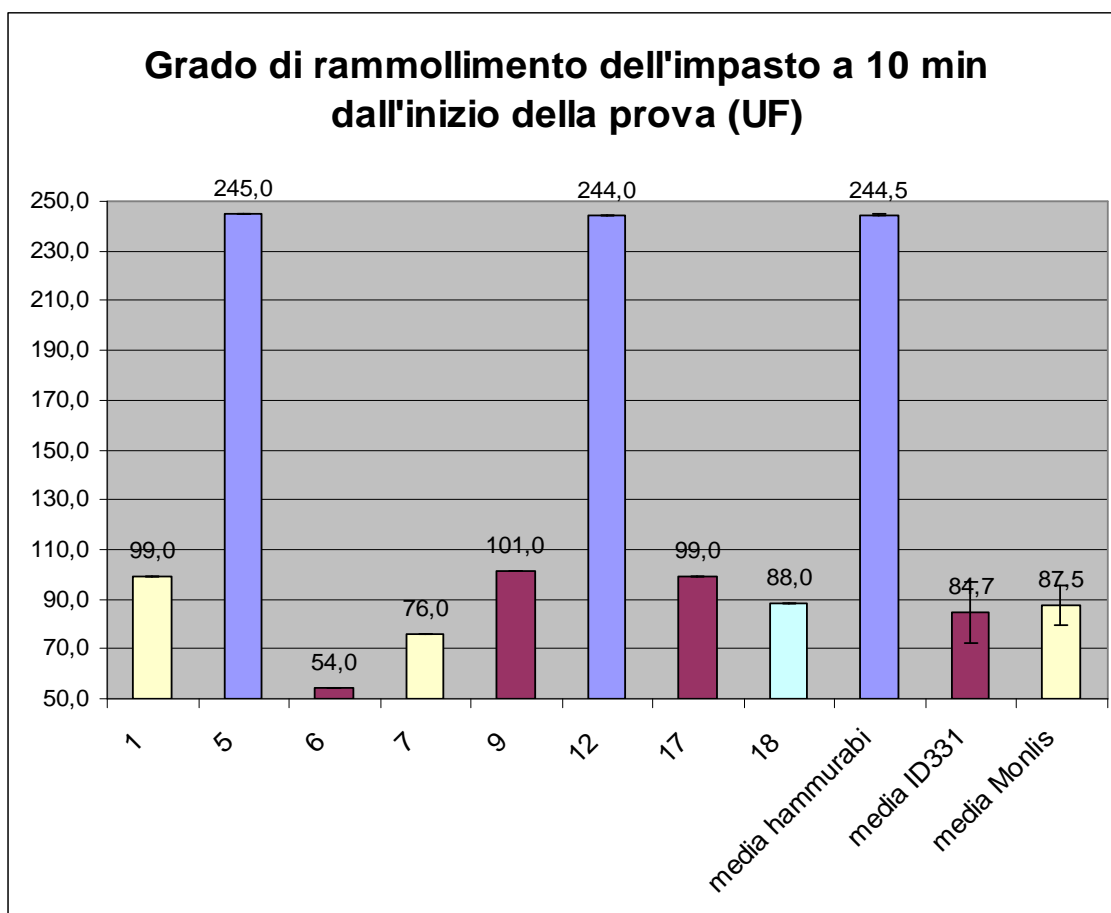
**Tabella 9: sviluppo e stabilità farinografica delle farine**



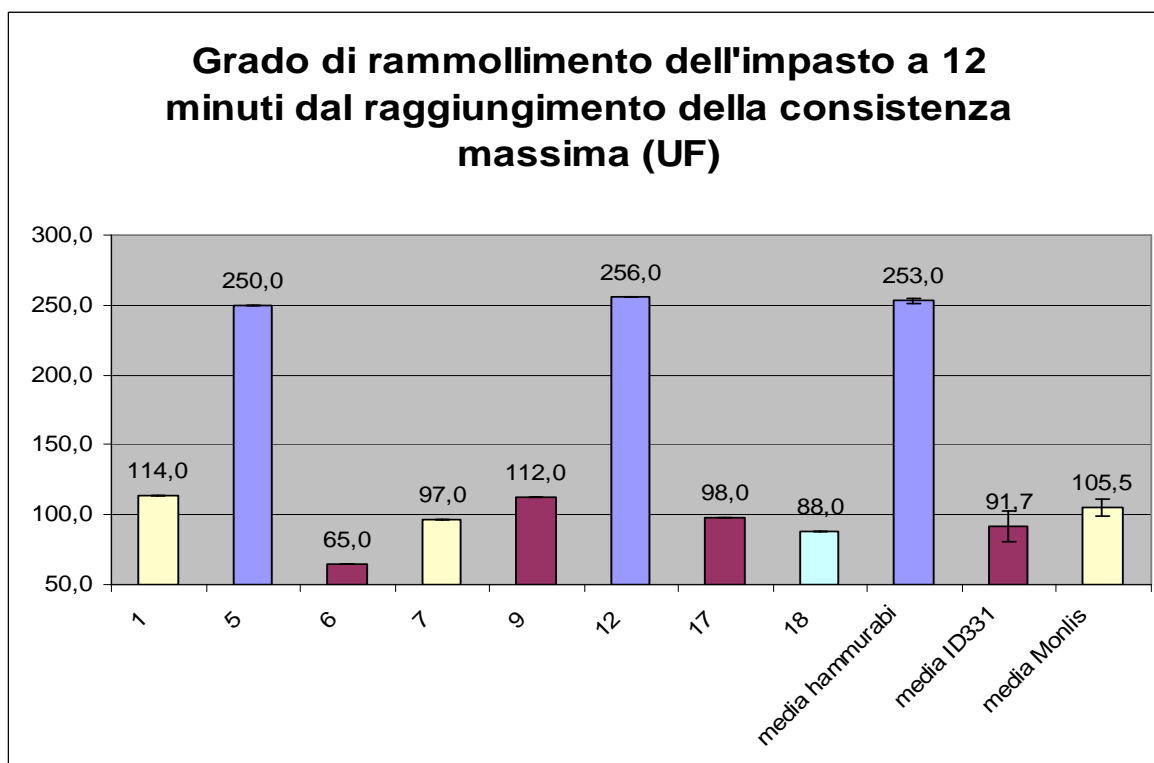
**Figura 95: tempo medio per varietà di sviluppo farinografico degli impasti di grano monococco**



**Figura 96: tempo medio per varietà di stabilità farinografica degli impasti**



**Figura 97:** grado di rammollimento dell'impasto a 10 minuti dall'inizio della prova

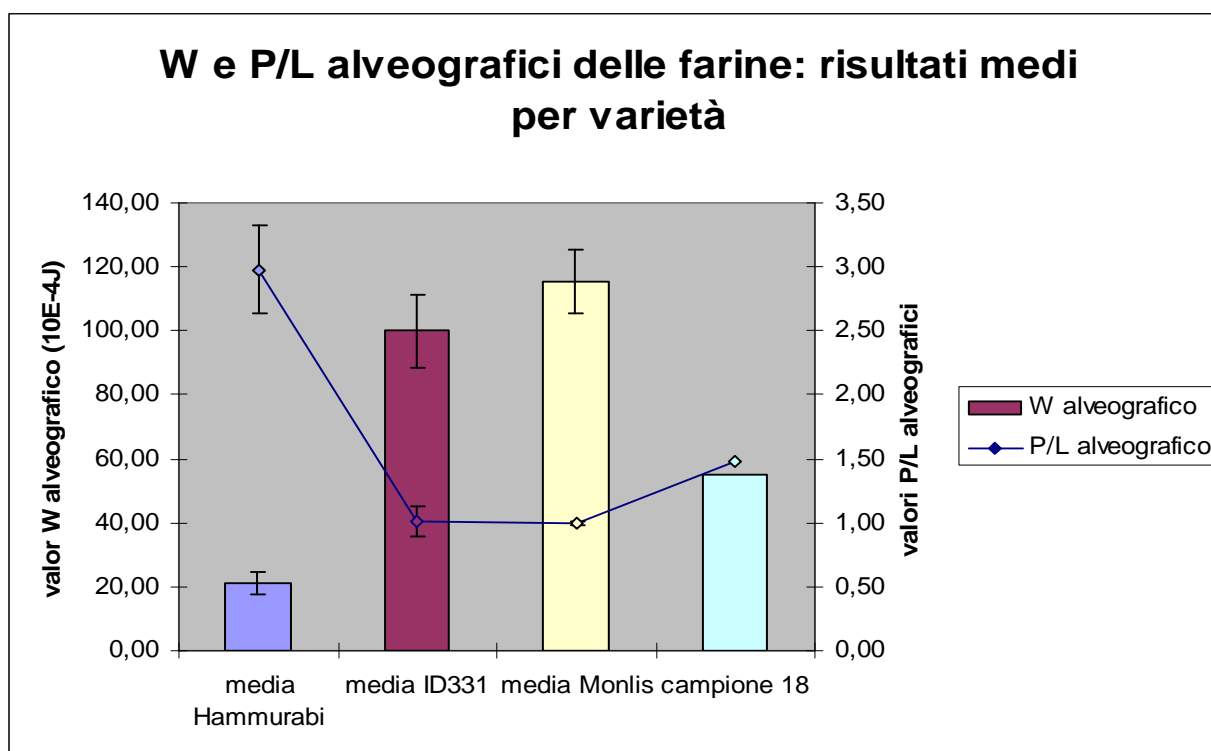


**Figura 98:** grado di rammollimento dell'impasto a 12 minuti dal raggiungimento della consistenza massima



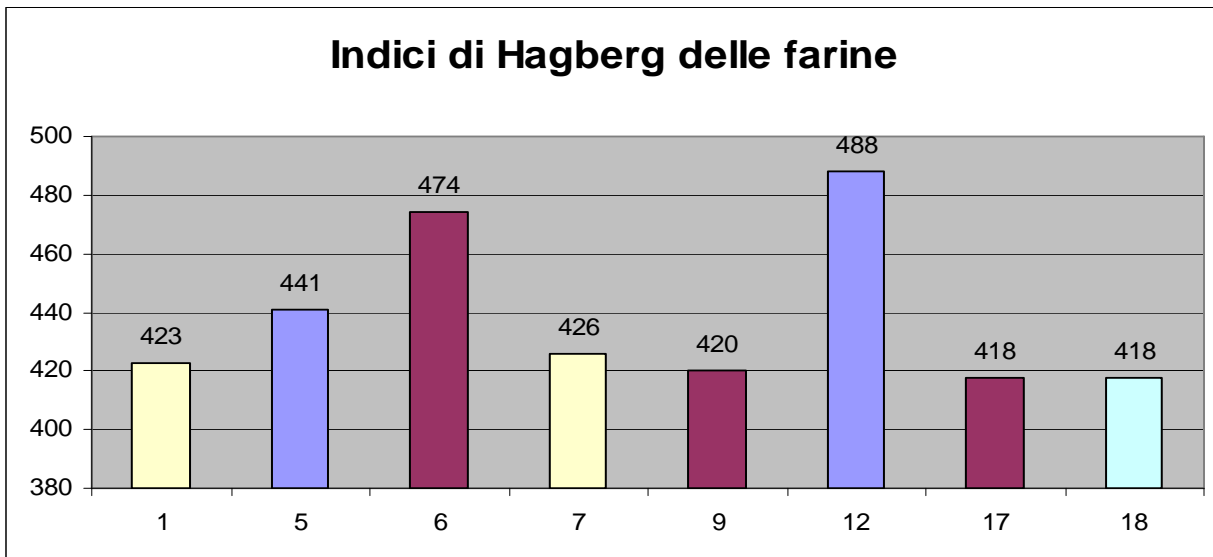
ID campione	Varietà	P	L	P/L	W	G
1	Monlis	60	51	1,18	93	15,9
5	Hammurabi	30	12	2,50	16	7,7
6	ID331	63	56	1,13	128	16,7
7	Monlis	59	73	0,81	138	19
9	ID331	49	66	0,74	84	18,1
12	Hammurabi	45	13	3,46	26	8
17	ID331	58	50	1,16	88	15,7
18	Senatore Cappelli	46	31	1,48	48	12,4

