



**Progetto FORCASEO MAREMMA Misura 124 PSR 2007-2013 della Regione Toscana**

***SISTEMI FORAGGERI AGGIORNATI PER PRODUZIONI LATTIERO-CASEARIE TIPICHE NELLA  
MAREMMA TOSCANA***

Relazione Finale

**Coordinatore:** Prof. Enrico Bonari

**Referenti:** Dott.ssa Elisa Pellegrino, Dott. Cristiano Tozzini

**Gruppo di ricerca:** Dott. Fabio Taccini, Dott. Alberto Mantino, Dott. Luca Lori, Dott. Sergio Cattani, Dott. Stefano Nicoletti, Dott.ssa Marraccini Elisa, Dott. Ricardo Villani

## **Introduzione**

Il settore lattiero-caseario rappresenta una delle componenti principali del sistema agro-alimentare nazionale, anche se negli ultimi anni si sono osservati segni di preoccupazione in merito all'evoluzione del numero dei capi bovini da latte complessivamente allevati (i.e., riduzione media delle vacche in produzione nel periodo 2000-2007 pari allo 0,6%). In effetti, secondo i dati ISMEA del 2010 i formaggi rimangono la principale fonte di scambio del prodotto lattiero caseari e nel 2009 il loro flusso relativo ha rappresentato il 46,4% del costo totale delle importazioni e il 92,5% del valore del prodotto venduto all'estero. In tale contesto, si inserisce anche la filiera lattiero casearia toscana dove, in base ai dati forniti dalla Banca Dati Nazionale (BDN), la situazione degli allevamenti bovini da latte è in una fase di evidente riduzione sia del numero degli allevamenti che dei capi allevati che della produzione media per capo. Nel 2010 sono stati rilevati 273 allevamenti attivi, concentrati per il 75% in tre sole province, ossia quella di Grosseto per il 38% (con il 46% dei capi), Lucca per il 20% e Firenze per il 17%, con l'88% delle aziende lattifere che denuncia una produzione media inferiore a 500 tonnellate di latte per anno. Di contro, nell'ultimo decennio, in Italia, si è verificato un notevole aumento del patrimonio bufalino dovuto principalmente alla crescente domanda di mozzarella di bufala sia sul mercato nazionale, che internazionale. In Italia l'allevamento ha raggiunto una consistenza di oltre 250.000 capi ed anche nella nostra Regione, nell'ultimo periodo, si sono registrati – soprattutto in provincia di Grosseto - vari casi di sostituzione dell'allevamento bovino da latte con quello bufalino. Al momento si stima che in provincia di Grosseto siano allevati circa 1100 capi di bufala (in massima parte presenti nei comuni di Grosseto, Roccastrada, Manciano, Capalbio e Magliano) per una produzione media annua di latte di circa 2400 t, pressoché completamente venduta all'industria di trasformazione fuori regione.

## **Obiettivo generale del progetto**

I prodotti innovativi che si prevedeva di realizzare durante la presente misura erano: una mozzarella di bufala ad acidificazione lattica con starter autoctono termofilo; una caciotta mista (20% latte bufalino e 80% latte bovino) con starter autoctono mesofilo ed aggiunta di polline come additivo naturale (minimo 60 giorni di stagionatura); una caciotta fresca (latte bovino) con starter autoctono meso-termofilo, aggiunta di polline come additivo naturale ed eventualmente colture di batteri lattici aggiuntive con caratteristiche di probioticità. Inoltre, la presente misura aveva come obiettivo finale quello di estendere gli output conoscitivi del presente trasferimento di

innovazione ad un'areale più grande e cioè a tutte le aziende bufaline presenti in Maremma tramite un'ampia divulgazione dei risultati acquisiti e un'ampia diffusione dell'innovazione.

### **Obiettivi specifici del progetto**

La presente misura 124 si è posta diversi obiettivi tra di loro collegati:

- i)** introdurre innovazioni tecniche (di processo e di prodotto) nella coltivazione/produzione di foraggi e materie prime per mangimi concentrati e la loro applicazione in schemi alimentari ottimizzati secondo le moderne tecniche di nutrizione dei ruminanti "Cornell Net Carbohydrates and Protein System" (CNCPS), al fine di tipizzare ed ottimizzare il livello di autoapprovvigionamento alimentare degli allevamenti bufalini da latte della Maremma toscana;
- ii)** introdurre nelle aziende agro-zootecniche del comprensorio itinerari tecnici aggiornati e maggiormente sostenibili dal punto di vista agronomico-ambientale, tecnico-organizzativo ed economico;
- iii)** ottimizzare le risposte produttive degli animali in produzione zootecnica della specie bufalina, soprattutto in termini di qualità tecnologica del latte e per le caratteristiche chimico-nutrizionali dello stesso;
- iv)** sviluppare una gamma di prodotti a base di latte di bufala e vaccino trasformati a livello aziendale, che possano essere valorizzati per le loro caratteristiche di legame con il territorio e per la loro qualità nutrizionale-salutistica;
- v)** sviluppare l'impiego di latte-innesti autoctoni in processi di caseificazione per le diverse tipologie di prodotti lattiero-caseari, ottenuti da latte di bufala o vaccino, e comunque accomunati dall'area geografica di provenienza, e cioè la Maremma.

## **Fasi del progetto**

**Il progetto si è articola in 4 fasi, che si svilupperanno in 18 mesi.**

**Fase 1:** costituzione dell'accordo di cooperazione, la programmazione di dettaglio delle attività del progetto e l'avvio delle attività di coordinamento.

**Fase 2:** realizzazione dei test di collaudo per il trasferimento dell'innovazione agronomica e la messa in opera delle agrotecniche innovative.

**Fase 3:** esecuzione di test di collaudo per la validazione delle diete ottimizzate utilizzando gli alimenti prodotti nella fase precedente, nonché il calcolo dei profitti ottenibili dal trasferimento dell'innovazione agronomica.

**Fase 4:** realizzazione di test di collaudo per la messa in opera e collaudo dell'innovazione microbiologica/tecnologica.

**Le attività che hanno visto coinvolta la Scuola Superiore Sant'Anna (SSSUP) -** soggetto scientifico referente per il trasferimento di innovazione ai sistemi foraggieri a supporto della filiera casearia del latte di bufala - **Partner A4** - rientrano nelle seguenti fasi:

**Fase 2 – Azione F2.2:** descrizione territoriale delle superfici dei comparti agricoli e della consistenza degli allevamenti bovini e bufali dei diversi Comuni della provincia di Grosseto

**Fase 2 – Azione F2.3:** caratterizzazione agronomica dei suoli alla base della scelta delle specie e varietà autoctone foraggere, proteaginose e graminacee da inserire/reinserire a livello aziendale come innovazione agronomica; trasferimento delle agrotecniche innovative nelle aziende agricole zootecniche rappresentative selezionate (allevatori di bufale e vacche da latte); coordinamento e assistenza tecnica della messa in opera delle agrotecniche innovative nelle aziende agricole zootecniche selezionate (allevatori di bufale e vacche da latte).

**Fase 2 - Azione F2.5:** realizzazione di test di collaudo volti a verificare il corretto trasferimento delle innovazioni agronomiche nelle aziende agricole zootecniche selezionate (allevatori di bufale e vacche da latte) quale la valutazione delle caratteristiche quanti-qualitative dei foraggi, soia, proteaginose alternative alla soia e colture da insilamento ottenute nell'azione.

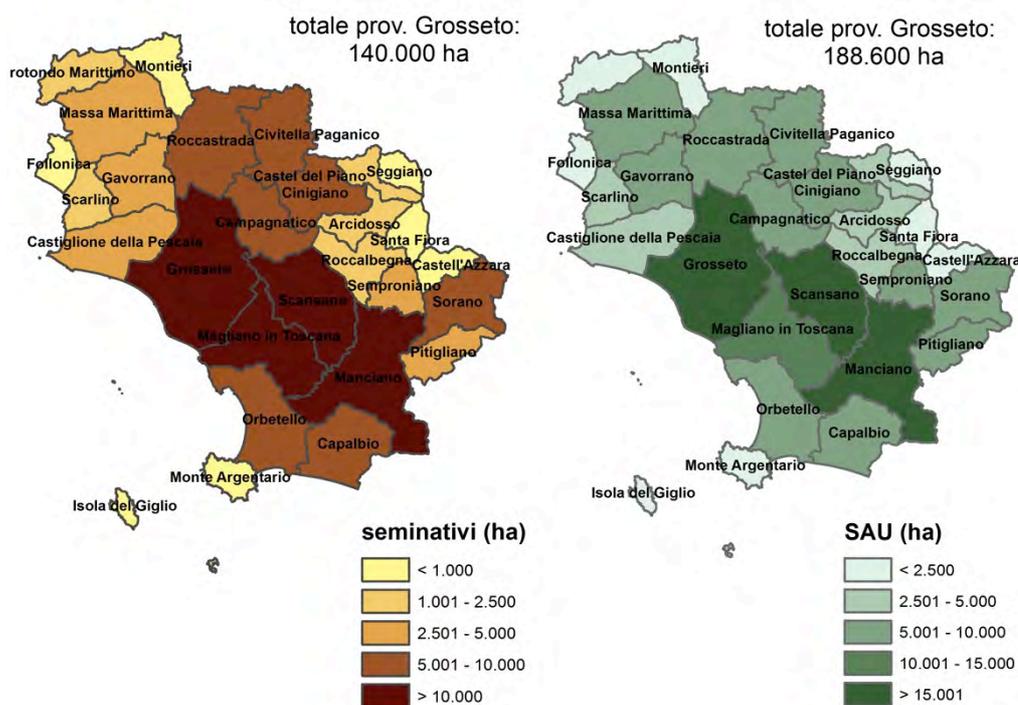
**Fase 3 - Azione F3.2:** Valutazione delle innovazioni di processo e di prodotto in termini di costi di produzione dell'unità di prodotto e dell'unità nutritiva.

**Fase 4 - Azione 4.2:** Coordinamento e assistenza tecnica per la realizzazione dei test rapidi di collaudo *in situ* presenti nell'azione **F4.3**.

## Fase 2 - Azione F2.2: Descrizione territoriale delle superfici dei comparti agricoli e della consistenza degli allevamenti bovini e bufali dei diversi Comuni della provincia di Grosseto

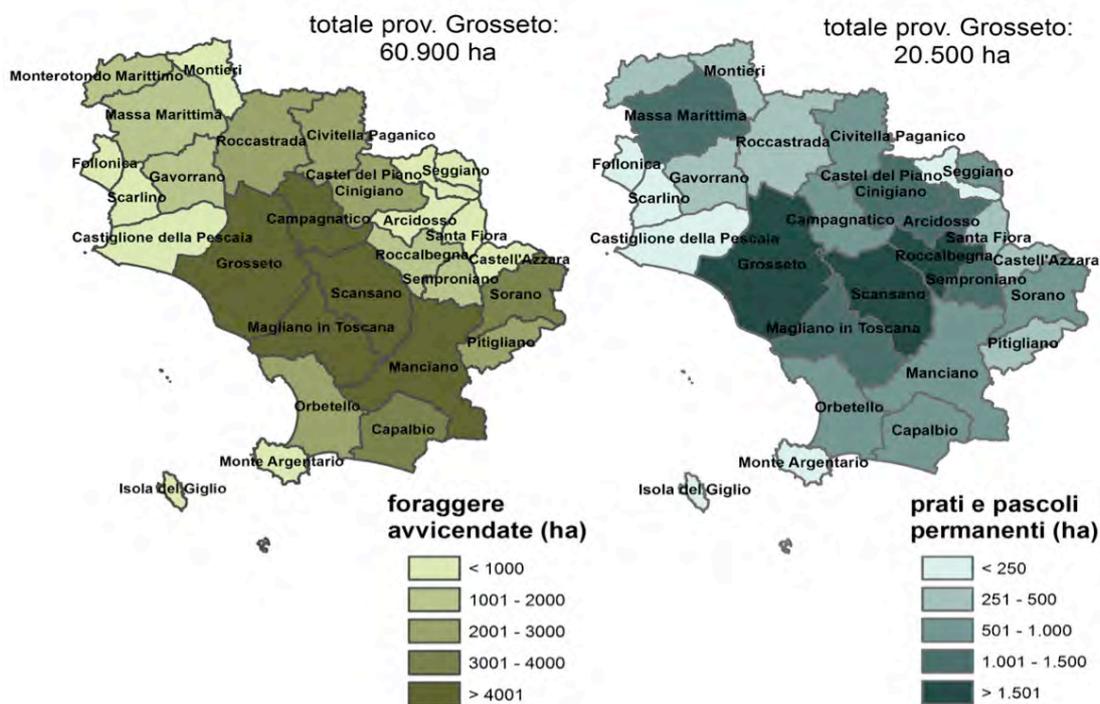
La superficie agricola utilizzabile (SAU) della provincia di Grosseto è di circa 188.600 ha (dati censimento dell'agricoltura 2010 - Istat), la più estesa della province toscane ed in particolare di quelle costiere. Come si può notare dalla Fig.1, i comuni con la maggior superficie agricola sono Grosseto, Magliano e Manciano con una SAU superiore a 15000 ha.

La quota più importante della SAU è ovviamente rappresentata dai seminativi che coprono una superficie di circa 140.000 ha: le coltivazioni più presenti sono quelle destinate alla produzione di cereali, che rappresentano circa un terzo del totale, seguiti dagli erbai, terreni a riposo e prati poliennali. A livello comunale la superficie destinata ai seminativi è concentrata nei comuni di Grosseto e in quelli delle colline interne della zona meridionale e cioè Scansano, Manciano e Magliano (Fig. 1).



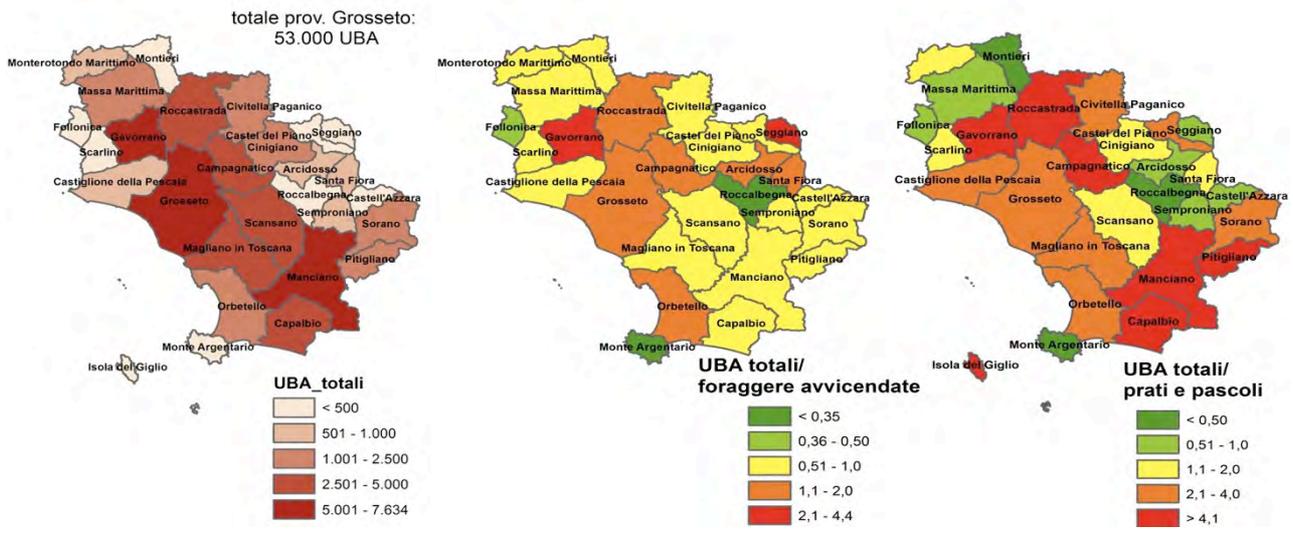
**Fig. 1.** Superficie agricola utilizzabile (SAU; ha) totale e SAU a seminativi della provincia di Grosseto. Mappe realizzate su base comunale.

Nella provincia di Grosseto, la superficie destinata alle colture foraggere avvicendate rappresenta più del 30% del totale della SAU. Le colture foraggere avvicendate si concentrano nei comuni della costa e nei comuni delle colline meridionali interne, mentre i prati e pascoli permanenti coprono una superficie pari a circa il 10% della SAU totale e caratterizzano maggiormente la zona delle colline metallifere e del Monte Amiata.

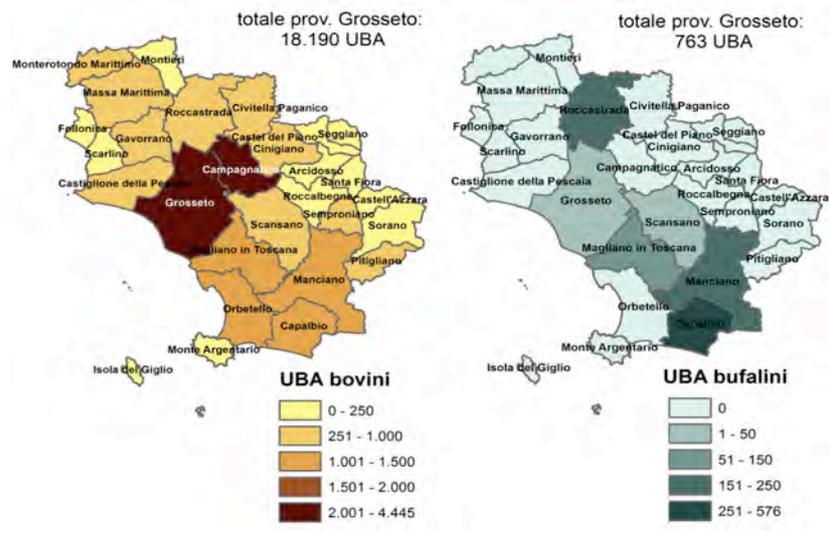


**Fig. 2.** Superficie agricola utilizzabile (SAU; ha) destinata a foraggere avvicendate e SAU destinata a prati e pascoli permanenti nella provincia di Grosseto. Mappe realizzate su base comunale.

Sul territorio grossetano sono presenti circa 53.000 Unità Bovino Adulto (UBA) distribuite in maniera più concentrata nei comuni di Grosseto, Gavorrano e Manciano (dati censimento dell'agricoltura 2010 - Istat). Tali comuni superano le 5.000 UBA sulle loro superfici. Indicizzando il volume degli allevamenti per la superficie comunale si nota come in tre comuni, tutti di zone collinari o montane, Gavorrano, Campagnatico e Santa Fiora, siano presenti per ha di SAU più di 0,4 UBA, mentre la media provinciale è di 0.28 UBA per ha di SAU. Valutando il carico zootecnico sulle sole superfici destinate a colture foraggere avvicendate, i comuni con una presenza maggiore di animali allevati sono Gavorrano e Seggiano, con valori superiori a 2 UBA/ha, rispetto ad una media provinciale che si attesta su 1,15 UBA/ha. Chiaramente, il valore dell'impatto degli allevamenti sulle superfici coltivate aumenta se lo si rapporta ai soli prati e pascoli permanenti. La media provinciale sale a 2,9 UBA/ha e in 6 comuni il valore di questo rapporto è superiore a 4 (Fig. 3).



**Fig. 3.** Unità Bovino Adulto (UBA) totali nella provincia di Grosseto e le stesse rapportate alla superficie agricola utilizzabile (SAU) destinata a foraggere avvicendate e a prati/pascoli. Mappe realizzate su base comunale.



**Fig. 4.** Unità Bovino Adulto (UBA) relative al comparto bovino e al comparto bufalino nella provincia di Grosseto. Mappe realizzate su base comunale.

In tabella 1 sono riportati i dati a risoluzione comunale del numero di aziende agricole zootecniche suddivise per tipo di allevamento (dati censimento dell'agricoltura 2010 - Istat). Il comune con la più alta presenza di aziende agricole zootecniche è Grosseto per tutte le tipologie di allevamento ad esclusione di quella ovi/caprina, il cui primato spetta a Manciano con 158 aziende presenti sul territorio comunale. L'allevamento bovino/bufalino rappresenta circa il 35% del comparto zootecnico come carico di animali (UBA). I comuni più legati a questo tipo di allevamento sono

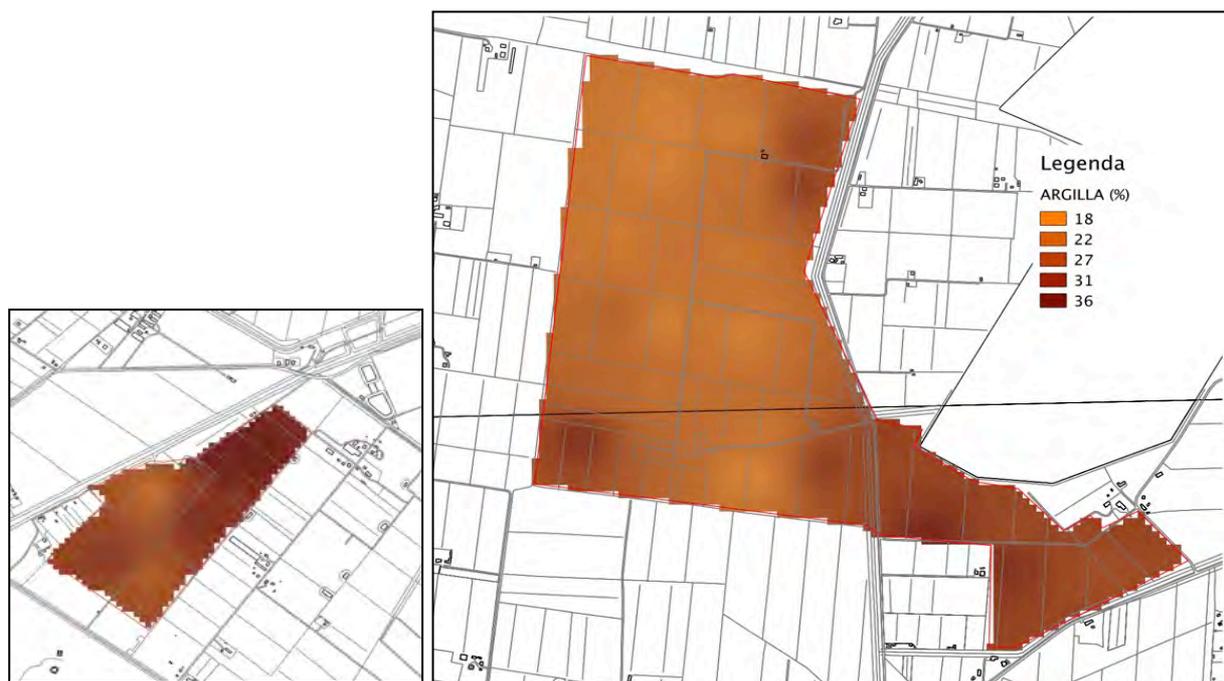
Grosseto e Campagnatico con più di 200 UBA bovine ciascuno e Capalbio con più di 250 UBA bufaline (Fig. 4).

**Tabella 1.** Numero di aziende zootecniche per tipo di allevamento nella provincia di Grosseto. Dati a risoluzione comunale.

<b>Tipo allevamento</b>	<b>Bovini e bufalini</b>	<b>Suini</b>	<b>Ovini e caprini</b>	<b>Avicoli</b>	<b>Equini, struzzi, conigli, api e altri allevamenti</b>
Arcidosso	11	2	31	1	22
Campagnatico	43	15	65	10	32
Capalbio	29	7	30	4	48
Castel del Piano	12	6	10	2	25
Castell'Azzara	3	6	14	23	16
Castiglione della Pescaia	12	1	10	6	40
Cinigiano	43	9	30	2	19
Civitella Paganico	29	11	21	23	32
Follonica	6	3	1	9	19
Gavorrano	22	6	19	4	30
Grosseto	118	16	78	25	105
Isola del Giglio	..	1	1	2	2
Magliano in Toscana	68	19	81	2	46
Manciano	54	13	158	1	62
Massa Marittima	29	13	30	6	54
Monte Argentario	0	0	1	1	2
Monterotondo Marittimo	9	5	12	6	8
Montieri	7	3	16	0	11
Orbetello	43	14	32	20	41
Pitigliano	26	7	49	1	18
Roccalbegna	14	6	29	1	25
Roccastrada	41	13	40	7	48
Santa Fiora	4	2	19	4	11
Scansano	31	14	111	3	49
Scarlino	8	2	7	5	20
Seggiano	7	7	10	12	18
Semproniano	12	3	38	17	18
Sorano	23	1	92	5	25
<b>Grosseto</b>	<b>704</b>	<b>205</b>	<b>1035</b>	<b>202</b>	<b>846</b>

**Fase 2 – Azione F2.3: Caratterizzazione agronomica dei suoli alla base della scelta delle specie e varietà autoctone foraggere, proteaginose e graminacee da inserire/reinserire a livello aziendale come innovazione agronomica**

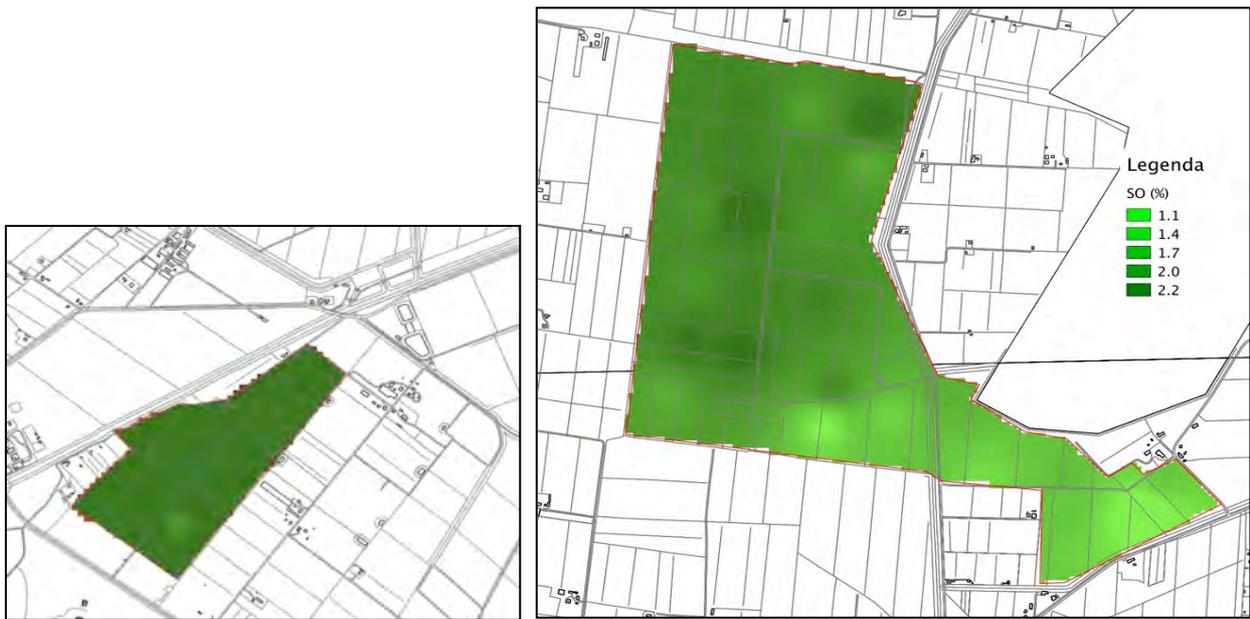
Inizialmente, presso l'azienda Querciolo (Grosseto, 42° 43' 14.9; 11° 00' 41,7) sono stati eseguiti sopralluoghi ed interviste mirate a migliorare la conoscenza delle peculiarità dei diversi terreni che la compongono. Stessa operazione è stata eseguita presso l'azienda Guicciardini Corsi Salviati che ha ospitato il trasferimento dell'innovazione di reintroduzione della soia (*Glycine max* L.). Successivamente all'insilamento dei cereali primaverili-estivi, nell'azienda Querciolo (allevatori di bufale), per meglio interpretare la risposta delle colture è stato eseguito un campionamento georeferenziato dei suoli e le analisi dei principali parametri chimico-fisici, utili per la scelta delle specie erbacee da seminare nella annata agraria 2014/2015. Di seguito i dati (Tabella 2) e le principali mappe (argilla, Fig. 5; sostanza organica, Fig. 6; pH, Fig. 7)



**Fig. 5.** Mappa del contenuto in argilla dei suoli dell'azienda il “Querciolo”, Grosseto (allevatori di bufale).

**Tabella 2.** Esiti delle analisi del suolo presso l'azienda il "Querciolo" Grosseto (allevatori di bufale).

Codice	Latitudine	Longitudine	Sabbia	Limo	Argilla	pH(H <sub>2</sub> O)	Calcare tot	OC	C/N	Ca/Mg	Mg/K	Ntotale	Passim	Kscamb	OM	CSC	Cascamb	Mgscamb	Nascamb
			%	%	%	%	%	%	g/kg	ppm P2O	ppm K2O		%	meq/100g	ppm Ca2+	ppm Mg2+	ppmNa+		
10	667450.52	4735300.81	21.1	56.1	22.8	7.9	10.3	1.1	9.3	7.5	4.4	1.2	16.5	216.0	1.9	18.0	3024.0	246	87
11	667625.41	4735272.99	28.4	53.6	17.9	7.6	11.6	1.2	10.1	7.9	2.0	1.2	23.4	384.6	2.1	16.0	2608.0	200	117
12	667864.60	4735238.41	29.5	52.5	18.0	7.7	18.8	1.2	9.3	6.1	2.0	1.3	35.7	479.8	2.1	15.8	2503.0	249	62
13	667434.86	4735077.13	22.4	55.3	22.3	7.6	11.1	1.3	8.3	5.2	2.6	1.5	51.8	502.2	2.2	18.3	2836.0	334	83
14	667606.00	4735046.34	19.7	59.5	20.8	7.7	11.3	1.3	9.6	6.1	2.6	1.4	38.2	417.5	2.3	17.7	2859.0	286	51
15	667353.79	4734876.24	13.8	54.5	31.7	8.0	11.0	1.0	8.5	6.9	8.2	1.1	14.0	144.6	1.7	22.1	3746.0	329	80
16	667924.25	4734911.80	27.0	53.0	20.0	7.9	12.4	1.1	10.8	9.6	1.9	1.1	35.5	370.2	2.0	16.7	2834.0	179	76
17	667888.26	4734755.69	50.0	33.2	16.8	7.8	39.9	0.6	8.2	4.1	1.8	0.8	72.6	591.0	1.1	13.3	1859.0	277	102
18	668123.24	4734793.15	27.5	43.0	29.5	7.5	1.9	0.8	8.4	7.7	6.6	1.0	15.6	160.0	1.4	20.4	3468.0	274	107
19	668316.75	4734890.34	26.2	44.6	29.2	7.6	1.4	1.0	11.3	9.7	7.7	0.9	12.4	116.5	1.7	20.9	3690.0	231	77
20	668440.19	4734564.95	18.2	47.8	34.0	7.4	2.8	0.7	8.6	5.8	9.8	0.8	13.3	145.7	1.3	22.3	3534.0	371	80
21	668710.95	4734572.73	28.8	43.9	27.3	7.3	2.0	0.9	10.4	6.9	9.2	0.9	19.0	114.0	1.6	19.6	3110.0	273	66
22	668692.19	4734455.76	20.7	47.3	32.0	7.3	1.4	0.9	8.8	9.0	10.3	1.0	17.4	96.6	1.5	21.8	3819.0	257	93
23	668977.94	4734430.30	19.7	52.5	26.8	7.6	7.5	0.5	7.7	6.5	9.9	0.6	15.8	107.8	0.8	17.7	2991.0	277	69
24	669056.00	4734580.45	27.2	44.3	28.5	7.3	3.7	0.9	8.3	12.6	4.9	1.0	25.9	136.3	1.5	20.0	3593.0	173	84
25	664389.58	4731486.46	38.9	36.2	24.9	7.5	7.2	1.1	7.1	21.3	2.2	1.6	54.7	142.6	2.0	19.2	2829.0	81	47
26	664233.71	4731567.30	26.0	42.3	30.8	7.4	3.6	1.9	8.8	18.7	3.6	2.2	28.9	148.8	3.3	25.1	4249.0	138	53
g1	667603.84	4735813.35	34.2	48.8	17.0	7.6	14.4	1.2	9.9	6.2	2.4	1.2	54.8	384.2	2.1	15.4	2464.0	240	83
g2	667623.92	4735967.20	33.3	49.4	17.3	7.7	14.3	1.2	9.6	8.1	3.2	1.3	29.1	241.7	2.1	15.7	2670.0	199	44
g3	667834.25	4735937.43	34.7	47.4	17.9	7.9	13.3	1.0	9.9	7.7	6.4	1.0	15.8	122.0	1.8	15.2	2568.0	202	103
g4	667840.89	4735756.28	25.7	54.0	20.4	7.9	12.0	1.2	11.0	7.8	7.7	1.1	21.8	111.0	2.0	17.0	2855.0	221	151
g5	668058.87	4735898.23	18.7	53.1	28.2	7.8	9.3	1.3	9.7	5.1	6.1	1.4	57.7	255.0	2.3	21.6	3432.0	405	136
g6	668043.51	4735735.91	18.2	52.2	29.5	7.9	9.7	1.0	9.4	6.4	9.6	1.1	1.8	134.4	1.7	21.1	3536.0	334	91
l7	667857.86	4735495.29	26.1	55.2	18.6	7.8	12.2	1.1	9.4	7.4	3.5	1.2	24.0	239.5	1.9	15.8	2638.0	217	82
l8	667463.16	4735578.85	26.6	53.1	20.2	7.5	11.1	1.4	9.6	5.8	4.8	1.5	35.5	246.0	2.4	17.8	2891.0	303	81
g9	667612.50	4735562.04	24.4	56.1	19.5	7.8	12.4	1.1	9.5	5.8	5.8	1.1	36.0	182.4	1.9	16.2	2636.0	276	93
p26	664577.04	4731732.43	20.8	46.4	32.8	7.7	6.3	1.6	9.1	15.3	5.5	1.8	25.4	127.4	2.8	25.0	4577.0	182	64
p27	664405.26	4731824.47	42.1	36.4	21.6	7.6	9.7	1.3	10.0	24.9	2.9	1.3	35.7	76.1	2.2	17.9	2383.0	58	65
p28	664725.79	4732021.63	15.7	46.0	38.3	7.7	9.7	1.5	8.3	7.6	6.8	1.7	37.3	207.5	2.4	27.0	4602.0	367	128



**Fig. 6.** Mappa del contenuto in sostanza organica dei suoli dell'azienda il "Querciolo", Grosseto (allevatori di bufale).



