



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

**SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE DELLE PRODUZIONI VEGETALI**

INDIRIZZO DI AGRONOMIA AMBIENTALE - CICLO XXII

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

PRODUZIONE E QUALITÀ DI PIANTE OFFICINALI

Direttore della Scuola: Ch.mo Prof. Andrea Battisti

Supervisore: Ch.mo Prof. Stefano Bona

Co- Supervisore: Dott.ssa Annamaria Giorgi

Dottorando: Sara G. Sandrini

DATA CONSEGNA TESI

01 febbraio 2010

Declaration

I hereby declare that this submission is my own work and that, to the best of my knowledge and belief, it contains no material previously published or written by another person nor material which to a substantial extent has been accepted for the award of any other degree or diploma of the university or other institute of higher learning, except where due acknowledgment has been made in the text.

(signature/name/date)

A copy of the thesis will be available at <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

Dichiarazione

Con la presente affermo che questa tesi è frutto del mio lavoro e che, per quanto io ne sia a conoscenza, non contiene materiale precedentemente pubblicato o scritto da un'altra persona né materiale che è stato utilizzato per l'ottenimento di qualunque altro titolo o diploma dell'università o altro istituto di apprendimento, a eccezione del caso in cui ciò venga riconosciuto nel testo.

Una copia della tesi sarà disponibile presso <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

*Alla mia famiglia,
nonna Elide e zia Rosa*

INDICE

INDICE	1
RIASSUNTO	5
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUZIONE	9
1.1 IL SETTORE DELLE PIANTE OFFICINALI IN EUROPA.....	9
1.1.1 SETTORI DI IMPIEGO.....	10
1.1.2 IL MERCATO.....	10
1.1.3 PROSPETTIVE DI COMMERCIALIZZAZIONE PER UN'AZIENDA ITALIANA	15
1.1.4 GLI STANDARD QUALITATIVI	15
1.2 I METABOLITI DELLE PIANTE OFFICINALI.....	19
1.2.1 L'OLIO ESSENZIALE	20
1.2.1.1 Fattori che influenzano la composizione degli oli essenziali.....	23
1.2.1.2 Tecniche di estrazione degli oli essenziali.....	28
1.2.2 FENOLI E ATTIVITÀ ANTIOSSIDANTE.....	29
1.2.2.1 L'Acido Rosmarinico (RA)	31
1.3 FATTORI AMBIENTALI E COLTIVAZIONE	33
1.4 MODELLI DI CRESCITA	36
1.4.1 MODELLI E UTILIZZAZIONI	37
1.4.2 COMPLESSITÀ VS EFFICACIA DEI MODELLI	39
1.4.3 SCELTA DEL MODELLO	39
2. SCOPO	41
2.1 ORGANIZZAZIONE DELLA SPERIMENTAZIONE	42
3. MATERIALI E METODI.....	45

3.1 PROVA “PRODUTTIVITÀ E QUALITÀ DELLE INFUSIONALI”	45
3.1.1 FASE DI CAMPAGNA	45
3.1.1.1 Allestimento della prova a Villiagio (BL)	45
3.1.1.2 Allestimento della prova a Legnaro (PD)	48
3.1.1.3 Modalità di prelievo a Villiagio e Legnaro	50
3.1.1.4 Distillazione	51
3.1.2 METODICHE DI ANALISI.....	53
3.1.2.1 Analisi degli oli essenziali	53
3.1.2.2 Contenuto di fenoli totali.....	55
3.1.2.3 Analisi dell’attività antiossidante	55
3.1.3 ANALISI STATISTICA	56
3.2 STUDI SU <i>MELISSA OFFICINALIS L.</i>	57
3.2.1 PROVA “INTENSIFICAZIONE COLTURALE DI <i>MELISSA OFFICINALIS L.</i> ”	57
3.2.1.1 Descrizione della prova	57
3.2.1.2 Modalità di prelievo	60
3.2.1.3 Metodiche di analisi dell’acido rosmarinico	60
3.2.2 ANALISI STATISTICA	61
3.3 PROVA “MODELLO DI CRESCITA SU <i>MELISSA OFFICINALIS L.</i>”	61
3.3.1 DESCRIZIONE DELLA PROVA.....	61
3.3.2 MODALITÀ DI PRELIEVO	62
3.3.3 ANALISI STATISTICA	62
<u>4. RISULTATI.....</u>	63
4.1 PROVA “PRODUTTIVITÀ E QUALITÀ DELLE INFUSIONALI”	63
4.1.1 FASE DI CAMPAGNA	63
4.1.1.1 Melissa	63
4.1.1.2 Menta	95
4.1.1.3 Monarda	127
4.1.1.4 Lippia.....	150
4.1.2 FASE DI LABORATORIO	170
4.1.2.1 Olio essenziale	170

4.1.2.2 Fenoli	182
4.1.2.3 Attività antiossidante	188
4.1.2.4 Composizione degli oli essenziali.....	198
4.2 PROVA “INTENSIFICAZIONE COLTURALE DI <i>MELISSA OFFICINALIS</i>”	216
4.2.1 FASE DI CAMPAGNA	216
4.2.2 RISULTATI DI LABORATORIO	234
4.3 PROVA “MODELLO DI CRESCITA SU <i>MELISSA OFFICINALIS</i>	236
4.3.1 FASE DI CAMPAGNA	236
4.3.1.1 Analisi dell’accrescimento di piante in produzione	236
4.3.1.2 Analisi dell’accrescimento di piante in post-trapianto	240
4.3.2 ADATTAMENTO DEL MODELLO AI DATI SPERIMENTALI.....	244
<u>5. CONCLUSIONI</u>	<u>250</u>
<u>6. BIBLIOGRAFIA</u>	<u>259</u>
<u>7. ALLEGATI</u>	<u>272</u>
7.1 ALLEGATO 1.....	273
7.1.1 MELISSA	273
7.1.2 MENTHA SPICATA	278
7.1.3 LIPPIA CITRIODORA	284
7.1.4 MONARDA CITRIODORA	290
7.2 ALLEGATO 2.....	294

Riassunto

Il lavoro di tesi ha interessato la produzione delle piante officinali e nasce dall'osservazione che il materiale presente sul mercato è, nella maggior parte dei casi di importazione e non sempre di buona qualità, per questo motivo la produzione italiana deve essere sostenuta e condotta mediante l'utilizzo di tecniche colturali atte a produrre droghe di miglior qualità.

Le piante officinali sono soggette a svariati usi; tra questi l'impiego diretto sottoforma di infuso è stato preso in considerazione in questo lavoro.