**Tabella 10: valori alveografici degli impasti**



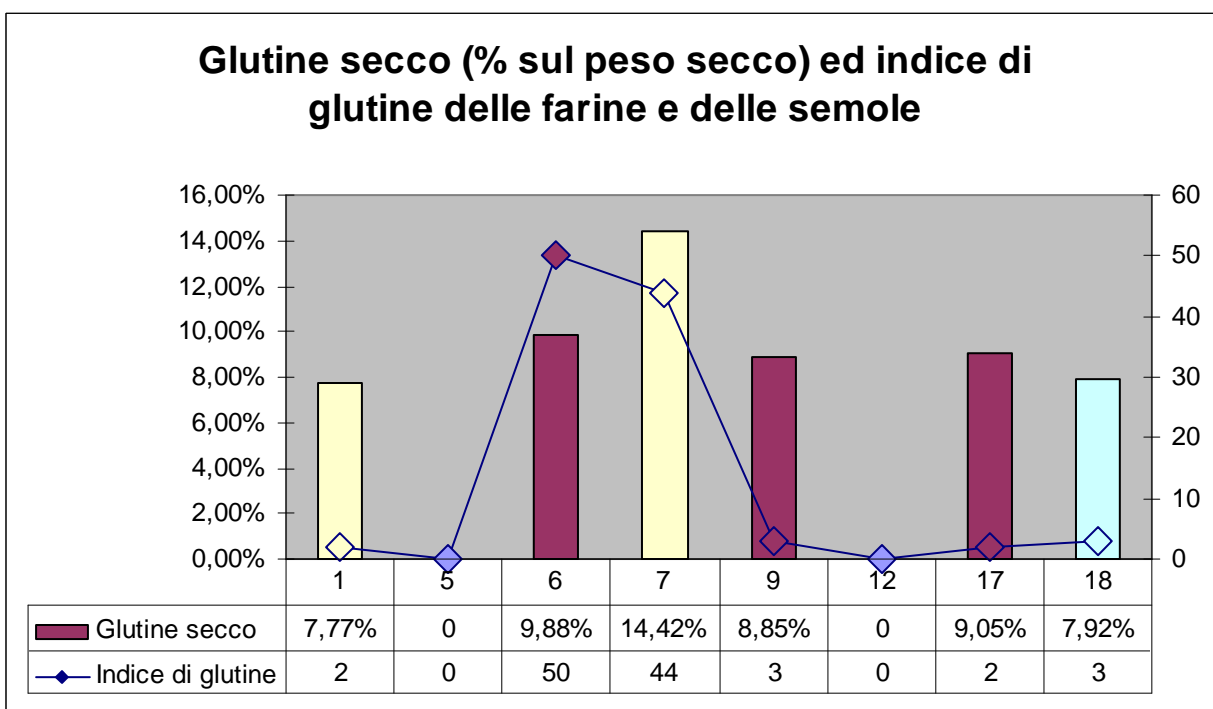
**Figura 99: valori di W e P/L calcolati come media per varietà di grano monococco e confrontati con il campione 18 (grano duro Senatore Cappelli)**