**Fig. 7.** Mappa del pH dei suoli dell'azienda il "Querciolo", Grosseto (allevatori di bufale).

I terreni aziendali sono caratterizzati da un pH omogeneo e subalcalino. Il contenuto in argilla, anche se sempre in percentuale sostenuta (range tra il 18% e il 36 %), si concentra in zone circoscritte identificando gli appezzamenti con suolo decisamente tenace. Condizione questa tipica dei terreni di bonifica. Le analisi chimiche hanno riscontrato una buona dotazione di sostanza organica mediamente tra 1 e il 2%; in alcuni appezzamenti la concentrazione è oltre il 2%, valori questi ottimali e sopra la media dei terreni agrari toscani.

Dalla valutazione delle analisi fisico-chimiche si evince che i terreni aziendali sono ottimali per la coltivazione della tipiche colture agrarie mediterranee. Per quanto riguarda le colture invernali è consigliata la scelta di specie che valorizzano terreni pesanti con alto contenuto di argilla; sono quindi indicati le graminacee per la produzioni di fieno o trinciato come frumento tenero (*Triticum aestivum* L.), triticale (*x Triticosecale* Wittm) e avena (*Avena byzantina* L. e *Avena sativa* L.). Per quanto invece riguarda la produzione di fieno aziendale è ovviamente indicata la coltivazione dell' erba medica (*Medicago sativa* L.) e di trifogli locali (*Trifolium alexandrinum* L. e *Trifolium subterraneum* L.) in rotazione ai cereali. La coltivazione irrigua estiva consigliata è il mais (*Zea mays* L.), valutando opportunamente varietà medio o medio-tardive capaci di chiudere il ciclo riproduttivo in anticipo rispetto alla stagione caldo arido estiva. I terreni aziendali non sono limitanti per la produzione di granelle ad uso zootecnico come il Sorgho (*Sorghum bicolor* L.) e la soia (*Glycine max* L.). La coltivazione del favino (*Vicia faba* L. var. *minor*) è indicata ed è molto consigliata per la produzione di granella ad uso zootecnico.

**Fase 2 – Azione F2.3: Trasferimento delle agrotecniche innovative nelle aziende agricole zootecniche rappresentative selezionate (allevatori di bufale e vacche da latte); coordinamento e assistenza tecnica della messa in opera delle agrotecniche innovative nelle aziende agricole zootecniche selezionate (allevatori di bufale e vacche da latte).**

Questa fase ha previsto un'azione preparatoria ai successivi lavori agronomici quale la caratterizzazione del sistema colturale aziendale individuando le superfici investite dalle diverse colture mediante interviste in azienda, un successivo lavoro di individuazione dei campi tramite foto aeree ed una rielaborazione delle carte mediante software GIS. Grazie alla sovrapposizione e al georeferenzamento delle foto aeree con la CTR Toscana (carta territoriale regionale) è stato possibile mappare le superfici investite dalle diverse produzioni foraggere e calcolare quindi le superficie e la copertura delle diverse colture che compongono il sistema coltura aziendale. Nelle figure 8 e 9 i risultati ottenuti nelle due aziende, il Querciolo e Guicciardini, rispettivamente.

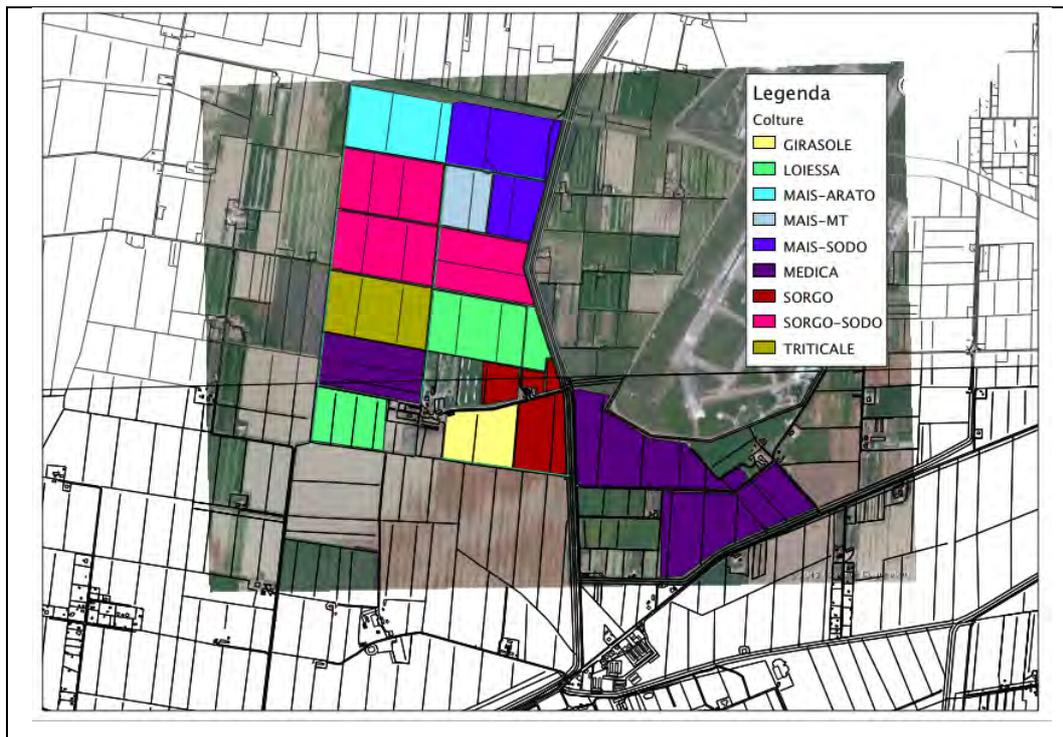


Fig. 8. Investimento delle diverse colture presso l'azienda Querciolo.

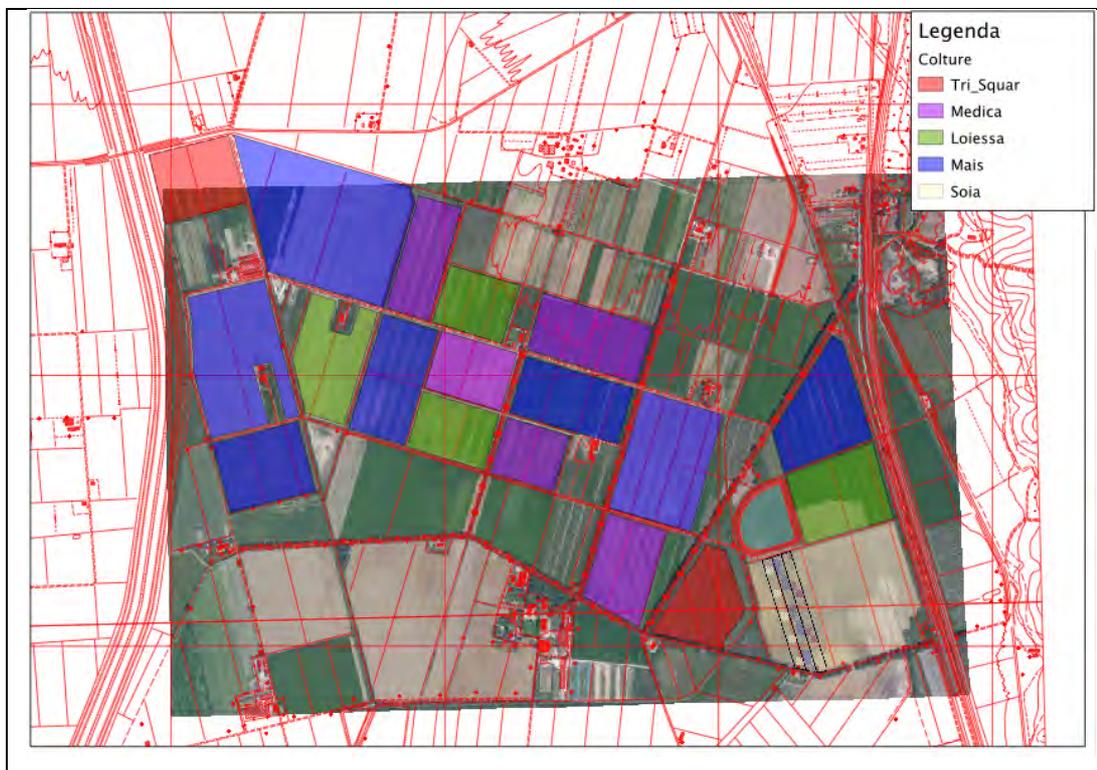


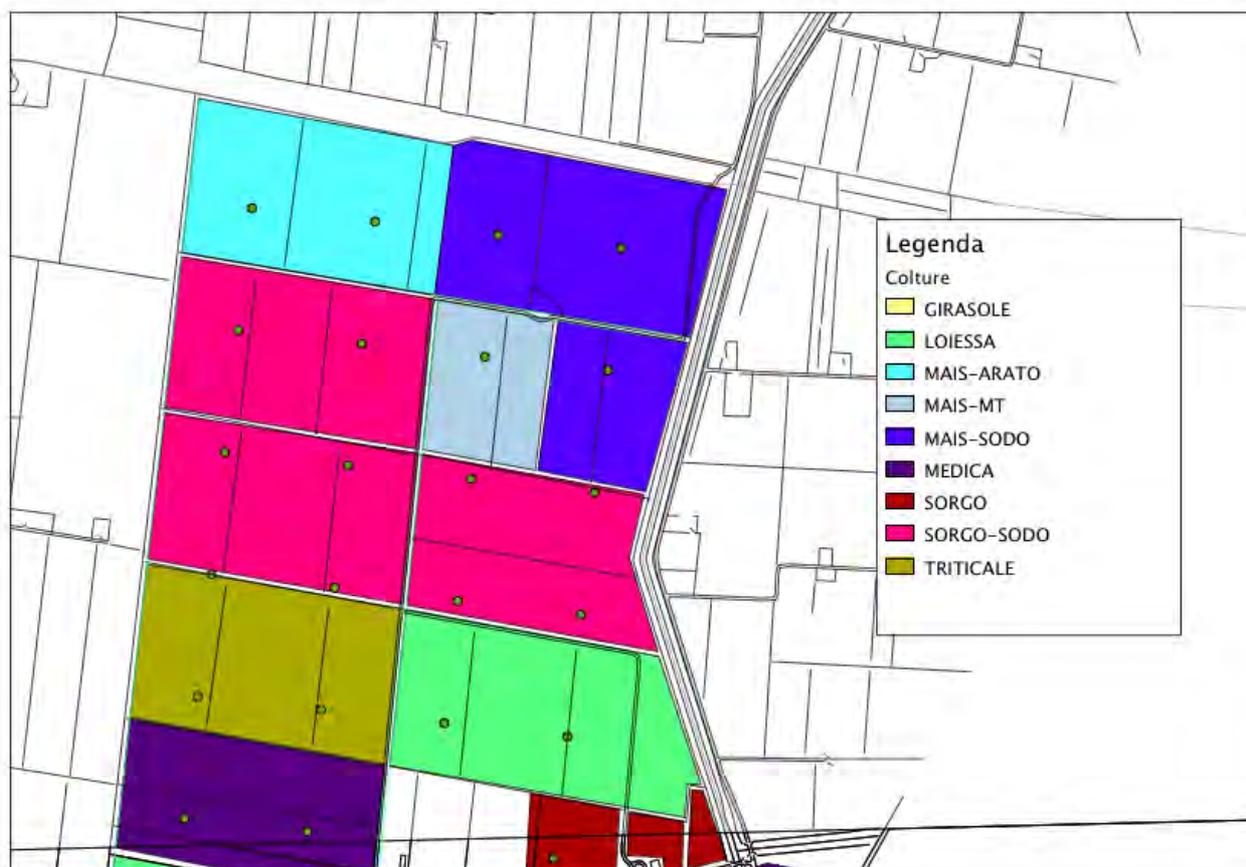
Fig. 9. Investimento delle diverse colture presso l'azienda Guicciardini.

**1) Inserimento di lavorazioni alternative: semina su sodo e lavorazione minima colture estive anno 2013**

Questa innovazione tecnica ha previsto l'introduzione della tecnica della semina su sodo, la quale è stata messa a confronto con le tecniche tradizionalmente adottate nelle aziende. In dettaglio, nelle aziende Querciolo, durante le settimane a cavallo dell'ultima decade di aprile e la prima di maggio 2013, sono stati seminati erbai estivi (mais e sorgo - da usare per l'insilamento a fine ciclo) e mais (per l'insilamento a fine ciclo. Nell'azienda Querciolo è stata eseguita la semina su sodo (L1), la semina dopo lavorazione minima (15 cm) (2 erpicature con erpice a dischi) (L2) e la semina dopo aratura (30 cm) e preparazione del letto di semina con erpice a dischi (15 cm) (L3) (Figura 10, 11).

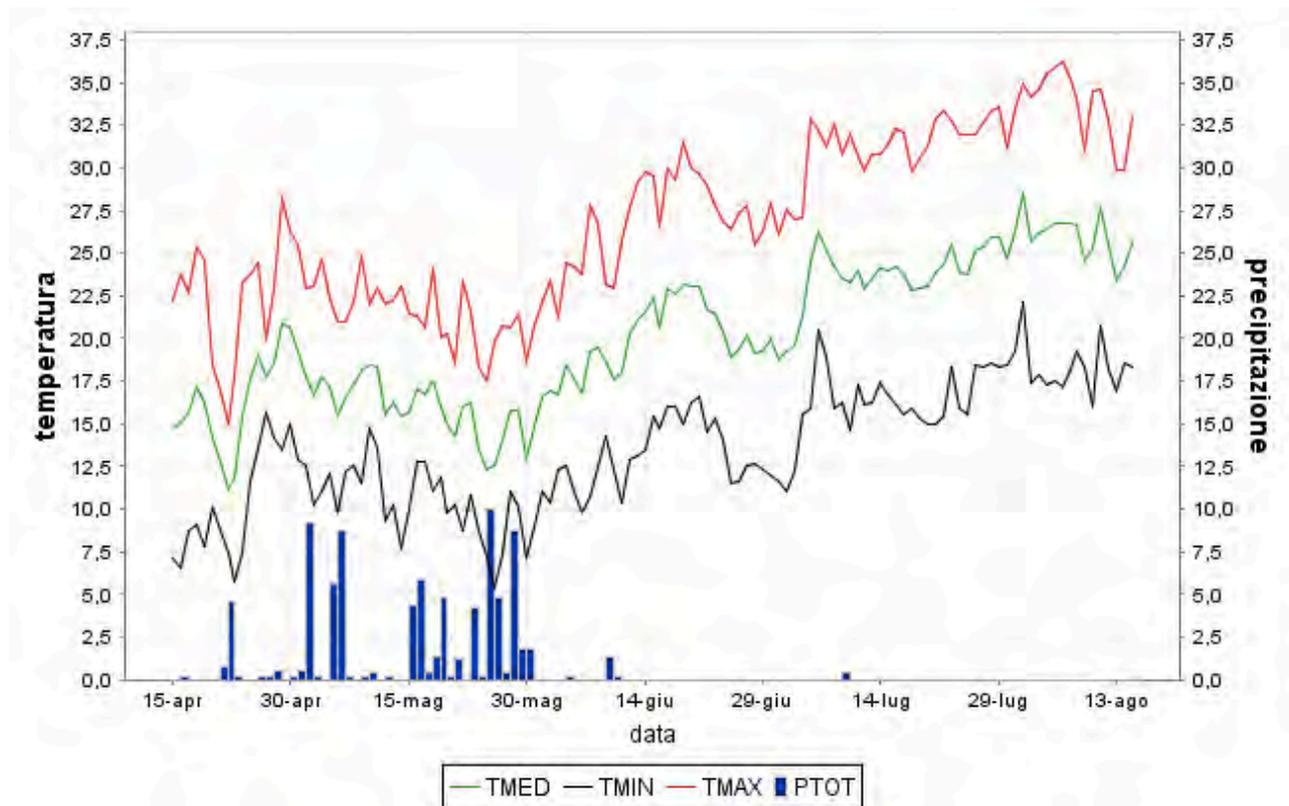


**Fig. 10.** Particolare dell'emergenza del mais seminato su sodo.



**Figura 11.** Investimento dei terreni nell'azienda agricola Querciolo (annata agraria 2013). Mais e sorgo seminati su sodo (L1: MAIS-SODO e SORGO-SODO, rispettivamente) e dopo lavorazione minima (L2; MAIS-MT; SORGO, rispettivamente). Il Mais è stato anche seminato dopo aratura (L3; MAIS).

L'emergenza sia del mais che del sorgo è stata ottimale in tutte le modalità di lavorazione, infatti le precipitazioni successive la semina hanno favorito una veloce germinazione dei semi ed emergenza (Fig. 10). Tutti gli appezzamenti, grazie alle condizioni meteorologiche favorevoli (i.e., vedi andamento delle piogge cadute in Fig. 12), nel periodo iniziale della crescita (primi 20 giorni) non hanno avuto necessità di irrigazione, che di norma viene usata per favorire l'emergenza. L'andamento meteorologico particolarmente freddo nel mese di maggio, con temperature massime e minime inferiori alle medie stagionali, ha inoltre determinato una crescita moderata sia del mais che del sorgo. Nei mesi successivi, l'assenza di piogge ha determinato un rallentamento della crescita della coltura in asciutta (sorgo), mentre la coltura irrigata (mais) ha sviluppato una notevole biomassa.



- Capannina Arsia Toscana (<http://agroambiente.info.arsia.toscana.it/arsia/arsia>)

**Fig. 12.** Dati meteorologici temperatura media (°C), TMED; temperatura minima (°C), TMIN; temperatura massima (°C), TMAX e precipitazione totale giornaliera (mm pioggia giorno<sup>-1</sup>), PTOT rilevati presso la stazione meteorologica di Casotto Pescatori (Grosseto) nell' anno 2013.

## **2) Inserimento di lavorazioni alternative: semina su sodo e lavorazione minima su colture estive anno 2014**

Questa fase ha previsto l'introduzione della tecnica della semina su sodo anche per l'anno 2014, e nel medesimo modo è stata messa a confronto con le tecniche tradizionalmente adottate nelle aziende. In dettaglio, nell'azienda Querciolo nella prima decade di aprile sono stati seminati gli erbai estivi (mais per la produzione di insilato). Sono state confrontate la semina su sodo (L1) e la semina dopo aratura (L2). La valutazione delle quantità prodotte ha interessato la medesima varietà di mais (PR31A34 - Classe 700), seminata in campi adiacenti lo stesso giorno. Nel primo campo si è adottata la tecnica della semina su sodo mentre nel campo adiacente si sono effettuate le classiche lavorazioni di preparazione del letto di semina: aratura a 30 cm, discatura ed erpicatura. Successivamente, il giorno 8 giugno è stato seminato un campo di mais in secondo raccolto dopo la raccolta della coltura dell' insilato autunnale di orzo, con la tecnica della semina su sodo.

### **3) Introduzione della soia come coltura proteaginosa alternativa e della concia del seme con funghi micorrizici arbuscolari e rizobi come biofertilizzanti**

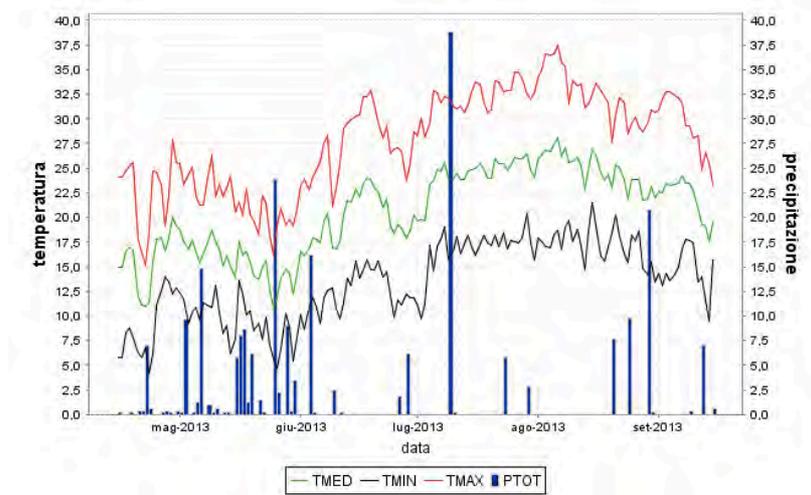
L'introduzione della soia come principale coltura proteaginosa è uno dei mezzi per ottenere una foraggicoltura razionale e diversificata, coerente con le peculiari caratteristiche agro-ambientali della Maremma toscana e alla base di un deciso piano di contenimento dei costi aziendali.

Dopo una leggera erpicatura, il giorno 15 maggio 2013 presso l'azienda Guicciardini Corsi Salviati Filippo è stata seminata una superficie di circa 4,5 ha a soia (*Glicine max* L.) con una seminatrice combinata volumetrica da grano opportunamente regolata (Alpego mod. Airspeed, Italia) (Fig. 13). Nell'avvicendamento, la soia ha il ruolo di pianta miglioratrice della fertilità del suolo: è una tipica pianta da rinnovo a ciclo primaverile estivo. Nel caso specifico, la soia è stata seminata dopo l'insilamento di un cereale autunno vernino, la loiessa. Negli ordinamenti colturali irrigui, la soia serve a interrompere la coltura ripetuta del mais. Le radici della soia sono normalmente colonizzate da un batterio azotofissatore specifico (*Bradirhizobium japonicum*). Essendo questo microrganismo non presente nei campi dove la soia non è mai stata coltivata, al momento della semina si è conciato il seme con una soluzione concentrata di *B. japonicum*. Le varietà di soia impiegate sono state la var. *ascasubi*, distribuite dalla Società Italiana Sementi (S.I.S.), la quale ha fornito anche l'inoculo batterico. Inoltre, su una superficie di circa 10 ha è stata seminata la varietà *bahia*, che è stata inoculata solo con *B. japonicum* aziendale. La quantità di seme ad ettaro è stata di circa 50 kg, per un numero di semi a metro quadro di circa 26.

Le abbondanti piogge dei giorni successivi la semina (Fig. 14) hanno impedito la rullatura del campo seminato per favorire il contatto del terreno al seme, che aumenta la capacità di imbibizione dell'acqua da parte del seme e la sua successiva germinazione. Tutto ciò ha obbligato a posticipare le semine successive di circa una settimana, per completare l'appezzamento aziendale di circa 20 ha.



**Fig. 13.** Particolari della semina, emergenza e irrigazione con pivot della soia.



- Capannina Arsia Toscana (<http://agroambiente.info.arsia.toscana.it/arsia/arsia>)

**Fig. 14.** Dati meteorologici (temperatura media (°C), TMED; temperatura minima (°C), TMIN; temperatura massima (°C), TMAX; precipitazione totale giornaliera (mm pioggia giorno<sup>-1</sup>), PTOT) rilevati presso la stazione meteorologica di Braccagni (Grosseto) nell' anno 2013.



**Fig. 15.** Particolare degli investimenti colturali presso l'azienda Guicciardini. Particolare del test di collaudo di introduzione della soia come coltura proteaginoso (soia) e del campo "sperimentale" di biofertilizzazione (Rizobio: *Bradirhizobium japonicum*; Amf + rizobio: *Rhizophagus irregularis* e *Rhizophagus proliferus* e *B. japonicum*; Amf: *R. irregularis* e *R. proliferum* e *B. japonicum*).

Oltre all'introduzione della coltura, nell'ambito del trasferimento dell'innovazione dai centri di ricerca alle aziende, che caratterizza questo lavoro, si sono introdotte tramite concia del seme, tre differenti misture di microrganismi simbiotici della soia potenzialmente benefici per la sua crescita, produzione e qualità delle produzioni. Il trattamento del seme della var. *ascasubi* ha riguardato un inoculo di funghi micorrizici arbuscolari delle specie *Rhizophagus irregularis* e *Rhizophagus proliferus*, che sono stati impiegati in purezza in un caso (Amf) e consociati con il rizobio specifico della soia (*Bradirhizobium japonicum*) (Amf + rizobio). Come controllo è stato usato il rizobio (*B. japonicum*: rizobio) singolo. In Fig. 15 la mappa dell'azienda Guicciardini dove è stato eseguito il test di collaudo con soia e i tre trattamenti biofertilizzanti a base di inoculi biologici.

#### **4) Introduzione della soia come coltura proteaginoso nei sistemi colturali maremmani**

Nell'azienda Guicciardini Corsi Salviati di Grosseto (Braccagni) il 15 maggio 2014 sono stati seminati 10 ha di soia *Glycine max* var Pepita (classe 0+). La preparazione del letto di semina è stata effettuata tramite il seguente itinerario tecnico.

- Marzo - Passaggio con estirpatore a profondità limitata
- Aprile - Diserbo con 2 l/ha di glifosate  
Discatura con erpice a dischi a profondità di circa 20 cm
- Maggio - Affinamento del terreno con erpice a denti rotanti  
Semina con seminatrice meccanica di precisione
- Giugno - Intervento di diserbo chimico post emergenza  
Rincalzatura delle piante

Dopo averlo conciato con rizobio *Bradirizobium japonicus* specifico (fornito dalla ditta sementiera) ,il seme è stato seminato a file distanti 50 cm e con un investimento medio di circa 40 piante m<sup>-2</sup> (Figs. 16 e 17).



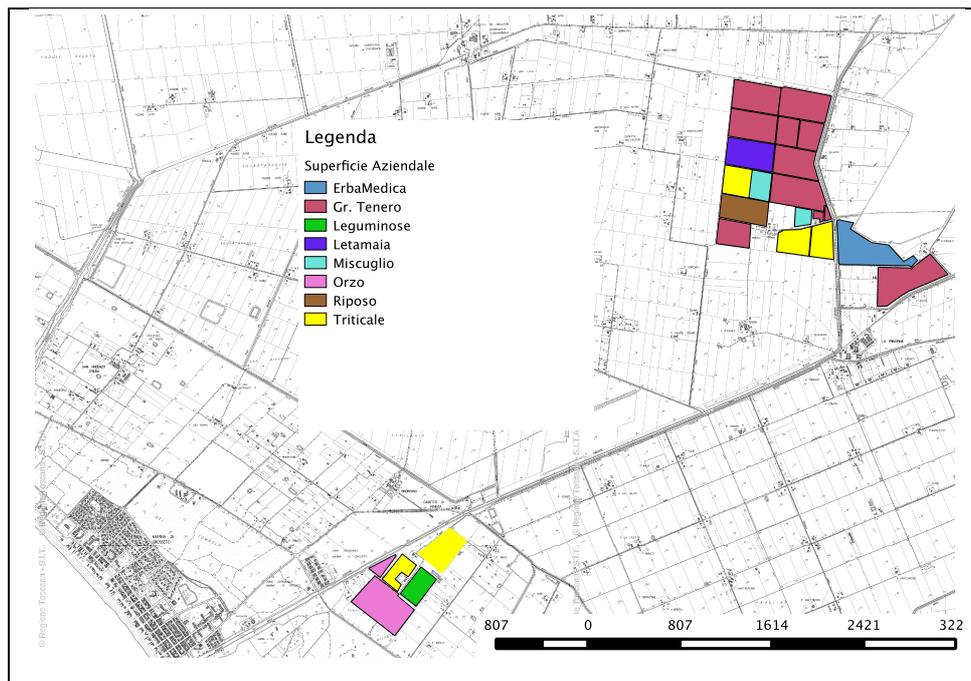
**Fig. 16.** Particolare di un apparato radicale di soia (*Glycine max*) con presenza di noduli radicali.



**Fig. 17.** Campo di soia (*Glycine max*) presso Braccagni (GR) dopo sarchiatura in data 7 luglio 2014.

**5) Inserimento di lavorazioni alternative: semina su sodo e lavorazione minima su colture invernali anno 2013-2014**

Dal giorno 15 settembre 2013 al 15 novembre 2013 sono stati seminati nell'azienda il Querciolo diverse specie di cereali autunno-vernini (*Triticum aestivum* L., *Hordeum vulgare* L., x *Triticosecale* Wittmack). I trattamenti confrontati sono stati gli stessi la semina su sodo (L1), la semina dopo lavorazione minima (15 cm) (2 erpicature con erpice a dischi) (L2) e la semina dopo aratura (30 cm) e preparazione del letto di semina con erpice a dischi (15 cm) (L3) (Figura 10, 11). Nel mese di gennaio sono stati eseguiti i primi rilievi sulla fenologia dei cereali e il loro investimento nei diversi itinerari tecnici aziendali, confrontando quelli tradizionali con quelli a lavorazione ridotta o "no-tillage". In Fig. 18 si riporta la spazializzazione della distribuzione delle diverse colture nell'azienda Querciolo.



**Fig. 18.** Spazializzazione delle diverse colture nell'azienda agricola il Querciuolo, Grosseto.

**6) Inserimento di colture proteaginose alternative alla soia: inserimento nei sistemi colturali aziendali di favino (*Vicia faba L., var. minor*) e pisello proteico (*Pisum sativum L.*)**

A causa delle abbondanti piogge di novembre (Fig. 19) la semina è stata eseguita con circa un mese di ritardo, nei primi giorni di Dicembre 2013. Il progetto prevedeva l'introduzione di colture proteaginose alternative alla soia, colture autunnali come il favino (*Vicia faba var. minor*) e il pisello proteico (*Pisum sativum L.*). L'itinerario tecnico ha previsto la preparazione del letto di semina con una lavorazione minima ovvero una erpicatura superficiale (15 cm). Dopo una seconda lavorazione, sono stati seminati 60 semi al metro quadro in file distanti 30 cm. Tale scelta è stata effettuata poichè le colture non vengono sarchiate. La buona emergenza dei semi ha garantito una rapida copertura del suolo e quindi ha ridotto in maniera ottimale la crescita delle piante infestanti. In Fig. 20 si può osservare lo sviluppo del pisello e del favino nel mese di marzo. A gennaio sono iniziati i primi rilievi con l'obiettivo di valutare l'investimento delle diverse specie coltivate.