Lo studio ha interessato *Mentha spicata*, *Melissa officinalis*, *Lippia citriodora* e *Monarda citriodora*. Le prime due specie sono un ingrediente molto comune nelle tisane, hanno spiccate caratteristiche aromatiche e a differenza di alcune piante come la belladonna, non hanno una forte azione e possono essere tranquillamente utilizzate senza controindicazioni. Le altre due specie, lippia e monarda, sono meno frequenti, la prima dal gusto delicato e dolce di limone è un ottimo correttivo del gusto, mentre la seconda è una specie poco conosciuta ed è stata studiata nell'ambito della ricerca di nuovi ingredienti.

Il seguente lavoro di tesi può essere suddiviso in tre sezioni; lo scopo della prima parte del lavoro è stato quello di individuare la fase fenologica migliore per effettuare lo sfalcio, in termini di biomassa e di qualità degli infusi (quantificazione del contenuto in fenoli totali e dell'attività antiossidante dell'estratto).

La fase successiva è stata concentrata su *Melissa officinalis*, una specie molto richiesta dal mercato, impiegata in numerosi prodotti molto diversi tra loro, dal taglio tisana, alla crema contro l'*Herpes simplex*, alla tintura madre, al liquore digestivo.

I fattori presi in esame sono stati il sesto d'impianto (3 e 5 piante*m⁻²), la gestione degli sfalci (normale e intensiva) e la fertilizzazione (alta e bassa), al fine di individuare la migliore combinazione per ottenere un'elevata produzione in biomassa totale e in foglie.

Durante l'anno 2009 sono stati, inoltre, prelevati settimanalmente dei campioni di foglie sui quali è stato dosato l'acido rosmarinico (acido fenolico maggiormente

presente nella droga) per studiarne l'andamento della concentrazione in funzione dell'accrescimento della pianta.

Nell'ultima parte del lavoro è stato sviluppato un modello di accrescimento basato sull'accrescimento di melissa, rilevato in campo; modello semplificato, per questo utile anche a fini previsionali produttivi e probabilmente, adattabile ad altre specie officinali.

Per questo scopo sono state studiate due fasi:

1. Accrescimento di piante dopo il trapianto;
2. Accrescimento di piante in produzione.

Tutte le informazioni raccolte sono state impiegate nella costruzione di un modello di tipo deterministico/empirico.

Abstract

Many medicinal plants were found to be rich in one or more molecules proved to have a therapeutic action. Many minor molecules, present within the plant cells, play a very important role in the formation of bioactive chemical constituents determining medicinal and toxic properties in medicinal plants. Thus it may be interesting to evaluate the relationship between plant minor and trace molecules content and their pharmacological actions.

According with these consideration in this thesis four plants were studied: *Mentha spicata*, *Melissa officinalis*, *Lippia citriodora* and *Monarda citriodora*. Thanks to the aromatic flavour *Mentha spicata* and *Melissa officinalis* are generally used for herbal tea, consequently they are well known and studied. While lemon verbena and lemon bee balm are less cultivated and studied.

The thesis is divided in three different sections.

The optimal stage to harvest the species according their quali-quantity characteristics, namely with the concentration of phenols and with the antioxidant activity, is considered in the first part.

The second section concerns lemon balm: plant spacing (3 vs 5 plants m⁻²), cuttings rhythms, fertilization level were studied in order to find the most productive combination.

During the 2009 some lemon balm plant samples were collected to estimate the rosmarinic acid concentration based on the plant growth. The development of a growth model of *Melissa officinalis* is described in the last part of this thesis work.

1. Introduzione

1.1 Il settore delle piante officinali in Europa

Per pianta officinale si intende ogni vegetale che contenga in uno o più dei suoi organi, sostanze che possono essere utilizzate a fini terapeutici (OMS, 1980, tratto da A.A.V.V., 2008).

In generale, si può affermare che oggi i consumatori prestano più attenzione alle proprie esigenze, alla salute, al benessere psico-fisico e c'è un ritorno al naturale. Per questo motivo le piante officinali sono sempre più usate, solitamente come agenti terapeutici, spesso per la cura di malattie comuni. Per esempio, in Germania si stima che sono comunemente utilizzate per i raffreddori (66%), per la cura dell'influenza (38%), per problemi digestivi e intestinali (25%), per il mal di testa (25%), l'insonnia (25%), l'ulcera allo stomaco (34%), lo stress (21%), i problemi di circolazione (15%), le bronchiti (15%), le malattie della pelle (15%) e per l'affaticamento e l'esaurimento (12%) (Calixto *et al.*, 2000).

Recenti studi hanno valutato l'impiego di alcune erbe per la cura delle malattie più gravi come il cancro (Nseyo *et al.*, 2005; Hafidh *et al.*, 2009), l'aids, la malaria, il diabete e i disordini mentali (Okigbo *et al.*, 2009) e inoltre esistono numerosi studi atti a caratterizzare le diverse droghe per la loro funzione antiossidante (Surveswaran *et al.*, 2007; Khalil *et al.*, 2007; Ali *et al.*, 2008) e nutraceutica (Shoji e Nakashima, 2004).

Ai nostri giorni le piante officinali non sono utilizzate solo in questo settore ma nei più svariati come si vedrà in seguito.

Il mercato di queste piante è caratteristico. L'80% del prodotto presente sul mercato europeo deriva da raccolta spontanea (A.A.V.V., 2001) e il 20% da produzioni carenti di disciplinari di coltivazione e controlli (Della Loggia, 1993), quindi le droghe, nella maggior parte dei casi, non sono standardizzate ossia non hanno caratteristiche omogenee.

Inoltre, tolte le specie più comuni (salvia, menta, lavanda, camomilla e malva), mancano informazioni riguardanti le proprietà, le esigenze agronomiche, le

tecniche colturali e soprattutto scarseggiano le conoscenze sul metabolismo secondario grazie al quale avviene la sintesi dei principi attivi.

E' quindi necessario sopperire a queste lacune per avere delle colture produttive, sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo.

1.1.1 Settori di impiego

Le piante officinali sono impiegate in diversi settori, come coloranti (indaco), aromi (vanillina, senape), profumi (olio essenziale di rosa, lavanda), stimolanti (caffaina, nicotina, efedrina), allucinogeni (morfina, cocaina, mescalina, tetraidrocannabinolo), insetticidi (nicotina, piperina, pieterina, thujone), veleni (coniina, stricine, aconitine) e agenti terapeutici (atropine, chinine, cardenolidi, codeina) (Tabatabaei *et al.*, 2008).

Entrano a far parte di preparati fitomedici, anche ad uso veterinario, aromaterapici, di numerose formulazioni per la cura personale, cosmetici, liquori, aromatizzanti per alimenti; di conseguenza sono presenti in molteplici prodotti utilizzati comunemente (Tabatabaei *et al.*, 2008).