#### 5.2.2.4 Indici di Hagberg delle farine

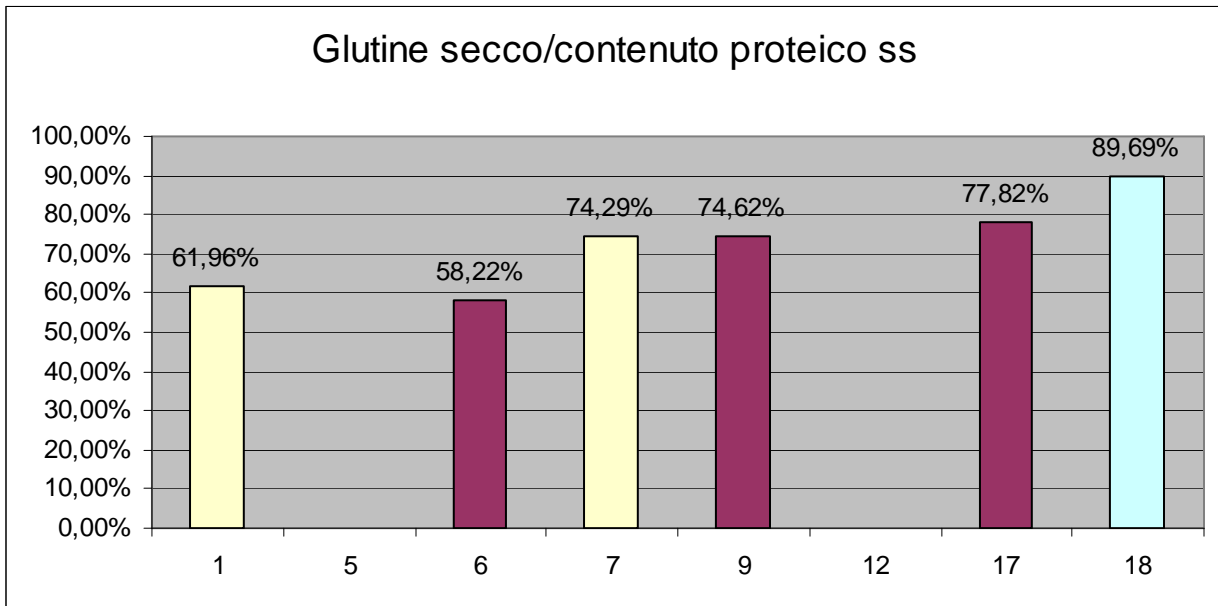


**Figura 100: indici di Hagberg degli 8 campioni di farine**

#### 5.2.2.5 Caratteristiche del glutine delle farine e delle semole

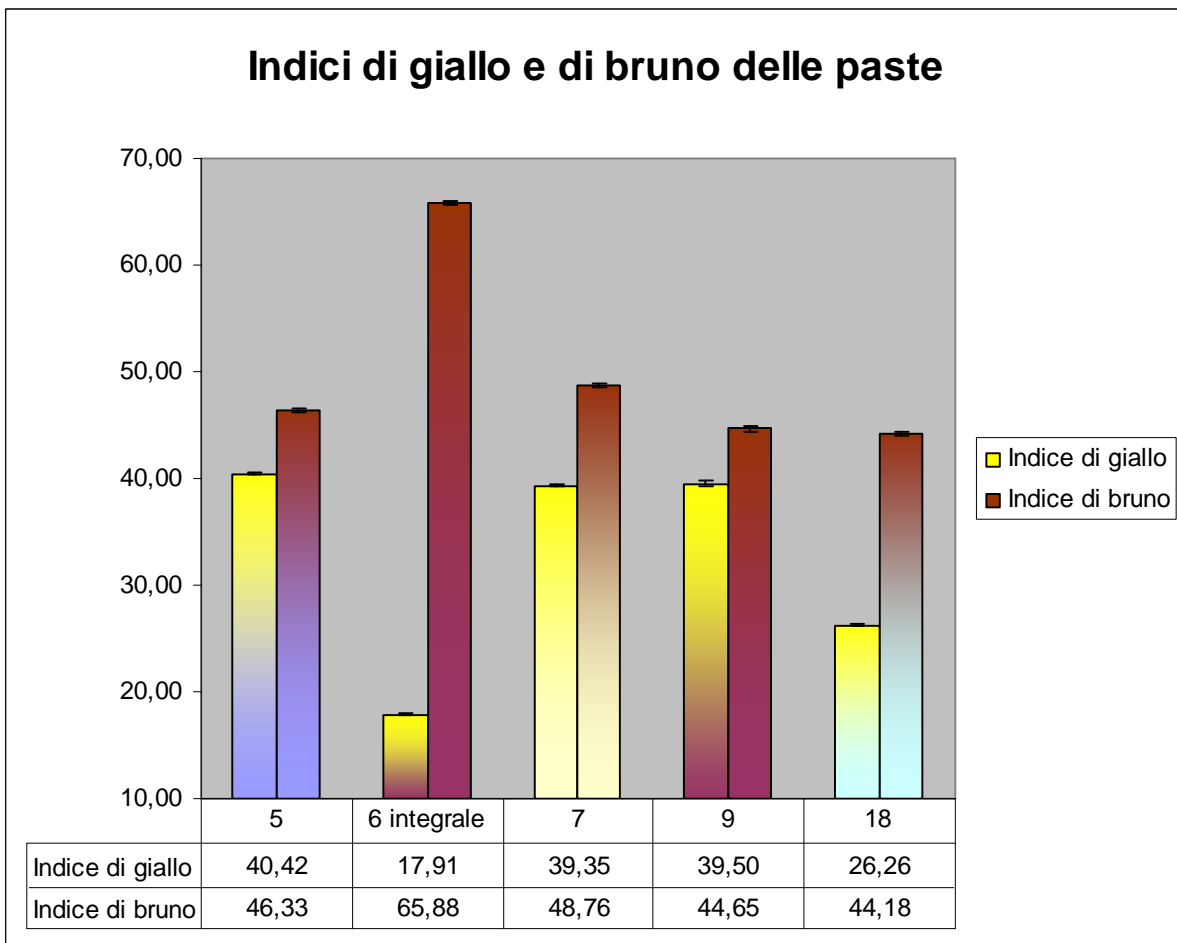


**Figura 101: glutine secco in % sul peso secco di farine e semole ed indice di glutine**

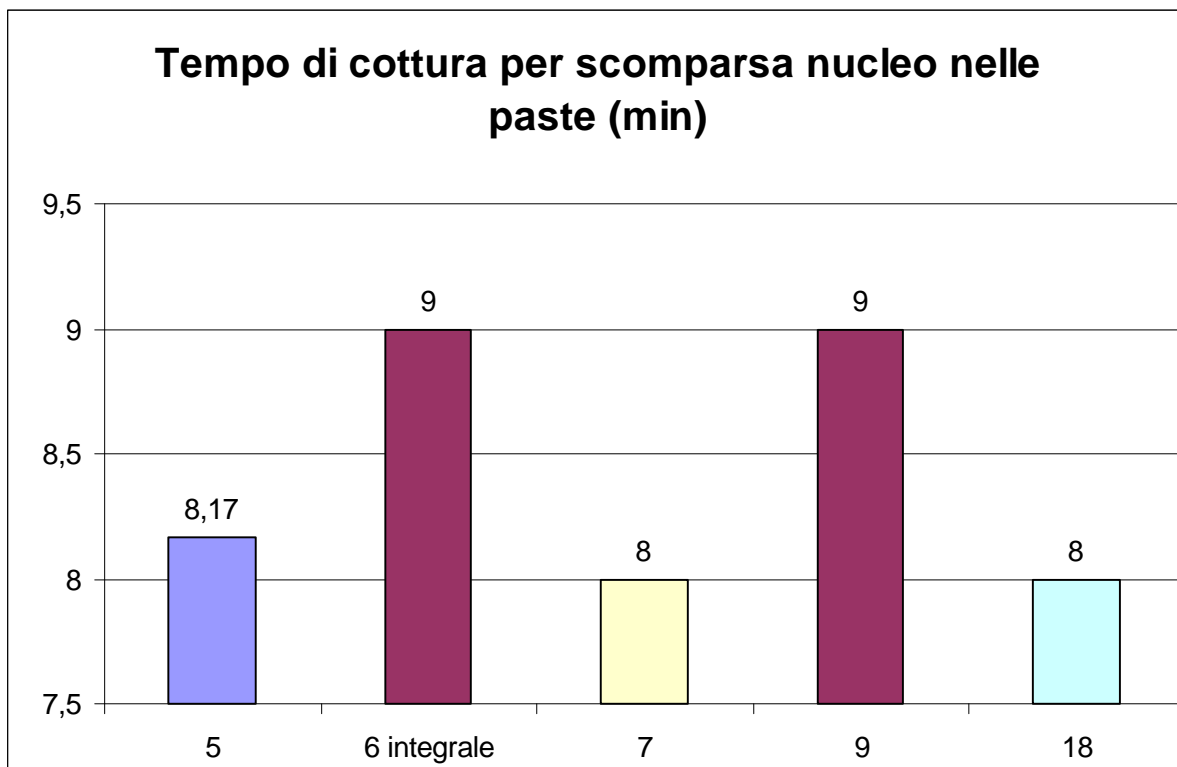


**Figura 102: glutine secco /contenuto proteico sulla sostanza secca**

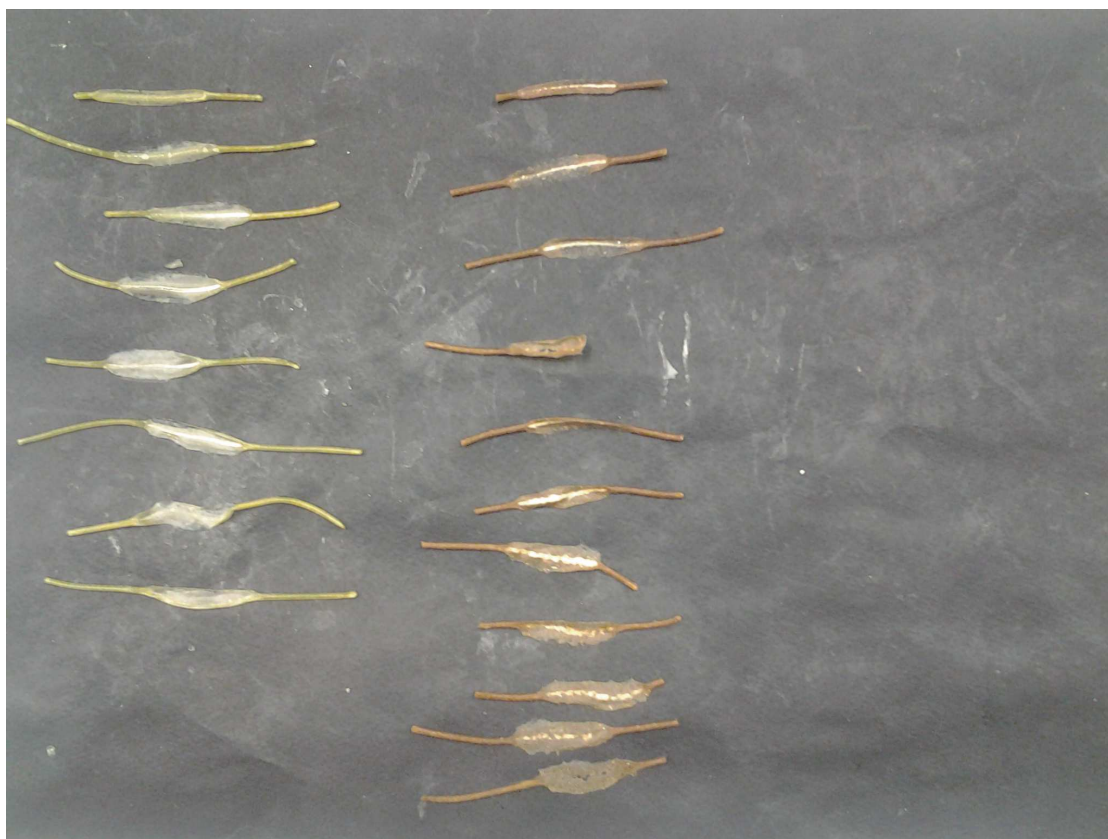
### 5.2.3 Analisi sulle paste



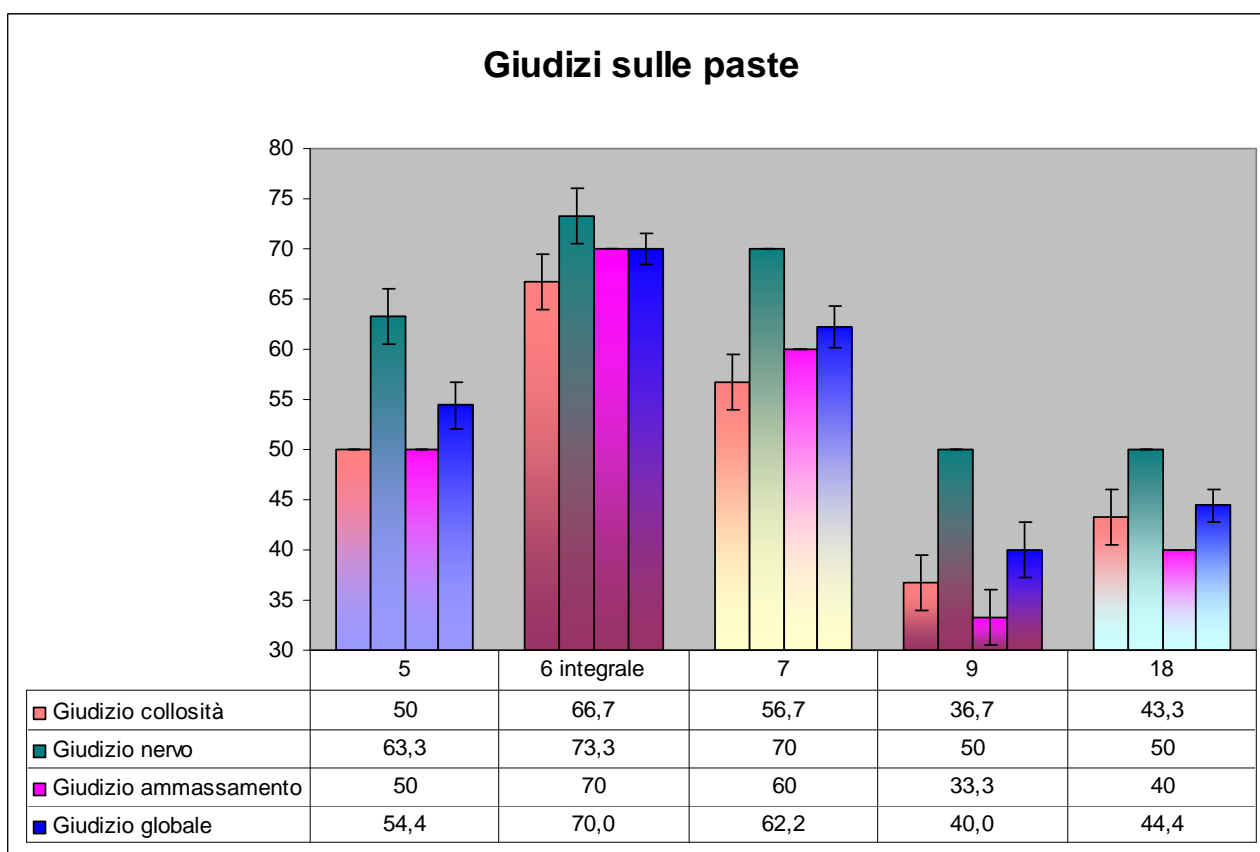
**Figura 103: indici di giallo e di bruno delle paste**



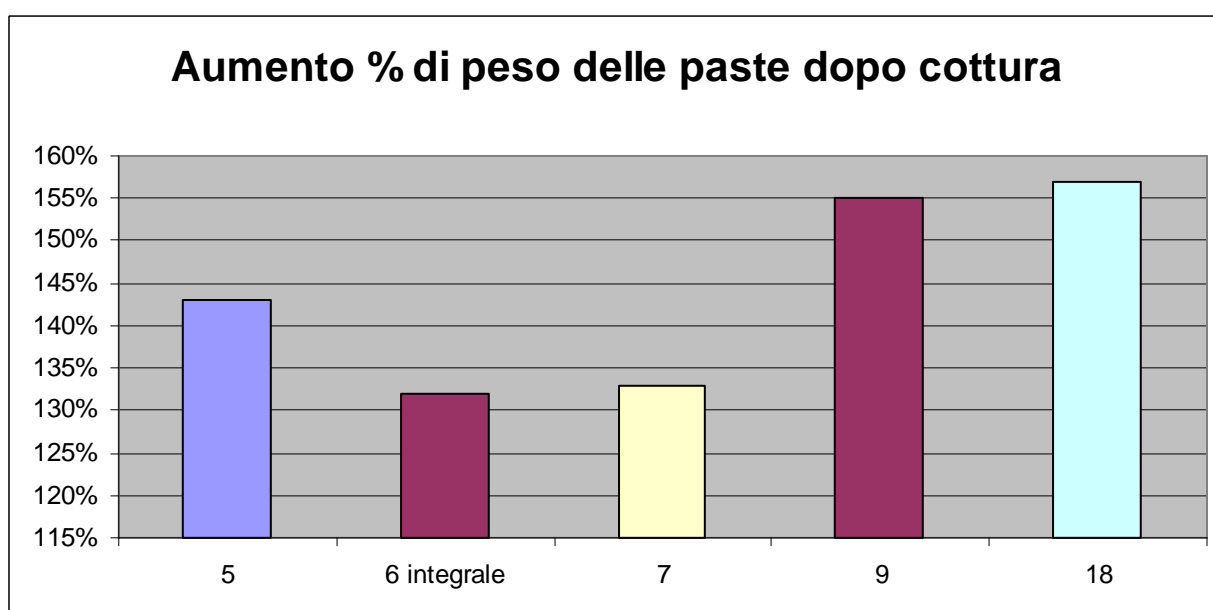
**Figura 104: tempo di cottura per la scomparsa del nucleo nelle paste**



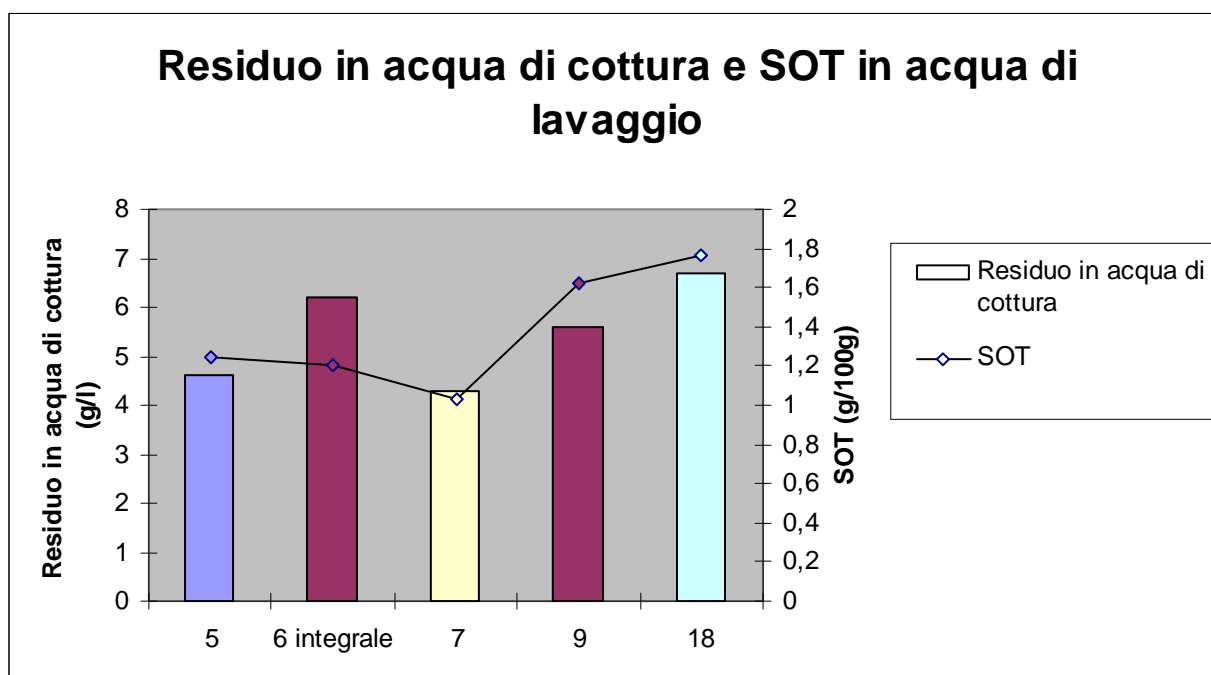
**Figura 105: la scomparsa del nucleo nelle paste. Il nucleo è il filamento bianco visibile negli spaghetti in cottura dopo schiacciamento. Nella prova quando il nucleo scompare la pasta viene scolata.**



**Figura 106: giudizi sulle paste: giudizio su collosità, nervo, ammassamento e giudizio globale**



**Figura 107: aumento di peso % delle paste dopo cottura**



**Figura 108: residuo in acqua di cottura e SOT (Sostanze Organiche Totali) in acqua di lavaggio delle paste**

#### 5.2.4 Analisi sulle piante intere e asportazioni di azoto della coltura

ID Campione	5	6	8	18
Rapporto tra peso spighe e peso dell'intero campione (% su ss)	0,42	0,42	0,37	0,38
Harvest Index (ss/ss)	0,25	0,17	0,19	0,24
Umidità	11,46%	7,62%	11,76%	6,87%
Asportazioni di azoto per 100 kg di granella (14% umidità) senza raccolta della paglia	2,57 kg	2,92 kg	3,07 kg	1,44 kg
Asportazioni di azoto (kg) per 100 kg di granella con raccolta della paglia (14% umidità)	4,62 kg	5,52 kg	5,40 kg	2,91 kg

**Tabella 10: le analisi effettuate sulle piante intere**

## **5.3 La filiera produttiva**

### **5.3.1 L'interesse della cittadinanza e la nascita dell'associazione TricuMonOro**

La coltivazione del frumento monococco in Sardegna ha avuto inizio nel 2011, proprio per le caratteristiche agronomiche, nutrizionali e salutistiche che racchiude in sé questo cereale. L'interesse verso la novità non è rimasto confinato all'interno delle famiglie di chi ha coltivato questo frumento, ma il passaparola e la grande disponibilità delle persone ha fatto da volano pubblicitario all'iniziativa. Durante i soggiorni effettuati presso il comune di Orosei ho avuto modo di partecipare ad assaggi in cui venivano proposti prodotti tipici come pane Carasau e pasta come "macarrones de Busa", lasagne, e gnocchetti sardi. Gli assaggi sono stati l'occasione per diffondere ulteriormente le conoscenze relative a questo prodotto e per capire quali fossero le maggiori problematiche e le aspettative di chi coltivava *Triticum monococcum*.

Allo scopo di promuovere lo sviluppo del grano monococco in Sardegna è stata creata, nel mese di agosto 2013 l'associazione TricuMonOro che si occupa, fra l'altro, dell'assistenza tecnica a tutti i suoi associati, siano essi produttori o trasformatori, della divulgazione e del sostegno alla ricerca su questo cereale, di mettere a disposizione dei piccoli coltivatori attrezzature chiave per la coltivazione e la trasformazione del prodotto e del sostegno alla nascita di nuove filiere produttive.

### **5.3.2 Come impostare la fase di conservazione e pulizia del prodotto**

La coltivazione del grano monococco è soltanto il primo passo per la realizzazione di una filiera produttiva capace di valorizzare un prodotto antico e innovativo allo stesso momento. Occorre sicuramente conoscere quali sono le peculiarità di questo frumento e come possono essere gestite razionalmente le fasi di post-raccolta.

La fase di trasformazione, non essendo i prodotti finiti destinati all'alimentazione di persone che richiedono l'esclusione categorica di qualsiasi contaminazione da altre specie, può essere realizzata, per quanto possibile, attraverso macchinari e in strutture normalmente utilizzati per la trasformazione di frumento tenero e duro. Subito dopo la raccolta, che va eseguita con cariossidi ad umidità inferiore al 14% e bassa ventilazione e velocità del battitore (più basse rispetto a quelle utilizzate in frumento tenero e duro), il prodotto si presenta con circa il 20% in peso di cariossidi vestite e rotture inferiori al 3% in peso sul totale nel caso della varietà Hammurabi; totalmente vestito e con residui di paglia

nel caso di ID331 e Monlis, in cui ancora minore deve essere la ventilazione di raccolta (in virtù di un peso ettolitrico molto basso, non rilevabile col metodo del cilindro utilizzato per le cariossidi nude, perché fuori scala), per cui sicuramente il prodotto raccolto risulta molto sporco, ma le perdite in campo sono minime. La pulizia immediata ha senso solamente se le piante in campo si presentano allettate e la raccolta bassa ha trasportato anche particelle fini di terreno o, se presenti tra il prodotto, parti di infestanti ancora verdi. Entrambi questi fenomeni difficilmente si verificano nelle situazioni analizzate, sia per la natura sabbiosa e pietrosa dei terreni, sia per il fenomeno della stretta, per cui al momento della raccolta quasi tutte infestanti si presentano totalmente secche (come si vede dalle foto).