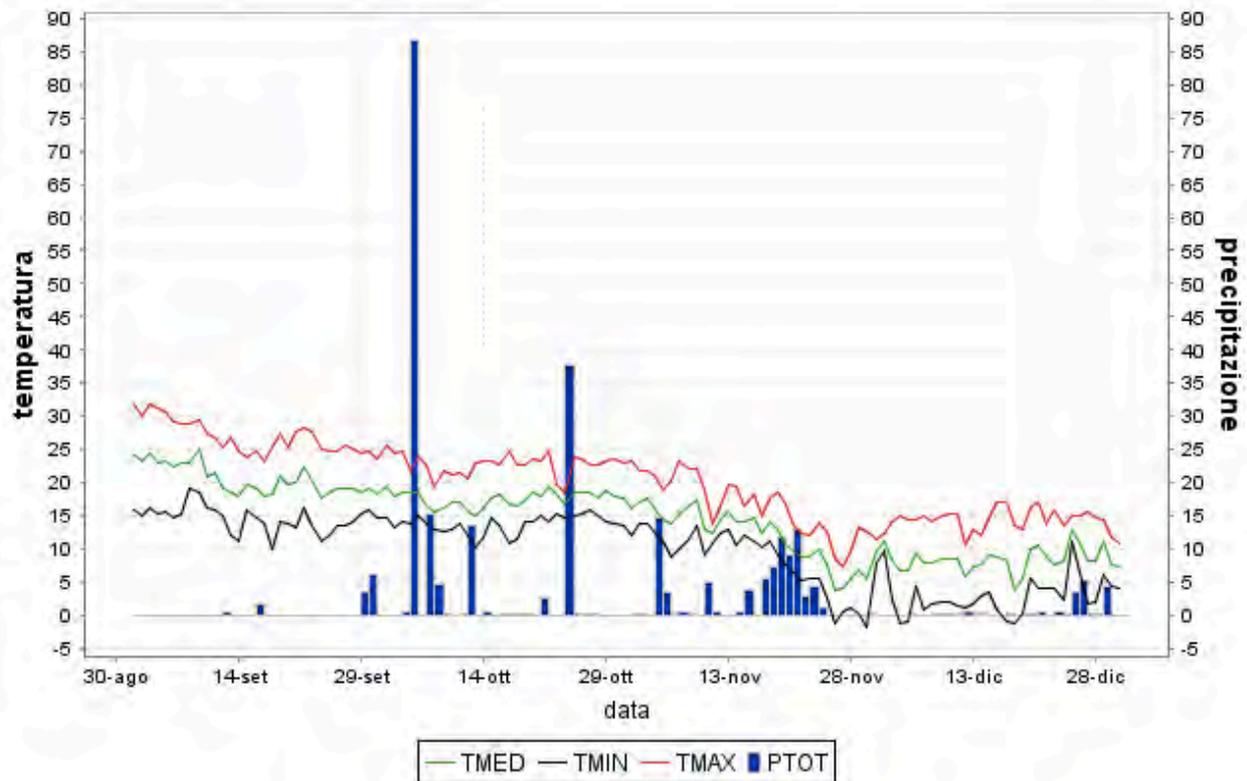


Fig. 19. Precipitazioni anno 2013. Stazione meteorologica Casotto Pescatori (Grosseto, Arsia).



Fig. 20. Coltura di pisello proteico e favino azienda Querciolo (Grosseto). Marzo 2014.

**7) Messa in opera di impianti di irrigazione ad alta efficienza, subirrigazione di prati poliennali di erba medica (*Medicago sativa L.*)**

Con l'obiettivo di migliorare l'efficienza di utilizzo delle risorse idriche per l'irrigazione delle colture, il progetto ha previsto l'installazione di un impianto di microirrigazione sottosuperficiale per la coltivazione di un prato poliennale di erba medica (*Medicago sativa* L.).

In data 14 marzo 2014, presso l'azienda agricola il Querciolo, sono state installate le ali gocciolanti (Modello 715-30-340 John Deere Water) ad una profondità di 0,4 m sotto la superficie di coltivazione e ad una distanza di 1,20 m fra di loro (Fig. 21). In seguito, l'impianto è stato allacciato alla rete idrica aziendale a valle di un filtro a sabbia, indispensabile in questi tipi di impianti in quanto le impurità contenute nell'acqua distribuita possono formare occlusioni nei gocciolatori, rendendo disforme la distribuzione dell'acqua irrigua.



**Fig. 21.** Particolare dell'installazione dell'impianto presso l'azienda agricola il Querciolo (Grosseto)

La settimana successiva è stata seminata l'erba medica con una dose di circa 40 Kg ha<sup>-1</sup> di seme. In data 2 aprile è stato possibile apprezzare una prima e buona emergenza dell'erba medica (Fig. 22).



**Fig. 22.** Particolare dell'emergenza dell'erba medica (*Medicago sativa* L.) presso l'azienda agricola il Querciolo.

Per poter valutare l'efficacia e l'effetto della microirrigazione sottosuperficiale, l'impianto è stato dotato di uno sdoppiamento delle testate di distribuzione, quindi è possibile irrigare il campo con due volumi d'adacquamento differenti e confrontarli con la coltivazione in asciutta. Per un corretto utilizzo dell'irrigazione si sono determinati i volumi idrici da distribuire nella stagione estiva. Di seguito sono riportati i calcoli necessari a determinare i volumi idrici da distribuire (Tabelle da 4 a 9 e Fig. 23).

**Tabella 4.** Caratteristiche dell'ala gocciolante installata.

Tipologia di ala gocciolante:	Diametro (mm)	Spaziatura gocciolatori (cm)	Portata
T-Tape 715-30-340	22	30	240 LPH / 100m 0,55bar

**Tabella 5.** Caratteristiche del campo sperimentale e dei gocciolatori installati.

Lunghezza media del campo (m):	Superficie (ha):	Distanza tra le ali gocciolanti (cm):	Gocciolatori ad ettaro:
180	1	120	27500

**Tabella 6.** Pressione di esercizio e portata dei gocciolatori.

Pressione di esercizio	Portata 100m (l ha <sup>-1</sup> )	Portata gocciolatore (l ha <sup>-1</sup> )	Portata ha (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
0,55	340	1,0	28
0,6	371	1,1	30
0,7	432	1,3	35
0,8	494	1,5	41
0,9	556	1,7	46
1,0	618	1,9	51

**Tabella 7.** Evapotraspirazione potenziale e volume d'adacquamento a Grosseto.

Medica		GROSSETO		2014	
MESE	ETP	PIOGGE	VOLUMI IRRIGUI	mm giorno per impianto	
				TURNO 100%	Turno 50 %
	mm	mm	m <sup>3</sup>	mm/g	mm/g
MAGGIO	124	0	1200	4,00	2,00
GIUGNO	168	0	1700	5,50	2,75
LUGLIO	195	0	1900	6,00	3,00
AGOSTO	169	0	1700	5,60	2,80
SETTEMBRE	110	0	1500	4,00	2,00
TOTALE			8000		

**Tabella 8.** Valori di portata ad ettaro dell'impianto e volume orario.

Pressione di esercizio	Portata ha (m <sup>3</sup> /h)	mm/h
0,7	35	3,5
0,8	41	4,1

**Tabella 9.** Turno di accensione dell'impianto per i diversi volumi irrigui.

MESE	TURNO 100%	ORE acceso	Turno 50 %	ORE acceso
	mm/g	h/g	mm/g	h/g
MAGGIO	4,0	1,0	2,00	0,50
GIUGNO	5,5	1,3	2,74	0,65
LUGLIO	6,0	1,5	3,00	0,75
AGOSTO	5,6	1,5	2,8	0,75
SETTEMBRE	4,0	1,0	2,00	0,50

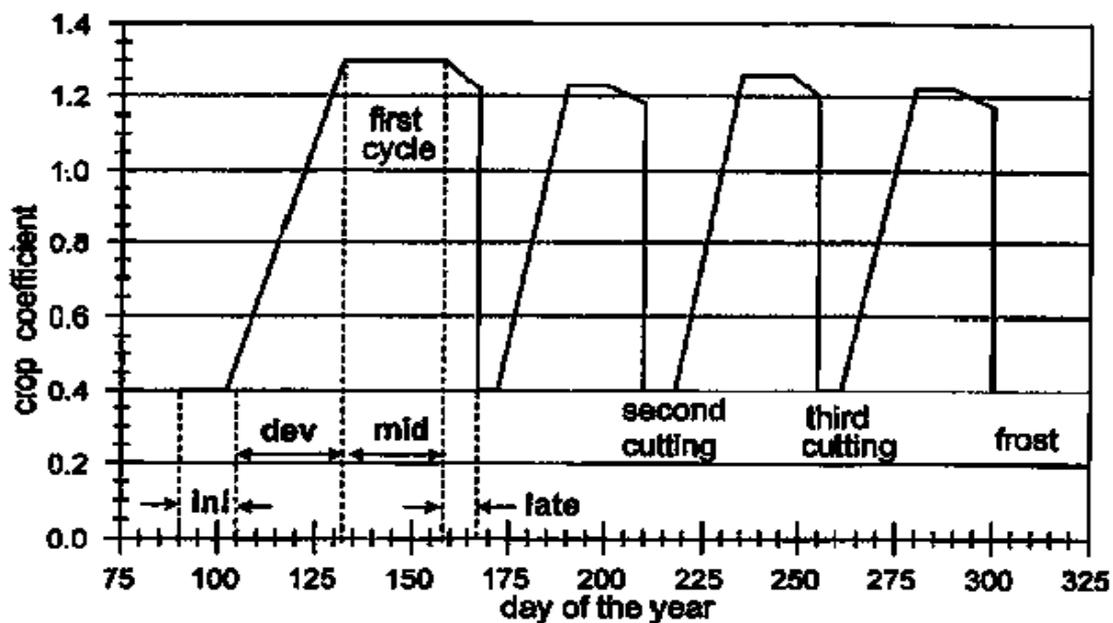
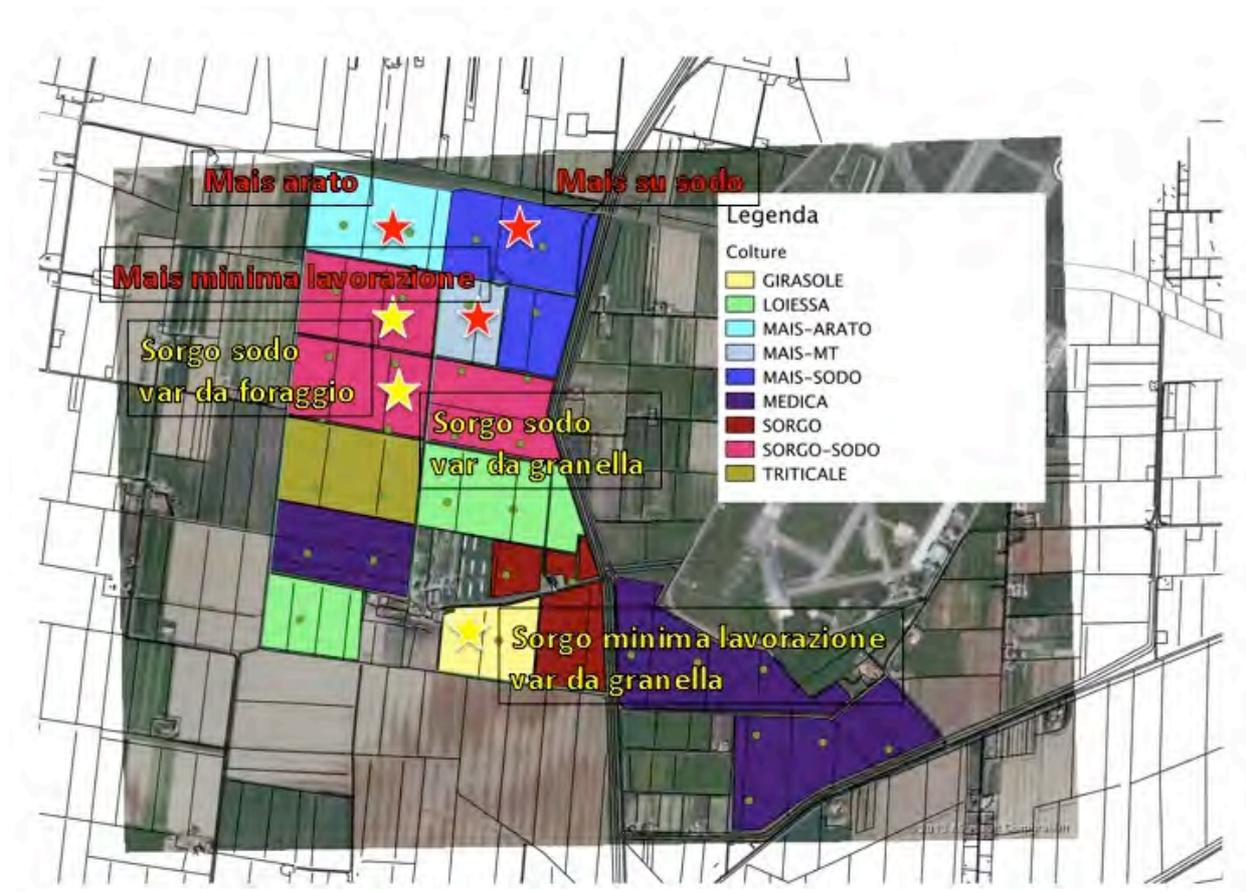


Fig. 23. Coefficienti culturali dell'erba medica (*Medicago sativa* L.).

Fase 2 - Azione F2.5: Realizzazione di test di collaudo volti a verificare il corretto trasferimento delle innovazioni agronomiche nelle aziende agricole zootecniche selezionate (allevatori di bufale e vacche da latte) quale la valutazione delle caratteristiche quanti-qualitative dei foraggi, soia, proteaginose alternative alla soia e colture da insilamento ottenute nell'azione

**1) Inserimento di lavorazioni alternative: semina su sodo e lavorazione minima colture estive anno 2013. Valutazione del corretto trasferimento delle innovazioni sulla produzione di insilato di mais e di sorgo anno 2013**

Nel mese di Agosto 2013 sono stati effettuati i rilievi nell'azienda agricola il Querciolo sui campi di mais e sorgo scelti per i test di riduzione degli input legati alla lavorazione, e cioè l'introduzione della semina su sodo e della lavorazione minima su mais e sorgo (Fig. 24).



**Figura 24.** Posizione rilievi eseguiti presso l'azienda Querciolo (Grosseto).

## Mais

I campionamenti produttivi, che hanno permesso di determinare le rese delle colture di mais, sono stati eseguiti in data 20 Agosto 2013. Le piante di mais erano nella fase fenologica della maturazione latteo-cerosa, e cioè il momento ideale per la raccolta della biomassa da trinciare per costituire il foraggio che è poi insilato all'interno dell'azienda. I rilievi sono stati eseguiti prelevando tre metri quadri di produzione all'interno di differenti campi aziendali in punti randomizzanti degli appezzamenti (3 repliche per trattamento; trattamenti: sodo, arato e minima lavorazione). In tabella 10 i risultati della produzione di trinciato di mais gestito su sodo, arato e lavorazione minima.

**Tabella 10.** Dati produttivi del trinciato di mais (Azienda agricola il Querciolo, 2013; S.S. = sostanza secca)

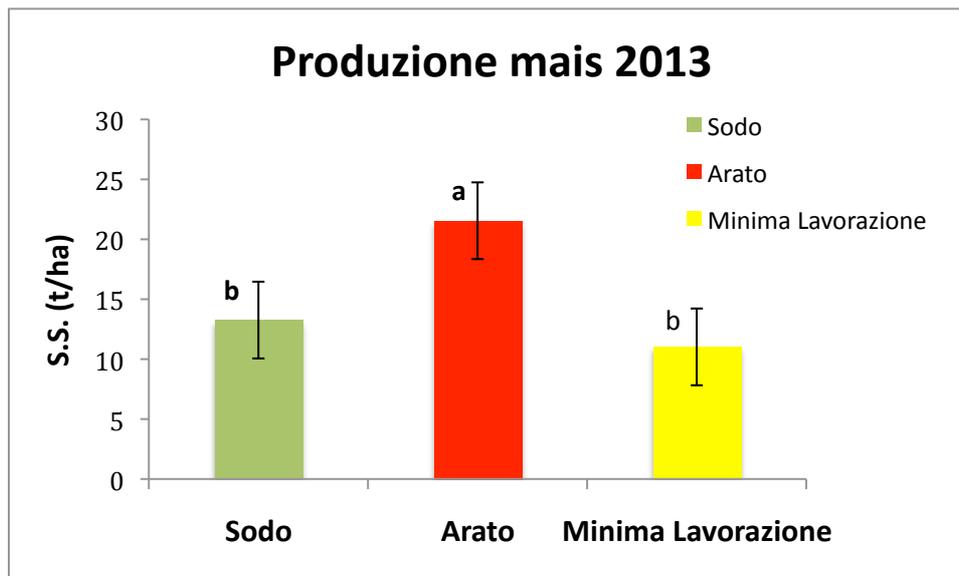
Trattamento	Trinciato (t ha <sup>-1</sup> )	% s.s.	S.S. (t ha <sup>-1</sup> )
Sodo	46,2	0,31	14,3
Sodo	52,1	0,26	13,6
Sodo	32,0	0,37	11,9
Arato	58,1	0,36	20,7
Arato	81,9	0,30	24,3
Arato	70,0	0,28	19,6
Minima Lavorazione	35,7	0,26	9,3
Minima Lavorazione	39,1	0,26	10,2
Minima Lavorazione	46,3	0,29	13,5

Di seguito l'analisi statistica dei precedenti dati. L'analisi è stata eseguita considerando tre repliche per trattamento.

**Tabella 11.** ANOVA ad una via per testare l'effetto delle diverse tecniche di lavorazione del suolo (Aratura, sodo, lavorazione minima) sulla produzione di mais in sostanza secca per ha.

Source	df	Type I	SS	MS	F	P
Main Effects						
Trattamento	2	184.4495605	92.22478	21.836546	<b>.0018</b>	<b>**</b>
Error	6	25.34048576	4.2234143	<-		
Total	8	209.7900463				
Rank Mean Name						
		Mean		n	Non-significant ranges	
1	Arato	21.54		3	a	
2	Sodo	13.26		3	b	
3	Minima Lav	11.02		3	b	

Dall'analisi statistica in Tabella 11, è stato messo in evidenza che la produzione di mais dopo l'aratura è risultata superiore (21,54 t ha<sup>-1</sup> in sostanza secca) a quella in seguito a semina su sodo e dopo lavorazione minima. Questi due ultimi trattamenti hanno determinato produzioni simili, pari ad una media di 12,14 t ha<sup>-1</sup> in sostanza secca (Fig. 25).



**Figura 25.** Produzione del mais in sostanza secca (S.S.; t ha<sup>-1</sup>) (Agosto 2013.)

I dati mostrano come la coltura di mais abbia reagito in maniera ottimale alle "classiche lavorazioni del terreno" e cioè all'aratura. Non esistono invece differenze statisticamente significative tra la lavorazione minima e la non lavorazione anche se solo al primo anno di introduzione delle tecniche di lavorazione alternative (Post-hoc test LSD,  $P < 0,05$ ).

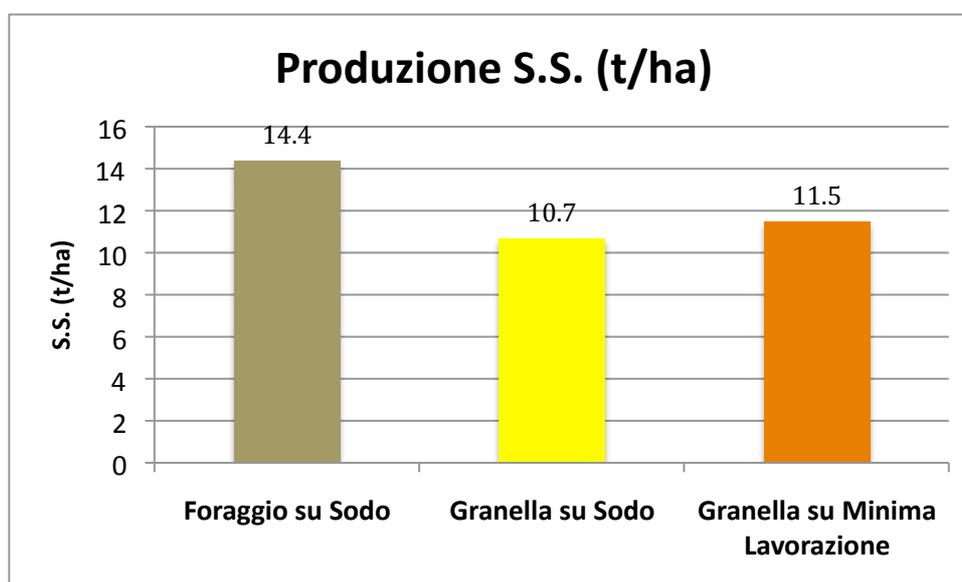
Una possibile spiegazione al fatto che l'aratura abbia determinato delle produzioni superiori a quelle riscontrate dopo l'esecuzione delle altre due tecniche di lavorazione è il fatto che una maggiore quantità di acqua meteorica caduta nel mese di maggio abbia garantito un miglior accrescimento delle plantule nei primi stadi vegetativi.

### **Sorgo**

Per quanto riguarda la coltura del sorgo, analogamente a quella del mais, i campionamenti produttivi hanno permesso di determinare le rese della coltura da insilamento. La data di prelievo dei campioni è stata il 12 agosto. I rilievi sono stati eseguiti prelevando tre metri quadri di produzione (3 repliche da un metro quadro) all'interno di differenti campi aziendali in punti randomizzanti degli appezzamenti (Tabella 12; Figura 26).

**Tabella 12.** Dati produttivi del trinciato di sorgo (Azienda agricola il Querciolo, 2013; S.S. = sostanza secca)  
(Agosto 2013).

Trattamento	Varietà	Produzione (t/ha)	SS (Kg s.s./ Kg t.q.)	S.S. (t/ha)	LSD test (p < 0,05)
Sodo	Da foraggio	51,4	0,28	14,4	a
Sodo	Da granella	34,5	0,31	10,7	b
Minima Lavorazione	Da granella	22,1	0,52	11,5	b



**Figura 26.** Produzioni ad ettaro di sorgo. Campionamento del 12 Agosto 2013.

**2) Inserimento di lavorazioni alternative: semina su sodo e lavorazione minima su colture estive anno 2014. Valutazione del loro corretto trasferimento sulla produzione di insilato di mais in primo e secondo raccolto - anno 2014**

Le produzioni di insilato di mais nell'azienda il Querciolo sono state campionate lo stesso giorno della raccolta aziendale (Fig. 27). La valutazione delle quantità prodotte ha interessato la medesima varietà di mais (PR31A34 - Classe 700), seminata in campi adiacenti lo stesso giorno. Nel primo campo si è adottata la tecnica della semina su sodo mentre nel campo adiacente si sono effettuate le classiche lavorazioni di preparazione del letto di semina: aratura a 30 cm, discatura ed erpicatura. Le rese (produzione tal quale) del mais in primo raccolto ad ettaro sono inferiori di circa 70 quintali ha<sup>-1</sup> negli appezzamenti gestiti con la "non-lavorazione" rispetto all'aratura convenzionale (Tabella 13). Le analisi sulla qualità eseguite all'interno della stessa misura su tali

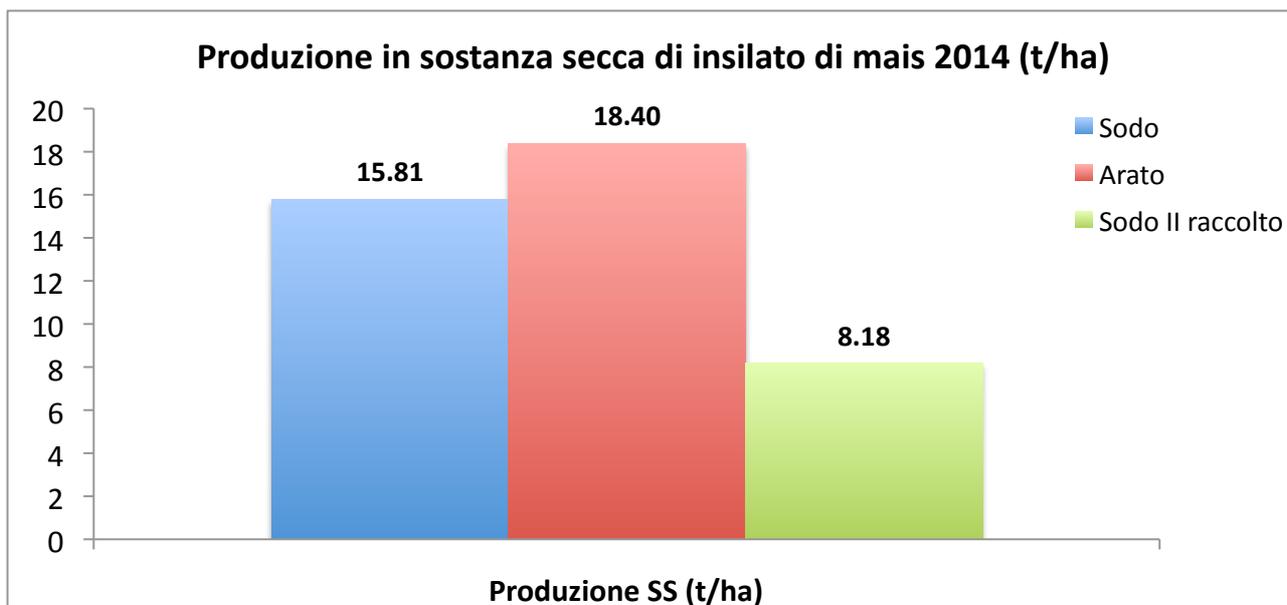
produzioni hanno fornito dati importanti su scala aziendale circa l'efficienza economica della tecnica di non-lavorazione rispetto all'aratura.



**Fig. 27.** Raccolta di mais per la produzione di insilato trinciato (Azienda agricola il Querciuolo; annata agraria 2013-2014).

**Tabella 13.** Produzione di mais (cultivar PR31A34) trinciato per insilamento.

Itinerario	Altezza Pianta (m)	Produzione tal quale (t ha <sup>-1</sup> )	Sostanza secca (SS) (%)	Produzione in SS (t ha <sup>-1</sup> )
No Tillage	2,70	479,24	0,33	15,81
Ploughing	2,94	557,71	0,33	18,40
No Tillage II Raccolto	1,80	247,85	0,33	8,18



**Fig. 28.** Produzione in sostanza secca ( $t\ ha^{-1}$ ) del mais da insilato in primo e secondo raccolto seminato su sodo rispetto ad un primo raccolto seminato dopo aratura a 30 cm.

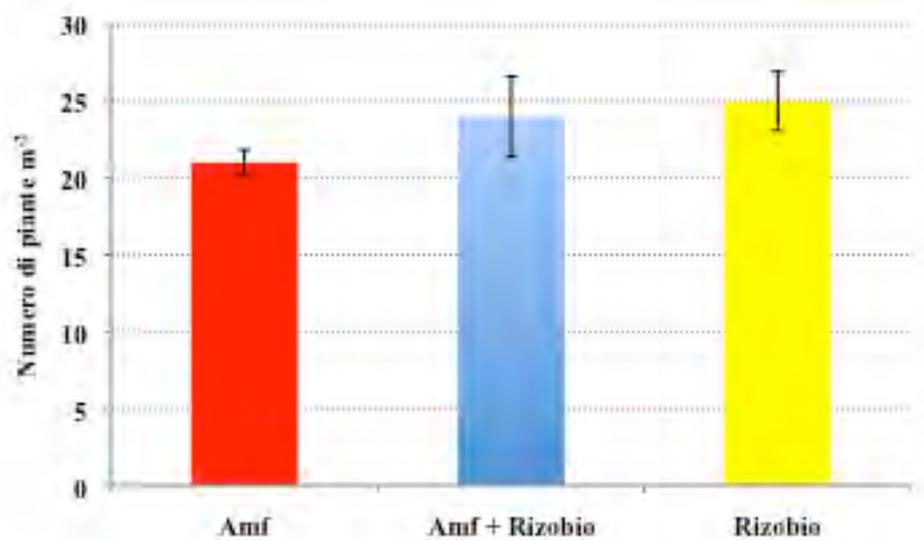
**3) Introduzione della soia come coltura proteaginoso alternativa e della concia del seme con funghi micorrizici arbuscolari e rizobi come biofertilizzanti. Test di collaudo volti a verificare il corretto trasferimento della reintroduzione della soia - anno 2013**

Nella Fig. 29 è riportato il disegno sperimentale del test di collaudo della prova di biofertilizzazione costituita dai tre trattamenti (Funghi micorrizici arbuscolari: Amf; amf insieme a *Bradirhizobium japonicum*: amf + Rizobio; *B. japonicum*: Rizobio), ripetuti quattro volte (a,b,c,d; 4 repliche).

TRATTAMENTI				
	Amf	Amf + Rizobio	Rizobio	
REPLICHE	a			
	b			
	c			
	d			

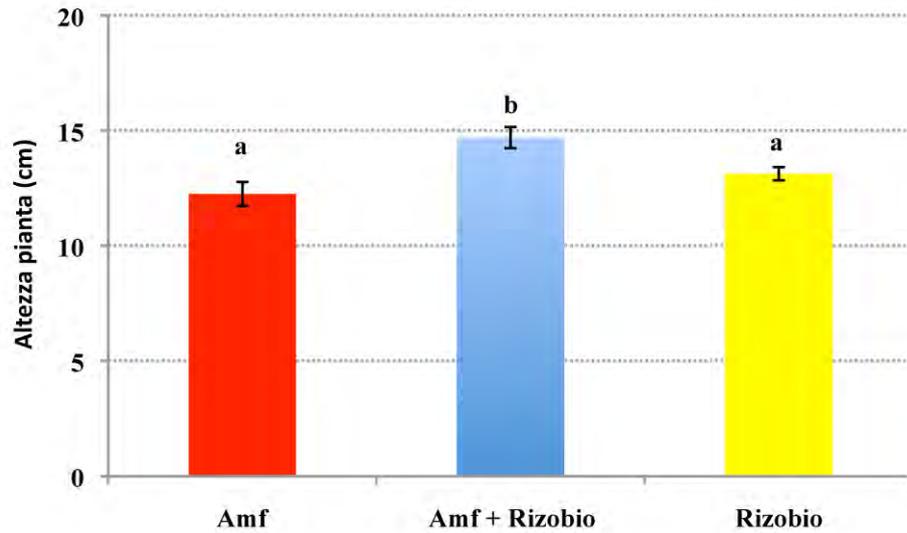
**Figura 29..** Disegno sperimentale del test di collaudo di biofertilizzazione eseguito sulla soia nel 2013 (concia del seme) con funghi micorrizici arbuscolari (Amf), Amf e *Bradirhizobium japonicum* (Amf + Rizobio) e *B. japonicum* (Rizobio).

Sulla soia, ad un mese dall'inoculazione/biofertilizzazione, sono stati eseguiti i primi campionamenti tesi a valutare l'effetto della concia del seme con Amf, Amf e rizobio o solo rizobio sulle plantule, tramite la determinazione del loro effetto sull'emergenza (numero di piante per metro quadro). Nello specifico, l'emergenza ad un mese dalla semina non mostrava differenze tra i tre diversi trattamenti ( $P = 0.356$ ), variando da un minimo di  $21,0 \pm 0,8$  ad un massimo di  $25,0 \pm 1,9$ , in Amf e Rizobio, rispettivamente (Fig. 30).