L'interesse nella produzione delle piante officinali è in aumento; molte piante sono prive di effetti collaterali e sono consumate come materia prima tal quale, per questo motivo è necessario garantire l'alta qualità del prodotto, che dev'essere ricercata nei differenti *steps* del processo di produzione (Tabatabaei *et al.*, 2008). La domanda del consumatore di maggiori controlli sulla qualità e di un prodotto standardizzato si traduce in una sfida difficile e costosa (Tabatabaei *et al.*, 2008).

1.1.2 Il Mercato

La provenienza del materiale grezzo e i corretti processi di trasformazione sono un passo importante per il controllo della qualità delle piante officinali (Calixto *et al.*, 2000), a tal proposito sono state redatte le farmacopee.

“La farmacopea è un testo ufficiale che ha valore di legge, comprende capitoli e monografie a cui attenersi nella fabbricazione, preparazione e commercializzazione dei medicinali in modo che questi siano rispondenti a prefissate caratteristiche di qualità” (Marzi e De Mastro, 2008). I requisiti di purezza dettati dalla farmacopea sono: presenza di impurezze e corpi estranei inferiori al

2% in peso, assenza di insetti, muffe e altri parassiti vegetali, limiti microbiologici, limiti di accettabilità di aflatossine, metalli pesanti, radioattività e residui di pesticidi; ai quali si aggiungono l'identità botanica, il titolo in principi attivi (ossia la quantificazione di alcune sostanze attive responsabili dell'azione farmacologica) (Assoerbe, 2002).

In generale, le farmacopee fissano per alcune erbe i contenuti in percentuale (titolo) delle sostanze attive che devono essere presenti in una droga vegetale per essere commercializzata. Per molte altre si fa riferimento a monografie scientifiche od a singole pubblicazioni di ricerca. La misurazione dei titoli avviene con metodiche analitiche complesse svolte in laboratori specializzati. Tale misurazione (titolazione) non è obbligatoria ma è importante per tutti i prodotti a base di erbe immessi al consumo diversi dalle tisane e dagli infusi (Marzi e De Mastro, 2008).

Nel mondo 20000 specie possono essere considerate piante officinali, ma solo 400 di esse costituiscono il 90% del mercato occidentale e di queste, 100 sono coltivabili in Italia. I fornitori internazionali considerano il prodotto italiano fra i migliori (Cornioli, 2009). L'80% del prodotto presente sul mercato europeo deriva da raccolta spontanea (ISS, 2001), mentre, solo un centinaio circa delle specie commercializzate deriva da coltivazione (A.A.V.V., 2008).

Le specie presenti sul mercato europeo possono essere suddivise in sei categorie terapeutiche: cardiovascolari (27.0%), respiratorie (15.3%), digestive (14.4%), toniche (14.4%), sedative (9.3%), topiche (7.4%) e altre (12.0%) (Calixto *et al.*, 2000).

La Germania rappresenta il primo paese, con il 17-18% del mercato, seguita da Francia (9-10%), Regno Unito (7-8%), Italia e Polonia (6%) (A.A.V.V., 2008).

In Italia, i settori della trasformazione e della commercializzazione dei prodotti finiti hanno fatto registrare un notevole aumento nella domanda: il consumo annuo di piante medicinali ed aromatiche è stimato in circa 200 milioni di euro che arriva a 700 milioni di euro considerando cosmetica naturale ed omeopatia. Nel 2004 si calcola siano state utilizzate 25000 tonnellate di erbe. Oltre il 70% del fabbisogno nazionale d'erbe è importato (tab. 1), in particolare dai paesi dell'Europa dell'est e da paesi extraeuropei (A.A.V.V., 2008). Secondo dati FAO, dal 1991 al 2002, le

importazioni in Italia sono raddoppiate. In generale, a fronte di prezzi nettamente concorrenziali, la qualità del prodotto estero è nettamente inferiore (A.A.V.V., 2008).

Agricole e ISTAT del 2004, affermano che l'Italia produce 2500 tonnellate di officinali e medicinali a fronte di un fabbisogno industriale dieci volte maggiore. Nel 2005 la superficie coltivata in Italia ad erbe officinali era di circa 2000 ettari, sempre secondo l'ISTAT, largamente inferiore a quanto necessario a coprire le necessità produttive e di consumo (A.A.V.V., 2008).

Tabella 1: Importazioni in Italia nel 1999 di parti di piante fresche o secche, materie prime frantumate o in polvere (Istituto Superiore di Sanità, 2001).

Pese d'origine	Quantità merce (kg)
Albania	926
Usa	725
India	549
Egitto	436
Polonia	427
Bulgaria	398
Croazia	349
Marocco	340
Ungheria	332
Cina	330
Argentina	308
Cile	241
Tunisia	209
Turchia	180
Giamaica	136
Israele	134
Altri	889

In generale la produzione italiana è caratterizzata da produttori singoli o associati in cooperative (30-100 ha) e la dimensione aziendale media è di 1.8 ha.

Il produttore provvede alla raccolta e normalmente anche alla prima trasformazione che può essere essiccazione o distillazione. Nel 60% dei casi le superfici agricole sono coltivate in regime biologico (Primavera, 2009).

Nel 1999 i produttori italiani censiti erano 400, su una superficie di 3342 ha (di cui 1500 solo a bergamotto) (tab. 2), con una gamma di circa 120 specie diverse (tab.

3). La superficie totale coltivata nel 2009 si aggira sui 3000 ha (Primavera, 2009), a dimostrare che nell'arco di 10 anni la situazione, in termini di ettarato, è rimasta stabile, a fronte di un consumo medio annuo interno stimato intorno alle 225000 tonnellate. Si stima che la superficie investita a livello nazionale non consentirebbe produzioni superiori alle 2500 tonnellate (Primavera, 2005).

Tabella 2: Superficie italiana investita a piante officinali suddivisa nella varie regioni e specie principale coltivata (dati riferiti al 1999-Milesi Ferretti G. e Milesi Ferretti L., 2001).