In compenso, le glumette proteggono le cariossidi dagli attacchi degli insetti e impediscono, per via del loro bassissimo contenuto idrico (circa il 9%) lo sviluppo di funghi causato da nuclei di umidità in fase di conservazione. Risulta, per questo, utile effettuare la pulizia del prodotto solamente dopo la fase di conservazione, quindi in prossimità della trasformazione, o limitare la pulizia post-raccolta all'eliminazione delle impurità fini.

Lo stoccaggio del prodotto può avvenire in silos, big bag o cassoni sovrapponibili, come avviene nel caso del CRA-QCE. Il prodotto conservato in cassoni richiudibili e sovrapponibili (che nella situazione analizzata hanno un volume di circa 1,5 m<sup>3</sup>) risulta infatti facilmente movimentabile, ma soprattutto è protetto dall'attacco di funghi ed insetti per molto tempo: nel mese di dicembre 2013, un cassone con frumento monococco (di varietà Monlis) conservato per 17 mesi è stato aperto e il prodotto si presentava in ottimo stato di conservazione, con assenza di insetti e muffe. Prima della pulizia, per evitare il sovraccarico del sistema, occorre che il prodotto venga ventilato, eliminando quindi la quasi totalità delle impurità a bassa densità. Nelle prove effettuate al CRA-QCE la ventilazione è stata effettuata con una trebbiatrice stazionaria, una macchina che funziona come la microtrebbia da laboratorio, ma con maggiore capacità di lavoro. La pulizia del frumento monococco inoltre, risulta associata al passaggio nella macchina decorticatrice. La decorticatrice è una macchina progettata per la rimozione delle glumelle da *T. turgidum* ssp. *dicoccum* o dal riso, o semplicemente per la rimozione dello strato corticale della cariosside (da cui deriva il nome di decorticatrice) e lavora con più aggressività rispetto alla trebbiatrice, riuscendo, come nelle prove effettuate con la decorticatrice OTAKE presso l'azienda agricola sperimentale "Inviolatella" del CRA-QCE, a svestire il 60% del prodotto al primo passaggio e circa il 95% del prodotto alla fine del terzo passaggio. Tuttavia le rotture di prodotto non sono trascurabili come nella trebbiatrice, ma incidono



per circa il 10%-15% del prodotto svestito (prove effettuate con la varietà ID331 coltivata dal CRA-QCE).

Per la pulizia del prodotto sono stati testati 3 sistemi presso il CRA-QCE: la pulizia per setacciamento, la pulizia mediante cilindro ad alveoli e la pulizia combinata con questi 2 sistemi, mediante svecciatoio.

- La pulizia per setacciamento risulta utile per l'eliminazione delle impurità grosse e fini (come le rotture). Tuttavia, vista l'estrema eterogeneità delle cariossidi di frumento monococco, (poiché le cariossidi al centro della spiga denudate hanno dimensioni anche maggiori delle cariossidi più esterne lasciate vestite), i problemi sorgono quando occorre separare le cariossidi nude da quelle vestite dopo la fase di svestitura. Il setaccio con fori da 4mm, che risulta il più indicato per la separazione delle cariossidi vestite da quelle denudate, lascia circa il 5% di cariossidi nude all'interno del prodotto vestito e circa il 10% di cariossidi vestite all'interno del prodotto denudato. Inoltre, in caso di inquinamento da semi estranei, come ad esempio frumento duro in Hammurabi e orzo vestito in ID331 la separazione non è ottimale. Non è stato possibile testare l'efficacia dei setacci a maglie quadre.
- La pulizia con cilindro ad alveoli (tamburo svecciatoio) è risultata molto efficace per la separazione delle cariossidi vestite da quelle nude. Dopo un passaggio nel tamburo svecciatoio con alveoli da 9mm di diametro, le cariossidi vestite presenti nel prodotto svestito sono risultate inferiori al 5% in peso. La separazione dell'orzo dalle cariossidi vestite e del frumento duro dalle cariossidi di frumento monococco nude è discreta ma non impeccabile: infatti, dopo 3 passaggi, circa il 70% dell'orzo viene separato dal prodotto vestito, mentre, in Hammurabi, circa il 70% dell'inquinamento da frumento duro viene separato al terzo passaggio.
- La pulizia combinata, è stata effettuata con "svecciatoio campagnolo" della ditta "Ballarini e figli", fabbricata tra gli anni 1950 e 1960. Tale macchina è stata usata solo su Hammurabi coltivato dal CRA-QCE, per calibrare e pulire le cariossidi prima della semina per l'anno successivo, con risultati molto buoni. Lo svecciatoio elimina infatti anche le impurità leggere dal prodotto, sostituendosi, in questo modo, alla trebbiatrice. Alla fine del trattamento, il prodotto pulito conteneva una quantità di semi vestiti inferiore all'1%. Tuttavia si deve tenere conto che Hammurabi presenta glumelle poco aderenti alla cariosside e quindi più voluminose rispetto ad ID331 e Monlis, quindi è più facile la separazione delle cariossidi vestite da quelle nude.

La necessità di prevedere una fase di decorticazione e pulizia provoca un aumento dei costi di trasformazione.

È la differenza sostanziale di processo rispetto alla trasformazione dei frumenti comunemente coltivati poiché, dopo la completa decorticazione e pulizia delle cariossidi, il processo è lo stesso.

### **5.3.3 Le strutture e le attrezzature presenti sul territorio della Baronia**

La migliore filiera produttiva è quella che riesce a creare un forte legame del prodotto col territorio, non solo in fase di coltivazione, ma durante tutta la trasformazione, rendendo remunerativo questo legame.

Con questo spirito, ipotizzando una trasformazione eseguita totalmente in loco, si è cercato di capire quali sono le carenze da colmare per la realizzazione di una filiera locale integrata.

Per la fase di stoccaggio e pulitura del frumento è stato individuato un capannone-magazzino di 300 mq nella zona industriale (a nord) di Orosei, che può contenere ragionevolmente fino a  $200 \times 10^3 - 300 \times 10^3$  kg di frumento monococco (almeno 60 – 85 ha coltivati con una resa di  $3,5 \times 10^3$  kg) Il prodotto così stoccato potrebbe essere facilmente suddiviso in partite e sarebbe facilmente distinguibile ed accessibile ai soci dell'associazione. Tale struttura consentirebbe inoltre un'adeguata protezione dai roditori.

Per la decorticazione del prodotto vestito è stata acquistata da Laore Sardegna (agenzia per l'attuazione dei programmi regionali in campo agricolo e per lo sviluppo rurale) e messa nella disponibilità dell'associazione una macchina decorticatrice con capacità lavorativa di 100 kg di prodotto per ora. Manca invece totalmente una macchina in grado di pulire il grano monococco e di separare i semi vestiti da quelli interi, operazione che nella pratica sperimentale del CRA-QCE viene eseguita dallo svecciatoio campagnolo e che deve essere effettuata in parallelo a quella di svestitura. L'unico pulitore presente sul territorio è a crivelli ed è nella dotazione di un mulino artigianale che si trova ad Orosei, per cui, considerando la scarsa purezza fisica del prodotto da pulire, alcune prove effettuate nel mese di luglio 2013, hanno messo in evidenza che tale trattamento non consente risultati adeguati.

Per quanto riguarda la molitura del cereale, sul territorio è presente un unico mulino. Tale mulino è a rulli ed è idoneo per la macinazione di frumento duro. Su frumento monococco, in una prova condotta macinando 29 kg di farina, sono stati ottenuti 21,4 kg di farina, con

una resa molitoria di circa il 74%. Il mulino era comunque sporco per la macinazione precedente e, per una resa molitoria di maggiore affidabilità, la prova avrebbe richiesto almeno 200 kg.

Su precisa richiesta di chi scrive, il mugnaio ha precisato che, la capacità produttiva del suo mulino è di 2000 tonnellate/anno.

A conclusione della filiera produttiva, un panificatore di pane carasau presente sul territorio e interpellato sulla quantità di farina che riuscirebbe a gestire, ha risposto che riuscirebbe al momento a gestire 10 tonnellate/anno di farina, riutilizzando una vecchia linea produttiva, attualmente in disuso.

## 5.4 Discussione

Lo studio effettuato su *Triticum monococcum* inquadra non solo gli aspetti quantitativi della specie che, nel caso particolare, sono risultati poco attendibili, ma anche e soprattutto gli aspetti della qualità, ponendo l'attenzione sulle differenze rispetto alle numerose prove sperimentali che sono state effettuate negli anni, da ultima quella finanziata dalla Regione Lombardia nel triennio 2006-2008 per il progetto "MonICA".

### 5.4.1 La coltivazione in Sardegna

L'analisi dei terreni ha potuto essere effettuata, grazie alla disponibilità dell'Agenzia regionale Laore di Orosei che però, essenzialmente per motivi economici, ha limitato a 12 il numero dei campioni di terreno analizzabili rispetto ai 18 campi in cui si è svolta la sperimentazione. I campioni analizzati mostrano come i terreni siano generalmente caratterizzati (con qualche eccezione, come dimostra la Tabella 11) da quantità di potassio molto basse e rapporto magnesio/potassio molto elevato, il che risulta sicuramente penalizzante per l'assorbimento del potassio.

ID Campo Sperimentale	K scambiabile (mg/Kg)	Mg/K
3	33,0	31,5
4	40,0	60,9
5	47,0	24,2
6	40,0	29,3
7	40,0	29,3
8	40,0	29,3
9	159,0	4,5
13	123,0	13,3
14	101,0	4,6
16	42,0	15,6
17	273,0	2,2
18	14,0	32,3

**Tabella 11: contenuto di potassio scambiabile e rapporto magnesio potassio nei terreni analizzati (tabella riassuntiva)**

Le lavorazioni, pur tenendo conto di pochi casi in cui era oggettiva la poca profondità del terreno, della presenza di rocce affioranti e dell'eccesso di scheletro, sono state spesso eseguite con scarsa perizia e senza tenere presente che sarebbe stato necessario creare un substrato idoneo alla coltura e soprattutto, alla raccolta.

Inoltre, eccettuati i campi sperimentali coltivati in regime di agricoltura biologica, è mancato un approccio integrato alla risoluzione dei problemi, che avrebbe suggerito di ricorrere all'aratura in terreni coltivati precedentemente a foraggiere, di trattare con l'estirpatura i terreni utilizzati precedentemente per il pascolo, di evitare la coltivazione in regime di reingrano e di ricorrere maggiormente alla tecnica della falsa semina, vista la scarsa abitudine all'utilizzo di erbicidi.

La semente utilizzata si è dimostrata poco pura quando proveniente da appezzamenti coltivati in Sardegna l'anno precedente (2011/2012) e la co-presenza di specie strettamente imparentate con la coltura è risultata difficile da gestire dal punto di vista produttivo, quanto inaccettabile dal punto di vista commerciale.

Senza dubbio, l'assenza nel registro varietale di Hammurabi e ID331, le 2 linee con il maggior interesse salutistico, e la connessa indisponibilità di semente, avrebbe richiesto maggiore perizia nell'individuazione degli appezzamenti e dei lotti di raccolto da destinare a seme.

La coltura si è dimostrata molto rustica e competitiva, sicuramente in linea con quanto riscontrabile in bibliografia (Vallega, 1979; Vallega, 1992; Castagna, 1992), anche se si occorre tenere presente che tratta di varietà diverse rispetto al passato e che i riscontri sulle rese ottenute in Sardegna non sono del tutto attendibili a causa degli errori commessi in fase di raccolta.

In particolare:

- la coltura è apparsa molto resistente alle malattie; le uniche aree in cui si è manifestata malattia (Mal del piede) erano terreni sciolti, poveri e poco adatti alla coltivazione del frumento. Su terreni argillosi, lo stato fitosanitario della coltura è risultato eccellente;
- dal punto di vista degli attacchi causati da insetti nessun problema è stato rilevato in fase di coltivazione;
- lo spettro malerbologico degli appezzamenti seguiti si è rivelato molto vasto; il frumento monococco non sembra risentire molto della presenza di malerbe, vista anche l'assenza di fenomeni di compensazione negli appezzamenti sperimentali seguiti; il frumento duro Senatore Cappelli, soprattutto per via della taglia, si è dimostrato un campione nella competizione con le malerbe; Hammurabi è apparso competitivo nei confronti delle malerbe per via della contemporaneità di sviluppo, mentre ID331 e Monlis nella fase di levata subiscono la maggior velocità di sviluppo

delle malerbe, per poi prendere il sopravvento a fine levata; l'unica malerba che visivamente ha portato a minor sviluppo della coltura e rappresenta quindi un problema è *Chrysanthemum segetum*; in definitiva, il problema maggiore dato dalle malerbe, più che la competizione in sé, è rappresentato dalla difficoltà eliminazione dei loro semi dalle cariossidi del frumento monococco, soprattutto per la mancanza di un sistema di pulitura efficace sul territorio e, quindi, dall'inquinamento dei prodotti di trasformazione e dalla maggior diffusione dei semi delle malerbe nel caso il raccolto venga utilizzato come semente.