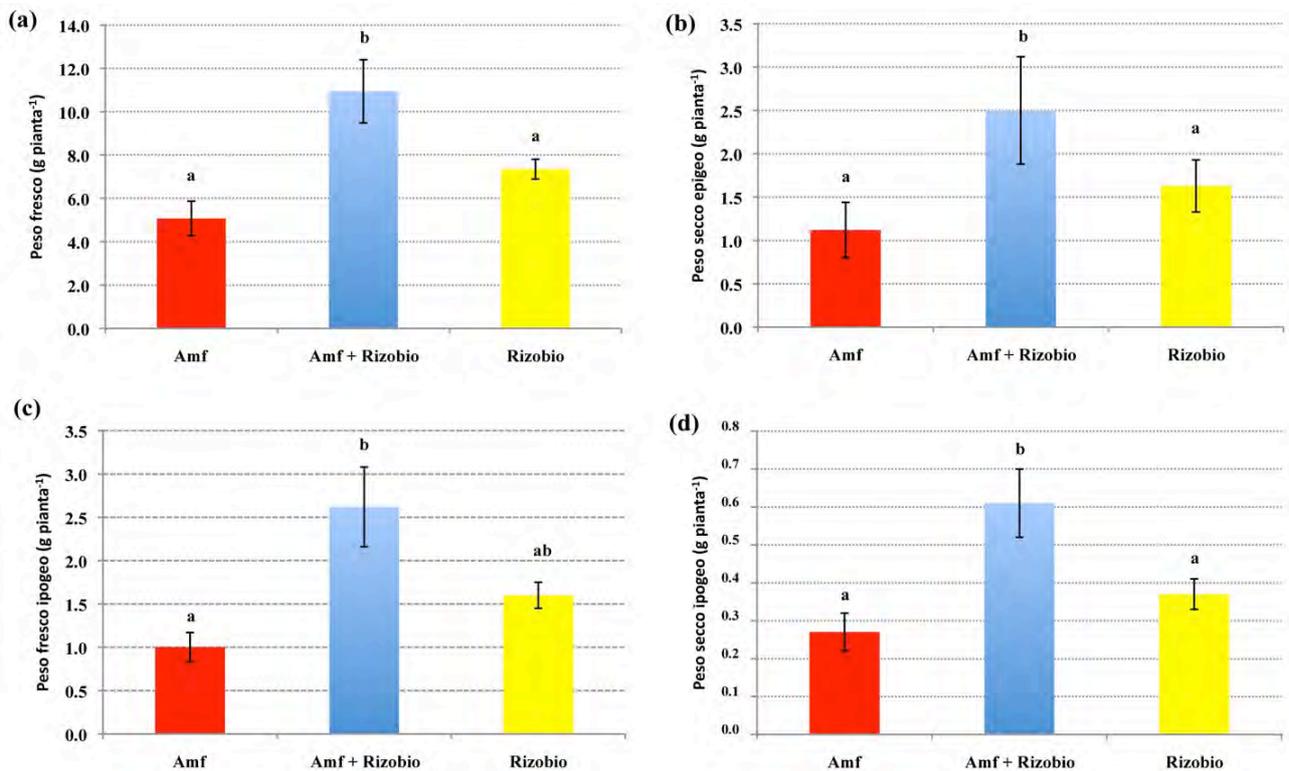


**Figura 30.** Emergenza (numero di piante per metro quadro) della soia ad un mese dal trattamento di biofertilizzazione (concia del seme) con funghi micorrizici arbuscolari (Amf), Amf e *Bradirhizobium japonicum* (Amf + Rizobio) e *B. japonicum* (Rizobio).

Ad un mese dalla biofertilizzazione sono stati misurati alcuni parametri al fine di valutare l'efficienza dei diversi trattamenti (Amf, Amf + Rizobio e Rizobio) sulla performance vegetale e cioè l'altezza della pianta (cm) e la biomassa fresca e secca epigea e ipogea ( $\text{g pianta}^{-1}$ ).



**Figura 31.** Altezza delle plantule di soia (cm) ad un mese dal trattamento di biofertilizzazione (concia del seme) con funghi micorrizici arbuscolari (Amf), Amf e *Bradirhizobium japonicum* (Amf + Rizobio) e *B. japonicum* (Rizobio).

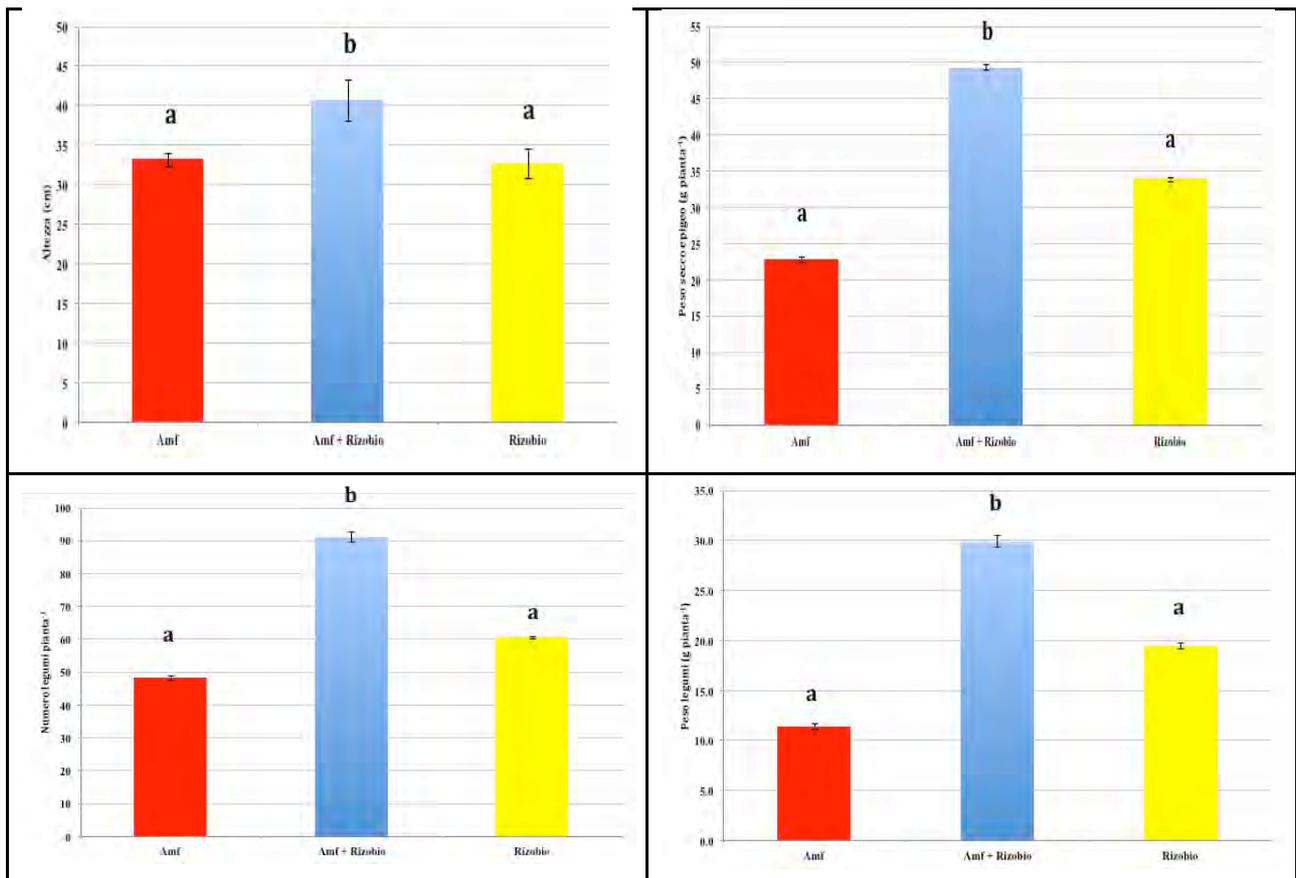


**Figura 32.** Peso fresco e secco epigeo (a,b) e ipogeo (c,d) delle plantule di soia ad un mese dal trattamento di biofertilizzazione (concia del seme) con funghi micorrizici arbuscolari (Amf), Amf e *Bradirhizobium japonicum* (Amf + Rizobio) e *B. japonicum* (Rizobio).

Per tutti i parametri vegetali misurati si è osservata una performance significativamente maggiore delle piante di soia trattate con Amf + Rizobio rispetto ad Amf o Rizobio inoculati singolarmente ( $P < 0,05$ ). Nello specifico, l'altezza delle piante di soia inoculate con Amf + Rizobio ad un mese dal trattamento hanno mostrato un incremento medio rispetto agli altri trattamenti pari al 16% (Fig. 31). Per quanto riguarda il peso fresco e secco epigeo si sono osservati incrementi pari al 76% e al 82% (Fig. 32 a,b), rispettivamente, mentre per il peso fresco e secco ipogeo pari al 102% e al 91%, rispettivamente (Fig. 32 c,d).

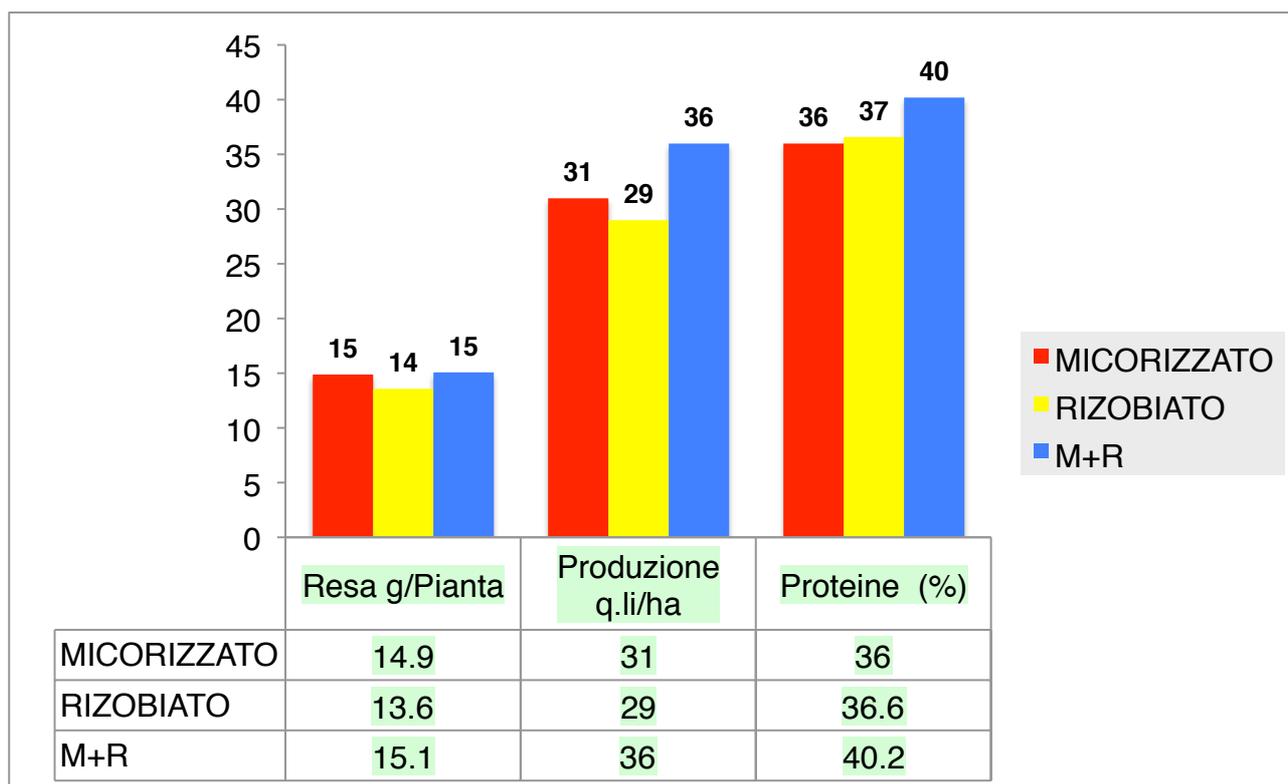
Campioni radicali sono stati pesati e conservati per l'analisi della colonizzazione micorrizica, che è stata eseguita mediante colorazione con Trypan blue in acido lattico (0,05%) e successiva visualizzazione al microscopio secondo il metodo "gridline intersect" (Giovannetti e Mosse, 1980), e mediante il numero/attività dei rizobi. Tali analisi hanno permesso di evidenziare le potenziali relazioni tra effetti osservati sulla pianta ed i parametri legati ai funghi micorrizici arbuscolari e/o ai rizobi.

In data 4 settembre 2013 è stato svolto un secondo campionamento su 8 subrepliche (8 piante) per ciascuna delle tre repliche per trattamento. Su tali piante sono stati analizzati gli stessi parametri (l'altezza della pianta, il peso fresco e secco epigeo, il numero e l'attività dei rizobi, la colonizzazione radicale micorrizica) ed alcuni legati alla produzione della soia e cioè il numero di baccelli ed il loro peso. Di seguito in Fig. 33 i risultati di tale campionamento.



**Figura 33.** Altezza, peso secco epigeo, numero di legumi per pianta e peso dei legumi per pianta in seguito al biofertilizzazione (concia del seme) con funghi micorrizici arbuscolari (Amf), Amf e *Bradirhizobium japonicum* (Amf + Rizobio) e *B. japonicum* (Rizobio) (4 settembre 2013).

In data 26 settembre è stato svolto un terzo ed ultimo campionamento sempre su 8 subrepliche (8 piante) per ciascuna delle tre repliche per trattamento. Su tali piante sono stati analizzate i precedenti parametri (l'altezza della pianta, il peso fresco e secco epigeo, il numero e l'attività dei rizobi, la colonizzazione radicale micorrizica, il peso dei baccelli, il peso della granella). successivamente, la granella è stata analizzata per determinarne la percentuale in proteine grezze.



**Fig. 34.** Grafico con la produzione in g pianta<sup>-1</sup> e in q ha<sup>-1</sup> e la percentuale di proteine grezze della soia biofertilizzata (concia del seme) con funghi micorrizici arbuscolari (Amf), Amf e *Bradirhizobium japonicum* (Amf + Rizobio) e *B. japonicum* (Rizobio) – 26 settembre 2013.

#### **4) Introduzione della soia come coltura proteaginosa nei sistemi colturali maremmani. Test di collaudo per verificare l'effetto del trasferimento della reintroduzione della soia - anno 2014**

Nell'anno 2014 la coltivazione della soia ha risentito in maniera positiva dell'abbondante quantità di piogge del periodo estivo. Gli interventi irrigui durante i mesi di giugno, luglio ed agosto sono stati in totale 10, con un volume di adacquamento di 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ciascuno. Le abbondanti piogge hanno fatto sì che il volume di adacquamento totale, 1200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, fosse decisamente inferiore alla media del volume richiesto (2500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) dalla coltura, in areali semi-aridi come quelli della Maremma Toscana. La raccolta è stata eseguita il 17 ottobre 2014 utilizzando una mietitrebbiatrice da cereali autunno-vernini. Il prodotto è stato poi trasportato al consorzio di zona per le operazioni di asciugatura e schiacciatura per permettere il suo utilizzo direttamente nella razione delle vacche da latte dell'azienda. Le produzioni parcellari sono state ottime, registrando una quantità di granella umida di circa 40 q ha<sup>-1</sup> (umidità del 15%). La produzione in pieno campo è stata sensibilmente inferiore risentendo di attacchi di animali selvatici in aree circoscritte e delle abbondanti piogge che hanno favorito la crescita in alcune aree di una vigorosa flora infestante, caratterizzata dalla presenza di giavoni (*Echinochloa crus-galli*) e piante del

genere *Xantium*. Le produzioni parcellari sono riportate in tabella 14, paragonabili al trattamento inoculato con funghi micorrizici arbuscolari e rizobio dell'annata agraria precedente.

**Tabella 14.** Produzione di granella di soia per l'alimentazione animale.

Produzione	Granella (t/ha)	% umidita	Sostanza Secca (t/ha)
Soia var. Pepita	4,06	15,3	3,44

**5) Inserimento di lavorazioni alternative: semina su sodo e lavorazione minima su colture invernali anno 2013-2014.** Test di collaudo volti a verificare il corretto trasferimento della riduzione delle lavorazioni per la coltivazione dei cereali invernali

Al fine di valutare l'efficienza della semina su sodo sui cereali invernali, nel mese di gennaio 2014 è stato eseguito il rilievo per determinare l'investimento del grano tenero (*Triticum aestivum*) durante l'accestimento nelle tesi arato, sodo e lavorazione minima. Grazie all'utilizzo della classificazione dello stadio di *Haun* è stato possibile valutare oltre alle foglie emesse anche il grado di accestimento (Tabella 15).

**Tabella 15.** Analisi della varianza sul numero di piante a m<sup>2</sup> e sul valore dello stadio di *Haun* del grano tenero nel gennaio 2014.

Grano	Lavorazione	Piante m <sup>2</sup>	Errore standard	P > 0,01	Stadio
G1	Minima	251,2	4,1	a	2,6
G2	Minima	220,0	6,1	a	4,6
G3	Minima	254,4	3,0	a	4,8
G4	Arato	228,8	1,8	a	6,0
G5	Sodo	151,2	1,9	b	5,8
G6	Arato	240,0	4,3	a	6,3
G7	Arato	227,0	5,7	a	5,1

Si può notare come la semina su sodo rispetto alla lavorazione minima e all'aratura abbia determinato l'emersione di un minore numero di piante (piante m<sup>-2</sup>). Sarà opportuno quindi regolare il *setting* della seminatrice per migliorare l'emergenza nelle future semine. Tale operazione è stata eseguita a settembre 2014, aumentando la dose di seme per unità di superficie con notevoli miglioramenti.

Il giorno 20 maggio 2014 sono stati campionati i cereali autunno-vernini nell'azienda Pallini (Fig. 2.5.11) che nell'immediato sarebbero stati trinciati per il successivo insilamento. Il campionamento ha riguardato due colture, orzo (*Hordeum vulgare*) e grano tenero (*Triticum aestivum*); di quest'ultimo due cultivar: Adelaide (arestata) e Ludwig (mutica).



Fig. 35. Campionamento del frumento tenero mutico (*Triticum aestivum* var. Ludwig).

Sono state valutate le rese produttive (Tabella 16) delle colture a diversi livelli di intensificazione delle lavorazioni del suolo: *no tillage* ovvero semina su sodo; *minimum tillage* ovvero lavorazione minima; "ploughing" ovvero aratura convenzionale. La produzione di insilati dai cereali autunno-vernini ha mostrato la bontà della semina su sodo per queste colture. Questo è in linea con la letteratura che riporta come colture con numero di piante a metro quadro elevato (es. cereali invernali, erbai di leguminose) siano estremamente indicate per la riduzione dell'intensificazione delle lavorazioni. La produzione di silo-orzo, nel range tra 77 q e 96 q di SS ha<sup>-1</sup>, risulta superiore negli appezzamenti seminati su sodo (96 q SS ha<sup>-1</sup>) rispetto al ploughing (85 q SS ha<sup>-1</sup>) e al minimum tillage (77 q SS ha<sup>-1</sup>). Per quanto riguarda il silo-frumento le produzioni variavano tra 106 q e 124 q di SS ha<sup>-1</sup> e mostravano differenze statisticamente significative all'interno dei diversi itinerari tecnici. Nel complesso, i dati delle produzioni di insilato di cereali autunno-vernini hanno mostrato come le lavorazioni ridotte non influenzino negativamente le potenzialità produttive

delle aziende. Tutto ciò, può inoltre determinare una riduzione dei costi aziendali ed delle emissioni di gas ad effetto serra.

**Tabella 16.** Produzione di insilati di cereali autunno-vernini nei diversi differenti itinerari tecnici: *no tillage*, *minimum tillage* e *ploughing*.

Coltura	Itinerario	Altezza (m)	Numero spige m <sup>-2</sup>	Produzione tal quale (t/ha)	SS (%)	Produzione SS (t/ha)
Gr.tenero Adelaide	Minimum tillage	0,96	319,12	29,04	43	10,62
Gr.tenero Adelaide	No tillage	1,00	293,01	32,17	42	11,48
Gr.tenero Adelaide	Ploughing	0,98	345,10	27,45	53	12,37
Gr.tenero Ludwig	Minimum tillage	1,22	286,40	41,73	34	12,06
Gr.tenero Ludwig	Ploughing	1,18	241,18	31,86	40	10,83
Orzo	Minimum tillage	1,19	213,73	14,52	38	7,69
Orzo	No tillage	1,10	250,87	20,59	55	9,63
Orzo	Ploughing	1,08	160,03	19,30	52	8,53

**6) Inserimento di colture proteaginose alternative alla soia: inserimento nei sistemi colturali aziendali di favino (*Vicia faba L., var. minor*) e pisello proteico (*Pisum sativum L.*). Test di collaudo volti a verificare il corretto trasferimento dell'introduzione di colture proteaginose alternative alla soia**

Presso l'azienda Querciolo, i rilievi sono iniziati valutando l'investimento delle colture seminate nell'autunno dell'anno 2013, e cioè favino e pisello proteico. I dati di gennaio e marzo 2014 hanno mostrato una lieve riduzione delle piante al m<sup>2</sup>. Tale riduzione però non risultava essere statisticamente significativa e sembrava essere strettamente legata al fenomeno delle fallanze (Tabella 17). Mediamente l'investimento delle piante di pisello proteico era di 42 al m<sup>2</sup>, mentre per il favino le piante a m<sup>2</sup> corrispondevano a 53 al m<sup>2</sup>.

**Tabella 17** - Investimento delle colture proteiche alternative alla soia: favino e pisello proteico.

Coltura	Data Rilievo	Piante m <sup>-2</sup>	Data Rilievo	Piante m <sup>-2</sup>
Favino	Gennaio	55,0	Marzo	51,7
Pisello proteico	Gennaio	45,0	Marzo	39,4

La raccolta delle granelle è avvenuta solo per la coltura del favino, poiché un ritardo nell'intervento di diserbo sul pisello proteico causato dall'impossibilità di entrare in campo per l'elevata umidità del terreno generata dalle abbondanti piogge del 2014 (Fig. 36), ha reso impossibile la raccolta della produzione. La raccolta della granella di favino invece è avvenuta il 9 luglio 2014. I dati produttivi (Tabella 18) hanno mostrato un'eccellente produzione areica per l'annata agraria 2013-2014, con valori prossimi alle 4 t di granella ha<sup>-1</sup>. L'andamento meteorologico (Fig. 36), caratterizzato da temperature miti durante tutto l'inverno e abbondanti piogge primaverili, è risultato essere molto favorevole alla coltivazione di tale coltura.

**Tabella 18.** Produzione di granella e residui colturali di favino, *Vicia faba* var. *minor*. .

Produzione Favino								
Granella (t/ha)	SE	%Umidità	SE	Residui <i>Baccelli</i> (t/ha)	SE	Residui <i>Fusti</i> (t/ha)	SE	HI (Granella/ totale)
<b>3,68</b>	± 0,62	<b>0,11</b>	± 2,00	<b>1,29</b>	± 0,01	<b>2,91</b>	± 0,02	<b>0,44</b>

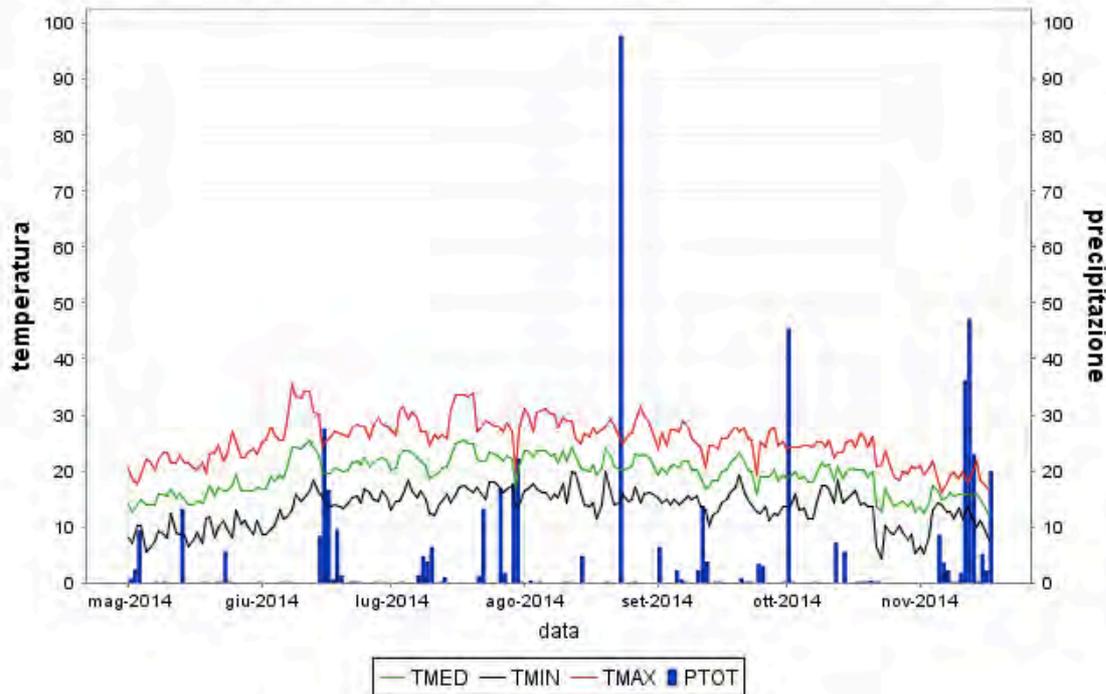


Fig. 36. Precipitazioni del 2014 presso la stazione meteorologica Casotto Pescatori (CFR, Regione Toscana).

**7) Messa in opera di impianti di irrigazione ad alta efficienza, subirrigazione di prati poliennali di erba medica (*Medicago sativa* L.). Test di collaudo volto a verificare il corretto trasferimento dell'introduzione di impianti di irrigazione ad alta efficienza (subirrigazione) di prati poliennali di erba medica (*Medicago sativa* L.)**

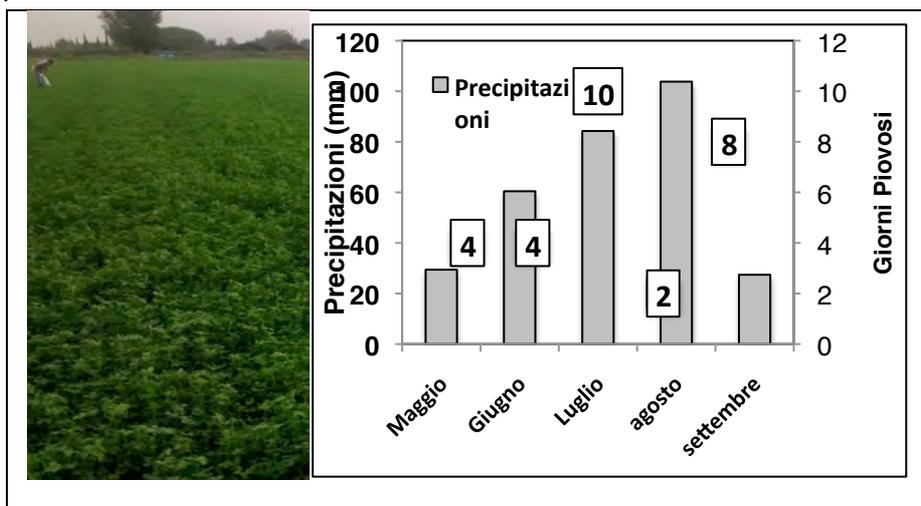
Nell'azienda agricola iln Querciolo è stato messo in opera un impianto di subirrigazione per la coltivazione di un prato di erba medica. In Tabella 19 una breve descrizione delle caratteristiche tecniche dell'impianto di subirrigazione.

Tabella 19. Breve descrizione delle caratteristiche tecniche dell'impianto di subirrigazione su erba medica.

Lunghezza media del campo (m):	Superficie (ha):	Distanza tra le ali gocciolanti (cm):	Profondità ala goccilante: (cm)	Gocciolatori ha <sup>-1</sup> :	Pressione di esercizio (atm)	Portata impianto (m <sup>3</sup> /ora) a 1 atm
180	1,0	120	40	27500	0,75 - 1,2	50

In seguito ad un'ottima emergenza, anche se molto ritardata (20 aprile 2014), le abbondanti piogge hanno permesso una rapida crescita della coltura. Le produzioni, valutate per i tre diversi volumi irrigui (0%, 50% e 100% dell'evapotraspirazione effettiva, ETE) (Tabella 20), sono state ottime, ma non è stato possibile valutare l'efficacia dell'impianto di irrigazione in quanto le precipitazioni sono state copiose e continue per tutto il periodo estivo ed hanno azzerato, o quasi, le differenze tra le diverse gestioni. Concludendo, si può notare (Tabella 21) come nell'anno 2014, dal 20 aprile, non ci sia stata una decade di giorni non piovosa. L'andamento anomalo ha completamente reso impossibile valutare l'efficienza delle differenti gestioni su erba medica e cioè i diversi volume di input irrigui. Tutto ciò ha permesso di impiantare un ottimo medicaio al primo anno ed ha permesso di ottenere una crescita e uno sviluppo della parte ipogea della pianta eccellente (Fig. 37).

**Fig. 37.** Impianto di erba medica presso l'azienda il Querciolo e precipitazioni nel periodo primaverile-estivo dell'anno 2014.



**Tabella 20.** Produzione erba medica nelle diverse gestioni irrigue dell'impianto in subirrigazione ( $t\ ha^{-1}$ ).

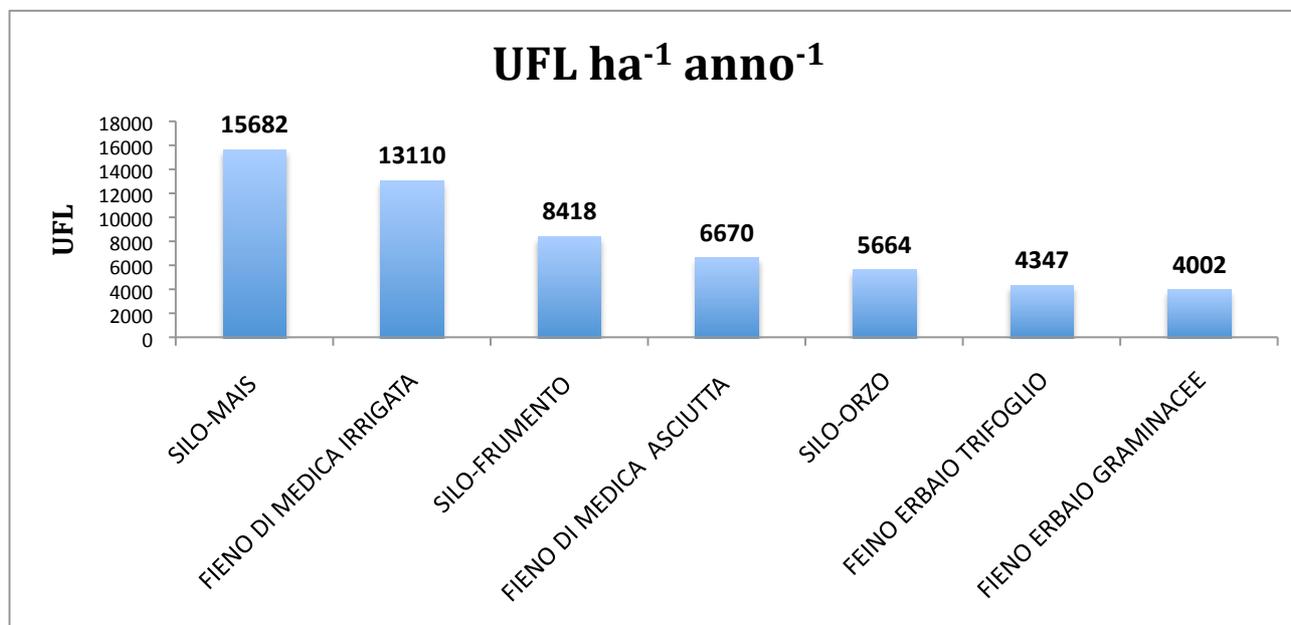
Produzione erba medica (t/ha)	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Cumulata anno 2014
Livello Irriguo (ETE)	1° Taglio SS (t/ha)	2° Taglio SS (t/ha)	3° Taglio SS (t/ha)	4° Taglio SS (t/ha)	Cumulata SS (t/ha)
0 (non irrigata)	1,38	0,95	1,00	0,93	4,26
50%	1,72	1,03	1,16	1,15	5,06
100%	1,99	1,01	1,19	1,00	5,19

**Tabella 21.** Volume di adacquamento e precipitazioni. I dati sono stati raccolti presso la stazione meteo Casotto Pescatori nel 2014 e confrontati con il 2013 (Grosseto, CFR Regione Toscana). In rosso le decadi con volumi di pioggia utile superiore all'evapotraspirazione stimata della coltura di erba medica.