Regione	Superficie (ha)	Principali Specie coltivate
Piemonte	400	Menta piperita, Camomilla romana, Assenzio gentile, Iperico
Liguria	80	Lavanda e Lavandino
Veneto	50	Menta piperita e Giaggiolo
Toscana	350	Giaggiolo, Passiflora, Echinacea, Malva, Melissa, Lino
Emilia	40	Lavanda, Lavandino, Giaggiolo, Issopo
Marche	120	Anice, Camomilla, Coriandolo, Galega, Assenzio, Carciofo, Passiflora, Iperico, Melissa, Salvia, Lavanda, Escolzia, Echinacea
Abruzzo	15	Zafferano, Liquirizia, Camomilla, Cardo mariano, Melissa, Elicriso, Menta, Origano, Passiflora
Umbria	40	Camomilla, Salvia, Basilico
Basilicata	15	Maggiorana
Calabria	1000	Bergamotto, Gelsomino, Liquirizia
Puglia	50	Camomilla, Origano
Sicilia	200	Frassino, Origano, Gelsomino
Sardegna	50	Zafferano, Rosmarino, Salvia

Tabella 3: Superficie italiana investita a piante officinali suddivisa in funzione della specie coltivata (Vender, 2000).

Specie	Superficie (ha)
Bergamotto	1500
Menta piperita	239
Frassino da manna	200
Camomilla comune	171
Iperico	156
Liquirizia	146
Lavanda vera e ibrida	133
Lino	81
Cedro	46
Rosmarino	45
Finocchio	44
Melissa	40
Salvia	40
Altr su sup. tot. < 40 ha	333
Altr su sup. tot. < 10 ha	108
Altr su sup. tot. < 1 ha	10

Come termine di confronto, si calcola che tra Francia, Ungheria, Polonia e Spagna siano investite nelle coltivazioni circa 70000 ha (A.A.V.V., 2008).

Al notevole aumento della domanda non è seguito un proporzionale aumento nell'offerta interna. Escludendo le specie esotiche non coltivabili in Italia ci sono quindi buone prospettive per incrementare le coltivazioni di piante medicinali ed aromatiche.

Per la fornitura delle piante officinali, oltre ai parametri definiti per legge, esistono delle indicazioni riferite alla destinazione finale del prodotto (Primavera, 2005). Per le erbe ad uso medicinale, la qualità è definita essenzialmente dal contenuto in principi attivi, le specie coinvolte sono poche in grandi quantitativi e con prezzi stabili, anche se piuttosto bassi (1.5 – 3.5 €/kg). Per quanto riguarda le erbe ad uso erboristico queste sono richieste in quantità molto variabili, con preferenza per droghe selezionate e semilavorati; la qualità riguarda sia i principi attivi sia i parametri igienico-sanitari; la gamma richiesta è molto ampia, con prezzi più alti, ma molto variabili (in media 3.5-5.5 €/kg) (Primavera, 2005).

1.1.3 Prospettive di commercializzazione per un'azienda italiana

La maggior parte del prodotto presente sul mercato è derivato da raccolta spontanea, dove le specie sono sempre più difficili da reperire, non omogenee e spesso soggette a inquinamento (ISS, 2001).

Da quanto detto fino ad ora mi sembra si possa affermare che la tendenza è quella di avere un prodotto controllato, omogeneo, standardizzato e senza inquinanti. L'importatore, o il grossista in generale, deve analizzare alcuni campioni per stabilire la conformità dei lotti; le non conformità si traducono in perdite di tempo e denaro, di conseguenza un produttore italiano "di cui ci si possa fidare" sembra essere la soluzione migliore, tenuto conto che la qualità del prodotto finale deriva in buona parte dalla qualità della droga di partenza.

1.1.4 Gli standard qualitativi

È difficile definire il concetto di "qualità", se ne parla molto nell'ambito delle piante officinali ma non è chiaro cosa intenda tale termine.

Le istituzioni, le aziende, il mondo scientifico, nessuno ha definito univocamente la qualità di una pianta officinale, perché in base alla destinazione o al fruitore finale di una pianta officinale il concetto di qualità è diverso.

L'OMS in collaborazione con la Società Italiana di Fitoterapia ha pubblicato (2003) un manuale dal titolo "Metodi per il controllo della qualità delle sostanze ricavate dalle piante medicinali", con l'intento di uniformare i *test* atti a valutare la qualità dei prodotti medicinali vegetali, ma nemmeno in questo testo è presente una definizione di qualità.

In realtà è possibile intuire cosa sia la qualità integrando le sfumature di significato con cui viene usata tale parola dai differenti soggetti che lavorano nei diversi settori d'impiego delle piante officinali.

Innanzitutto bisogna conoscere l'oggetto dello studio. È importante precisare che le piante officinali possono essere considerate come (A.A.V.V., 2001):

- materie prime per automedicazione (mediante raccolta diretta o ottenute dai canali commerciali);

- prodotti semifiniti e finiti senza indicazioni terapeutiche (supplementi dietetici, alimenti salutarì, cosmetici, erbe utilizzate a scopi edonistici);
- prodotti medicinali registrati (mediante procedura speciale o regolare).

Può accadere quindi che una stessa pianta o una sua preparazione sia presente sul mercato contemporaneamente come:

- Farmaco;
- Alimento;
- Prodotto erboristico;
- Prodotto salutare;
- Cosmetico.

Per esempio il timo è utilizzato per l'estrazione del timolo che entra a far parte della composizione dell'ApiLifeVar®, un farmaco ad uso veterinario; è un'erba utilizzata per aromatizzare una vasta gamma di prodotti conservati come carni, insaccati e salse, oltre ad essere impiegato come agente antiossidante nella preparazione di salumi e derivati del maiale, in cucina si usa nella preparazione di carni e pesce e come aromatizzante di prodotti da forno quali pane, grissini e biscotti (Marzi e De Mastro, 2008). In erboristeria è utilizzato per le sue proprietà balsamiche ed espettoranti, mentre in campo cosmetico è utilizzato nella formulazione di prodotti per l'igiene del corpo e in preparati per massaggi in aromaterapia. L'olio essenziale è presente nei dentifrici e nei colluttori (Marzi e De Mastro, 2008).

Il risultato di questa polivalenza ha fatto sì che in Italia esista una normativa complessa e poco chiara perchè risultante dalla somma di norme farmaceutiche ed alimentari, alla quale si aggiungono standard qualitativi imposti dalle grandi aziende e dettati da ragioni industriali e commerciali (Primavera, 2005).

Sulla qualità di questi prodotti viene esercitato uno scarso controllo e questo aumenta sensibilmente la possibilità di rischio per la salute dei consumatori considerando le variazioni in contenuto di principio attivo che possono esistere fra una partita e l'altra di prodotto e le possibili sofisticazioni casuali o intenzionali (A.A.V.V., 2001).