- l'adattamento a terreni poveri di azoto è spiccato in tutte e 3 le varietà ma, quando i livelli di azoto sono veramente molto bassi (terreni non concimati con azoto, sabbiosi e con percentuale di sostanza organica inferiore al 2,5%) i comportamenti si diversificano: mentre la varietà Hammurabi produce in qualsiasi situazione semi ricchi di azoto, ID331 e Monlis producono cariossidi con bassi livelli di azoto; Hammurabi infatti, negli appezzamenti più poveri ha dimostrato una ridottissima allegazione, mentre ID 331 e Monlis non mostrano nessuna riduzione di allegazione, ma le spighe risultano di dimensioni minori e, soprattutto, è minore il contenuto di azoto nelle cariossidi; per l'annata agraria 2013/2014 sono in corso prove di concimazione azotata, su terreni rappresentativi della diversità della Baronia; tuttavia il diverso comportamento di Hammurabi rispetto ad ID331 e Monlis in condizioni di bassissimi livelli di azoto nel terreno merita ulteriori studi, per capire se ciò sia legato alla scarsa significatività statistica delle osservazioni o se le strategie varietali siano proprio diverse;

La fase che, al momento, rappresenta il punto debole di tutta la filiera è la raccolta: *Triticum monococcum*, in base alle prove svolte, è un frumento extra soft, con valori di Hardness (misurata secondo il metodo SKCS) inferiori a 20, in accordo con quanto riportato da Taddei et al. (2009), contro valori superiori a 30 dei frumenti teneri coltivati e un valore medio di 83 del frumento duro di controllo Senatore Cappelli (quindi decisamente superiore a tutte le varietà di frumento monococco). Ciò sta ad indicare una maggiore delicatezza del prodotto e renderebbe quindi necessario ridurre l'aggressività di raccolta, in particolar modo per quanto riguarda la varietà Hammurabi.

Inoltre, dato il basso peso specifico delle cariossidi vestite, occorre che la ventilazione del prodotto sia inferiore a quella effettuata per la raccolta 2012/2013, onde evitare le ingenti perdite di prodotto che si sono verificate.

Infine, la mietitrebbiatrice deve risultare perfettamente pulita e la raccolta deve essere effettuata con la dovuta tempestività per evitare perdite dovute alla rottura del rachide (che sono apparse importanti, colpendo anche il 40% delle spighe, in ID331).

Senza questi accorgimenti la coltivazione di *Triticum monococcum* risulterebbe antieconomica e al di sotto delle proprie potenzialità.

Un dato molto interessante che, ad avviso di chi scrive, valorizzerebbe adeguatamente la coltura è la quantità di proteina prodotta per ettaro di coltura. Anche se questo dato non ha potuto essere rilevato con sufficiente attendibilità, a causa delle alte perdite di prodotto in fase di raccolta, si ritiene che, tenendo conto di questo elemento, la differenza di resa che intercorre tra frumenti tenero e duro e frumento monococco verrebbe a ridursi.

Volendo comunque - nonostante i limiti di cui si è detto - tentare un confronto, risulta che, a fronte di una resa (calcolata sul peso secco) inferiore del 48% nel campo 5 rispetto al campo 18 ( $12,27 \times 10^2$  kg/ha e  $23,26 \times 10^2$  kg/ha rispettivamente), la produzione di proteina per ettaro sia stata inferiore solamente del 6% nel campo 5 rispetto al campo 18 ( $2,09 \times 10^2$  kg/ha di proteina nel campo sperimentale 5 contro  $2,23 \times 10^2$  kg/ha di proteina nel campo sperimentale 18)

#### **5.4.2 Le caratteristiche qualitative**

##### **5.4.2.1 Caratteristiche delle cariossidi e degli sfarinati integrali**

I campioni di cariossidi raccolti e osservati in laboratorio prima di procedere alla pulizia erano eccessivamente ricchi di semi di malerbe, e ciò rappresenta un vero problema quando, come accade in Baronia, non siano disponibili attrezzature idonee alla rimozione dei semi estranei.

Le operazioni di pulizia manuale prima, e pulizia meccanica in seguito hanno confermato le osservazioni effettuate in campo sia per quanto concerne le specie di malerbe osservate, sia per quanto concerne l'entità dell'infestazione.

In un'ottica di filiera produttiva, pulire partite di frumento monococco che contengono fino al 35% di semi estranei (come si è verificato per il campione 15) comporta, oltre alle perdite di prodotto che si verificano per la competizione con le malerbe, anche inaccettabili costi dovuti alla necessità di effettuare più passaggi nella macchina pulitrice o operare a capacità di lavoro ridotta.

La quantità di cariossidi rotte all'interno dei campioni di frumento monococco è risultata eccessiva. La mietitrebbiatrice era sicuramente tarata per la raccolta di frumento duro,

poiché nel campione di frumento duro di controllo le rotture sono state inferiori al 5%, mentre nei campioni di frumento monococco erano, tranne rare eccezioni, sempre superiori al 5%.

Sono apparse grandi differenze tra la varietà Hammurabi e le varietà ID331 e Monlis per quanto riguarda la percentuale di cariossidi nude intere, di cariossidi vestite e di cariossidi rotte. La facile svestibilità di Hammurabi è confermata dall'elevata percentuale di semi nudi interi rispetto alle altre varietà di frumento monococco (77,63% contro 29,36% e 38,00%, questi ultimi due dati senza differenza significativa tra di loro) e dalla bassa percentuale di semi vestiti sempre rispetto alle altre varietà (6,34% contro 52,88% e 61%, questi ultimi due dati senza differenza significativa tra di loro). Proprio per la facile svestibilità, le cariossidi rotte nei campioni di Hammurabi erano mediamente il 70% in più dei campioni di ID331 e Monlis, che tra loro non mostravano differenze significative. Una raccolta eseguita correttamente, come nel caso del CRA-QCE, avrebbe dovuto portare, sempre con materiale in purezza fisica, ad avere il 75-80% (in peso) di cariossidi nude, meno del 5% (in peso) di cariossidi spezzate e il 15-20% circa di cariossidi vestite in Hammurabi e oltre il 90% (in peso) di cariossidi vestite, meno del 5% (in peso) di cariossidi nude intere meno del 3% (in peso) di cariossidi rotte in ID331 e Monlis.

Se la raccolta del frumento monococco è eseguita correttamente il prodotto quindi si presenta più vestito e con residui di paglia, ma può essere successivamente ventilato, in caso contrario rotture e perdite in campo incidono pesantemente sulle rese.

Il peso di 1000 semi maggiore tra le varietà di grano monococco viene registrato da Hammurabi, seguito da ID331 e Monlis.

Pur confermando tale osservazione quanto riscontrato da Brandolini et al.(2007), le differenze tra Hammurabi e le altre varietà (ID331 e Monlis) appaiono molto meno marcate (10-15% contro 25-30%).

Il peso delle glumelle su quello delle cariossidi vestite è risultato di circa il 29%, senza significativa differenza tra le 3 varietà, in linea con quanto risultante dalle prove effettuate dal CRA-QCE (circa il 30%).

La tenacità delle glumelle è molto elevata nelle varietà Monlis e ID331: se in Hammurabi dopo la raccolta e i 3 passaggi nella microtrebbia da banco rimangono vestiti solamente 1-1,5% delle cariossidi (il 21,50% del 6,38% di cariossidi vestite), in ID331 e Monlis rimangono vestiti rispettivamente il 26,8% e il 18,5% delle cariossidi (il 44,05% del 61,00% di cariossidi vestite e il 34,50% del 52,88% di cariossidi vestite, rispettivamente).



La svestitura con microtrebbia da banco è stata fatta perché questa macchina produce un bassissimo danneggiamento delle cariossidi (quasi sempre le rotture erano inferiori allo 0,5%). Tuttavia, al di fuori della sperimentazione, risulta impegnativo il ricorso a questa macchina, poiché troppo delicata.

Del resto, non esiste una macchina tarata per il grano monococco, che presenta glumelle tenaci e cariossidi fragili. Si ricorre allora alle decorticatrici da farro o da riso. Queste macchine tuttavia sono molto aggressive sul prodotto e le prove effettuate presso il CRA-QCE con la decorticatrice in dotazione (Otake) sul raccolto aziendale (ID331 2013) hanno confermato che al primo passaggio circa il 30-40% delle cariossidi rimane vestito, circa il 10% viene danneggiato e solo il 50-60% di semi viene svestito e rimane intero. Come si può immaginare, ad ogni passaggio aggiuntivo aumenta l'incidenza delle rotture.

Il contenuto proteico dei campioni di frumento monococco ha mostrato un range di variabilità piuttosto ampio, tra 11,9% e 20,7%: tali valori, tuttavia, sono decisamente più alti (dal 25% al 120% in più) rispetto al campione 18, il frumento duro di controllo.

Hammurabi ha presentato un contenuto proteico medio significativamente superiore ad ID331 (quasi del 30% superiore), mentre Monlis non ha mostrato differenze significative rispetto ad ID331 e Hammurabi. I valori riscontrati risultano in linea con quanto riportato da Brandolini et al.(2007) per le varietà Hammurabi e Monlis: in particolare, le differenze in termini assoluti tra questo lavoro e il confronto sono minime (inferiori all'1%) per le varietà Hammurabi e Monlis e rilevanti (-3,5% rispetto al controllo in termini assoluti) per la varietà ID331.

Occorre considerare che i metodi con cui è stato rilevato il contenuto di azoto delle cariossidi sono diversi: in particolare il metodo per combustione sovrastima i risultati fino allo 0,08% rispetto al metodo Keldjahl (dati ricavati su frumento duro da prove effettuate presso il CRA-QCE), il che si traduce in una sovrastima del contenuto proteico che può arrivare allo 0,5%. Ciononostante, le differenze di contenuto proteico sarebbero comunque ridotte per Hammurabi e Monlis.

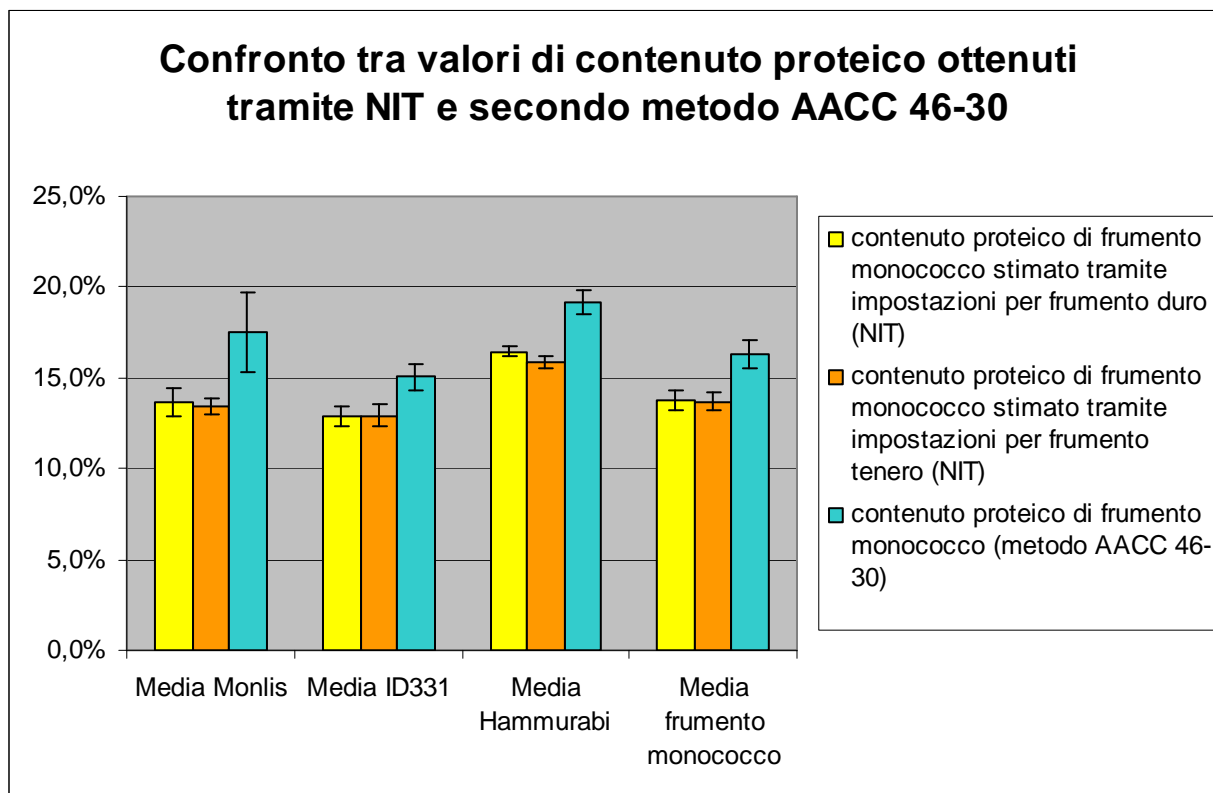
Il test di sedimentazione in SDS è utilizzato per valutare in breve tempo qualità e quantità del glutine e, indirettamente, contenuto proteico. I volumi di sedimentazione in SDS hanno superato i 60 ml, che sono indicati come valore soglia nel frumento monococco per avere una buona qualità panificatoria (Borghi et al., 1996), solo in tre campioni (6 e 11 di varietà ID331 e 7 di varietà Monlis), mentre tutti gli altri valori risultano inferiori. Hammurabi, anche a contenuti proteici superiori al 20%, mostra volumi di sedimentazione molto bassi (12 ml contro 82,5ml di Monlis), che variano soltanto di pochi ml al variare del contenuto

proteico, mentre Monlis e ID331 presentano intervalli di variazione molto più elevati. I volumi di sedimentazione di ID331 risultano correlati con il contenuto proteico con un coefficiente  $r=0,86$  (per le altre varietà i campioni erano insufficienti per arrivare a queste conclusioni). E' stato dunque possibile, per questa varietà, trarre conclusioni sul contenuto proteico disponendo dei volumi di sedimentazione.

Quanto appena affermato risulta evidente se si osservano i volumi di sedimentazione specifici che, nel caso di Hammurabi, presentano valori prossimi a 0,7 ml per 1% di proteina tq mentre, nelle altre varietà, l'intervallo di variabilità è compreso tra 1,43 e 4,58 ml per 1% di proteina tq. I valori dei volumi di sedimentazione in SDS risultano in linea con i risultati pubblicati da Brandolini et al., (2007).