Giorni dall'Emergenza 20 Aprile	ETP (mm)	ETE (mm)	PIOGGE (mm)	VOLUME DI ADACQUAMENTO AL 100%ETE (m <sup>3</sup> )	VOLUME DI ADACQUAMENTO AL 50%ETE (m <sup>3</sup> )
10	22,20	12,87	13,00	-0,01	-0,66
20	28,63	19,81	45,07	-2,53	-3,52
30	30,94	23,50	6,57	1,69	0,52
40	34,79	15,97	18,81	-0,28	-1,08
50	41,50	38,69	8,60	3,01	1,07
60	44,10	39,90	98,20	-5,83	-7,83
70	46,57	28,40	5,00	2,34	0,92
80	51,91	31,39	39,95	-0,86	-2,43
90	54,60	54,60	31,19	2,34	-0,39
100	57,97	51,73	8,34	4,34	1,75
110	58,20	34,05	5,59	2,85	1,14
120	55,58	35,64	0,69	3,49	1,71
130	61,61	52,27	59,16	-0,69	-3,30
140	57,91	45,08	0,60	4,45	2,19
150	48,62	34,10	4,94	2,92	1,21
160	42,97	26,88	13,40	1,35	0,00
170	40,29	22,27	14,08	0,82	-0,29
180	36,80	17,51	22,95	-0,54	-1,42
<b>TOTALE</b>	<b>815,19</b>	<b>584,65</b>	<b>396,14</b>	<b>18,85</b>	<b>-10,38</b>
<b>TOTALE (2013)</b>	<b>918,50</b>		<b>262,23</b>		

#### Quadro riassuntivo delle produzioni foraggere e proteiche delle diverse colture

Si riportano nel grafico (Fig. 38) le produzioni medie areiche intese come unità nutritive (UFL - unità foraggera latte) delle diverse colture inserite come innovazioni, con l'obiettivo di quantificare la potenzialità delle aziende per quanto concerne l'autoproduzione.



**Figura 38.** Produzioni areiche annuali in Unità Foraggere Latte (UFL).

La produzione di granella da soia e favino integrali garantisce all'azienda un apporto medio di circa 4356 e 4026 UFL ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, rispettivamente. La quantità in proteine prodotte con le rese

registrate nei due anni di progetto sono 1254 627 kg di proteine grezze ha<sup>-1</sup> per la soia e 627 kg di proteine grezze ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> per il favino.

**Fase 3 - Azione F3.2:** *Valutazione delle innovazioni di processo e di prodotto in termini di costi di produzione dell'unità di prodotto e dell'unità nutritiva*

Per poter valutare le innovazioni introdotte per la produzione di foraggeri e di concentrati sono stati calcolati i costi ad ettaro per ogni coltura attraverso i diversi itinerari tecnici, caratterizzati da livelli di input energetici crescenti: lavorazione convenzionale del terreno con aratura (AR), lavorazione minima del terreno (MT), semina sul sodo (NT). Le produzioni foraggere sono state discriminate valutando il costo unitario dell'unità foraggera latte (UFL) e per quanto riguarda le colture proteiche sono state indagate i costi unitari di proteina grazza (PG) prodotta e UFL. Per la determinazione dei costi unitari delle unità foraggere latte (UFL) prodotte in azienda non è stato inserito il canone d'affitto del capitale fondiario poichè i terreni sono stati considerati tutti di proprietà. Il conto colturale è stato impostato tenendo conto del tariffario 2014 delle lavorazioni meccanico-agricole per la regione Toscana ([www.unima.it](http://www.unima.it)) e per i prezzi delle sementi, concimi e prodotti fitosanitari il prezziario del consorzio agrario di Grosseto. Le elaborazioni sono state enucleate per categoria di prodotto. Verranno descritte prima le produzioni di insilato di cereali autunno-vernini (Tabella 22), poi le produzioni di silo-mais (Tabella 23), le produzioni di fieno di graminacee e di leguminose annuali, confrontandole con le produzioni di fieno di erba medica e con le produzioni di granelle proteiche (Tabelle 24, 25).

**Tabella 22.** Costi di produzione di insilato di cereali autunno-vernini nei diversi itinerari tecnici testati.

COSTI €/ha*anno	SILO-ORZO	SILO-ORZO	SILO-ORZO	SILO-FRUMENTO	SILO-FRUMENTO	SILO-FRUMENTO
	AR	MT	SODO	AR	MT	NT
ARATURA	120			120		
ERPICATURA SU SODO		45			45	
ERPICATURA SU LAVORATO	52	52		52	52	
ERPICATURA Più PASSAGGI	33			33		
RULLATURA						
SEMINA CON CONCIMAZIONE	45	45		45	45	
SEMINA SU SODO CON CONCIMAZIONE			93			93
TRATTAMENTI FITOSANITARI	39	77	77	39	77	77
RACCOLTA	80	80	80	80	80	80
SEMENTI	120	120	120	140	140	140
CONCIMI	120	120	120	120	120	120
FITOSANITARI	17	33	46	17	33	46
<b>TOTALE SPESA</b>	<b>625</b>	<b>572</b>	<b>536</b>	<b>645</b>	<b>592</b>	<b>556</b>

**Tabella 23.** Costi di produzione di insilato di mais nei diversi itinerari tecnici.

COSTI €/ha*anno	SILO-MAIS ARATO	SILO-MAIS SODO
ARATURA	120	
ERPICATURA SU SODO		
ERPICATURA SU LAVORATO	52	
ERPICATURA Più PASSAGGI	33	
RULLATURA		
SEMINA CON CONCIMAZIONE	60	
SEMINA SU SODO CON CONCIMAZIONE		85
TRATTAMENTI FITOSANITARI	77	77
TRASPORTO + ESSICAZIONE		
IRRIGAZIONE	900	900
RACCOLTA	120	120
SEMENTI	225	225
CONCIMI	160	160
FITOSANITARI	93	106
<b>TOTALE SPESA</b>	<b>1840</b>	<b>1673</b>

**Tabella 24.** Costi di produzione di fieno di diverse colture annuali e poliennali nei diversi itinerari tecnici.

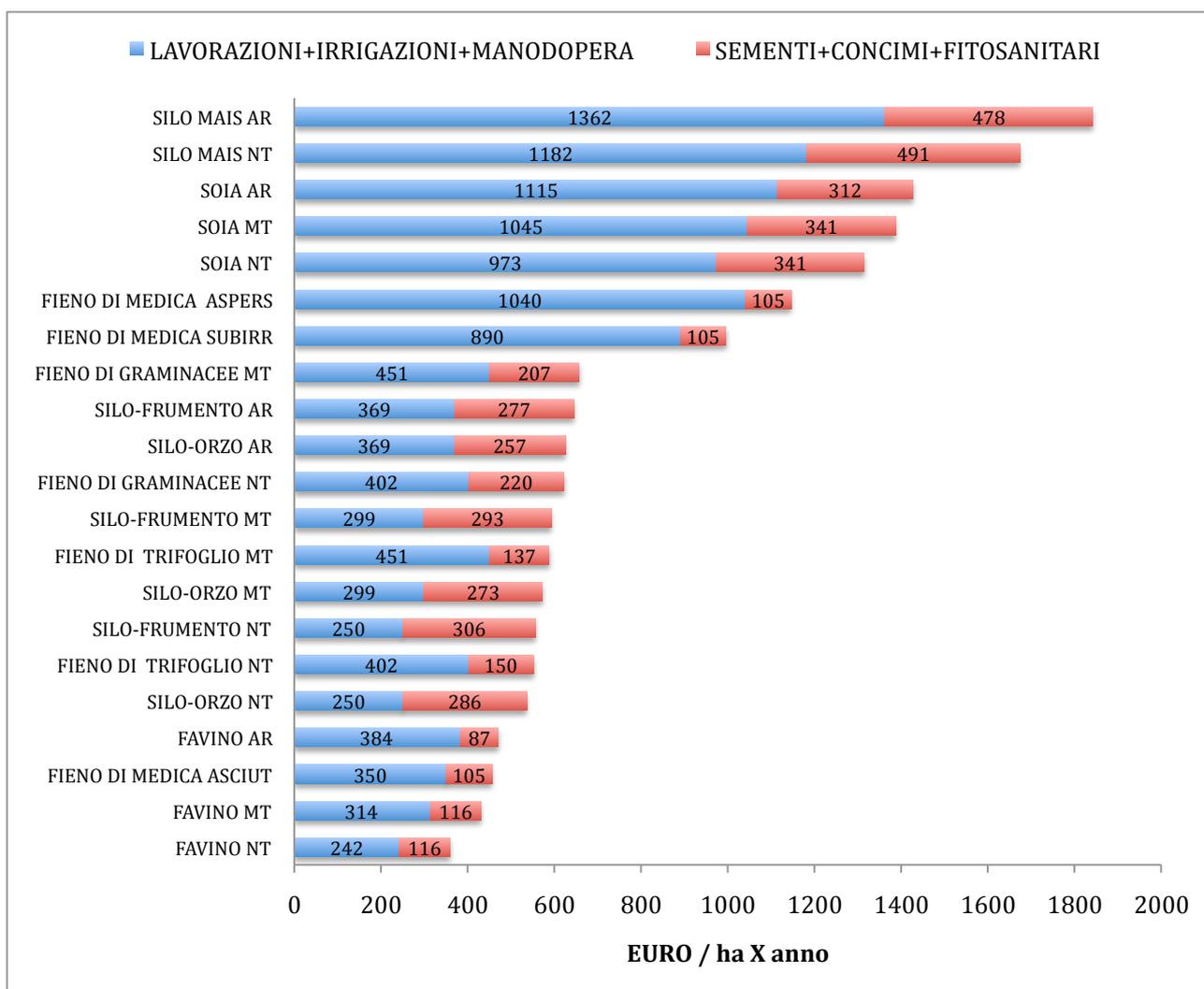
COSTI €/ha*anno	FIENO	FIENO	FIENO	FIENO	FIENO	FIENO	FIENO
	GRAMIN MT	GRAMIN NT	LEGUM MT	LEGUM NT	MEDICA ASCIUT	MEDICA IRR ASPERS	MEDICA SUBIRR
ARATURA						120	120
ERPICATURA SU SODO	45		45				
ERPICATURA SU LAVORATO	52		52		52	52	52
ERPICATURA Più PASSAGGI					33	33	33
RULLATURA							
SEMINA CON CONCIMAZIONE	45		45		45	45	45
SEMINA SU SODO CON CONCIMAZIONE		93		93			
TRATTAMENTI FITOSANITARI	39	39	39	39	0	0	0
TRASPORTO + ESSICAZIONE							
IRRIGAZIONE						1950	1500
RACCOLTA	270	270	270	270	920	920	920
SEMENTI	70	70	120	120	120	120	120
CONCIMI	120	120	0	0	196	196	196
FITOSANITARI	17	30	17	30	0	0	0
<b>TOTALE SPESA</b>	<b>657</b>	<b>621</b>	<b>587</b>	<b>551</b>	<b>455</b>	<b>1145</b>	<b>995</b>

**Tabella 25.** Costi di produzione della granella di soia e favino nei diversi itinerari tecnici.

COSTI €/ha*anno	SOIA AR	SOIA MT	SOIA NT	FAVINO AR	FAVINO MT	FAVINO NT
ARATURA	120			120		
ERPICATURA SU SODO		45			45	
ERPICATURA SU LAVORATO	52	52		52	52	
ERPICATURA Più PASSAGGI	33			33		
RULLATURA						
SEMINA CON CONCIMAZIONE	60	60		60	60	
SEMINA SU SODO CON CONCIMAZIONE			85			85
TRATTAMENTI FITOSANITARI	39	77	77	39	77	77
TRASPORTO + ESSICAZIONE	231	231	231			
IRRIGAZIONE (250 mm)	500	500	500			
RACCOLTA	80	80	80	80	80	80
SEMENTI	170	170	170	70	70	70
CONCIMI						
FITOSANITARI	142	171	171	17	46	46
<b>TOTALE SPESA</b>	<b>1426</b>	<b>1386</b>	<b>1314</b>	<b>470</b>	<b>430</b>	<b>358</b>

I costi annuali per la produzione di foraggi insilati ad ettaro variano da 536 € per la coltivazione dell'orzo con la tecnica della semina su sodo a 1840 € per il mais silo in irriguo in aratura, pratica indispensabile per la produzione di erbai estivi nell'areale maremmano (Tabella 22 e 23) . I costi più bassi per la produzione di fieno si hanno per la coltivazione del prato di erba medica (i costi prevedono una durata di 3 anni per l'erbaio) (costo del fieno di medica in asciutto pari a 455 €), mentre quelli più alti si registrano per gli erbai di graminacee (costo pari a 657 €) (Tabella 24).

Una differenza sensibile si riscontra nei costi di produzione delle granelle proteiche, un ettaro di favino coltivato con la tecnica della semina diretta solamente costa solamente 350 € compresa la raccolta (Tabella 25). La produzione di granella di soia richiede un costo medio per ettaro di circa 1375 euro, prezzo che risente molto del costo di irrigazione e di essiccazione post-raccolta. Nel grafico seguente sono mostrati i costi ad ettaro per anno di tutte le colture prese in considerazione nelle innovazioni tecniche proposte dal progetto per la Maremma.



**Fig. 39.** Costi di produzione delle diverse colture prese in considerazione nelle innovazioni proposte in Maremma dal progetto FOR.CASEO.MAREMMA.

Per il calcolo dei costi per unità nutritiva si sono utilizzati i dati dei costi ad ettaro e le rese in UFL e PG derivate dall'analisi delle produzioni cerealicolo-foraggere delle aziende coinvolte nel progetto (Tabella 26, 27). Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati riferiti alle diverse colture per categoria di prodotto.

**Tabella 26.** Costo unitario in Unità Foraggiere Latte (UFL) per la produzione di foraggi insilati.

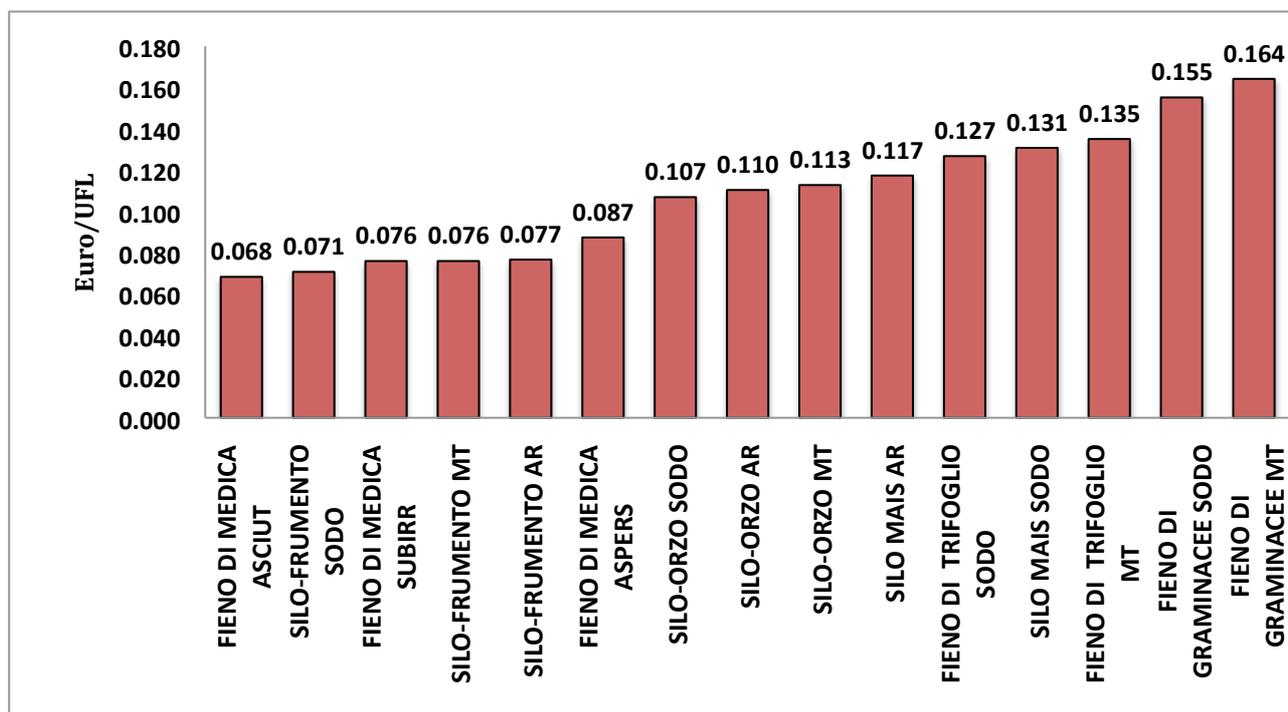
FORAGGI INSILATI	SILLO-ORZO AR	SILLO-ORZO MT	SILLO-ORZO SODO	FRUMENTO AR	SILLO-FRUMENTO MT	FRUMENTO NT	SILLO-FRUMENTO ARATO	MAIS CEROSO NT
LAVORAZIONI + IRRIGAZIONE	€ 369	€ 299	€ 250	€ 369	€ 299	€ 250	€ 1362	€ 1182
SEMENTI+CONCIMI+FITOSANITARI	€ 257	€ 273	€ 286	€ 277	€ 293	€ 306	€ 478	€ 491
TOTALE EURO /HA	€ 625	€ 572	€ 536	€ 645	€ 592	€ 556	€ 1840	€ 1673
UFL / ha (UFL)	5664	5074	5015	8418	7797	7866	15681.6	12795.2
EURO/UFL	€ 0.110	€ 0.113	€ 0.107	€ 0.077	€ 0.076	€ 0.071	€ 0.117	€ 0.131

**Tabella 27.** Costo unitario in Unità Foraggiere Latte (UFL) per la produzione di fieno

FIENO	GRAMINACEE MT	FIENO SODO	GRAMINACEE SODO	TRIFOGLIO MT	FIENO SODO	TRIFOGLIO SODO	FIENO MEDICA	IRRIGAT	FIENO MEDICA	SUBIRR	GRAMINACEE MT	FIENO SODO
LAVORAZIONI + IRRIGAZIONE	€ 451	€ 402	€ 451	€ 402	€ 350	€ 1040	€ 890	€ 451	€ 1040	€ 890	€ 451	€ 451
SEMENTI+CONCIMI+FITOSANITARI	€ 207	€ 220	€ 137	€ 150	€ 105	€ 105	€ 105	€ 207	€ 105	€ 105	€ 105	€ 207
TOTALE EURO /HA	€ 657	€ 621	€ 587	€ 551	€ 455	€ 1145	€ 995	€ 657	€ 1145	€ 995	€ 657	€ 657
UFL / ha (UFL)	4002	4002	4347	4347	6670	13110	13110	4002	13110	13110	4002	4002
EURO/UFL	€ 0.164	€ 0.155	€ 0.135	€ 0.127	€ 0.068	€ 0.087	€ 0.076	€ 0.164	€ 0.087	€ 0.076	€ 0.164	€ 0.164

**Tabella 28.** Costo unitario in Unità Foraggiere Latte (UFL) e proteine grezze (PG) delle produzioni di granella proteica.

	SOIA AR	SOIA MT	SOIA SODO	FAVINO AR	FAVINO MT	FAVINO SODO
LAVORAZIONI+IRRIGAZIONE	€ 1115	€ 1045	€ 973	€ 384	€ 314	€ 242
SEMENTI+CONCIMI+FITOSANITARI	€ 312	€ 341	€ 341	€ 87	€ 116	€ 116
TOTALE	€ 1426	€ 1386	€ 1314	€ 470	€ 430	€ 358
UFL HA	4356	4356	4356	4026	4026	4026
EURO/UFL	€ 0.327	€ 0.318	€ 0.302	€ 0.117	€ 0.107	€ 0.089



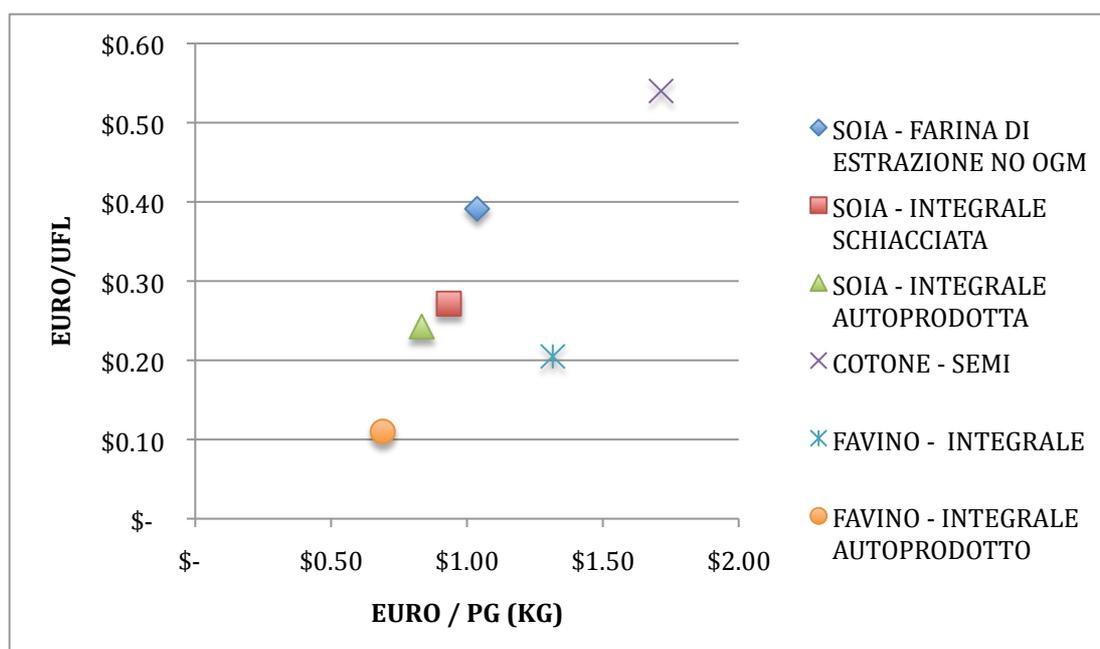
**Fig. 40.** Costo unitario in Unità Foraggiere Latte (UFL) delle diverse colture per la produzioni di foraggi.

Dall'elaborazione dei dati raccolti durante il progetto emerge che le produzioni più vantaggiose dal punto di vista economico, valutandolo il valore quanti-qualitativo delle risorse foraggiere, sono l'erba medica coltiva in asciutta per quanto riguarda la produzione di fieno e il frumento tenero in semina diretta per quanto riguarda i foraggi insilati, con costi unitari di 0.068 € e 0.071 €, rispettivamente (Fig. 40). L'insilato di mais che è risultato essere la coltura più produttiva ha un costo medio 0.12 €, ovvero quasi il doppio degli insilati di cereali autunno-vernini coltivati con la tecnica della semina su sodo o in minima lavorazione.

Nella tabella seguente (Tabella 29) sono mostrati i costi delle produzioni unitarie di UFL e PG delle colture proteiche, soia e favino, e sono confrontati indici con i costi dei mangimi reperibili sul mercato (prezzo medio del mercato di Bologna, Gennaio 2014).

**Tabella 29.** Caratteristiche delle granelle proteiche autoprodotte e mangimi acquistati dalle aziende del progetto.

	COSTO/TON	%PG	EURO/PG (KG)	UFL	EURO/UFL
SOIA - FARINA DI ESTRAZIONE NO OGM	€ 446.00	0.43	€ 1.04	1.14	€ 0.39
SOIA - INTEGRALE SCHIACCIATA	€ 364.00	0.39	€ 0.93	1.34	€ 0.27
SOIA - INTEGRALE AUTOPRODOTTA	€ 325.00	0.39	€ 0.83	1.34	€ 0.24
COTONE - SEMI	€ 360.00	0.21	€ 1.71	0.67	€ 0.54
FAVINO - INTEGRALE	€ 250.00	0.19	€ 1.32	1.22	€ 0.20
FAVINO - INTEGRALE AUTOPRODOTTO	€ 172.00	0.19	€ 0.69	1.22	€ 0.11



**Fig. 41.** Scatterplot delle Unità Foraggere Latte (UFL) e proteine grezze (PG) delle produzioni proteiche aziendali e dei mangimi .

Dal grafico si evidenzia la convenienza dell'autoproduzione di granelle proteiche rispetto all'acquisto di mangimi sul mercato. Il costo di un kg di proteina autoprodotta con favino è di circa 0.69 €, mentre acquistando le farine di estrazione di soia, lo stesso kg costa 1.04 €. Inoltre la soia integrale, rispetto alla farina di estrazione, ha un contenuto in grasso medio del 20%. Nello specifico, le UFL nella soia integrale sono circa 1.34 rispetto alle 1.14 della farina di estrazione, facendo così scendere il costo unitario delle UFL da 0.39 € a 0.24 € (Fig. 41).

**Fase 4 - Azione 4.2:** Coordinamento e assistenza tecnica per la realizzazione dei test rapidi di collaudo *in situ* presenti nell'azione F4.3.

**Le lavorazioni.** Le pratiche di gestione agronomica influenzano notevolmente l'ecosistema suolo, la stabilità e la diversità della comunità microbica. Generalmente le lavorazioni e le pratiche di gestione dei residui colturali sono i principali responsabili della temperatura del suolo, del regime idrico e della disponibilità spazio-temporale di energia e nutrienti per i microrganismi. La modalità di lavorazione del terreno influenza l'accrescimento degli apparati radicali il cui comportamento varia a seconda della specie in relazione alle caratteristiche morfologiche delle radici ed alla loro capacità di penetrazione del terreno. Se poniamo a confronto la lavorazione convenzionale, che con l'aratura intacca il profilo del terreno ed interra i residui colturali, con la non lavorazione, in cui il suolo non è arato ed i residui delle colture precedenti sono disposti sulla superficie del suolo come concime naturale organico, si rilevano conseguenze differenti sulla composizione e sull'attività della comunità fungina (Doran e Linn, 1994). Infatti nello strato più superficiale del terreno non lavorato, la maggiore concentrazione della sostanza organica e la maggiore densità radicale sia delle specie coltivate che di quelle spontanee sono associate ad una elevata presenza di biomassa microbica rispetto al terreno arato (Doran e Linn, 1994). L'attività di quest'ultima risulta però condizionata dagli effetti della lavorazione sullo stato idrico e termico del terreno nei diversi periodi dell'anno. In primavera, la minore temperatura del terreno non arato, associata anche ad un eccessivo contenuto di umidità potrebbe ridurre l'attività microbica rispetto al terreno arato; ma durante il periodo estivo si potrebbe verificare il fenomeno inverso grazie alla maggiore efficienza della non-lavorazione nel conservare l'umidità del suolo e mantenere temperature del terreno più favorevoli all'attività dei microrganismi (batteri in particolare) (Doran e Linn, 1994). Le migliori condizioni di aerazione del terreno lavorato portano, in genere, ad un aumento considerevole della microflora terricola aerobia e, di conseguenza, ad un incremento dei processi ossidativi della nitrificazione e dell'azotofissazione. L'assenza prolungata della lavorazione tradizionale determina, nel sistema suolo, la stratificazione superficiale della sostanza organica e dei nutrienti e quindi una più elevata attività microbica in vicinanza della superficie. Di contro la tradizionale aratura, attraverso il mescolamento e l'incorporamento dei residui determina un contatto più intimo tra questi ed il suolo, creando condizioni più omogenee nello strato arato. In generale possiamo affermare che le pratiche agronomiche convenzionali comportano una perdita della eterogeneità spaziale del suolo, in quanto disgregano la comunità fungina terricola

riducendo la quantità di macro-aggregati del suolo. La perdita o la riduzione di questa componente strutturale induce la progressiva distruzione di molte nicchie ecologiche. In particolare si è osservato che lo spostamento e l'accumulo dello strato superficiale del suolo, comporta una diminuzione della capacità infettiva dei funghi nemicorrizici arbuscolari (AM) a vari livelli (Moorman e Reeves, 1979; Abbott e Robson, 1991). Le lavorazioni possono danneggiare fisicamente i propaguli fungini, i miceli o i frammenti di radici colonizzate contenenti ife e vescicole (Daniels e Skipper, 1982), frantumare le spore, distruggere la rete ifale nel suolo e/o i frammenti di radici colonizzate (Jasper *et al.* 1989a; Evans e Miller 1990), alterare le condizioni fisiche, chimiche e biologiche del suolo così da ostacolare la colonizzazione o la germinazione dei propaguli fungini AM (Warner, 1983; Stahl *et al.* 1988), eliminare la pianta ospite creando dei cambiamenti in termini di quantità di carbonio disponibile per il fungo (Abbott and Robson, 1991). Numerosi autori hanno dimostrato che la distruzione della rete ifale nel suolo comporta una riduzione della quantità di P assorbita dalla pianta oltre ad una diminuzione della capacità di colonizzazione dei funghi (Fairchild e Miller, 1988; Jasper *et al.* 1989a,b; Evans e Miller, 1990), poiché importante riserva infettiva per i suoli indisturbati (Read *et al.* 1976-85; Jasper *et al.* 1989a). La riduzione dell'infettività della rete ifale esterna, a seguito della ridistribuzione del suolo, sembra dovuta in parte all'esposizione dei frammenti ifali a condizioni sfavorevoli per la germinazione e/o la colonizzazione, in parte alla rottura della rete stessa. Studi sulla relazione tra le lavorazioni del suolo e la colonizzazione e/o sporulazione delle specie di funghi AM sono necessari affinché si possano capire completamente i processi con cui i funghi AM persistono dopo la lavorazione del suolo. Ad esempio, in alcuni studi si è osservato che le differenze in termini di numero totale di spore fungine AM in suoli lavorati e non, è attribuibile in particolare alla classe di spore di più piccola taglia (sotto 10  $\mu\text{m}$ ); mentre le differenze nelle altre frazioni di spore sono trascurabili (Jansa *et al.* 2000). Le prove in campo possono essere considerate come uno strumento utile per monitorare l'abbondanza dei funghi AM nel suolo (Boddington e Dodd; 1999). Tuttavia l'effetto della lavorazione del suolo sulla diversità e sulla struttura della comunità fungina AM è stato studiato raramente attraverso esperimenti in campo.

In base alle complesse interazioni tra la pratica agronomica e la comunità fungina in termini di ritardo nella crescita ifale, di inibizione della colonizzazione radicale e di cambiamento della composizione fungina, si riscontrano delle conseguenze anche sulla fertilità del suolo e sulla produzione della pianta (Dehn *et al.* 1990; Sieverding and Leihner, 1984). Per questo quando

analizziamo gli effetti delle lavorazioni sulle micorrize, si deve definire il livello di disturbo del suolo in relazione alla fenologia dei funghi AM.

Possiamo, quindi, concludere che un'agricoltura di tipo intensivo incide sulla diversità per almeno uno dei gruppi chiave, le micorrize, che influenzano i processi ecologici. La presenza o meno di certe specie e/o di certi generi è legata al regime agricolo realizzato, per questo la quantità e la qualità delle spore, che definiscono la diversa capacità di sporulazione delle specie fungine AM e la loro abilità nel tollerare le diverse pratiche agronomiche, possono rappresentare un importante parametro per la stima delle sollecitazioni indotte da queste e della capacità di produzione e di sopravvivenza dei nuovi propaguli fungini.