Altri fattori che possono concorrere a definire la qualità di una pianta officinale possono essere i fattori che influenzano il prezzo, quali (Primavera, 2005):

- Qualità organolettica: colore, profumo, aspetto della droga e assenza di corpi estranei;
- Quantità: come per tutti i prodotti le grandi quantità hanno prezzi più bassi;
- Zona di origine: esiste una vocazionalità geografica dei prodotti. Alcune erbe sono migliori se vengono da specifici paesi come, la lavanda dalla Francia, la valeriana dalla Polonia, il ginseng dalla Cina, il cardo mariano dall’Austria e dall’Ungheria;
- Tipo di prodotto: quasi tutte le aziende cercano prodotto semilavorato (foglie pure, radici cippate, etc.);
- Regime di coltivazione: il binomio prodotto naturale/agricoltura biologica sembra *sia molto in voga* specialmente nel settore salutistico e ultimamente anche nel settore cosmetico;
- Periodo dell’anno: i prezzi di questi prodotti hanno una ciclicità più spinta di altri prodotti agricoli da stoccaggio. Il prezzo comunque è basso da agosto a dicembre e poi comincia a rialzarsi per raggiungere i vertici in maggio – giugno.

Per ottenere un prodotto di qualità bisogna fare attenzione ad ogni fase del processo produttivo, in quanto la somma dei diversi *steps* determina il prodotto finale:

- Coltivare in assenza di sostanze tossiche (pesticidi, erbicidi etc.);
- Reperire sementi o altro materiale di propagazione selezionato;
- Utilizzare le pratiche agronomiche adeguate alla specie e le specie adatte al luogo di coltivazione;
- Eseguire un’essiccazione a basse temperature e veloce, poiché questa determina la conservabilità del prodotto e può, se mal effettuata, compromettere le caratteristiche della pianta;
- Realizzare lo stoccaggio in luogo fresco e asciutto;
- Effettuare ogni fase di produzione evitando qualsiasi contaminazione.

Le modalità di esecuzione di alcune fasi del processo produttivo sono determinanti per diverse caratteristiche delle piante officinali come il contenuto fenolico e l’attività antiossidante, di cui è discusso in seguito (vedi 1.2.1; 1.2.2).

Concludendo, la qualità di una droga è dipendente dal destinatario finale.

Una volta soddisfatti i requisiti per la commercializzazione, il produttore dovrà puntare a un prodotto ricco in principi attivi e visivamente bello se produce per un'erboristeria, ad un elevato contenuto in principio attivo se produce per il settore farmaceutico, alla concentrazione di alcune molecole se produce per l'industria chimica e così via. Da questo la necessità di conoscere il prodotto "erba officinale" e il suo contenuto in principi attivi o metaboliti secondari.

1.2 I metaboliti delle piante officinali

I metaboliti secondari sono i composti essenziali per la caratterizzazione qualitativa delle piante officinali, quelli che ne costituiscono i così detti “principi attivi” (Raven, 2002).

In generale questi composti, a differenza dei primari, hanno una distribuzione ristretta nel Regno Vegetale. Si trovano tipicamente in una specie o in un gruppo di specie tassonomicamente imparentate (Raven, 2002).

Gli scienziati hanno iniziato a studiarli tra la fine del XIX e l’inizio del XX secolo, come droghe, veleni, aromatizzanti e sostanze per l’industria. La loro funzione principale è di tipo ecologico (Harborne, 1982), infatti essi intervengono nella difesa della pianta da stress biotici e abiotici, giocano un ruolo fondamentale nella difesa e nell’interazione tra la pianta e il proprio ambiente (con le altre piante, gli erbivori, patogeni e impollinatori) (Figueiredo *et al.*, 2008); attraggono gli impollinatori (Gabel *et al.*, 1992) e gli animali in grado di disperdere frutti e sono i responsabili dei fenomeni di allelopatia (Morelli, 1982; Marzi, 1996; Di Cesare *et al.*, 2001; Dewick, 2002). Queste sostanze sono la risposta evolutiva all’adattamento delle piante alle differenti condizioni ambientali.

I composti secondari non hanno un’implicazione diretta sulla crescita e lo sviluppo degli individui; spesso sono sintetizzati dai metaboliti primari. Hanno una distribuzione, alle volte confinata al genere o alla specie, spesso sono accumulati in elevate concentrazioni (1-3% sul peso fresco) e possono avere un’alta tossicità oltre che un marcato effetto biologico sugli altri organismi. Frequentemente hanno differenti siti di accumulo e produzione e possono essere immagazzinati nei vacuoli in forma glucosidica o in speciali strutture secretorie, quali tricomi, dotti, lattiferi (Figueiredo *et al.*, 2008).

Possono essere suddivisi in tre gruppi (Raven, 2002):

- I terpeni: lipidi sintetizzati partendo dall’Acetil CoA attraverso la via dell’acido mevalonico;
- I composti fenolici: sostanze aromatiche che si formano in diversi modi, attraverso la via dell’acido scichimico o del malonico;

- Gli alcaloidi: prodotti secondari contenuti azoto, biosintetizzati, principalmente, a partire dagli amminoacidi.

Numerosi studi evidenziano un importante ruolo dei metaboliti secondari nell'attività antiossidante, prevenendo danni irreversibili ai tessuti vegetali causati da condizioni di stress generati da luce, gelo, siccità, disponibilità di nutrienti, patogeni, ecc. (Woese *et al.*, 1997; Verpoorte, 1998; Van der Sluis *et al.*, 2001; Kordali *et al.*, 2005). E' stato dimostrato come le piante che contengono un'alta percentuale di sostanze antiossidanti siano meno soggette ad infezioni, sia in pieno campo, che successivamente, nella fase di post raccolta, proteggendo i tessuti vegetali e aumentando la durata del prodotto derivato.

Tali sostanze esercitano il loro ruolo protettivo e benefico, non solo nelle piante ma anche negli animali che le assumono (Benbrook, 2005). Sull'uomo è stato dimostrato che l'assunzione di cibi ricchi di antiossidanti aiuta a prevenire le malattie degenerative e il cancro (Fernandez-Panchon, 2008), le malattie cardiovascolari (Erba *et al.*, 2002; Koo e Cho, 2004).

Ad oggi, dei circa 50000 metaboliti secondari individuati, 6400 sono flavonoidi (Harborne e Williams, 2000), la più vasta classe di composti fenolici vegetali, molti dei quali ad attività antiossidante (Benbrook, 2005).

Gli studi che mirano alla definizione del ruolo di questi composti sono cospicui e riguardano campi diversi, impegnando molti ricercatori in almeno una dozzina di discipline, anche a ragione della diversa natura chimica sotto forma della quale si possono trovare i metaboliti secondari. Tra questa gli oli essenziali e i fenoli quali sostanze antiossidanti.