Ad avviso di chi scrive, viste le oggettive difficoltà di lettura per volumi superiori a 60ml, occorrerebbe lasciare a riposo i campioni per almeno 50 minuti invece dei 25 previsti dal metodo Preston prima della lettura, in modo che il sedimento risulti chiaramente visibile.

I contenuti proteici stimati tramite NIT, sebbene fortemente correlati, hanno mostrato significative differenze rispetto al contenuto proteico calcolato secondo il metodo AACC46-30 (correlazione di 0,92 tra contenuto proteico di grano monococco e contenuto proteico di grano monococco stimato con impostazioni per grano duro, correlazione di 0,94 tra contenuto proteico e contenuto proteico stimato con impostazioni per grano tenero). In base ai dati ottenuti, l'apparecchio Infratec (NIT), può essere utilizzato per determinare se un campione di frumento monococco ha un contenuto proteico maggiore di un altro; tuttavia per stimare con precisione il contenuto proteico di frumento monococco, è necessario prevedere l'inserimento di valori ad hoc.



**Figura 109: confronto tra valori di contenuto proteico ottenuti tramite NIT e secondo metodo AACC 46-30**

I pesi ettolitrici rilevati non risultano correlati a nessun aspetto qualitativo. La loro unica utilità è per la determinazione del volume occupato dalla produzione, quindi per esigenze di stoccaggio, anche se la determinazione non è stata possibile per le cariossidi vestite perché i pesi ettolitrici erano talmente bassi da non essere tabulati nella tabella di conversione.

L'umidità rilevata - considerato che per il frumento il limite per le transazioni è fissato al 14,5% - è risultata particolarmente elevata con ben 6 campioni che hanno superato tale valore. Ciò è dovuto al fatto che, anche se normalmente in Sardegna sono molto rari gli eventi piovosi nel periodo della raccolta, nel caso specifico si è verificato un evento piovoso di circa 25mm nella zona di Orosei (dati ARPAS) nei giorni immediatamente precedenti la raccolta, pregiudicando la raccolta e la conservazione del prodotto più colpito.

Circa 100 g del campione 3, il più umido di tutti, conservati a temperatura ambiente per 3 mesi presso il CRA-QCE, hanno sviluppato muffe per l'eccesso di umidità. Gli eventi piovosi nei giorni precedenti la raccolta possono avere effetti dannosi sulla conservazione del prodotto, specie se la finestra di raccolta è molto breve per fenomeni di deiscenza.

Gli indici di Hagberg (Falling Number o tempi di caduta) degli sfarinati integrali sono decisamente elevati: sopra 300, ad eccezione del campione 3, che è pregerminato, e del campione 8, che avrebbe un valore ottimo per la panificazione (range 250-320). I Falling Number ottenuti sullo sfarinato integrale risultano molto interessanti, oltre che per garantire l'assenza di fenomeni di pregerminazione, anche in un'ottica di produzione di pasta. Il grano monococco è noto per avere la maggior parte dei tocoli (quasi l'80% in Monlis secondo Hidalgo et al., 2008) contenuti in crusca e germe, per cui risulta interessante la produzione di pasta integrale, a maggior contenuto di tocoli rispetto alla pasta non integrale. Gli elevati indici Hagberg garantiscono, in questo caso, una bassa degradazione dell'amido durante la cottura.

Il colore rilevato mediante Infratec (NIT), tarato con le impostazioni per grano duro, sulle cariossidi ha mostrato una correlazione di 0,86 con l'indice di Hagberg rilevato sugli sfarinati. L'analisi mediante Infratec è risultata particolarmente rapida e non è distruttiva per cui tale osservazione, se trovasse ulteriori riscontri, potrebbe permettere di rilevare in tempi rapidi l'eventuale pregerminazione delle cariossidi. Una bassa correlazione (-0,35) è stata rilevata tra colore ed umidità delle cariossidi.

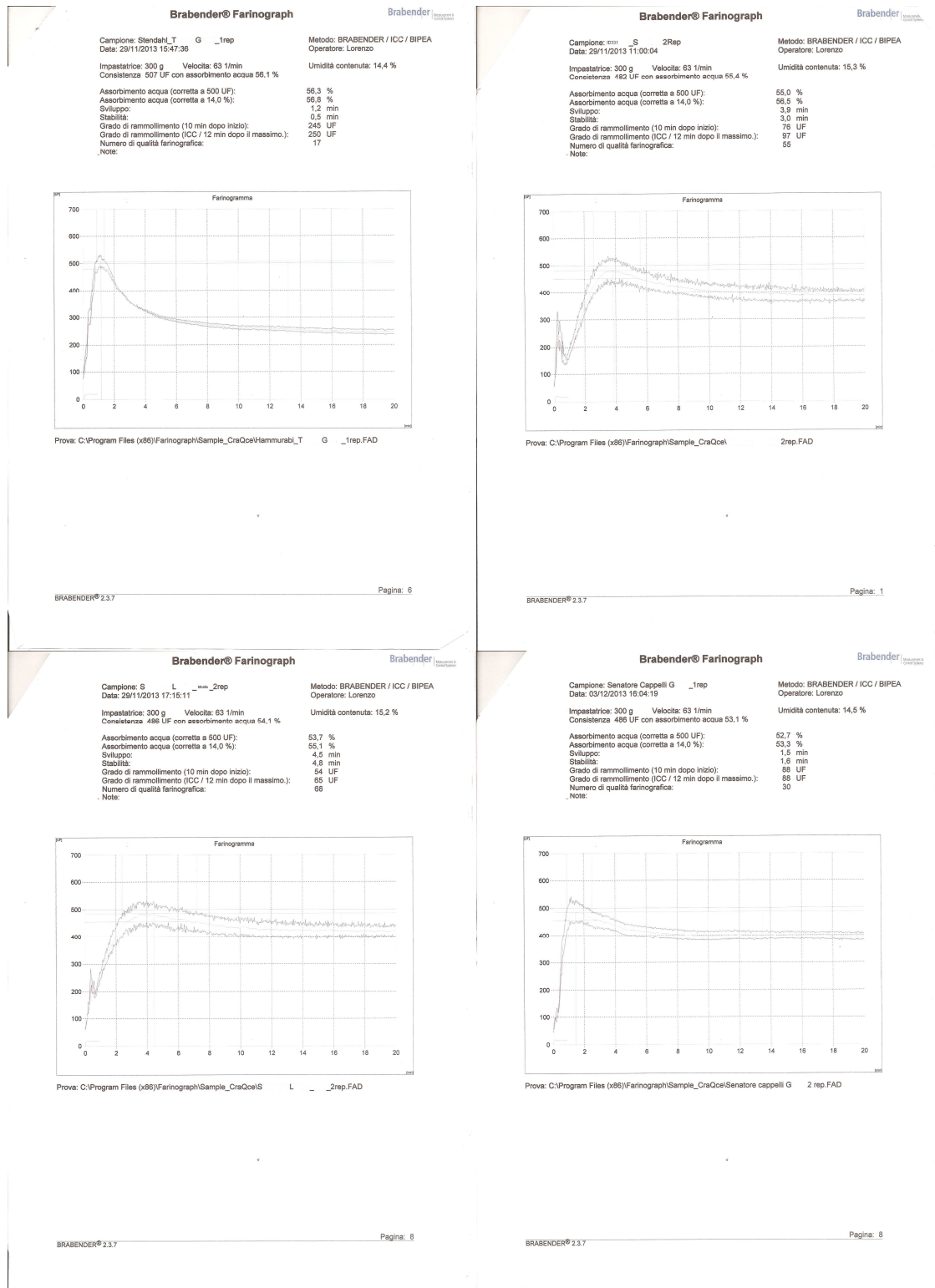
#### **5.4.2.2 Caratteristiche delle farine e delle semole**

La macinazione ha rivelato una buona resa molitoria del grano monococco, con valori medi superiori al 70%  $\pm$ 1%, significativamente più elevati rispetto al frumento duro di controllo (68%). Si è potuto inoltre osservare che la crusca di monococco, anche dopo il passaggio di rimacinazione, appare ancora ricca in farina.

Il contenuto proteico delle farine di *Triticum monococcum* risulta mediamente inferiore di circa 1,5% rispetto allo sfarinato integrale degli stessi campioni, con valori nettamente superiori rispetto al campione di controllo frumento duro Senatore Cappelli (da +32% a +120%)

Il comportamento osservato durante l'analisi farinografica delle tre varietà di frumento monococco è stato molto variabile. Hammurabi si è contraddistinto per l'elevato assorbimento idrico rispetto a ID331 e Monlis (+ 4,5% e +3,5% H<sub>2</sub>O rispettivamente), che può essere in parte spiegato dal maggior contenuto proteico di Hammurabi. D'altra parte, i dati relativi a sviluppo, stabilità e grado di rammollimento di Hammurabi evidenziano un glutine che si sviluppa molto rapidamente, che è poco stabile (mediamente 30") e che dimezza la consistenza a 12 minuti dal raggiungimento del picco. Hanno maggiore stabilità farinografica le varietà ID331 e Monlis (quasi 5 minuti nel caso del campione 7), mentre il

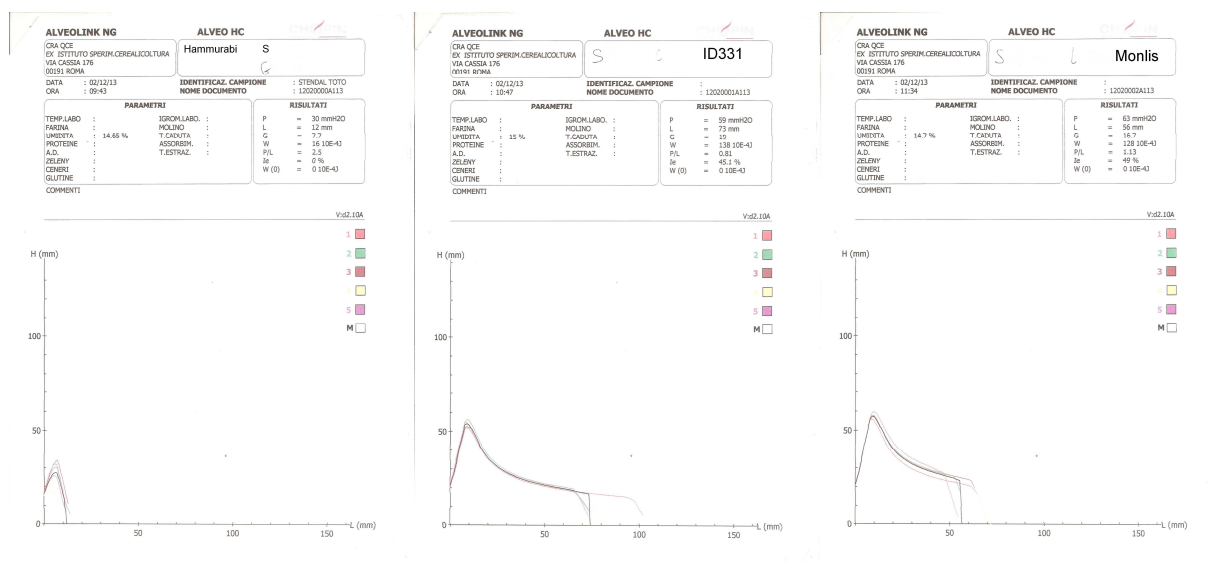
grado di rammollimento a 12 minuti dal raggiungimento del picco di consistenza è decisamente inferiore in ID331 e Monlis(91,7 UF e 105,5 UF rispettivamente, senza differenza significativa tra i 2 valori) rispetto ad Hammurabi (253 UF)



**Figura 110: (dall'alto al basso e da sinistra a destra): farinogrammi dei campioni 5 (Hammurabi), 6 (ID331), 7 (Monlis) e 18 (grano duro var. Senatore Cappelli)**

Caratteristica unica nei farinogrammi di grano monococco è di presentare un picco di consistenza precedente il raggiungimento del picco massimo, fenomeno che, per il frumento tenero e duro, non avviene. Poiché tutte e 3 le varietà presentano questo picco durante la fase di sviluppo, questa particolarità può essere spiegata dal diverso assorbimento idrico dell'amido di frumento monococco che, per dimensione e grado di danneggiamento durante la fase di macinazione, differisce molto dall'amido di frumento tenero e duro (Taddei et al., 2009).

I risultati farinografici medi delle tre varietà sono decisamente diversi da quelli di Brandolini et al (2007), che mostrano un rammollimento meno marcato dell'impasto originato dalla farina della varietà Hammurabi rispetto a ID331 e Monlis, sebbene anche questi ultimi confermino la scadente attitudine panificatoria di Hammurabi e la migliore attitudine di ID331 e Monlis.



**Figura 111: gli alveo grammi delle varietà di frumento monococco Hammurabi (campione 5), ID33 (campione 6) e Monlis (campione 7)**

Le deduzioni ricavabili dai risultati farinografici sono le stesse che possono essere ricavate dai risultati alveografici: Hammurabi presenta W pari a 20 e P/L pari a 3. Tali valori indicano una farina assolutamente non adatta alla panificazione, poiché la maglia glutinica non sarebbe in grado di sopportare il rigonfiamento dell'impasto dovuto alla lievitazione, portando a ridotti volumi di pane. ID331 e Monlis presentano valori di W superiori (100 e 133 come risultato medio rispettivamente) e P/L più equilibrati (1 per entrambe) e risultano più idonei almeno all'utilizzo nella produzione di biscotti.