E' stato precedentemente discusso che le lavorazioni convenzionali, con le tradizionali pratiche di aratura ed erpicatura impiegate per preparare il letto di semina, riducono la sostanza organica presente nel suolo e aumentano l'erosione, specialmente negli ecosistemi tropicali. In alternativa, le pratiche di non lavorazione come la semina su sodo proteggono il suolo contro l'erosione dell'acqua, migliorano la stabilità strutturale e l'umidità del suolo, incrementano il contenuto in sostanza organica, diminuiscono la temperatura del suolo, l'evaporazione del terreno, aumentandone l'infiltrazione e migliorandone la distribuzione spaziale della semina e della raccolta. Quindi la riduzione delle pratiche agronomiche, in particolare della lavorazione, può indurre considerevoli cambiamenti circa le proprietà fisico-chimiche del suolo oltre ad influenzare l'attività di vari microrganismi. A tal riguardo Mozafar et al. hanno studiato gli effetti di 3 diverse pratiche agronomiche (lavorazione convenzionale, non lavorazione e discissura) su mais, grano invernale e canola posti in rotazione per 3 anni. Il mais risulta colonizzato da una maggiore varietà di funghi AM se non lavorato piuttosto che in presenza della lavorazione convenzionale o della discissura; il grano è colonizzato in maniera equa e debole dai funghi AM con i 3 diversi trattamenti, ma si riscontra l'abbondante presenza di funghi non micorrizici come *Olpidium*, *Polymyxa* e il complesso *Gaeumannomyces-Phialophora* e come supposto, nelle radici della canola non sono presenti funghi AM. Hendrix et al. (1986) hanno concluso che la non-lavorazione favorisce la componente fungina delle microflora terricola, mentre la lavorazione convenzionale la componente batterica. Nei terreni non lavorati si può osservare l'importante ruolo svolto dalle ife extraradicali dei funghi AM nella formazione e nella stabilità degli aggregati del suolo. La rete miceliare, infatti, è in grado di aggregare le particelle del suolo attraverso la produzione di una glicoproteina immunoreattiva, detta glomalina. (Tisdall e Oades, 1979). Questo essudato prodotto dalle ife fungine AM è presente in maggiore quantità nei terreni non lavorati. La Wright et al.

(1999) hanno osservato che la quantità di glomalina è 1.5 volte più alta nel suolo non lavorato che in quello lavorato. In questo studio, condotto durante i primi 3 anni di transizione tra l'aratura e la non-lavorazione di mais, si osserva una diretta proporzionalità tra la concentrazione di glomalina e la stabilità degli aggregati. In particolare un aumento della stabilità degli aggregati e di glomalina è misurato anno dopo anno nelle aree non lavorate, con un aumento significativo rispetto alla lavorazione convenzionale dopo 2 o 3 anni. Confrontando le zone non lavorate dopo 3 anni, con suoli adiacenti coltivati a graminacee, si rileva una stabilità maggiore del 20% e una concentrazione di glomalina superiore del 45% in questi ultimi.

### **Scopo del test di collaudo**

Scopo di tale parte del progetto era quello di isolare e caratterizzare i funghi micorrizici arbuscolari (AM) presenti in terreni coltivati della Maremma, con la finalità di ottenere informazioni riguardo alle specie capaci di tollerare le pratiche agricole.

A tale scopo sono stati realizzati i seguenti esperimenti:

- determinazione della percentuale di infezione radicale sulla coltura in atto (soia), al fine di saggiare presenza e consistenza di inoculo micorrizico infettivo nei terreni in esame (Test rapido 1);
- isolamento e caratterizzazione dei funghi arbuscolari presenti nel terreno, utilizzando il metodo delle piante-trappola, al fine di studiare la comunità micorrizica arbuscolare presente nel terreno soggetto all'introduzione dell'innovazione (Test rapido 2);
- valutazione dell'infettività del terreno, mediante "time-course", al fine di stimare la capacità infettiva dei funghi AM presenti nel terreno (Test rapido 3).

Il confronto è stato eseguito su 2 diverse tecniche di lavorazione del terreno (aratura convenzionale e non lavorazione-sodo).

## **MATERIALI E METODI**

### **Test rapido n.1**

#### **Determinazione della percentuale di infezione radicale AM su soia**

Nel giugno 2013 è stato effettuato il campionamento di ciascuno dei campi sottoposti ad aratura e a semina su sodo. Sono state individuate 3 aree di estrazione (georeferenziate) e si sono operati i seguenti prelievi:

- parte epigea della soia (in fase vegetativa);

- parte ipogea della soia;
- terreno fino ad una profondità di 20 cm.

Dopo aver liberato le radici dalle particelle terrose, di ciascun campione sono state scelte le radichette più fini e poste in una provetta contenente acqua. Le radici sono state in seguito decolorate in KOH al 10% a 90°C, per circa 20 minuti. Successivamente, dopo lavaggio in acqua corrente, sono state trattate con HCl al 2% a temperatura ambiente per circa 10 minuti, così da acidificarne i tessuti, e quindi, eliminata la soluzione acida, sottoposte a colorazione con trypan blue, allo 0.05% in acido lattico, a 90° per circa 10 minuti. Dopo eliminazione del colorante, il materiale colorato è stato conservato in acido lattico (Phillips e Hayman, 1970). Per stimare la percentuale di infezione AM su soia è stato utilizzato il metodo “Gridline intersect”, di seguito descritto (Giovannetti e Mosse, 1980).

#### **METODO GRIDLINE INTERSECT**

Questo metodo permette di stimare la lunghezza di un campione di radici mediante l’uso di griglie. Le radici vengono disposte all’interno di una capsula Petri munita di una griglia formata da linee perpendicolari, distanti 3.1 mm. Mediante l’uso di un microscopio stereoscopico può essere contato il numero totale di intersezioni tra le linee orizzontali e verticali della griglia e le radici, e il numero di intersezioni della griglia con i tratti radicali infetti.

Il calcolo della lunghezza totale del materiale analizzato si basa sulla formula di Newmann (1966):

$$R = \frac{\pi \cdot A \cdot N}{2H}$$

dove:

**R**-> lunghezza totale del materiale analizzato;

**A**-> area della griglia occupata dal campione;

**H**-> lunghezza totale delle linee comprese nell’area A della griglia;

**N**-> numero delle intersezioni del materiale con le linee della griglia.

Nel caso che sui campioni di radici colorate vengano registrate sia le intersezioni con i tratti radicali infetti che le intersezioni radicali totali, dal rapporto tra le due lunghezze si ottiene la percentuale di lunghezza radicale infetta o percentuale di infezione radicale.

## **Test rapido n. 2**

### **ISOLAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DI FUNGHI ARBUSCOLARI PRESENTI NEL TERRENO**

Per isolare i funghi AM indigeni è stato utilizzato il metodo delle piante-trappola, che prevede l'uso di piante micotrofiche per ottenere infezione e conseguente sporificazione da parte di endofiti naturali. Le colture di piante-trappola sono state allestite in vasetti di plastica di 10 cm di diametro. Per ogni vaso è stata preparata una miscela composta da circa 180 g di terreno (campionato nel giugno 2003) e 250 g di terragreen (OILDRI, Chicago), all'interno delle quali sono stati interrati 10 semi di *Trifolium alexandrinum*. Per ciascun campione sono state preparate 3 repliche. Dopo 3 mesi le piantine sono state estratte ed il terreno è stato filtrato per raccogliere le spore, secondo il metodo "*Wet sieving and decanting*" (Gerdermann e Nicolson, 1963). Secondo il protocollo, il campione di terreno viene posto all'interno di un ampio contenitore, a cui viene aggiunta acqua. Dopo aver agitato bene, si lascia decantare il tutto per alcuni secondi. La sospensione così ottenuta, contenente radici, ife e spore, viene versata su 3 setacci sterili aventi apertura rispettivamente di: 500 µm, 200 µm, 100 µm. Si ripete tale operazione per almeno 5 volte, lasciando decantare il campione per circa 1 minuto prima della filtrazione. Infatti, gran parte del terreno e del terragreen tendono a depositarsi sul fondo del recipiente, mentre le spore e/o gli sporocarpi, restando in sospensione e sono ritenuti dai setacci. Dopo aver recuperato il materiale trattenuto sopra ciascun setaccio in piastre Petri (del diametro di 9 cm), si osserva al microscopio stereoscopico (Wild, Leica, Milano, Italia) così da raccogliere spore e/o sporocarpi in esso presenti. Il materiale raccolto viene quindi selezionato sulla base di una preliminare caratterizzazione morfologica. Poiché la sola caratterizzazione a livello morfologico non può ritenersi completa senza essere affiancata da una ulteriore identificazione a livello fisiologico e genetico, si sono utilizzate anche tecniche di analisi molecolare, descritte di seguito, per rilevare caratteri genetici utili per la identificazione delle specie fungine.

### **ANALISI MOLECOLARE.**

Per poter identificare, al livello molecolare, parte del materiale selezionato, è stata utilizzata la NESTED-PCR (Polymerase Chain Reaction) [Mullis *et al.*, 1986; Mullis e Faloona, 1987], una tecnica biomolecolare che permette l'amplificazione esponenziale *in vitro* di sequenze di acidi nucleici. Per poter applicare questa tecnica è necessario conoscere la sequenza delle regioni fiancheggianti la sequenza bersaglio; la loro conoscenza permette la sintesi dei due inneschi oligonucleotidici (detti "primer") necessari per la reazione, i quali risultano complementari alle estremità 5' e 3' che

fiancheggiano il segmento stesso. Nel nostro caso la sequenza bersaglio di DNA appartiene al DNA ribosomale, qui definita ITS (Internal Transcribed Spacer), sequenza comprendente due regioni non codificanti, localizzate tra i geni 18S e 25S, mentre i primers sono, nella prima reazione di PCR: ITS1F (5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3') e ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') (White et al. 1990), nella seconda reazione di PCR: ITS1 (5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3') e ITS4. Il procedimento prevede che prima dell'estrazione le spore e gli sporocarpi selezionati vengano sottoposti a sonicazione (tale operazione, della durata di 3 minuti, è stata ripetuta 2 volte) così da liberarli da eventuali impurità. Spore e sporocarpi, posti all'interno di una provetta eppendorf da 1,5 ml, sono stati quindi lavati per 3 volte con acqua sterile ed in seguito distribuiti singolarmente in tubi eppendorf del volume di 0,2 ml, precedentemente sterilizzati, mantenendo un volume massimo di acqua di 1 µl. I singoli propaguli sono stati quindi omogeneizzati con l'uso di un pestello di vetro sterile, mantenendo i tubi a 4°C, e addizionati del volume necessario di mix per l'amplificazione più rapidamente possibile. Ai campioni in esame è stato sempre aggiunto un controllo senza DNA per verificare l'assenza di contaminazioni dovute a DNA estraneo. Il mix di reazione della PCR (preparato per un volume finale di 50 µl) comprendeva i seguenti componenti:

	Concentrazione stock	Concentrazione finale	Volume nel mix
Buffer 10X			5 µl
Taq DNA polimerasi	5 U/µl	0,05 U/µl	0,5 µl
Primer ITS1F	0,264 nmol/µl	200 nM	1 µl
Primer ITS4	0,361 nmol/µl	200 nM	1 µl
dNTPs (deossiribonucleotidi trifosfati)	10 mM	200 µM	2 µl
Soluzione MgCl <sub>2</sub>	25 mM	1,5 mM	5 µl
DNA campione			2 µl
Acqua			32,5 µl

La miscela di reazione così ottenuta viene sottoposta ad un processo termico in cui ogni ciclo di amplificazione prevede tre fasi (Innis *et al.*, 1990):

1. **Denaturazione** (separazione): il ds-DNA campione (DNA a doppio filamento) è denaturato alla temperatura di circa 95°C ed è convertito in DNA a singola elica;
2. **Amplificazione** ("annealing"): i "primers" oligonucleotidici complementari alle due estremità della sequenza da amplificare ibridano con i due filamenti denaturati ad una temperatura che è orientativamente 5 °C più bassa della  $T_m$  dei "primers" stessi; la loro sequenza è orientata in modo da poter guidare la polimerizzazione del DNA (senso 5' → 3') nel tratto compreso tra le due regioni a cui essi si associano;
3. **Estensione**: i "primer" oligonucleotidici vengono estesi ognuno in direzione dell'altro ma su due diversi filamenti complementari, portando alla sintesi di due molecole di ds-DNA copie della regione bersaglio delimitata dagli inneschi.

Il programma di PCR utilizzato prevede le seguenti fasi:

	DENATURAZIONE	AMPLIFICAZIONE		ESTENSIONE FINALE
Temperatura	95°C	95°C 52°C 72°C	95 °C 51°C 72°C	72 °C
Tempo	5'	30'' 30'' 1'	30'' 30'' 1'	10'
		5 cicli	35 cicli	

In questo modo si sviluppa una reazione a catena che porta all'accumulo di ITS in maniera esponenziale rispetto al numero di cicli di reazione. I prodotti di PCR sono stati poi analizzati mediante corsa elettroforetica su di gel di agarosio 1.5% (Nusieve 3:1) in TBE 0.5X addizionato di Etidio di bromuro 0.05%. Il bromuro di etidio emette fluorescenza se eccitato da radiazione UV ed è capace di legarsi ai frammenti di DNA, rendendone possibile la visualizzazione nel gel. Aliquote di 1µl del DNA amplificato sono state addizionate di 4µl di tampone di caricamento e caricate su gel, che è stato mantenuto a voltaggio di 80 V per circa 1 h. Come riferimento di peso molecolare è stato utilizzato il marker 1 kb Plus DNA Ladder (Invitrogen). I prodotti delle corse elettroforetiche sono stati visualizzati mediante l'analizzatore Image Master VDS. Le soluzioni, in acqua distillata, utilizzate per le corse elettroforetiche su gel di agarosio erano le seguenti:

#### **Tampone Tris borato EDTA (TBE, 5X)**

Trizma 54g/l

Acido borico 27,5 g/l

EDTA 0,5M (pH 8) 20 ml/l

#### **Tampone di caricamento 5X**

Blu di bromofenolo 2,5g/l

Ficoll (tipo 400) 150g/l

Dopo aver eseguito la prima amplificazione del materiale in esame, è stata preparata la seconda fase della “nested” PCR in maniera analoga alla prima, con la seguente miscela di reazione (volume finale 50 µl):

	Concentrazione stock	Concentrazione finale	Volumi nel mix
Buffer 10X			5 µl
Taq Gold			0,5 µl
Primer ITS1			1 µl
Primer ITS4	0,361 nmol/µl	200 nM	1 µl
dNTPs	10 mM	200 µM	2 µl
Soluzione MgCl <sub>2</sub>	25mM	1.5 mM	5 µl
DNA campione			1 µl
Acqua			34,5 µl

Ai campioni precedentemente amplificati è stato aggiunto anche un estratto di *Glomus mosseae* IMA1 che verrà utilizzato come controllo. Il programma di amplificazione utilizzato è caratterizzato dai seguenti cicli termici:

	DENATURAZIONE	AMPLIFICAZIONE		ESTENSIONE FINALE
Temperatura	95°C	95°C 54°C 72°C	95 °C 53°C 72°C	72 °C
Tempo	5'	30'' 30'' 1'	30'' 30'' 1'	10'
		5 cicli	35 cicli	

I prodotti della PCR vengono analizzati mediante corsa elettroforetica su di un gel di agarosio 1,5% in tampone TBE, utilizzando come riferimento di peso molecolare 1 kb Plus DNA Ladder. I prodotti dell'amplificazione sono stati in seguito sottoposti ad analisi della restrizione utilizzando 4 diversi enzimi di restrizione dei quali si riportano nella seguente tabella le sequenze riconosciute ed il sito di taglio:

**Tabella 30.** Quattro diversi enzimi di restrizione, sequenze e sito di taglio.

Enzima	Sito di riconoscimento
<i>Dpn II</i>	↓GATC CTAG↑
<i>Hinf I</i>	G↓ANTC CTNA↑G
<i>Msp I</i>	C↓CGG GGC↑C
<i>Taq I</i>	T↓CGA AGC↑T

La soluzione utilizzata per la restrizione, con volume finale di 20 µl, era composta da:

	Volumi nella miscela
Buffer 10X	2 µl
Enzima <i>Dpn II</i> , <i>Taq I</i> , <i>Hinf I</i> , <i>Msp I</i>	1 µl
Amplificato	8 µl
Acqua	9 µl

La digestione con i diversi enzimi di restrizione è stata condotta in termostato a 37 °C per tutta la notte. I prodotti ottenuti sono stati analizzati mediante corsa elettroforetica di circa 1 h su gel di agarosio 2,5% (Metaphor) in tampone TBE.

### **Test rapido n.3**

#### **VALUTAZIONE DELL'INFETTIVITÀ DEL TERRENO**

Al fine di valutare l'infettività del terreno che era stato raccolto nel giugno 2003 negli stessi campi coltivati a soia con confronto sodo-arato, è stata monitorata nel tempo, con un metodo "time-course", l'infezione radicale in piante micotrofiche. Tale esperimento prevedeva di seguire nel tempo lo sviluppo di infezione micorrizica dovuta ad endofiti arbuscolari naturali in piante di *Trifolium alexandrinum*, seminato sul terreno in esame. 10 repliche sono state allestite per ciascuno dei 6 campioni di terreno, utilizzando contenitori, precedentemente sterilizzati in una soluzione di cloramina T al 20%. In ciascun contenitore è stato posto un substrato costituito da terreno in esame e terragreen in proporzione 1:1 (volume:volume): 20 ml di terreno e 20 ml di

terragreen (precedentemente sterilizzato in autoclave a 121°C, con un ciclo di 25 minuti). Una volta inumidito adeguatamente il substrato, sono stati interrati 5 semi di trifoglio a loro volta ricoperti con ghiaia. I contenitori sono stati posti all'interno di sacchetti di plastica trasparenti (Sun Transparent Bags Sigma, St. Louis, Mo, USA) al fine di evitare contaminazioni. Le piantine sono state mantenute in camera di crescita a temperature di 26°C di giorno e 21°C di notte. Nei giorni successivi, dopo l'emergenza, si sono tolte dai contenitori le piantine soprannumerarie così da lasciarne 3 per ciascuno. Ad una e due settimane dall'emergenza sono state raccolte 5 repliche di ciascun campione e prelevate le radici così da effettuarne la colorazione secondo la metodologia precedentemente descritta.

In seguito alla colorazione, di ciascun campione radicale sono stati registrati i seguenti parametri:

- lunghezza radicale e numero di entry points (EP) per il primo prelievo
- lunghezza radicale totale e lunghezza radicale infetta per il secondo prelievo

#### ***Lunghezza radicale, totale e infetta***

E' stata stimata mediante l'uso del metodo gridline intersect.

#### ***Numero di entry points.***

Per effettuare tale analisi le radici colorate sono state trasferite su vetrino portaoggetti, montate con acido lattico, e analizzate al microscopio ottico, così da contare i punti in cui le ife fungine penetrano all'interno della radice.

## **RISULTATI**

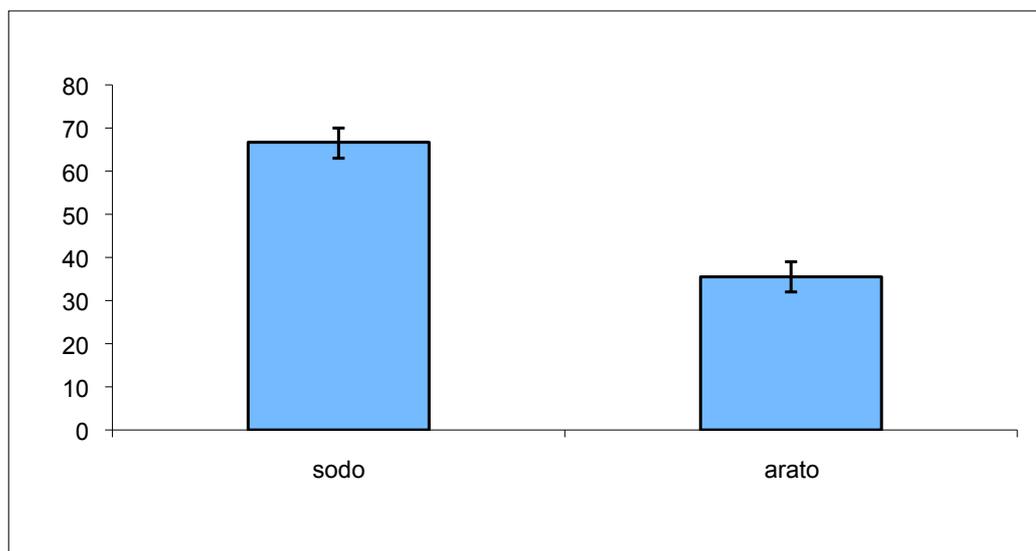
### **Test rapido 1**

#### **DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE DI INFEZIONE RADICALE SU SOIA.**

Scopo di questa sperimentazione era quello di valutare la percentuale di infezione radicale su soia, nelle 2 diversi trattamenti di lavorazione del terreno (aratura convenzionale-non lavorazione). I risultati ottenuti, riportati nella seguente tabella, mostrano che la percentuale di infezione radicale su soia coltivata in terreni non lavorati è del 66.7%, mentre nel caso di terreni arati si riduce a 35.5%. Per questo si può concludere che vi è una maggiore infezione simbiotica positiva nei campioni prelevati dal terreno non sottoposto a lavorazione. Tale maggiore colonizzazione potrebbe determinare anche una maggiore fissazione di N da parte della leguminosa con una

riduzione dei consumi di fertilizzanti richiesti nelle colture graminacee successive ed un aumento della fertilità complessiva del suolo.

I valori relativi alla percentuale di infezione radicale sono rappresentati in Fig. 42.



**Fig. 42.** Percentuale di infezione micorrizica su soia osservata nei 2 diversi trattamenti (sodo-arato). Le barre rappresentano i limiti di confidenza delle percentuali per  $P=0.05$ .

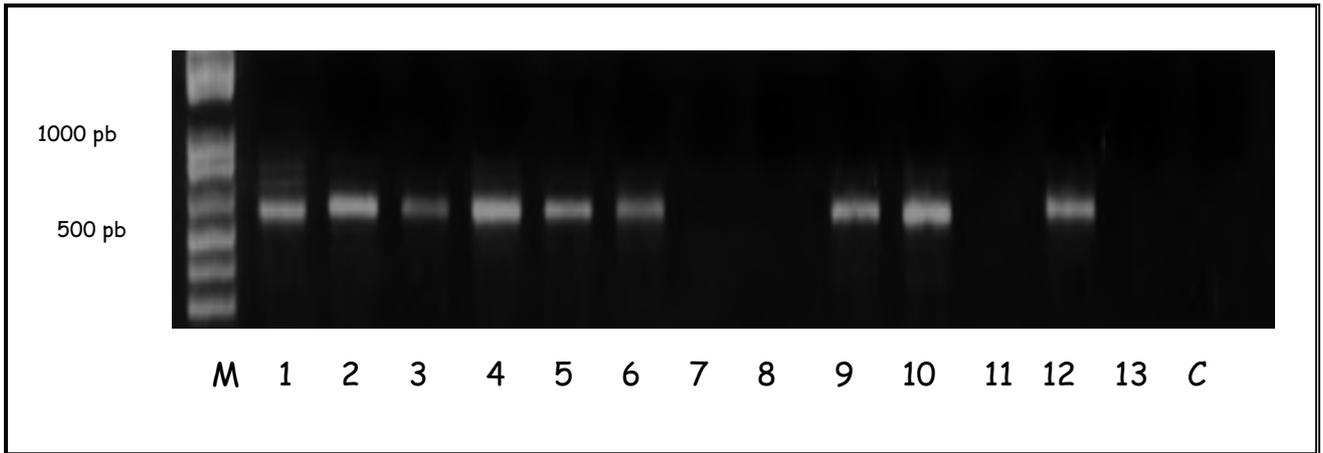
### **Test rapido n.2**

#### **ISOLAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DI FUNGHI ARBUSCOLARI PRESENTI NEL TERRENO**

Le spore prodotte dalle colture trappola mostravano diverse caratteristiche morfologiche. Per questo si è provveduto a selezionare le spore isolate in funzione di: colore e dimensioni. In particolare alcune spore mostravano colore giallo ed attacco "funnel-shaped", tipico di *Glomus mosseae*. Poiché tali caratteristiche sono comuni a due specie del genere *Glomus*, si è utilizzata la tecnica NESTED-PCR (Polymerase Chain Reaction) per effettuare una caratterizzazione molecolare dei nostri isolati.

#### **I amplificazione.**

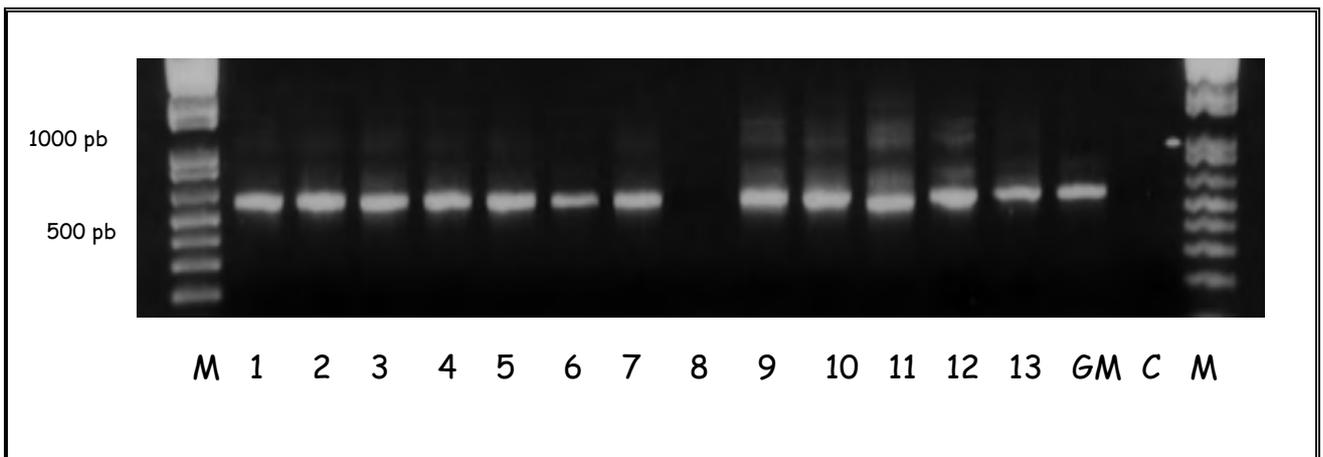
La figura mostra che le regioni ribosomali ITS dei campioni 1-12 amplificate con i primers ITS1F e ITS4 hanno la stessa lunghezza (circa 590-600bp). In ogni esperimento di amplificazione è stato aggiunto un controllo senza DNA per verificare che non vi fossero contaminazioni con DNA estraneo. Tale controllo è sempre risultato negativo.



**Fig. 43.** Prodotto di amplificazione di ITS dei campioni in esame, utilizzando i primer ITS1F e ITS4: **M** marker 1 kb Plus DNA Ladder (Invitrogen); **1-7** sporocarpo; **8-10** singola spora; **11-13** sporocarpo; **C** controllo.

### Il amplificazione

Nel caso della seconda amplificazione si è aggiunto ai campioni precedentemente analizzati, anche un estratto di *Glomus mosseae* IMA1, come ulteriore controllo. La seguente figura mostra che le regioni ribosomali dei campioni 1-12 amplificate con i primers ITS1 e ITS4 hanno la stessa lunghezza (circa 590-600bp). E' importante notare come la seconda amplificazione abbia permesso di evidenziare altri profili (vedi campioni 7 e 13), che in precedenza non erano stati osservati.



**Fig. 44.** Prodotto di amplificazione di ITS dei campioni in esame, utilizzando i primers ITS1 e ITS4: **M** marker 1 kb Plus DNA Ladder (Invitrogen); **1,2,4-7,9-11,13** sporocarpo; **3,8,12** singola spora; **GM** *Glomus mosseae* IMA1; **C** controllo.

### ANALISI RFLP DEI PRODOTTI PCR DELL'ITS.

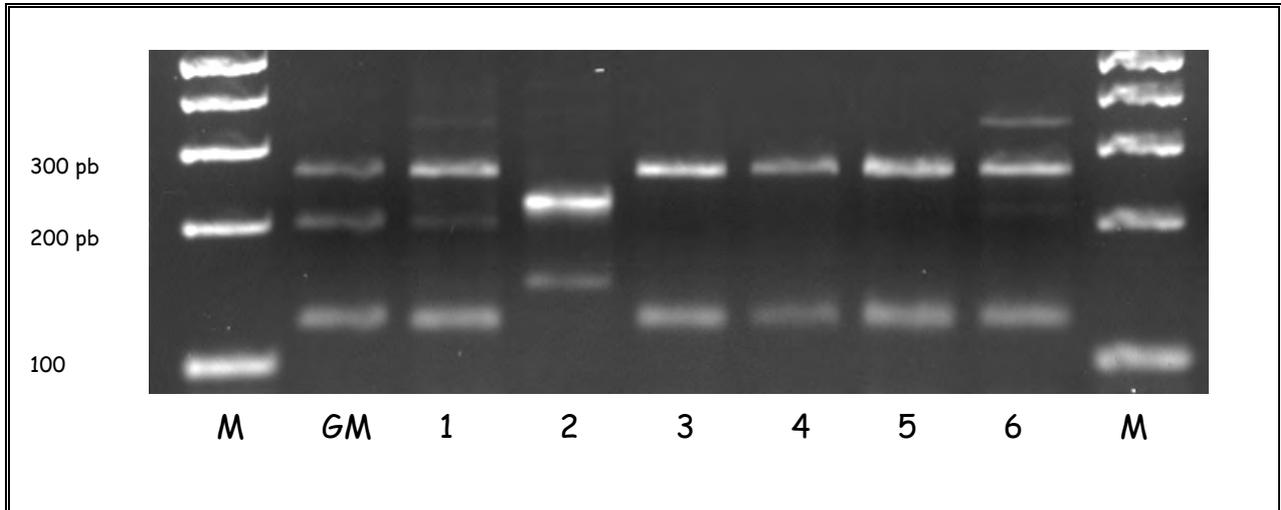
L'analisi RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) condotta sui prodotti ottenuti dalle amplificazioni ha permesso di confermare l'ipotesi inizialmente formulata che alcuni tra le spore e gli sporocarpi raccolti appartenessero alla specie *Glomus mosseae*. I vari profili ottenuti con ciascun enzima di restrizione sono descritti dettagliatamente in seguito.

Nell'analisi dei frammenti sono stati scartati quelli di lunghezza inferiore a 90-100 pb, poiché:

- vi è la possibilità che queste in parte siano oscurate da artefatti dovuti ai primers; risulta difficile misurare frammenti troppo piccoli.

### Risultati ottenuti con l'enzima *TaqI*

L'enzima *TaqI* ci permette di discriminare diversi profili. L'isolato n.1 (singola spora) presenta un profilo analogo a quello di *Glomus mosseae* IMA1, caratterizzato da 3 bande, di lunghezza rispettivamente di 133, 214, 278 bp. Gli isolati 3-6 (sporocarpi) hanno un sito di restrizione in più, dando così un profilo di sole 2 bande, aventi lunghezza di 133 e 278 bp. L'isolato n.2 (spora) è caratterizzato da un profilo completamente differente rispetto a quello di *Glomus mosseae* IMA1.

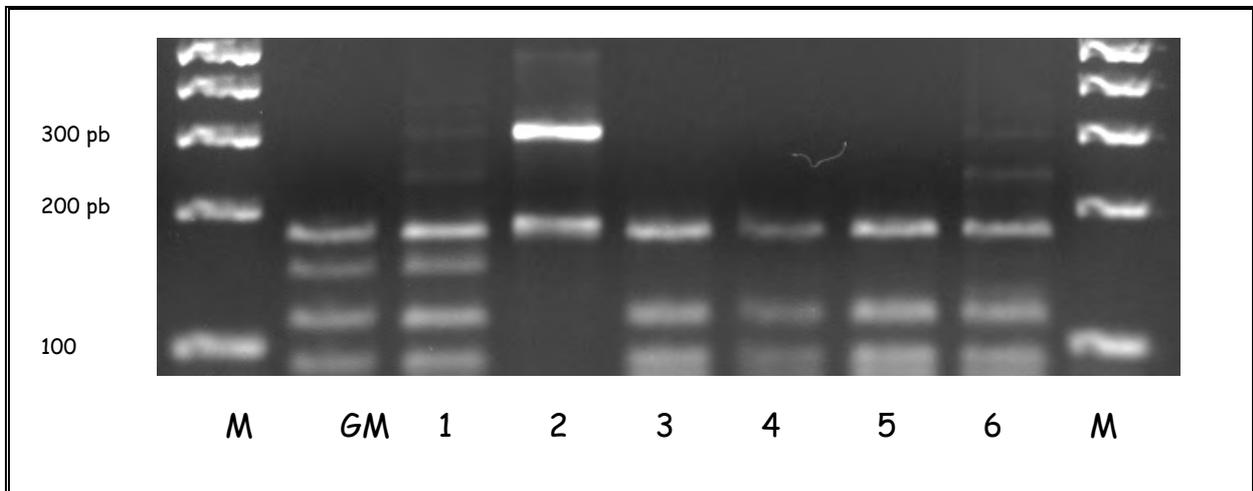


**Fig. 45.** Profili di restrizione degli ITS amplificati ottenuti con l'enzima *TaqI*. **M** marker; **GM** *Glomus mosseae* IMA1; **1-2** singola spora ; **3-6** sporocarpo.