1.2.1 L'olio essenziale

Le piante officinali sono caratterizzate da strutture e tessuti (cellule e cavità secretorie, canali, tessuti latticiferi, cellule epidermiche, tricomi ghiandolari) atti nella secrezione di metaboliti secondari presenti in differenti organi, quali radici, rizomi, foglie, fiori, frutti, semi, cortecce, bulbi (Figueiredo *et al.*, 2008). I secreti hanno natura chimica diversa tra loro: cristalli di ossalato di calcio, resine, gomme, mucillagini, terpeni, tannini, lattici, pigmenti e oli essenziali. Questi ultimi sono i secreti più diffusi ed abbondanti, formati da miscele di molecole organiche volatili

(cioè che evaporano o sublimano facilmente a temperatura ambiente), altamente solubili nei solventi organici ed insolubili in acqua, liquidi a temperatura ambiente, aventi sapore pungente ed odore caratteristico della pianta che li compone (Figueiredo *et al.*, 2008). Le famiglie botaniche più ricche di oli essenziali sono: le *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Rutaceae*, *Liliaceae*, *Magnoliaceae*, *Cupressaceae*, *Pinaceae*, *Hypericaceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae*, *Myrtaceae*, e *Oleaceae* (Figueiredo *et al.*, 2008). In base ai gruppi funzionali di un'essenza gli oli essenziali possono essere raggruppati in quattro categorie principali (Figueiredo, 2008):

1. idrocarburi non ramificati;
2. derivati del benzene;
3. terpeni aciclici e ciclici;
4. composti vari: ossigenati (aldeidi, chetoni, alcoli, esteri ed acidi), solforati od azotati.

I componenti di un olio essenziale possono subire trasformazioni chimiche nel corso dello sviluppo della pianta. Ad esempio, nei primi stadi di vegetazione la pianta presenta, nelle sue parti verdi un'essenza contenente molti composti a funzione alcolica; durante il periodo di formazione e sviluppo delle infiorescenze gli acidi liberi che si trovano nella pianta reagiscono con gli alcoli formando gli esteri, la cui concentrazione aumenta col progredire della fioritura, mentre diminuisce, perché sono rimessi in libertà gli alcoli, quando i fiori appassiscono (Figueiredo *et al.*, 2008). Inoltre, molte sostanze odorose sono presenti nella struttura vegetale sotto forma di glucosidi; successivamente, per scissione di questi, tali sostanze possono entrare in circolo ed essere trasferite nei vari distretti dell'organismo vegetale. Quindi, le sostanze odorose compaiono generalmente nelle parti verdi della pianta sin dai primi mesi di vita; poi continuano a formarsi e ad accumularsi fino al principio della fioritura; con il progredire della fioritura, rallenta il loro processo di formazione, per cui sono soggette ai fenomeni di diffusione ed osmosi, passano dalle foglie agli steli e di qui alle infiorescenze (Figueiredo *et al.*, 2008). Per un completo studio della formazione ed evoluzione degli oli essenziali nelle piante vanno presi in considerazione alcuni aspetti come: l'effetto della crescita, il

momento stagionale, l'influsso climatico (Valussi, 2005) come si vedrà in seguito (cfr. 1.2.1.1). Per quanto riguarda la loro funzionalità nella pianta sono state ipotizzate varie teorie. Si pensa che gli oli essenziali siano di origine accidentale e non funzionale, pertanto si tratterebbe di prodotti di eliminazione nei processi vitali (Figueiredo *et al.*, 2008).

Un'altra ipotesi vuole che le essenze rivestano una funzione di riserva alimentare, ciò sarebbe provato, fra l'altro, dal fatto che nelle piante da essenze, in mancanza di luce, si verifica una scomparsa quasi completa dei principi odorosi che verrebbero utilizzati al posto dei composti di riserva (Figueiredo *et al.*, 2008).

Si ritiene che gli oli essenziali abbiano una notevole importanza per attrarre gli insetti e favorire così l'impollinazione oppure che abbiano anche un ruolo importante nel creare delle "barriere di protezione". Alcune piante, infatti, sono in grado di produrre difese chimiche sotto forma di sostanze che inibiscono la crescita di individui di altre specie (Figueiredo *et al.*, 2008).

La capacità di produrre sostanze tossiche e trattenerle nei tessuti, dunque, fornisce alle piante un enorme vantaggio competitivo paragonabile a quello che per altre piante rappresenta la produzione di spine o foglie coriacee (Figueiredo *et al.*, 2008). La possibilità di studiare e comprendere la composizione degli oli essenziali e dei fattori che ne influenzano e condizionano la sintesi sembra quindi indispensabile.

1.2.1.1 Fattori che influenzano la composizione degli oli essenziali

Un olio essenziale si caratterizza per le componenti molecolari che lo compongono. Solitamente pochi composti rappresentano oltre il 60% della composizione e i restanti risultano presenti in tracce (Sangwan *et al.*, 2001).

I fattori che fanno variare la composizione dell'olio essenziale, e quindi la natura e la quantità delle singole componenti, sono numerosi ed è possibile suddividerli in intrinseci (come lo stadio di crescita) e estrinseci (come le condizioni pedoclimatiche e il metodo di estrazione) (Marzi, 2003).

– Fattori intrinseci

- Stadio fenologico e ontogenesi.

L'accumulo dell'olio essenziale dipende dallo stadio di sviluppo dell'organo, tessuto e cellule (Marzi e De Mastro, 2008).

In *Thymus caramanicus* Jalas è stato osservato che la produzione e la composizione in olio essenziale variano in base allo stadio fenologico (Figueiredo *et al.*, 2008). Il numero dei componenti dell'olio va da 37 delle fasi di inizio e piena fioritura a 31 della fase di formazione del seme, inoltre il carvacrolo, tra i composti principali, passa dal 66.9% della fase vegetativa al 68.9% della fase di piena fioritura (Nejad Ebrahimi *et al.*, 2008).

In *Foeniculum vulgare* Mill. var. *vulgare* è stato osservato che l'estragolo e il t-anetolo, i maggiori componenti dell'olio essenziale, aumentano in fioritura e nella fase di sviluppo del mericarpo (Gross *et al.*, 2009), mentre in *Thymus hyemalis* Lange and Spanish (Jordan *et al.*, 2006) la concentrazione in olio essenziale è risultata maggiore, come la presenza dell'1.8-cineolo, durante la fase vegetativa.

In *Salvia officinalis* L., Mirjalili *et al.* (2006) hanno osservato che la resa in olio essenziale varia nei diversi stadi di sviluppo della pianta: inizio fioritura (0.9%), stadio vegetativo (0.7%), fioritura (0.5%), formazione del frutto (0.4%), frutto maturo (0.2%); inoltre il numero dei componenti è minore nella prima fase (36) e maggiore in quella di maturazione del frutto e vegetativa (41).