Sia durante le analisi farinografiche che durante quelle alveografiche non è passata inosservata l'estrema collosità degli impasti di Hammurabi, tanto che semplici operazioni come la pulizia delle impastatrici o il posizionamento delle formelle all'interno dell'alveografo risultavano insolitamente difficili.

Gli indici di Hagberg, nei campioni analizzati, sono risultati tutti compresi tra 400 e 500, valori ottimi per la trasformazione in pasta.

Proprio per comprendere quale fosse il comportamento del glutine nelle tre varietà di frumento monococco, appurato dai tracciati elettroforetici che tutte e tre presentano gliadine e glutenine, si è deciso di calcolare gli indici di glutine.

Qui ci si è scontrati con alcune difficoltà in quanto, mentre per ID331 e Monlis l'estrazione meccanica del glutine è risultata possibile, per Hammurabi, oltre al fatto che il lavaggio del glutine risultava molto laborioso, la massa formatasi mostrava scarsa polimerizzazione e alla fine del lavaggio, anziché mostrare una forma sferica, ostruiva il filtro dello strumento.



**Figura 112: Il "glutine" della varietà Hammurabi di frumento monococco**

La varietà Hammurabi è l'unico caso finora noto di frumento che, pur possedendo gliadine e glutenine, non forma glutine. Questo comportamento è spiegato dal ruolo delle omega gliadine:

- la struttura del glutine è data dalle glutenine, soprattutto HMW che, polimerizzando, formano una massa tenace, a cui le gliadine conferiscono estensibilità. Le glutenine di LMW di tipo C e D fungono invece da terminatori di catena; in genere la quantità

di terminatori di catena non ha influenza sulla polimerizzazione della molecola; la polimerizzazione avviene attraverso la formazione di ponti disolfuro tra aminoacidi cisteina posti alle estremità delle sub unità gluteniniche HMW;

- le gliadine sono proteine povere di cisteina; tuttavia, nelle omega gliadine sono frequenti mutazioni genetiche che interessano un'estremità della molecola proteica; tali mutazioni prevedono la trasformazione di un aminoacido in cisteina;
- le gliadine così mutate si comportano come glutenine LMW di tipo D, cioè vi è la formazione di un ponte disolfuro all'estremità in cui è presente l'amminoacido cisteina, ma non vi è estensione di catena;
- La massiccia presenza di omega gliadine, quindi di terminatori di catena, tra le proteine di riserva di Hammurabi contrasta la polimerizzazione del glutine, per cui il risultato è una massa priva di struttura.

Nelle altre varietà, come detto, l'estrazione del glutine non ha presentato difficoltà. Gli indici di glutine riscontrati sono stati molto bassi (2-3) in tutti i campioni, ad eccezione dei campioni 6 e 7, che si caratterizzavano per l'elevato contenuto proteico.

Il glutine, in % sulla sostanza secca, rappresenta dal 58% al 78% circa del contenuto proteico totale nei campioni di frumento monococco, mentre rappresenta quasi il 90% nel campione 18 di frumento duro.

#### **5.4.2.3 Caratteristiche delle paste**

Le paste realizzate con frumento monococco si sono contraddistinte per l'elevata qualità, le ottime prestazioni durante la cottura e la gradevolezza del colore, oltre ad essere risultate particolarmente gradite a chi le ha assaggiate

Gli indici di giallo delle paste realizzate con frumento monococco sono superiori di circa il 50% rispetto a quelli della pasta realizzata col campione 18 di grano duro (il campione 6 mostra un risultato anomalo poiché la pasta è stata realizzata partendo da sfarinato integrale). Sugli indici di bruno non vi sono differenze tra frumento monococco (campioni 5, 7, 9, realizzati con farina raffinata) e frumento duro. I tempi di cottura delle paste sono risultati compresi fra 8 e 9 minuti, ed i giudizi della prova di assaggio hanno premiato le varietà con contenuto proteico maggiore. Tuttavia la pasta realizzata con farina del campione 9 ha ottenuto un punteggio più basso di quella realizzata con la semola del



campione 18, laddove il contenuto proteico di entrambi gli sfarinati è risultato decisamente basso (11,86% ed 8,83%).

Dai risultati ottenuti si può quindi affermare che un contenuto proteico superiore al 14%-15% è indispensabile per l'ottenimento di paste che, dopo la cottura, mantengano la forma, non risultino collose e rimangano voluminose all'interno del piatto.

L'aumento di peso delle paste durante cottura, dovuto all'assorbimento idrico, è sempre risultato elevato (dal 132% al 157%).

I residui in acqua di cottura sono sempre risultati più bassi per il frumento monococco rispetto al grano duro (dal 7% al 36% in meno), segno che l'amido rilasciato durante la cottura è poco.

Confrontando i valori di SOT in acqua di lavaggio con quelli individuati da D'Egidio et al. (1977) per l'ottenimento di paste di elevata qualità (inferiori a 1,4 g/l per 100 grammi di pasta pesata prima della cottura) e di media qualità (tra 1,5 e 2,3 g/l per 100 grammi di pasta pesata prima della cottura), risulta che le paste ottenute dai campioni 5, 6, 7 sono di ottima qualità, mentre le paste ottenute dai campioni 9 e 18 sono di media qualità.

Questi risultati confermano come, per l'ottenimento di paste di ottima qualità, siano necessari frumenti con elevati contenuti proteici (in frumento monococco, almeno al di sopra del 14%) e Falling Number superiori a 300 negli sfarinati integrali e a 400 nelle farine raffinate, mentre la qualità del glutine non influenza la qualità delle paste, poiché anche in Hammurabi, in cui non vi è la formazione del glutine, le paste sono risultate di ottima qualità.

#### **5.4.2.4 Caratteristiche delle piante intere**

I frumenti sono risultati caratterizzati da un bassissimo indice di raccolto: nei casi migliori il 25% del peso dell'intera pianta secca era rappresentato da cariossidi, mentre si sono verificati casi (non riportati tra i risultati) di zone in cui l'Harvest Index era di 0,03.

Questi dati indicano come sia, in realtà, la paglia il principale prodotto della coltivazione di *Triticum monococcum*. I dati qui riportati sulle asportazioni di azoto dal terreno per 100 kg di cariossidi, indicano che il frumento monococco asporta dal terreno una quantità di azoto che va dal 60% al 90% in più di quella asportata dal grano duro, sia che si elimini la paglia, sia che questa venga lasciata sul terreno.

#### **5.4.3 Osservazioni sulla filiera produttiva**

La filiera produttiva del frumento monococco, viste le modeste quantità fino ad ora prodotte in Sardegna, è stata quasi totalmente gestita a livello non imprenditoriale, senza nessuna organizzazione d'impresa.

In previsione del crescente interesse della coltura e dell'aumento delle superfici seminate nella campagna di produzione 2013/2014, è importante affrontare efficacemente le più importanti problematiche emerse: *in primis* la coltivazione e la raccolta, a causa della bassa formazione agronomica di chi ha coltivato e di chi ha raccolto, sono decisamente migliorabili.

Le varietà ID331 ed Hammurabi sono di prossima iscrizione nel Registro Nazionale Volontario delle Varietà, pertanto la produzione e la commercializzazione delle sementi seguirà la normativa nazionale ed europea. Sarà l'Ente CRA a richiedere l'iscrizione delle varietà. In virtù di questo, gli agricoltori di Lazio, Sardegna e Sicilia che fanno parte dei progetti di coltivazione di *Triticum monococcum* patrocinati dal CRA-QCE potranno utilizzare liberamente all'interno della propria azienda le sementi in loro possesso, auto producendo anche il seme.

Data questa possibilità, è importante che tutte le fasi, a partire dal campo, assicurino la massima pulizia del seme.

Una problematica importante è data dall'impossibilità di pulire con accuratezza il seme dopo la raccolta. Viste le scarse prestazioni del pulitore presente in Baronia, occorre sicuramente prevedere l'acquisto di una macchina capace di eseguire un lavoro paragonabile allo "svecciatoio campagnolo" in dotazione al CRA-QCE.

## 6 Conclusioni

Il grano monococco è un cereale di elevato valore qualitativo e nutrizionale anche a bassi input, come si è potuto verificare nei campi sperimentali della Sardegna. L'interesse maggiore nel territorio sardo è per quelle varietà, come ID331 e Hammurabi, che abbinano l'alta digeribilità tipica di questa specie, ad un'azione preventiva verso la celiachia.

Dai risultati riportati in questo elaborato, emerge come entrambe queste varietà siano adatte al territorio della Baronia:

- Hammurabi si caratterizza per l'elevato tenore proteico delle cariossidi anche in terreni poveri di azoto e per la facile ed economica svestibilità delle cariossidi, ma risulta improduttivo se seminato tardivamente;
- ID331 invece è molto rustico e adattabile, tuttavia il contenuto proteico delle cariossidi risulta dipendente dal contenuto di azoto del terreno e la fase di svestitura provoca molte rotture.

In previsione dello sviluppo di una filiera, gli interventi più importanti da prevedere sono la formazione degli operatori (dagli agricoltori, ai raccoglitori, ai trasformatori) sulle buone pratiche agricole e sulle particolarità di questo cereale e l'acquisto di macchinari idonei alla lavorazione di questo cereale.

Il frumento monococco è molto indicato per la produzione di pasta secca. Al riguardo, va notato che tale particolarità non è influenzata dalla limitata espressione di glutine della varietà di punta per questo scopo (Hammurabi), che abbina caratteristiche di buona produttività, ad elevata salubrità e valore nutrizionale. Per la produzione di pane e prodotti da forno, la varietà migliore, che mantenga la salubrità caratteristica di *Triticum monococcum* è ID331, anche se la strada rimane aperta al miglioramento genetico. La varietà ottimale sarebbe probabilmente un incrocio di Hammurabi x ID331, che prendesse da Hammurabi tutte le caratteristiche migliori, tra cui la facile svestibilità, controllata dal locus sog del cromosoma 2AS (Sood et al.2009) e dal locus Q del cromosoma 5AL (Taenzler et al., 2002) e da ID331 il profilo proteico, controllato, per gamma e omega gliadine, dal locus Gli-A1<sup>m</sup>, che si trova nel cromosoma 1A di *Triticum monococcum* (Saponaro et al., 1995).

Tuttavia un'eccessiva spinta verso il miglioramento dei parametri alveografici e farinografici delle farine potrebbe portare, come nel caso della varietà Monlis, alla perdita dei caratteri salutistici che caratterizzano questa specie.

È inoltre importante approfondire se *Triticum monococcum* può avere una funzione curativa nei confronti della Gluten sensitivity. Chi, tra gli agricoltori o i familiari che manifestavano intolleranze al glutine, ha sostituito nella propria alimentazione il grano tenero e duro con il grano monococco, ha dichiarato infatti di non manifestare più i sintomi dell'intolleranza.

## 7 Bibliografia:

### 7.1 Atti dei convegni, libri, pubblicazioni e riviste

- Allaby R. G., Brown T. A. (2004). Reply to the comment by Salamini et al. On "AFLP data and the origins of domesticated crops". *Genome* 47: 621-622.
- Angelini F., (1965) Coltivazioni erbacee. - Facoltà di agraria di Portici. \_ 829 pp.
- Auricchio S., De Ritis G., De Vincenzi M., Occorsio P., Silano V. (1982). Effects of gliadin-derived peptides from bread and durum wheats on small intestine cultures from rat fetus and celiac children. *Pediatric Research* 16: 1004-1010.
- Baldassarri I. (2012) Le omega-gliadine di grano monococco (*Triticum monococcum* spp *monococcum*) in relazione con la malattia celiaca, Tesi di laurea specialistica.
- Baldoni R., Giardini L. (2000) Coltivazioni Erbacee: cereali e proteaginose, Patron Editore.
- Blanco A., Boggini G., Bolognesi G., Brandolini A., Cannella C., Corbellini M., D'Egidio M. G., De Stefanis E., Di Fonzo N., Mastrangelo A., Montemurro P., Moscaritolo S., Pasini W., Pasquini M., Pogna N., Pollini A., Rossi V., Saviotti B., Sgrulletta D., Troccoli A., Viggiani P. (2007) Il Grano: botanica, storia e arte, alimentazione, paesaggio, coltivazione, ricerca, utilizzazione, mondo e mercato, Coltura e Cultura (ed Bayer CropScience).
- Borghi B., Castagna R., Corbellini M., Heun M., Salamini F. (1996) Breadmaking quality of Einkorn Wheat (*Triticum monococcum* spp. *Monococcum*), *Cereal Chemistry* 73: 208-214.
- Brandolini A., Hidalgo A., Moscaritolo S. (2008) Chemical composition and pasting properties of Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour. *Journal of Cereal Science* 47: 599-609.
- Brandolini A., Hidalgo A., Pogna N., Geminati R. (2008) Progetto MonICA – Monococco per l'Innovazione Cerealicola ed Alimentare, Quaderni della ricerca, n°95 – ottobre 2008, Regione Lombardia.
- Brandolini A., Vaccino P., Boggini G., Oezkan H., Killan B., Salamini F. (2006). Quantification of genetic relationships among A genomes of Wheats. *Genome*, 49: 297-305.
- Brown T. A., Jones M. K., Powell W., Allaby R. G. (2008) The complex origin of domesticated crops in the Fertile Crescent, Cell Press.
- Carella S., Mazza M., Acutis P., D'Ambrosio C., Scaloni A., Candiano G., Baldassarri I., Galassi E., Gazza L., Pogna N. (2013). Celiachia e grano monococco: analisi elettroforetiche e spettrofotometriche di omega-gliadine con potenziale attività anti-infiammatoria. *Tecnica Molitoria* 64: 778-786.