### Risultati ottenuti con l'enzima *DpnII*

L'enzima *DpnII* ci permette di discriminare diversi profili. L'isolato n.1 (singola spora) presenta un profilo analogo a quello di *Glomus mosseae* IMA1, caratterizzato da 4 bande, di lunghezza rispettivamente di 96, 120, 157 e 185 bp. Gli isolati 3-6 (sporocarpi) hanno un sito di restrizione in

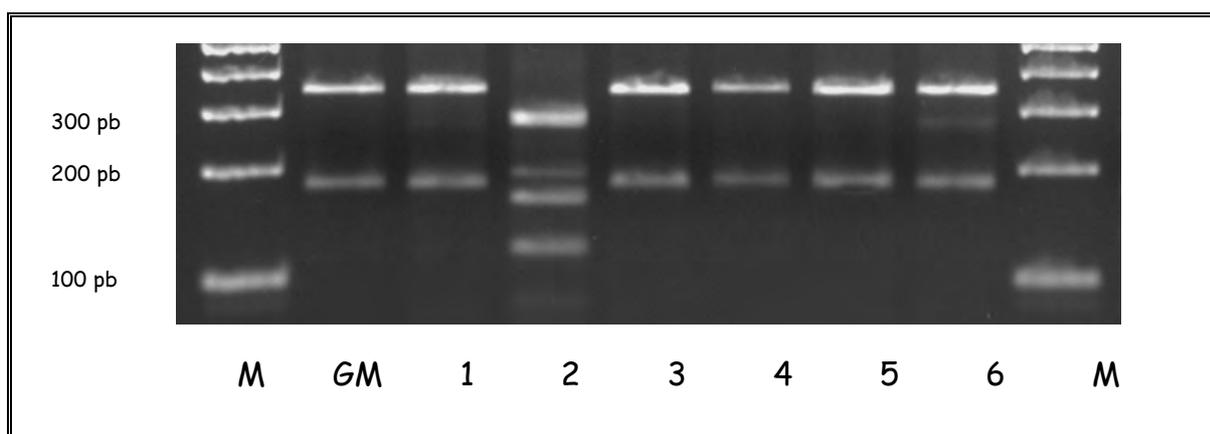
più, dando così un profilo di sole 3 bande, aventi lunghezza di 96, 157 e 185 bp. Anche in questo caso l'isolato n.2 (spora) è caratterizzato da un profilo completamente differente rispetto a quello di *Glomus mosseae* IMA1.



**Fig. 46.** Profili di restrizione degli ITS amplificati ottenuti con l'enzima DpnII. M marker; GM *Glomus mosseae* IMA1; 1-2 singola spora; 3-6 sporocarpi.

#### Risultati ottenuti con l'enzima *HinfI*

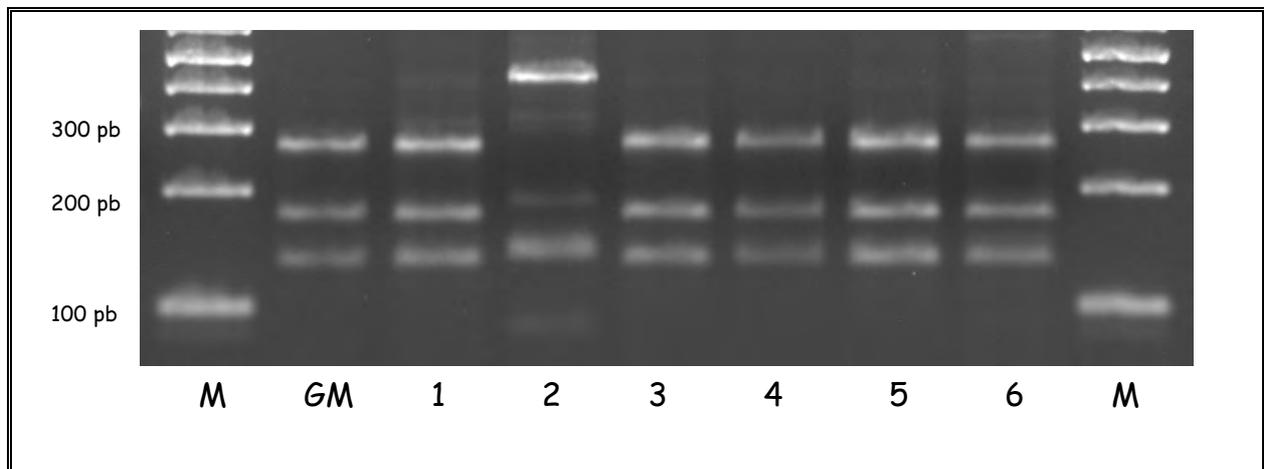
Con l'enzima *HinfI*, eccetto che per l'isolato n.2 (spora), è stato individuato un unico profilo caratterizzato da 2 bande aventi lunghezza di 190 e 352 bp.



**Fig. 47.** Profili di restrizione degli ITS amplificati ottenuti con l'enzima *HinfI*. M marker; GM *Glomus mosseae* IMA1; 1-2 singola spora; 3-6 sporocarpi.

### Risultati ottenuti con l'enzima *MspI*

Con l'enzima *MspI*, eccetto che per l'isolato n.2 (spora), è stato individuato un unico profilo caratterizzato da 3 bande aventi lunghezza di 135, 179 e 272 bp.



**Fig. 48.** Profili di restrizione degli ITS amplificati ottenuti con l'enzima *MspI*. **M** marker; **GM** *Glomus mosseae* IMA1; **1-2** singola spora; **3-6** sporocarpi.

### Test rapido n.3

#### Valutazione dell'infettività del terreno.

##### Prima settimana del time-course

Tale esperimento ha permesso di valutare l'infettività del terreno. I risultati relativi alla non-lavorazione (NL) ottenuti al termine della prima settimana del "time-course" vengono riportati nella seguente tabella (Tabella 31).

Tabella 31.

Tipo di trattamento	Replica	Numero intersezioni	Lunghezza radicale (cm)	EP	EP/cm	Media EP/cm	Media lunghezza (cm)
NL	1	136	33.1	59	1.782	1.229	26.9
	2	134	32.6	86	2.636		
	3	90	21.9	37	1.689		
	4	124	30.2	44	1.456		
	5	136	33.1	54	1.631		
	6	129	31.4	26	0.828		
	7	80	19.5	10	0.513		
	8	81	19.7	23	1.166		
	9	118	28.7	25	0.870		
	10	153	37.3	27	0.725		
	11	116	28.2	31	1.098		
	12	125	30.4	18	0.591		
	13	82	20.0	15	0.751		
	14	79	19.2	33	1.716		
	15	75	18.3	18	0.986		

Di seguito sono riportati i risultati relativi alla lavorazione (L), ottenuti al termine della prima settimana del “time-course” (Tabella 32). Di ciascun trattamento sono state realizzate 15 repliche e per ognuna, mediante il metodo della Gridline Intersec Method, descritto in precedenza, e sono stati stimati il numero di entry points (EP) e la lunghezza radicale.

Tabella 32.

Tipo di trattamento	Replica	Numero intersezioni	Lunghezza radicale (cm)	EP	EP/cm	Media EP/cm	Media lunghezza (cm)
L	1	93	22.6	17	0.751	0.368	13.6
	2	35	8.5	6	0.704		
	3	76	18.5	7	0.378		
	4	25.5	6.2	3	0.483		
	5	58	14.1	0	0.000		
	6	61	14.9	1	0.067		
	7	59	14.4	0	0.000		
	8	29.5	7.2	3	0.418		
	9	37	9.0	2	0.222		
	10	39	9.5	1	0.105		
	11	64	15.6	1	0.064		
	12	68	16.6	2	0.121		
	13	76	18.5	13	0.703		
	14	73	17.8	25	1.407		
	15	44.5	10.8	1	0.092		

I valori relativi al numero di entry points per centimetro (EP/cm) osservati nei due diversi trattamenti (sodo-arato), sono stati riportati nella seguente figura.

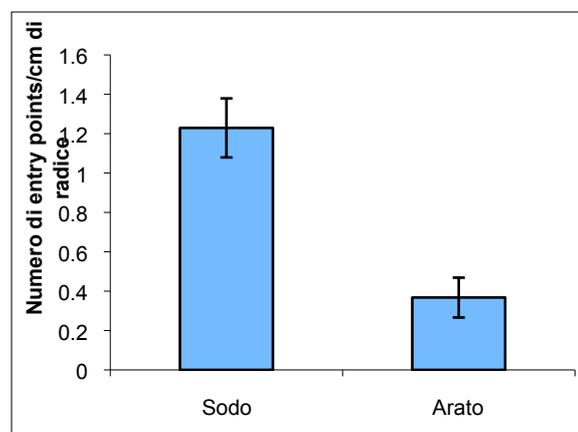


Figura 49. Numero di entry points per centimetro di radice nei due diversi trattamenti.

### Seconda settimana del time-course

I risultati relativi alla non-lavorazione (NL) ottenuti al termine della seconda settimana del “time-course” vengono riportati nella seguente tabella:

Tabella 33.

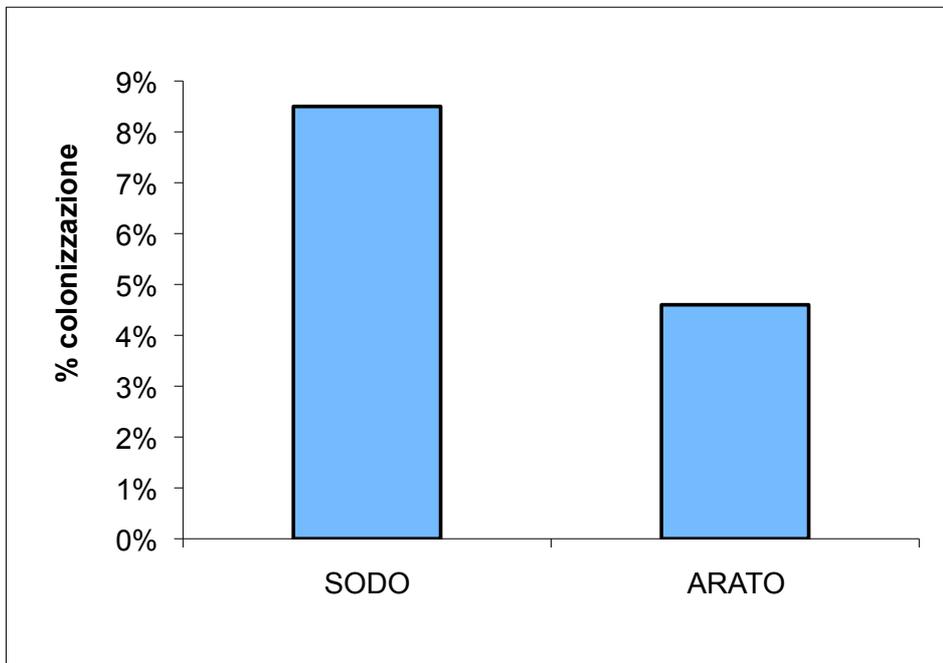
Tipo di trattamento	Replica	Numero intersezioni	Lunghezza ifale (cm)	Numero intersezioni tratti infetti	% colonizzazione	Media col.	Media lunghezza (cm)
NL	1	65	15.8	11	0.17	0.085	15.6
	2	61	14.9	3	0.05		
	3	54	13.1	5	0.09		
	4	17	4.1	0	0.00		
	5	26.6	6.5	0	0.00		
	6	128	31.2	21	0.16		
	7	90	21.9	8	0.09		
	8	62	15.1	7	0.11		
	9	21	5.1	1	0.05		
	10	79	19.2	12	0.15		
	11	48	11.7	3	0.06		
	12	154	37.5	25	0.16		
	13	55	13.4	4	0.07		
	14	57	13.9	4	0.07		
	15	42	10.2	2	0.05		

Di seguito sono riportati i risultati relativi alla lavorazione (L), ottenuti al termine della seconda settimana del “time-course” (Tabella 34).

**Tabella 34.**

<b>Tipo di trattamento</b>	<b>Replica</b>	<b>Numero intersezioni</b>	<b>Lunghezza ifale (cm)</b>	<b>Numero intersezioni tratti infetti</b>	<b>% colonizzazione</b>	<b>Media col.</b>	<b>Media lunghezza (cm)</b>
<b>L</b>	1	45	11.0	0	0.00	0.046	13.5
	2	57	13.9	2	0.04		
	3	40.5	9.9	0	0.00		
	4	54	13.1	0	0.00		
	5	33.5	8.2	0	0.00		
	6	70	17.0	8	0.11		
	7	63	15.3	2	0.03		
	8	33.5	8.2	5	0.15		
	9	44	10.7	11	0.25		
	10	39.5	9.6	3	0.08		
	11	88	21.4	2	0.02		
	12	59	14.4	0	0.00		
	13	66	16.1	0	0.00		
	14	65	15.8	1	0.02		
	15	71	17.3	0	0.00		

I valori relativi alla percentuale di colonizzazione nei due diversi trattamenti (sodo-arato) sono illustrati nella seguente figura :



**Figura 50.** Percentuale di colonizzazione nei due diversi trattamenti.

## **VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELL'IMPLEMENTAZIONE DELLE COLTURE FORAGGERE POLIENNALI NELLA MAREMMA TOSCANA**

Una parte del progetto era quella di valutare l'impatto ambientale delle innovazioni prodotte. Di seguito viene descritta la procedura eseguita e le valutazioni d'isole dell'impatto ambientale a seguito dell'introduzione delle innovazioni del progetto FOR.CASEO.MAREMMA nella provincia di Grosseto.

### **Dinamiche dei sistemi foraggeri e cambiamenti climatici nella maremma toscana**

#### **Introduzione**

Negli ultimi anni sono stati condotti numerosi studi volti a stimare le tendenze climatiche in atto, sia attraverso analisi di serie di dati meteorologici sia attraverso simulazioni da modello (Karl and Trenberth, 2003; Berrang-Ford et al., 2010). Secondo le evidenze scientifiche presentate nell'ultimo rapporto di valutazione dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2007), il clima probabilmente diverrà più variabile ed estremo, con un aumento della frequenza e/o dell'intensità degli eventi estremi di precipitazione. Con riferimento alle aree mediterranee, riconosciute come molto vulnerabili alla variabilità climatica (Burlando and Rosso, 2002; Giorgi and Lionello, 2008), tale estremizzazione del clima aumenterà i rischi di eventi siccitosi e di eventi estremi di pioggia (IPCC, 2007). A questi ultimi possono essere associati, oltre ad alluvioni-lampo, frane e smottamenti, fenomeni di erosione idrica dei terreni agrari con conseguente perdita di sostanza organica, degrado della fertilità e riduzione della produttività. Dati gli impatti negativi che i cambiamenti climatici avranno potenzialmente sulla conservazione del suolo, è necessario compiere una valutazione delle misure da prendere per adattarsi a questa situazione.

Nelle regioni mediterranee gran parte dei suoli agricoli è già sottoposta a perdita della sostanza organica, come diretta conseguenza dell'elevata siccità estiva e di sistemi colturali basati sul continuo ricorso a lavorazioni profonde. Per ridurre il rischio di degrado del sistema suolo è fortemente consigliato lo sviluppo di sistemi agricoli conservativi. Tra le pratiche di agricoltura conservativa, l'introduzione di piante perenni in rotazione alle colture può costituire una valida opportunità per migliorare la sostenibilità a lungo termine e la produttività dei sistemi grazie alla riduzione delle lavorazioni. La foraggicoltura poliennale favorisce infatti un miglioramento della struttura dei suoli e l'aumento della sostanza organica e dell'azoto nel terreno. Le colture poliennali svolgono inoltre una funzione importantissima nella riduzione dei rischi di erosione idrica. Rispetto alle colture annuali di cereali autunno-vernini, le colture poliennali garantiscono

una maggior copertura e protezione del suolo durante tutto l'anno, ma soprattutto nel periodo di massimo potere erosivo delle piogge in corrispondenza del quale le superfici investite ad erbai, o in generale a cereali autunno-vernini presentano una nulla o bassissima copertura del suolo.

Nello studio dell'impatto ambientale qui descritto sono stati valutati a scala territoriale, in ambiente GIS, i potenziali effetti di una valorizzazione della foraggicoltura poliennale in termini di contenimento dei processi di erosione idrica. Tale valutazione è stata effettuata sull'areale di studio della Provincia di Grosseto, un'area che è soggetta, anche recentemente, ad eventi alluvionali importanti

([http://www.sir.toscana.it/supports/download/eventi/report\\_evento\\_alluvionale\\_10-11-12\\_novembre\\_2012.pdf](http://www.sir.toscana.it/supports/download/eventi/report_evento_alluvionale_10-11-12_novembre_2012.pdf)).

## Materiali e Metodi

Per stimare il contributo di un aumento della foraggicoltura poliennale alla conservazione dei suoli agrari nella Provincia di Grosseto (Figura 42), è stato implementato un modello di stima del rischio di erosione idrica e sono state simulate le variazioni di tale rischio con l'aumento delle superfici adibite a prato poliennale a scapito di quelle coltivate ad erbaio ed altri seminativi annuali. In particolare è stata applicata in ambiente GIS (utilizzando il software ESRI ArcGIS 9.2) l'equazione universale per la previsione delle perdite di suolo USLE (Wischmeier e Smith, 1978). Tale modello parametrico-quantitativo è ampiamente conosciuto ed utilizzato a livello internazionale per studi territoriali in quanto, pur richiedendo un numero di dati relativamente modesto, è molto efficace per la valutazione del contenimento del rischio di erosione idrica connessa all'applicazione di misure agroambientali (Bazzoffi, 2007).



Fig. 42. Localizzazione area di studio.

## Scenari di uso del suolo

Nell'area di studio, allo stato attuale, la maggior parte dei terreni a seminativi sono investiti a colture annuali: erbai o cereali da granella (fonte: ISTAT, CensimentoAgricoltura2010, si veda la tabella 2.1). Per valutare l'efficacia di un cambio di uso del suolo nella protezione dei suoli agrari, sono stati definiti due scenari agronomici sui quali effettuare delle simulazioni da modello per la stima del rischio di erosione idrica. Tali scenari prevedono una parziale sostituzione delle colture annuali a favore di colture poliennali, a partire dalla situazione attuale (S0):

- Scenario S20: parte delle superfici destinate a colture annuali viene destinata a colture poliennali, in misura del 20% della superficie totale dei terreni ricadenti nella classe di uso del suolo "seminativo non irriguo";
- Scenario S35: parte delle superfici destinate a colture annuali viene destinata a colture poliennali, in misura del 35% della superficie totale dei terreni ricadenti nella classe di uso del suolo "seminativo non irriguo".

Per definire la situazione attuale (S0) è stato necessario risalire alla attuale ripartizione della classe di uso del suolo "seminativi non irrigui" in colture annuali e colture poliennali, utilizzando i dati estratti dal Censimento dell'Agricoltura del 2010 dell'ISTAT riferiti al Comune per la localizzazione. I dati relativi all'utilizzazione dei terreni a seminativi sono stati integrati con i dati sull'utilizzazione delle superfici a seminativi irrigate, e l'informazione sulla ripartizione di cui sopra è stata ricavata per differenza, Comune per Comune. Considerando i sistemi colturali dell'area di studio, è parso realistico assumere trascurabile la presenza di superfici a prati avvicendati e ad erbaio di cereali all'interno della classe di uso del suolo "seminativi irrigui", ipotesi necessaria in quanto per tale classe non è disponibile il livello di dettaglio superiore alle foraggere avvicendate (comprendenti prati avvicendati, erbai di cereali ed erbai di mais).

Per definire gli scenari S20 e S35 si è considerata realistica l'ipotesi per cui gli erbai siano, nella classe di uso del suolo "seminativo non irriguo", le colture annuali più semplici da convertire a poliennali, in modo che all'interno della stessa tipologia di azienda sia convertita solo la specie coltivata. Si assume quindi che sia dapprima convertito fino al 50% delle superfici ad erbai, quindi le altre colture annuali fino al raggiungimento del 20% o 35% (scenari S20 o S35, rispettivamente) delle superfici totali a "seminativo non irriguo".

**Tabella 30.** Utilizzazione dei terreni aziendali con riferimento al Comune di localizzazione: ripartizione dei seminativi in irrigui/non irrigui ed estensione delle superfici (irrigue e non) dedicate alle colture poliennali in avvicendamento (prati avvicendati), ai cereali per la produzione di granella ed agli erbai annuali. Elaborazione a partire dai dati estratti da ISTAT (Censimento dell'Agricoltura del 2010, <http://dati-censimentoagricoltura.istat.it>).

Comune	Seminativi (ha)	Seminativi irrigui (ha)	Seminativi non irrigui (ha)	Cereali per la produzione di granella (ha)	Prati avvicendati: erba medica (ha)	Altri prati avvicendati (ha)	Altri* erbai monofiti di cereali (ha)	Altri erbai (ha)
Arcidosso	1380.03	3	1377.03	311.67	95.41	152.2	40.28	363.98
Campagnatico	7432.35	140.93	7291.42	2037.39	650.85	544.9	175.21	2799.33
Capalbio	7330.17	480.87	6849.3	2104.87	228.12	137.85	83.32	3255.3
Castel del Piano	2260.42	21.54	2238.88	1014.4	81.45	266.62	1.5	442.83
Castell'Azzara	795.38	0	795.38	206.42	130.41	46.16	0	323.05
Castiglione della Pescaia	3240.03	252.47	2987.56	1478.47	105.24	156.8	149.88	245.43
Cinigiano	5851.62	39.2	5812.42	1942.14	425.82	519.4	87.82	1272.26
Civitella Paganico	5612.33	106.79	5505.54	1789.4	372.2	227.53	100.38	1976.45
Follonica	512.22	4.88	507.34	200.82	19.32	8.95	11.64	107.31
Gavorrano	4538.9	259.58	4279.32	1691.92	190.09	518.59	132.71	344.97
Grosseto	23243.59	2144.69	21098.9	9677.71	1319.16	1356.87	225.71	3906.26
Magliano in Toscana	10448.73	294.61	10154.12	2532.93	446.44	852.94	223.75	3561.56
Manciano	16504.65	342.33	16162.32	4366.36	538.07	848.12	202.85	8174.62
Massa Marittima	4227.91	55.03	4172.88	997.99	446.61	42.47	129.08	934.66
Monte Argentario	69.31	0	69.31	12.3	5.16	0	7.82	19.29
Monterotondo Marittimo	1630.34	0	1630.34	382.86	178.32	29.65	548.37	312.55
Montieri	843.38	0.5	842.88	34.23	41.29	117.9	12	228.08
Orbetello	7066.02	907.23	6158.79	3200.23	458.17	782.65	22.25	888.02
Pitigliano	4255.47	17.61	4237.86	1259.36	170.58	334.06	47.73	1826.64
Roccalbegna	2355.78	4.6	2351.18	614.5	98.84	601.14	99.32	635.78
Roccastrada	6894.91	224.35	6670.56	1997.92	459.82	758.67	508.74	680.63
Santa Fiora	544.33	0	544.33	120.93	27.3	88	39	110
Scansano	10757.04	41.75	10715.29	3119.12	441.63	921.32	128.7	2839.34
Scarlino	1910.1	65.8	1844.3	690.22	81.42	150.6	15.5	175.37
Seggiano	418.43	0.98	417.45	178.08	44.78	112.52	16.65	8.72
Semproniano	4026.37	15.5	4010.87	630.34	187.57	77.52	36.48	1093.03
Sorano	5720.51	104.89	5615.62	1469.27	228.62	668.75	421.93	2259.36

\* diversi da mais a maturazione cerosa e mais in erba

### Equazione USLE e modello utilizzato

Secondo l'equazione USLE il rischio di erosione, espresso in perdita di suolo per unità di area e tempo ( $t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ ), si calcola attraverso la moltiplicazione dei valori assunti dai fattori alla base dei processi erosivi, quali:

- Fattore relativo alla coltura ed alle tecniche colturali (C);
- Erosività della pioggia (R);
- Erodibilità dei terreni (K);

- Fattore topografico (LS);
- Fattore pratiche conservative (P).

Il fattore C esprime il livello di protezione del suolo dagli agenti erosivi esercitato dalla copertura vegetale. Il fattore R esprime la potenzialità della pioggia nel causare erosione e dipende quindi dalle caratteristiche fisiche dell'evento piovoso, prevalentemente intensità e precipitazione totale. Il fattore K esprime la suscettibilità del suolo ad essere eroso e dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche del suolo, prevalentemente tessitura e contenuto di sostanza organica. Il fattore LS prende in considerazione la lunghezza e la pendenza dei versanti, che influenzano la velocità di scorrimento delle acque e quindi la loro potenzialità erosiva. Il fattore P indica la gestione delle coltivazioni agrarie, in assenza di gestioni conservative del suolo e si assume pari ad uno.

Nelle applicazioni del modello USLE a scala territoriale spesso è necessario, in funzione dei dati effettivamente disponibili relativamente all'area di studio, ricorrere a semplificazioni utilizzando dati empirici tabellari per il calcolo dei fattori sopra descritti.

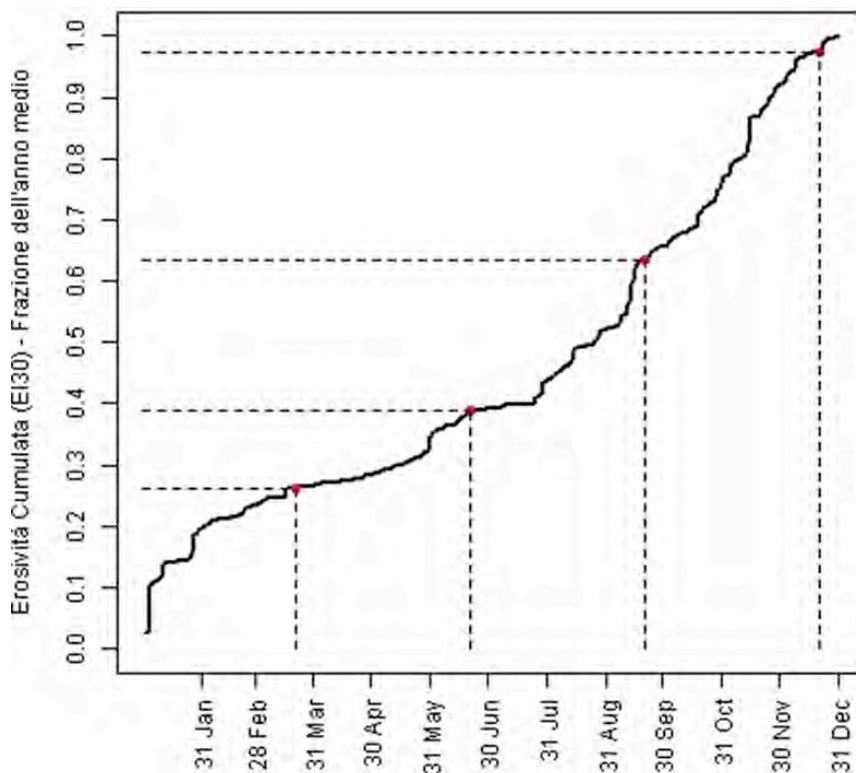
Ai fini del presente studio è stato possibile acquisire i seguenti database e geodatabase relativi all'area di studio ed aree adiacenti:

- Dati orari di pioggia da 23 stazioni (ex. Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale, Regione Toscana);
- Carta dei suoli della Toscana a scala 1:250.000 (Regione Toscana);
- Modello digitale del terreno a 10 m di risoluzione (Regione Toscana);
- Carta di uso del suolo al 2007 (Regione Toscana);
- Cartografia Tematica a scala 1:10.000 (Regione Toscana).

### **Calcolo del fattore C**

Il fattore C svolge una funzione importantissima nella valutazione dell'efficienza di misure agroambientali sul suolo, essendo relativo al tipo di coltura e di gestione colturale. Il valore del fattore C è stato stimato per la classe "seminativi non irrigui" (la carta dell'uso del suolo della Regione Toscana infatti adotta la classificazione del Corine Land Cover) nella situazione attuale (S0) e negli scenari di parziale sostituzione delle colture annuali con le colture poliennali (S20 ed S35), a partire dalle colture presenti all'interno della suddetta classe, e della loro estensione. In particolare è stato calcolato il fattore C relativo agli erbai annuali di cereali ed ai cereali autunno-vernini per la produzione di granella applicando la metodologia proposta da Giordani e Zanchi (1995), che permette una stima più accurata del fattore C specificatamente per l'area di interesse,

prendendo in considerazione i rapporti di perdita di suolo e le percentuali di erosività della pioggia nell'area di studio relativi a ciascun periodo culturale (Fig. 43).



**Fig. 43.** Distribuzione temporale (media su 22 anni) dell'erosività calcolata sull'area di studio ed utilizzata per il calcolo dei fattori C.

Per le altre colture annuali (prevalentemente legumi secchi, piante industriali e ortive), per i terreni a riposo e per i prati poliennali sono stati invece presi in considerazione i valori riportati nella letteratura di riferimento per il territorio regionale (Giordani e Zanchi, 1995; Bazzoffi, 2007; Bonari e Debolini, 2010). Per i prati poliennali è stato scelto il valore relativo ad una coltura di erba medica o altra foraggera che prendesse in considerazione da una parte il rinfittimento ottenuto mediante trasemina, dall'altra la diminuzione della copertura osservabile negli anni successivi al secondo dall'impianto. Infine il valore attribuito al fattore C per la classe "seminativi non irrigui" nei vari scenari del modello è stato calcolato come media dei valori associati alle colture: erbai annuali, altre colture annuali e prati poliennali, pesata sulla frazione di superficie occupata all'interno della classe stessa.

### Calcolo del fattore R

Il valore del fattore R è stato calcolato per le 23 stazioni pluviometriche relative al territorio della Provincia di Grosseto ed aree immediatamente adiacenti come somma delle erosività degli eventi di pioggia osservati diviso per il numero degli anni totali di osservazione. La metodologia adottata si basa su quella proposta da Wischmeier e Smith (1978), che è modificata per utilizzare un dato di pioggia orario anziché da pluviografo. I valori puntuali relativi alle stazioni sono stati quindi spazializzati sull'area di studio, attraverso la metodologia geostatistica "regression kriging", ottenendo una carta con una risoluzione di 100 m.

### Fattore K

Il valore del fattore K è stato stimato sulla base della classe granulometrica prevalente derivata dalla carta pedologica della Regione Toscana, e sul contenuto di sostanza organica (Bazzoffi, 2007). Si riportano in tabella 31 i valori utilizzati nei calcoli sopra citati.

**Tabella 31.** Valori di k assegnati per tipologia di suolo.

Label Granulometria	Database RT	Composizione	K assegnati per aree seminativi (assunta s.o. < 2%) (Bazzoffi, 2007)
Argilloso	CL-CL	Argilla >40%	0.032
Argilloso-limoso	CL-SiCL; SiCL-SiCL	Argilla 35-55%, Sabbia < 15%	0.036
Franco argilloso	L-CL; SCL-CL	Argilla 15-55%, Sabbia 20-55%	0.036
Franco-limoso argilloso	SiCL-SiL	Argilla 16-28%, Sabbia 15-55%,	0.043
Franco	SL-L; S-SL	Argilla < 15%, Sabbia 45-55%	0.045
Franco limoso	L-SiL; SiL-SiL	Argilla < 15%, Sabbia < 45%	0.054

### Calcolo del fattore LS

Il fattore LS è stato stimato utilizzando l'estensione Spatial Analyst di ArcGIS. Una volta delineati i bacini e le direzioni dei flussi, a partire del modello digitale del terreno (DEM) a 10 m, il calcolo è stato effettuato per ogni punto applicando l'equazione semplificata proposta da Mitsova et al. (1996) e Bazzoffi (2007). La dipendenza del fattore LS dalla pendenza del terreno e dal tipo di deflusso prevalente (per rigagnoli o laminare, che dipende anche dall'uso del suolo) è stata presa in considerazione attraverso l'assegnazione ai parametri dell'equazione di valori opportunamente scelti sulla base di tabelle (Bazzoffi, 2007).