In maggiorana (Sellami *et al.*, 2009), all'inizio dello stadio vegetativo il contenuto in olio essenziale è dello 0.07% e decresce andando verso la fine dello stadio fino allo 0.04%. A inizio e piena fioritura cresce significativamente e raggiunge

rispettivamente lo 0.07 e lo 0.09%. Lo stesso comportamento è stato osservato per *Artemisia pallens* Wall., *Satureja rechingeri* Jamzad, *Origanum onites* L., *Laurus nobilis* L. come riportato da Sellami e collaboratori (2009).

Per *Artemisia absintium* L. e *Laurus nobilis* L. la resa è minore in pre-fioritura, aumenta in post-fioritura ed è massima in piena fioritura. Questi risultati sono dovuti, come spiega l'autore, ad un basso tasso nella biosintesi dei composti volatili nelle fase vegetativa, riconducibile ad una parziale inattivazione degli enzimi necessari alla biosintesi di alcuni composti. Infatti la resa aumenta dallo sviluppo alla piena fioritura. Questo indica che il momento dello sfalcio deve essere individuato con attenzione per ottenere la concentrazione massima in olio essenziale (Sellami *et al.*, 2009). In *Artemisia dranculus* e *A. annua* la massima resa in olio essenziale coincide con la fioritura, mentre nel caso di *Ocimum basilicum* è massima a metà maturazione del seme. In *Mentha piperita* e *M. arvensis* il contenuto di mentone e mentolo sono massimi rispettivamente nelle foglie giovani e mature (Sangwan *et al.*, 2001).

La resa e la composizione in olio essenziale dipendono molto dallo stadio fenologico (Sellami *et al.*, 2009) come già riportato in *Mentha x piperita* (Rohloff *et al.*, 2005), *Salvia officinalis* (Mirjalili *et al.*, 2006), *Coriandrum sativum* (Telci e Hişil, 2008) e *Ribes nigrum* (Dvaranauskaite *et al.*, 2009) e non esistono regole fisse, ma variano da specie a specie e alcune volte anche all'interno della stessa specie.

Le specie aromatiche, soprattutto le mediterranee, hanno un'elevata plasticità fenotipica, possono adattarsi ad ambienti molto diversi come quelli xerici tipici del Mediterraneo e di conseguenza cambiare la loro composizione chimica (Valussi, 2005).

- Organi cellulari di produzione degli oli essenziali

Gli oli essenziali sono sintetizzati, conservati e rilasciati nell'ambiente esterno da diverse strutture epidermiche e del mesofillo di cui la morfologia è caratteristica del gruppo tassonomico. Queste strutture presenti nei differenti organi possono essere interne (cellule secretorie, cavità o sacchi secretori, dotti secretori, lattici ferri, cellule epidermiche) o esterne (tricomi ghiandolari) (Sellami *et al.*, 2009).

I tricomi, presenti nella famiglia delle *Lamiaceae* e *Geraniaceae*, sono strutture che si sviluppano come emergenze di cellule protodermiche e che si formano a seguito di divisioni anticlinali e periclinali.

Rappresentano il sito di sintesi di mono- e sesqui-terpeni e possono essere di due tipi, peltati o capitati (Sellami *et al.*, 2009).

La forma del tricoma è caratterizzata da una forma globulare causata dal distacco dello strato cuticolare dalla parete delle cellule secernenti del tricoma a seguito del riversamento in questo spazio del materiale secreto (Sellami *et al.*, 2009).

Altri tipi di tricoma comprendono strutture monoseriate o biseriate con una (tricomi capitati, sessili o pedunculati) o più (tricomi peltati) cellule secernenti. In ogni caso una cellula basale funge sempre da collegamento fisico e metabolico fra cellule secernenti e resto della pianta (Sellami *et al.*, 2009).

Per esempio in *Mentha arvensis* prevale il tipo peltato. In alcuni casi la densità delle cellule secernenti diminuisce con lo sviluppo della foglia, comportamento significativo perché esiste una correlazione positiva tra la densità di tricomi ed i monoterpeni ossigenati e negativa con i derivati fenolici come osservato in *Cymbopogon winterianus* (Sellami *et al.*, 2009).

Inoltre è stato osservato da Lewinsohn *et al.* (1998) che nel tessuto parenchimatico sono presenti delle cellule specifiche per l'accumulo del citrale nel lemongrass.

- Tipologia del Materiale

Nel caso del finocchio la produzione di anetolo, componente principale, è dipendente dall'organo utilizzato, nello specifico, è maggiore nei semi e nei fiori e presente in tracce nelle radici (Gross *et al.*, 2009).

- Fattori estrinseci

Vi è una stretta correlazione tra la formazione di composti primari e secondari. Questi ultimi possono essere influenzati dalla quantità di biomassa, dal rapporto tra gli organi della pianta e dai livelli di accumulo delle sostanze nei tessuti (Valussi, 2005). Tutte variabili in funzione di clima e suolo, che spiegano il motivo per cui, per esempio, l'olio di origano ottenuto da piante allevate a sud possa risultare migliore rispetto ad un olio ottenuto da piante prodotte a nord (Russo *et al.*, 1998).

- Fattori ambientali

Uno dei fattori ambientali che influenza la produzione e la composizione degli oli essenziali è la luce. Se si osservano, ad esempio, le piante che crescono in alta montagna, dove le funzioni clorofilliane sono più attive per effetto della maggiore luce, si nota che gli oli essenziali sono più ricchi in esteri di quelle che si trovano ad altitudini minori; ciò è importante perché il pregio di un'essenza è dato proprio da un'elevata presenza di composti ossigenati (Chang *et al.*, 2008).

È stato osservato *Matricaria recutita* L. come al diminuire dell'intensità luminosa diminuisca la produzione in olio essenziale e la concentrazione in camazulene (Harbourne *et al.*, 2008). Nel caso di basilico la riduzione può essere causata dall'ombreggiamento che può anche far variare la composizione, per l'esattezza, aumentando la luce aumentano linalolo e eugenolo, mentre con l'ombreggiamento aumenta metil eugenolo mentre l'1.8 - cineolo non subisce variazioni al variare della quantità di luce (Chang *et al.*, 2008).

Un altro fattore importante è la temperatura. Un innalzamento della temperatura media diurna può provocare un aumento percentuale nella produzione di olio essenziale in *Mentha x piperita* con una diminuzione percentuale di mentolo (Valussi, 2005). In basilico passando da 15 a 25 °C aumenta il contenuto in eugenolo che contribuisce al caratteristico odore, mentre altri componenti come il linalolo e 1.8-cineolo non subiscono variazioni (Chang *et al.*, 2007). In un esperimento condotto da Herath e Ormond (1979) su *Cymbopogon nardus* si è osservato come gli individui allevati sotto temperatura controllata 27/21 °C giorno/notte producano un olio essenziale con un contenuto in citronellolo maggiore rispetto a quelli allevati a 32/27 °C giorno/notte.