- Castagna R., Minoia C., Codianni P. (1992) Risultati di prove agronomiche su farro piccolo e farro medio, *L'Informatore agrario* 37: 63-66
- Castagna R., Minoia C., Rossetti L., Codianni P. (1993). Produttività del farro in diverse condizioni di coltivazione. *L'informatore Agrario* 35/93: 52-55.
- Castelletti L., Castiglioni E., Rottoli M. (1992) Resti vegetali e alimentari da Lazise, pp.87-101, Neri-Pozza, Vicenza, Italy.
- Ciferri R., Bonvicini M. (1959) Revisione delle vecchie razze italiane in rapporto ai frumenti mediterranei, *Ann. Sper. Agr.* 13, Roma.
- Codianni P., Ronga G., Di Fonzo N., Troccoli A. (1996). Performance of selected Strains of "Farro" (*Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schuebler, *Triticum spelta* L.) and Durum Wheat (*Triticum durum* Desf. cv. Trinakria) in the Difficult Flat Environment of Southern Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176: 15-21.
- Coldiretti, 2014: Crisi, meno carne, più uova, famiglie tornano ad anni '80 (9/03/2014).
- D'Egidio M. G., Carcea M. (2013). I metodi analitici per la misura della qualità dei cereali. *Molini D'Italia* 6 : 16-21.
- D'Egidio M. G., Nardi S., Vallega V. (1993) Grain, Flour and Dough Characteristics of Diploid Wheat, *Triticum monococcum* L., *Cereal Chemistry* 70:298-303.
- D'Egidio M.G., Sgrulletta D., Mariani B.M., Galterio G., De Stefanis E., Fortini S. (1976) Metodo per la misura della collosità e della qualità nelle paste alimentari, *Tecnica Molitoria*, novembre 1976.
- Erba D., Hidalgo A., Bresciani J., Brandolini A. (2011) Environmental and genotypic influences on trace element and mineral concentrations in whole meal flour of Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *Monococcum*). *Journal of cereal Science* 54: 250-254.
- Frank J., Chin X. W. D., Schrader C., Eckert G. P., Rimbach G. (2012) Do tocotrienols have potential as neuroprotective dietary factors?. *Ageing Research Reviews* 11:163 – 180.
- Fuller, D.Q. (2007) Contrasting patterns in crop domestication and domestication rates: recent archaeological insights from the Old World. *Ann. Bot. (Lond.)* 100: 903–924
- Gazza L., Taddei F., Conti S., Muccilli V., Foti S., Pogna N. (2009). Starch-bound 2S proteins in different cereal species. *Book of Abstracts COST FA0604-Meeting*: p19.
- Gazza L., Vincentini O., De Vincenzi M., Piccinini M., Petrangeli V., Ng P., Pogna N. (2010). Variation in toxicity of monococcum and dicoccum wheat for celiac patients. *Proceedings Xth International Gluten Workshop*. Clermont-Ferrand, France 7-9 Sept, 2009 pp. 298-303.

- Gianfrani C., Maglio M., Rotondi Aufiero V., Camarca A., Vocca I., Iaquinto G., Giardullo N., Pogna N., Troncone R., Auricchio S., Mazzarella G. (2012). Immunogenicity of monococcum wheat in celiac patients. *American Journal of Clinical Nutrition* 6 (96): 1339-1345.
- Goncharov N. P., Kondratenko E. Ja., Bannikova S.V., Konovalov A. A., Golovkina K. A. (2007). Comparative Genetic Analysis of Diploid Naked Wheat *Triticum Sinskajae* and the Progenitor *T. monococcum* Accession. *Russian Journal of Genetics*, 43 (11): 1248-1256.
- Harlan, J.R. and De Wet, J.M.J. (1983) Comparative evolution of cereals. *Evolution Int. J. Org. Evolution* 27, 311–325 Hawkes, J.G. *The Diversity of Crop Plants*. Harvard University Press.
- Hejtmankova K., Lachman J., Hejtmankova A., Pivec V., Janovska D. (2010) Tocols of selected spring wheat (*Triticum Aestivum* L.), einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) and wild emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrank]) varieties, *Food Chemistry* 123: 1267-1274.
- Henke R., Salvioni C. (2013). I redditi in agricoltura: processi di diversificazione e politiche di sostegno. INEA.
- Heun, M., Schafer Pregl R., Klawan D., Castagna R., Accerbi M., Borghi B., Salamini F. (1997) Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science* 278: 1312–1314.
- Hidalgo A., Brandolini A., Gazza L. (2008) Influence of steaming treatment on chemical and technological characteristics of einkorn (*Triticum monococcum* L. spp *monococcum*) wholemeal flour, *Food Chemistry* 111: 549-555.
- Jones, M.K. and Brown, T.A. (2007) Selection, cultivation and reproductive isolation: a reconsideration of the morphological and molecular signals of domestication. In *Rethinking Agriculture: Archaeological and Ethnoarchaeological Perspectives* (Denham, T. et al., eds), pp. 36–49, Left Coast Press.
- Lachman J., Hejtmankova K., Kotikova Z. (2013) Tocol and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: selection for breeding and production, *Journal of Cereal Science* 57: 207-214.
- Nesbitt M. and Samuel D. (1996) In: S. Paduloski, K. Hammer & J. Heller (eds), *Hulled wheats. Proceedings of the first International Workshop on hulled wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio, Tuscany, Italy*, pp. 2-40.
- Pantanelli E. (1944) *Coltivazioni Erbacee*. - Facoltà di agraria di Bari 325pp.
- Perrino P. (1984) The diversity in Vavilov's Mediterranean Gene Center, *Kulturpflanze* n°36, pp.85-105 Hammer K., Perrino P. Further information on farro (*Triticum monococcum* L. and *T. dicoccon* Schrank) in South Italy, *Kulturpflanze* 32: 143-151.
- Perrino P. (1988). The diversity in VAVILOV'S Mediterranean Gene Center. *Kulturpflanze* 36: 85-105.

- Perrino P., Hammer K., Lehmann C. O. (1982) Collection of land-races of cultivated plants in south Italy 1981, *Kulturpflanze* 30: 181-190.
- Piras B., Pogna N. (2009). Il Grano Monococco: storia e prospettive. *Spazio rurale* 2: 48-49.
- Pogna N. E., Gazza L., Vincentini O., De Vincenzi M. 2008. Variation in noxiousness of different wheat species for celiac patients. *Journal of Plant interaction* 3: 57-67.
- Pogna N., Gazza L. (2009) Il pane di Ötzi torna in tavola, *Darwin* 30: 44-54.
- Preston K. R., March P. R., Tipples K. H. (1982). An assesment of the SDS sedimentation test for the prediction of Canadian bread wheat quality. *Can. J. Plant Sci.* 62: 543-553.
- Salamini F., Özkan H., Brandolini A., Schafer-Pregl R, Martin W. (2002) Genetics and Geography of wild cereal domestication in the near east. *Nature reviews genetics*, 3: 429-441.
- Saponaro C., Pogna N.E., Castagna R., Pasquini M., Cacciatori P., Redaelli R. (1995). Allelic variation at the Gli-A1m, Gli-A2m and Glu-A1m loci and breadmaking quality in diploid wheat *Triticum monococcum*. *Genet. Res.* 66: 127-137.
- Sharma H. C., Waines J. G., Foster K. V. (1981). Variability in primitive and wild wheats for useful genetic characters. *Crop Science* 21: 555-559.
- Sood S., Kuraparthi V., Bai G., Gill B.S. (2009). The major threshability genes soft glume (sog) and tenacious glume (Tg), of diploid and poliploid wheat, trace their origin to independent mutations at non orthologous-loci. *Theor. Appl Genet.* 119: 341-351
- Szabò A. T., Hammer K. (1996). Notes on the taxonomy of farro: *Triticum monococcum*, *T. dicoccon* and *T. spelta*. In: S. Paduloski, K. Hammer & J. Heller (eds), *Hulled wheats. Proceedings of the first International Workshop on hulled wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio, Tuscany, Italy*, pp. 2-40.
- Taddei F., Gazza L., Conti S., Muccilli V., Foti S., Pogna N.E. (2009). Starch-bound 2S proteins and kernel texture in einkorn, *Triticum monococcum ssp monococcum*. *Theor Appl Genet* 119: 1205-1212.
- Tiwari U., Cummins E. (2009) Nutritional importance and effect of processing on tocals in cereals. *Trends in Food Science & Technology* 20: 511–520.
- Troccoli A., Codianni P. (2005). Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rainfed condition in southern Italy, *European Journal of Agronomy* 22: 293-300.
- Vallega V. (1992). Agronomical performance and breeding value of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum*, *Euphytica* 61: 13-23.



- Vallega V. (1977). Validità del *Triticum monococcum* nel miglioramento genetico del frumento. Sementi elette XXIII: -8.
- Vallega V., (1979). Field performance of varieties of *Triticum monococcum*, *Triticum durum* and *Hordeum vulgare* grown at two locations, *Genetica Agraria* 33: 363-370.
- van Slageren M., Payne T. (2013). Concepts and nomenclature of the Farro wheats, with special reference to Emmer, *Triticum turgidum* subsp. *Dicoccum* (Poaceae), The board of Trustees of the Royal Botanic Garden, vol 68, pp. 477-494.
- Vincentini O., Maialetti F., Gazza L., Silano M., Dessì M., De Vincenzi M., Pogna N.E. (2007). The environmental factors of celiac disease: Citotoxicity of hulled species *Triticum monococcum*, *T. turgidum* ssp *dicoccum* and *T. aestivum* ssp *spelta*. *Journal of Gastroenterology Hepatology* 22: 1816-1822.
- Volta U., Ubaldi E. (2009). La malattia celiaca in medicina generale, Pacini editore.
- Zohary D. (1996). The mode of domestication of the founder crops of Southwest Asian agriculture. In: *The origins and spread of agriculture and Pastoralism in Eurasia* (Harris D. R. ed) pp142-158, UCL Press.
- Zohary, D. and Hopf, M. (2000). *Domestication of Plants in the Old World*. (3rd edn), Oxford University Press.

## 7.2 Siti internet

- [www.entecra.it](http://www.entecra.it)
- [www.faostat.org](http://www.faostat.org)
- [www.istat.it](http://www.istat.it)

## 8

Considero questo lavoro di tesi come un gioco di squadra, che non sarebbe stato possibile senza l'aiuto di chi, durante i 14 mesi di lavoro, ho incontrato sul mio percorso.

Ringrazio innanzitutto la mia famiglia, con i miei genitori per avermi sostenuto durante ogni mese di lavoro e mio fratello Marcello per avermi ospitato a Roma.

Ringrazio i due correlatori di questa tesi, il dott. Norberto Pogna e la dott.ssa Laura Gazza per avermi assistito nel migliore dei modi, con il loro indispensabile supporto scientifico e i loro impagabili consigli, durante tutto lo svolgimento della tesi, pur avendomi lasciato ampia libertà.

Ringrazio il dott. Battista Piras, agronomo che mi ha seguito durante tutto i sopralluoghi nei campi sardi, mi ha aiutato nella raccolta dei dati e mi ha garantito ospitalità durante l'ultimo soggiorno in Sardegna

Ringrazio gli agricoltori sardi e le loro famiglie, per aver sostenuto il lavoro che stavo svolgendo e per avermi garantito il loro aiuto: Giacomo, Giovanni, Giovanni, Salvatore, Spartaco, Tommaso, Antonio, Mario, Francesco, Renzo, Bacchisio, Antonio, Michele.

Ringrazio tutto il consiglio direttivo dell'associazione TricumOro per avermi fornito aiuto dalla nascita dell'associazione e durante tutto lo svolgimento della tesi: Tiziana, Antonio, Luca, Franco, Alessia, Battista, Antonio e Giuseppina Giovanna.

Un ringraziamento speciale va a Tiziana, Antonio, Michelina, Carlo, Melania, famiglia che più di tutte mi ha sostenuto e dato disponibilità durante i soggiorni in Sardegna e fatto da tramite quando necessitavo di informazioni.

Un grazie va anche a Rossano, Salvatore, Antonio e Patrizia, per avermi aiutato a vario titolo durante i soggiorni in Sardegna.

Un grazie va al dott. Ciriaco Loddo di LAORE per aver reso disponibili le analisi dei terreni nei campi sperimentali che stavo seguendo

Un grazie va a Cosimo, Gemma, Raffaele, Andrea, Raffaele, Antonina, Gina, Anna, Salvatore per avermi garantito ospitalità durante i soggiorni in Sardegna

Ringrazio il Comune di Orosei per aver manifestato in più occasioni interesse per il lavoro che stavo svolgendo.

Ringrazio il personale del CRA-QCE. Oltre ai correlatori desidero ringraziare il dott. Pierino Cacciatori, la dott.ssa Elena Galassi per la grande disponibilità dimostrata, il dott. Salvatore Moscaritolo per i preziosi consigli dati durante tutte le prove condotte, la dott.ssa Maria Grazia d'Egidio, la dott.ssa Cristina Cecchini per l'impagabile supporto scientifico e la disponibilità dimostrate nello svolgimento delle analisi, Alessandra, Roberto, Ester, Alessandro, Federica, Viviana, Alessandro e molti altri per la disponibilità dimostrata durante tutto il periodo trascorso presso il CRA-QCE.

Ringrazio il dott. Andrea Brandolini del CRA-SCV per il materiale messo a disposizione.

Desidero ringraziare Viviana per l'aiuto datomi durante lo svolgimento della tesi.

Ringrazio i miei amici, per avermi aiutato nei momenti più difficili.

Ringrazio chi crede nel lavoro che ho fatto, perché io sono il primo a crederci