## Calcolo della perdita di suolo

I fattori della USLE sono stati riportati su una griglia regolare quadrata di dimensione 10x10 metri, ed elaborati con gli strumenti di geoprocessing di ArcGIS per ottenere la stima del rischio di erosione idrica, intesa come perdita di suolo per unità di area e tempo, nella situazione attuale e negli scenari S20 ed S35. Il fattore P è considerato pari ad uno, con l'assunzione conservativa di assenza di pratiche di controllo dell'erosione.

## Risultati

Si riportano in tabella 32 i valori utilizzati per i fattori C, Comune per Comune, ed in tabella 33 le variazioni percentuali del rischio di erosione tra la situazione attuale e gli scenari S20 ed S35 (dovuti esclusivamente alla variazione del fattore C dovuto all'aumento della protezione del suolo negli scenari previsti).

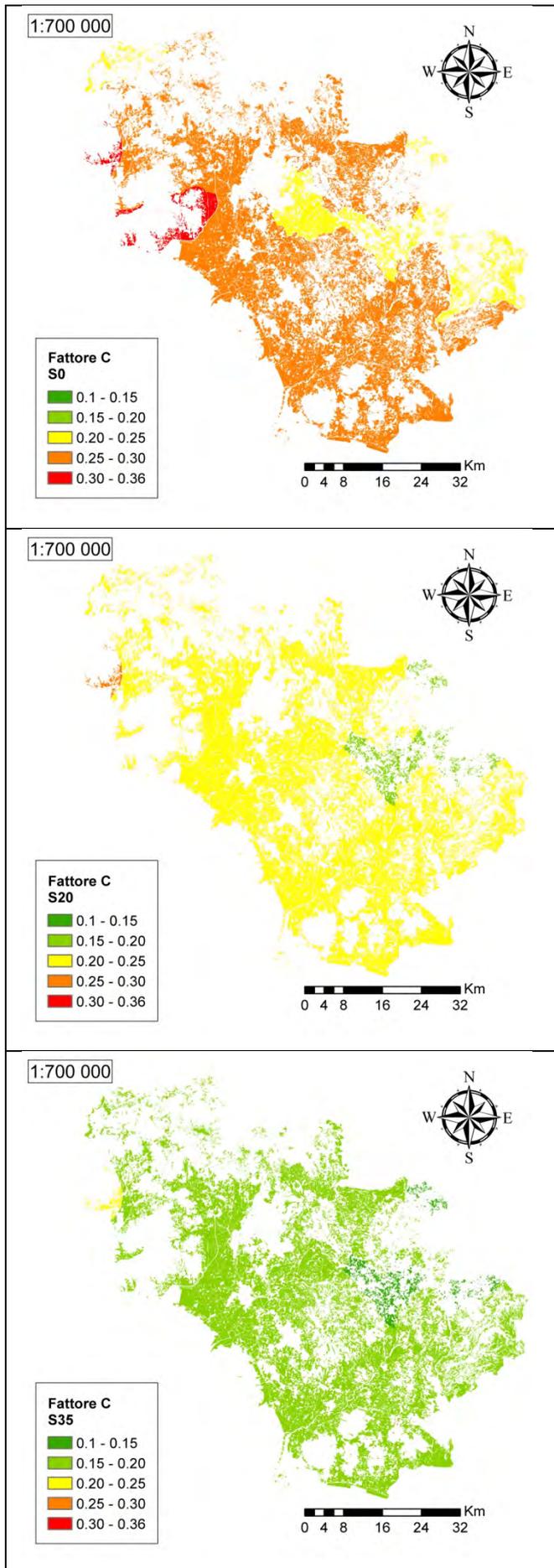
**Tabella 32.** Valori del fattore C per i diversi scenari e per Comune.

Comune	Fattore C (S0)	Fattore C (S20)	Fattore C (S35)
Arcidosso	0.26	0.21	0.16
Campagnatico	0.26	0.21	0.16
Capalbio	0.28	0.24	0.19
Castel del Piano	0.28	0.23	0.18
Castell'Azzara	0.24	0.19	0.14
Castiglione della Pescaia	0.31	0.25	0.20
Cinigiano	0.28	0.22	0.17
Civitella Paganico	0.28	0.23	0.18
Follonica	0.31	0.26	0.21
Gavorrano	0.29	0.23	0.18
Grosseto	0.29	0.24	0.19
Magliano in Toscana	0.27	0.23	0.18
Manciano	0.27	0.22	0.17
Massa Marittima	0.29	0.24	0.19
Monte Argentario	0.29	0.24	0.19
Monterotondo Marittimo	0.25	0.21	0.16
Montieri	0.26	0.21	0.16
Orbetello	0.27	0.21	0.16
Pitigliano	0.27	0.22	0.17
Roccalbegna	0.22	0.17	0.12
Roccastrada	0.28	0.22	0.17
Santa Fiora	0.26	0.20	0.15
Scansano	0.28	0.23	0.18
Scarlino	0.30	0.24	0.19
Seggiano	0.22	0.16	0.11
Semproniano	0.30	0.25	0.20
Sorano	0.25	0.20	0.15

**Tabella 33.** Variazioni percentuali del rischio di erosione negli scenari previsti rispetto alla situazione attuale.

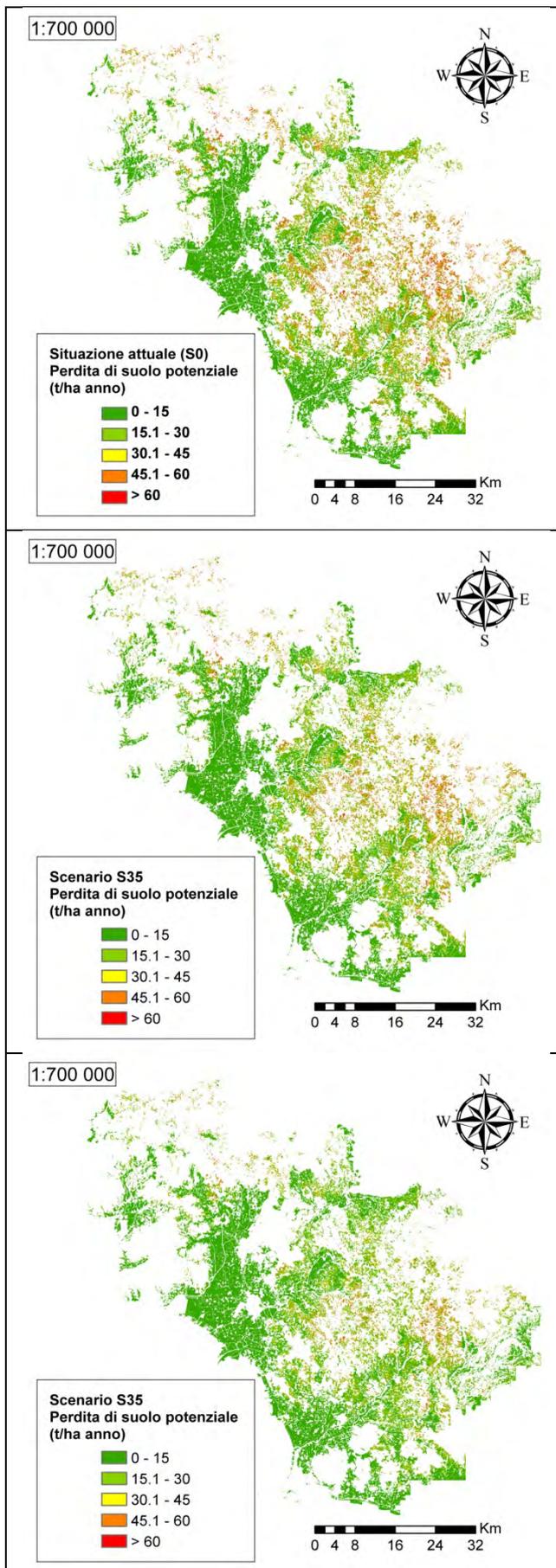
Comune	Variazione del rischio di erosione tra S20 ed S0 (%)	Variazione del rischio di erosione tra S35 ed S0 (%)
Arcidosso	-19.11	-38.46
Campagnatico	-17.24	-37.21
Capalbio	-15.53	-33.53
Castel del Piano	-19.80	-37.80
Castell'Azzara	-18.66	-40.29
Castiglione della Pescaia	-19.11	-35.34
Cinigiano	-19.51	-37.94
Civitella Paganico	-16.34	-34.70
Follonica	-17.24	-33.53
Gavorrano	-21.12	-38.69
Grosseto	-19.17	-36.56
Magliano in Toscana	-16.79	-35.56
Manciano	-16.38	-35.36
Massa Marittima	-18.20	-35.81
Monte Argentario	-15.48	-33.20
Monterotondo Marittimo	-17.37	-37.51
Montieri	-19.46	-38.96
Orbetello	-21.60	-40.23
Pitigliano	-16.51	-35.66
Roccalbegna	-22.25	-45.30
Roccastrada	-20.72	-39.17
Santa Fiora	-20.22	-40.20
Scansano	-18.12	-36.11
Scarlino	-20.27	-37.00
Seggiano	-28.65	-51.36
Semproniano	-16.82	-33.62
Sorano	-17.72	-38.25
<b>MEDIA Provinciale</b>	<b>-18.87</b>	<b>-37.68</b>

Si riportano di seguito le mappe dei fattori C (S0, S20 ed S35) (Fig. 44).



**Figura 44.** Fattori C in corrispondenza di S0, S20,S35.

**Figura 45.** Rischio di erosione in corrispondenza di S0 e degli scenari S20 ed S35.



Sembra opportuno precisare che l'analisi del rischio di erosione effettuata, pur utilizzando come indicatori gli stessi fattori di rischio che vengono presi in esame negli approcci modellistici quantitativi, non ha valenza di stima quantitativa dell'erosione quanto piuttosto di descrizione della distribuzione spaziale dell'erosione e delle sue variazioni relative in corrispondenza delle variazioni di uno o più fattori di rischio ad opera, ad esempio, la messa in atto di misure agroambientali. In particolare, quel che si ricava dall'applicazione di questo modello è un indice sintetico attraverso il quale valutare il potenziale effetto di protezione del suolo apportabile con i cambi di uso del suolo descritti negli scenari S20 ed S35. Quel che si deduce dal modello applicato è che, in corrispondenza della classe di uso del suolo seminativo, il rischio di perdita di suolo per processi di erosione idrica si riduce mediamente del 19% e del 38% circa nel passaggio dalla situazione attuale allo scenario S20 e dalla situazione attuale allo scenario S35, rispettivamente (Tabella 33). Questi risultati derivano dall'esclusiva modellizzazione di un aumento delle superfici coltivate a prati poliennali a scapito di quelle investite a colture annuali, e quindi tiene conto solamente della maggior protezione offerta al terreno a scala temporale da colture poliennali rispetto a colture annuali. Le colture poliennali, infatti, garantiscono una maggiore copertura rispetto alle tipiche colture annuali dell'area di studio, in corrispondenza del periodo di massima aggressività della pioggia. Pare opportuno ricordare che l'introduzione delle colture poliennali determina anche una sensibile riduzione del rischio di perdita di fertilità del suolo, intesa come percentuale di sostanza organica, quindi aumento della matrice organica e miglioramento della struttura dei suoli. E questo può accadere anche in terreni tendenzialmente argillosi, naturalmente meno soggetti alla mineralizzazione della sostanza organica.

#### **Bibliografia relativa all'impatto ambientale**

- Bazzoffi, P. (2007). Erosione del suolo e sviluppo rurale. Fondamenti e manualistica per la valutazione agro ambientale. Bologna: Edagricole
- Berrang-Ford , L., Ford J. D., Paterson, J., 2011. Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change* 21, 25–33.
- Bonari, E. e Debolini, M. (2010). Agricoltura ed erosione del suolo in Toscana. Felici Editore, Pisa.

- Burlando, P. , Rosso , R., 2002. Effects of transient climate change on basin hydrology. 1. Precipitation scenarios for the Arno River, central Italy. *Hydrological Processes* 16, 1151–1175.
- Giordani, C. e Zanchi, C. (1995). *Elementi di conservazione del suolo. Scienza e tecniche delle produzioni vegetali (Volume 10)*. Pàtron Editore, Bologna.
- Giorgi , F., Lionello, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63, 90–104.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. URL [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf) (accessed December, 2013).
- ISTAT, *CensimentoAgricoltura2010*:<http://www.istat.it/it/censimento-agricoltura/agricoltura-2010>
- Karl , T.R., Trenberth, K. E., 2003. Modern Global Climate Change. *Science* 302, 1719-1723.
- Mitsova, H., Hofierka J., Zlocha M., and Iverson R. L. (1996). Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS, *Int. Journal of Geographical Information Science*, 10(5), 629-641.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture (USDA) *Agriculture Handbook* 537.

## Risultati attesi

In seguito alla giornata conclusiva della misura 124 del PIF FORCASEO MAREMMA, dove sono stati esposti i risultati del trasferimento dell'innovazione, riportiamo in seguito i risultati attesi divisi per settore specifico:

*Risultato i) l'introduzione di innovazioni tecniche (di processo e di prodotto) nella coltivazione/produzione dei foraggi e materie prime per mangimi concentrati (colture foraggere, proteaginoso e cerealicole) (12/16 mesi dall'inizio del processo in funzione della coltura);*

L'aumento delle superfici coltivate ad erba medica è in grado di contrastare la perdita di fertilità del suolo e diminuire il rischio di erosione come mostrato negli studi effettuati in questa misura. Inoltre, è stato verificato come la coltivazione in asciutta di tale coltura foraggera a livello aziendale garantisca ad oggi nella maremma Toscana il fieno migliore e ad un prezzo di produzione basso e inferiore rispetto all'acquisto da terzi (0,068 €/UFL). Non è stato possibile valutare gli effetti dell'introduzione della tecnica della subirrigazione per la coltivazione di prati poliennali a causa del regime pluviometrico assolutamente anomalo dell'anno 2014 (100 mm di piogge cadute a luglio e 100 mm ad agosto - Dati CFR TOSCANA, Casotto Pescatori Grosseto). L'insilamento dei cereali autunno-vernini ha garantito l'approvvigionamento di insilato più economico per le aziende grossetane, in particolare il frumento tenero coltivato con la tecnica della semina su sodo, con un costo di 0,077 €/UFL. L'autoproduzione di mangimi proteici tramite la coltivazione di favino e della soia ha permesso di diminuire il costo della razione. Tutto ciò mostra come ci sia uno spazio per la creazione di una catena di approvvigionamento di granelle per la zootecnia coltivate nel territorio maremmano ad alto valore nutrizionale .

*Risultato ii) l'applicazione in schemi alimentari ottimizzati secondo le moderne tecniche di nutrizione dei ruminanti "Cornell Net Carbohydrates and Protein System" (CNCPS), al fine di ottimizzare e tipizzare il livello di autoapprovvigionamento alimentare degli allevamenti bufalini da latte della Maremma toscana (12/16 mesi dall'inizio del processo in funzione della coltura);*

Per quanto riguarda la specie bufalina si è potuto verificare che, allo stato attuale, non esistono dati relativi ai fabbisogni energetici e proteici espressi secondo le categorie richieste dal "Cornell Net Carbohydrate and Protein System" (CNCPS); di fatto il bufalo da latte non è una specie alimentabile secondo questo sistema. Per ovviare a ciò e ottimizzare il livello di

autoapprovvigionamento alimentare degli allevamenti bufalini della Maremma toscana, sono state formulate delle razioni utilizzando i dati di fabbisogni proteici ed energetici secondo il sistema INRA delle PDI e delle UFL rispettivamente. Per la formulazione delle razioni è stato appositamente predisposto un foglio di calcolo in formato Excel, che può essere considerato un prodotto del progetto e può essere convenientemente utilizzato come base di partenza per la creazione di un software dedicato all'alimentazione della specie bufalina. Per aumentare al massimo l'autoapprovvigionamento, si è optato per l'introduzione di soia e favino integrali (essenze coltivabili in azienda o nel comprensorio) in sostituzione diessenze attualmente utilizzate in azienda e non autoctone come il cotone.

*Risultato iii) l'introduzione nelle aziende agro-zootecniche del comprensorio di itinerari tecnici aggiornati maggiormente sostenibili dal punto di vista agronomico-ambientale, tecnico-organizzativo ed economico, quali la semina su sodo (per tutte le colture foraggere e cerealicole in cui questa tecnica è stata sperimentata con soddisfazione) (12/16 mesi dall'inizio del processo in funzione della coltura);*

La tecnica della semina su sodo è stata messa a confronto con le convenzionali tecniche di lavorazioni del suolo, ovvero l'aratura, e le lavorazioni minime, ovvero la preparazione del letto di semina mediante il solo utilizzo dell'erpice a dischi. I risultati produttivi hanno mostrato una ottima performance nelle produzioni di silo-frumento e silo-orzo coltivati con la tecnica della semina su sodo, con produzioni equivalenti o addirittura superiori alle produzioni delle coltivazioni "convenzionali". Diversamente per la coltivazione del mais questo non si è osservato, seppur dall'anno 2013 al 2014 abbiamo osservato un positivo trend di crescita delle produzioni dell'insilato da 13.3 a 15.8 t/ha in sostanza secca. Tramite l'affinamento delle tecnica agronomica e la regolazione *ad hoc* della seminatrice si è infatti potuto valutare un netto miglioramento nei due anni di progetto, ma esiste sicuramente ancora un sensibile margine di crescita.

*Risultato iv) l'ottimizzazione delle risposte produttive delle specie bufalina soprattutto in termini di qualità tecnologica del latte e per le caratteristiche chimico-nutrizionali dello stesso (12/16 mesi dall'inizio in funzione della composizione della mandria)*

L'ottimizzazione della risposta produttiva delle bufale è stata ottenuta testando in azienda le razioni formulate secondo quanto riportato al punto *iii*. Dall'applicazione di tali razioni si è potuto verificare un miglioramento significativo della resa alla caseificazione, e di alcuni parametri che

definiscono la qualità tecnologica del latte, come la velocità di presa del coagulo (K20). I risultati migliori si sono avuti tuttavia relativamente alle caratteristiche nutrizionali del latte. Sono, infatti, aumentati in maniera altamente significativa gli acidi grassi insaturi in generale. In particolare sono aumentati l'acido oleico e gli acidi grassi della serie omega-3. E' aumentato significativamente anche il contenuto di acido rumenico. Questi sono elementi che hanno un'importante effetto positivo nei confronti della salute dell'uomo. Gli effetti positivi che abbiamo verificato sul latte, gli abbiamo verificati anche sulla mozzarella, confermando che anche nei formaggi a pasta filata il trasferimento degli acidi grassi dal latte al formaggio non è influenzato dal processo di caseificazione.

*v) lo sviluppo di una gamma di prodotti (mozzarella di bufala, caciotta mista e caciotta fresca) a base di latte di bufala e vaccino trasformati a livello aziendale e che possano essere valorizzati per le loro caratteristiche di legame con il territorio e per la loro qualità nutrizionale-salutistica (16 mesi dall'inizio);*

Questo obiettivo è stato pienamente raggiunto in quanto i miglioramenti delle caratteristiche tecnologiche chimico-nutrizionale del latte e del formaggio indicati al punto iv) sono stati ottenuti introducendo nella razione degli animali essenze coltivabili in azienda e/o nel comprensorio, in sostituzione di essenze non autoctone. Per ottenere una produzione interamente realizzabile in azienda, abbiamo scelto razioni che prevedessero l'utilizzo di soia e favino somministrati agli animali dopo semplice schiacciatura, operazione praticabile agevolmente in azienda e, in quest'ottica, abbiamo volutamente evitato l'utilizzo di tali alimenti dopo estrusione, laminazione etc.; tali trasformazioni sono, infatti, difficilmente realizzabili in azienda. Non è stato trascurato il fatto che l'utilizzo di soia integrale non trattata termicamente, avrebbe potuto assumere aspetti negativi per la presenza di fattori anti-nutrizionali termolabili. A tal proposito sono stati testati due livelli crescenti di somministrazione di soia che hanno escluso tali effetti. La mozzarella ottenuta secondo le pratiche testate può essere convenientemente promossa e valorizzata dal punto di vista commerciale, sia perché presenta notevoli miglioramenti delle caratteristiche chimico-nutrizionali, sia perché vede massimizzato ed esaltato il suo legame con il territorio: la filiera produttiva è infatti realizzata interamente in azienda.

*vi) lo sviluppare e l'impiego di latte-innesti autoctoni nei processi di caseificazione per le diverse tipologie di prodotti lattiero-caseari, ottenuti a partire da latte di bufala o vaccino, comunque*

*accomunati dall'area geografica di provenienza, la Maremma (16 mesi dall'inizio).*

Mediante caseificazioni sperimentali, condotte presso il Caseificio Inno al Sole, sono state realizzate tre diverse tipologie di formaggio, ciascuna con delle proprie caratteristiche peculiari in grado di attirare il potenziale consumatore e allo stesso tempo di valorizzare la produzione di latte bovino e bufalino prodotto in Maremma. I prodotti realizzati sono stati un formaggio a crosta lavata, un formaggio erborinato ed un formaggio fresco a coagulazione lattica. I primi due sono stati realizzati a latte misto bovino-bufalino e sono stati caratterizzati dall'aggiunta di fermenti autoctoni della Toscana, l'ultimo, realizzato esclusivamente con latte bufalino, ha avuto come peculiarità l'addizione di un particolare "additivo naturale": polline biologico di api (1%). L'impiego dello starter autoctono e del polline biologico hanno costituito gli elementi di innovazione ed hanno permesso, non solo di ottenere buoni risultati dal punto di vista microbiologico, ma anche da quello sensoriale. Infatti, le analisi microbiologiche dei prodotti hanno attestato l'assenza dei microorganismi patogeni o alteranti ricercati, nonché la presenza di microorganismi tecnologicamente utili in cariche elevate. L'analisi sensoriale per valutare il grado di gradimento dei potenziali consumatori, ha evidenziato punteggi elevati, con una valutazione complessiva molto positiva. L'impiego degli starter autoctoni e del polline biologico di api ha permesso di caratterizzare i prodotti, conferendo un ulteriore aspetto distintivo al prodotto. In particolare, l'impiego di microrganismi biodiversi, provenienti da particolari nicchie ecologiche, non solo rappresenta una tutela per il consumatore dal punto di vista igienico-sanitario, ma crea un legame con il territorio, evitando al contempo l'appiattimento degli aromi legato all'impiego di colture starter del commercio. L'impiego del polline biologico di api per la produzione di un prodotto caseario, potrebbe invece rappresentare un punto di integrazione tra la filiera lattiero-casearia e quella apistica della Maremma.

*vi) l'estensione degli output conoscitivi del presente trasferimento di innovazione ad un'areale più grande e cioè tutte le aziende bufaline e bovine da latte presenti nell'intera Maremma tramite un'ampia divulgazione dei risultati acquisiti (7 mesi in totale circa 5 iniziali e due finali).*

Il progetto è stato presentato presso i padiglioni di EXPO RURALE a Firenze nel Settembre 2013. Nell'ambito del trasferimento delle agrotecniche innovative nelle aziende agro-zootecniche si è deciso di realizzare una giornata di incontro tra università, associazioni di categoria ed allevatori. Durante la mattina del 3 aprile 2014 presso la sede del consorzio Latte Maremma di Grosseto si sono svolti diversi interventi per presentare agli allevatori i primi dati raccolti nel progetto

FOR.CASEO.MAREMMA. Inoltre si sono affrontate le problematiche più contingenti presenti nel mondo dell'allevamento delle vacche e bufale da latte. L'incontro era ovviamente aperto a tutti gli allevatori e gli operatori del settore in quanto obiettivo del Progetto FOR.CASEO.MAREMMA è quello di mettere insieme tutta la filiera e tutte le attività, tecnologie e risorse che la formano. Le attività divulgative e le iniziative pubbliche sono in fase di esecuzione, sarà presentato quanto prima un report finale riassuntivo dove saranno descritte le attività svolte ed i risultati ottenuti.

## Ricadute economiche ed ambientali

Il progetto tramite le sue fasi di introduzione e successiva valutazione delle innovazioni di processo ha mostrato dati interessanti per quanto riguarda la produzione di materie prime ad uso zootecnico nella maremma toscana.

I dati raccolti mostrano come l'adozione di tecniche di lavorazione ridotte, come la semina su sodo o le lavorazioni minime, permettono alle aziende di diminuire i costi unitari del foraggio prodotto, nel grafico sottostante sono riportati i dati elaborati (Fig. 46).

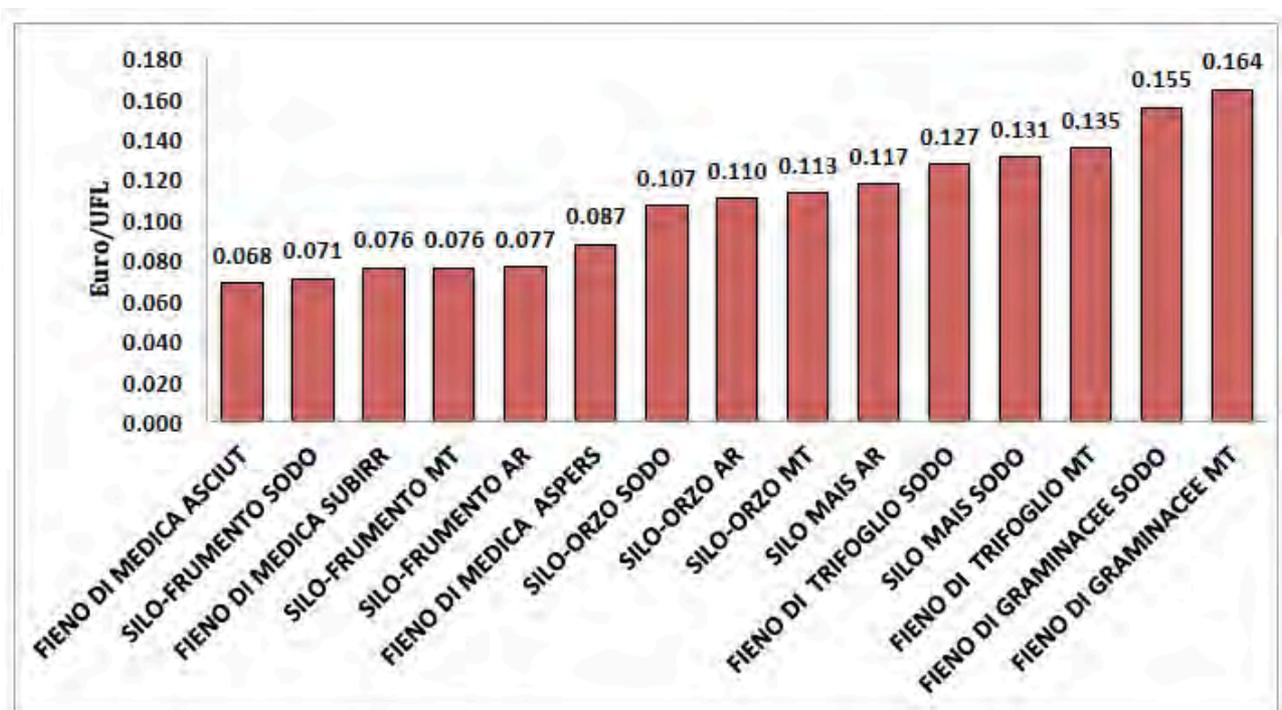


Fig. 46. Costi unitari del foraggio prodotto.

La valutazione delle produzioni di granella proteiche da favino e soia ci ha permesso di dimostrare come l'autoproduzione, intesa non solo come coltivazione all'interno dell'azienda, ma anche nelle aziende del comprensorio, sia la strada più sostenibile dal punto di vista economico per l'integrazione proteica delle vacche e bufale da latte.

Nella grafico sottostante sono riportati i prezzi unitari delle diverse colture confrontati con i concentrati reperibili sul mercato (Fig. 47).

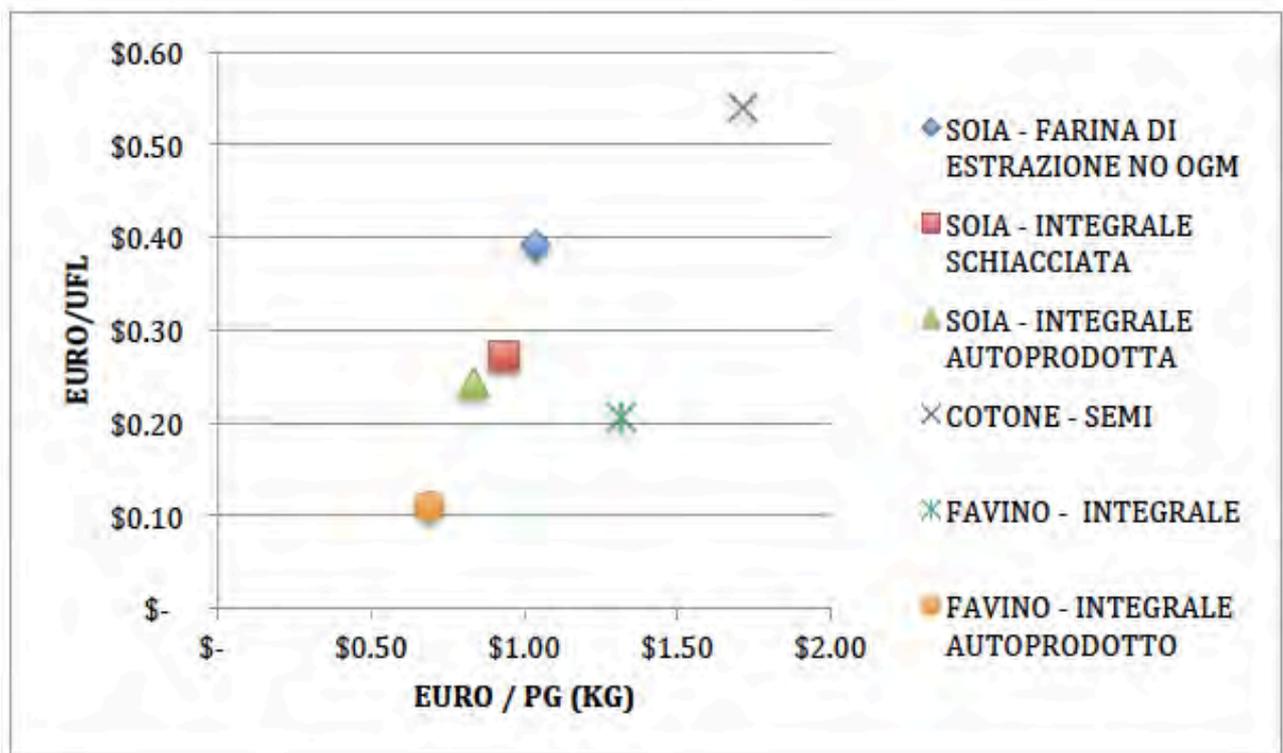


Fig. 46. Prezzi unitari delle diverse colture confrontati con i concentrati reperibili sul mercato.

Si auspica quindi che tale possibilità sia accolta dal più grande numero di aziende del territorio; la coltivazione di colture proteiche, oltre a soddisfare pienamente requisiti di "greening" pervisti nella prossima programmazione della PAC a livello comunitario, rende maggiormente sostenibili i sistemi cerealicolo-zootecnici della maremma toscana. L'adozione di rotazioni colturali complesse in cui sono presenti colture proteiche azotofissatrici (erba medica, favino, soia ad esempio) richiedono minore input chimici, esigendo meno concimazioni azotate e abbattendo la necessità di ricorrere frequentemente all'utilizzo di diserbanti e prodotti fitosanitari.

Il progetto ha previsto la creazione del marchio "La Maremmana" simbolo del legame col territorio e con le produzioni vegetali locali, come mostrato possibile dai risultati del progetto. L'impiego degli starter autoctoni ha permesso di caratterizzare i formaggi prodotti, conferendo un ulteriore aspetto distintivo al prodotto. L'impiego di microrganismi biodiversi, crea un legame con il territorio generando la possibilità di ampliare la scelta per il consumatore e riportando l'interesse verso produzioni localizzate.



Firma Prof Enrico Bonari

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and appears to read "Enrico Bonari".

Data 13 Febbario 2014