- Pratiche agronomiche

In origano è stato osservato come aumentando l'apporto di azoto fornito alla coltura aumenti la biomassa prodotta, ma diminuisca la resa in olio essenziale, fenomeno osservato anche in timo e rosmarino (Baranauskienė *et al.*, 2003). Nel caso di *Matricaria recutita*, Valussi (2005) ha riportato come ad un aumento di azoto e fosforo diminuisca il proazulene.

Per quanto riguarda le irrigazioni è stato notato come la produzione in olio essenziale aumenti o rimanga invariata con irrigazioni limitate e che in origano il

regime ottimale è composto da irrigazioni abbondanti durante la fase di germinazione e sviluppo dei fusti e limitate da inizio fioritura (Azizi *et al.*, 2009). Hay e Waterman (1993) riportano la seguente tabella (tab. 4) dove è evidenziato il rapporto tra irrigazione e produzione di olio essenziale per alcune specie:

Tabella 4: Effetto della pratica irrigua sul contenuto in olio essenziale (Hay e Waterman, 1993).

<i>Carum carvi, Foeniculum vulgare, Angelica archangelica, Mentha x piperita.</i>	Aumento
<i>Matricaria recutita, Melissa officinalis, Pimpinella anisum, Saxifraga spp..</i>	Nessuna variazione
<i>Petroselinum hortense, Lavandula spica.</i>	Riduzione

In basilico e menta più il terreno è secco e più aumenta il numero dei peli ghiandolari e con essi l'olio essenziale (Azizi *et al.*, 2009).

Nel caso di alcune molecole come il t-anetolo le pratiche agronomiche come l'irrigazione e la fertilizzazione non hanno fatto variare la concentrazione (Gross *et al.*, 2009).

- Metodo di estrazione

Quantità e qualità degli oli essenziali variano in funzione del metodo di estrazione utilizzato. Con la spremitura a freddo si estraggono anche sostanze non volatili, inodori, insapori e colorate come la clorofilla. La resa dell'estrazione in flusso di CO₂ varia con le temperature e pressioni utilizzate (Valussi, 2005).

Il metodo di estrazione può aumentare la resa in olio essenziale di una specie come nel caso del coriandolo dove si passa da una resa dello 0.06-1% dell'idrodistillazione a una dello 0.6-0.8% del SWE (*Subcritical Water Extraction*) con un risparmio in tempo di 12 volte (3 h contro 15 min); variando le condizioni di pressione e temperatura nel SWE variano percentualmente la composizione totale di linalolo, isoborneolo, butirrato citroellile e geraniolo (Saim *et al.*, 2008).

Il tempo di distillazione può avere conseguenze importanti sul prodotto finale. Nella maggior parte dei casi le componenti più pesanti dell'olio essenziale si estraggono nelle ultime fasi di distillazione, di conseguenza, partendo dalla stessa materia prima, a tempi di distillazione differenti si avranno oli essenziali differenti sia chimicamente che organoletticamente (Valussi, 2005).

Per poter usufruire degli olii essenziali è quindi indispensabile renderli disponibili per mezzo di processi estrattivi. Tali processi sono molteplici e variano a seconda della natura, delle proprietà e del tessuto che contiene l'essenza.

1.2.1.2 Tecniche di estrazione degli oli essenziali

Le tecniche di estrazione degli oli essenziali (Morelli, 2005):

1. Spremitura;
2. Estrazione mediante grassi: "*Enfleurage*";
3. Estrazione mediante solventi;
4. Distillazione ;
5. Estrazione con fluidi supercritici.

1. La spremitura è una tecnica utilizzata sulla droga fresca. Il materiale sottoposto ad una pressione lascia fuoriuscire l'olio essenziale (per esempio dalle bucce degli agrumi) o i succhi.

2. L'*enfleurage* è una tecnica utilizzata per materiale vegetale delicato, come per esempio i fiori. Vengono preparate delle lastre di vetro montate in un telaio. Sopra le lastre viene riposto del grasso con alto potere assorbente e viene pettinato per aumentare la superficie di contatto con la droga e successivamente vengono posti i petali o i fiori e lasciati riposare per qualche giorno. Dopo aver ripetuto il procedimento più volte si estrae l'essenza utilizzando alcool a temperatura ambiente.

3. L'estrazione mediante solventi avviene per gli oli essenziali facilmente alterabili al calore. Impiega solventi bassobollenti che vengono eliminati dopo l'estrazione per semplice evaporazione.

4. La distillazione è la tecnica più usata, può essere effettuata con acqua, con acqua e vapore e con solo vapore. In tutti e tre i casi l'acqua o il vapore estraggono l'olio essenziale dalla massa vegetale (cfr. 3.1.1.4).

5. L'estrazione con fluidi supercritici è una tecnica molto interessante che restituisce un prodotto migliore. L'estrazione avviene con l'impiego di CO₂ supercritica in condizioni di pressione moderata (75-150 bar), in questo modo lo stress termico è ridotto e si ottiene un olio ricco di componenti. Con questa tecnica di estrazione si ottengono rese più elevate.

Da ciò risulta evidente che la scelta del metodo estrattivo è importante perchè può influenzare notevolmente la composizione ed il pregio stesso dell'olio. La composizione dell'olio, oltre a dipendere direttamente dalla specie, è fortemente influenzata dalla tecnica estrattiva ma soprattutto dalla parte della pianta utilizzata e dallo stadio fenologico corrispondente al momento del prelievo della stessa. Al fine di individuare il momento migliore di raccolta della pianta per ottenere un'elevata resa e una composizione complessa dell'olio, è necessario individuare i fattori che influenzano la sintesi delle singole molecole, tenendo presente che, da studi effettuati di recente sull'argomento, molte specie hanno dimostrato diversità nella composizione, mentre altre restano più o meno stabili nel tempo (Figueiredo *et al.*, 2008).

1.2.2 Fenoli e attività antiossidante

Un antiossidante è definito come una molecola capace di diminuire o prevenire l'ossidazione di altre molecole. Il danno ossidativo causa una serie di malattie come il cancro, le malattie epatiche, l'Alzheimer, l'invecchiamento, l'artrite, le infiammazioni, il diabete, l'arteriosclerosi e il Parkinson (Moon e Shibamoto, 2009). Lo studio dell'attività antiossidante di alimenti di origine animale e vegetale è particolarmente intenso per gli ovvi risvolti sulla salvaguardia della salute umana, infatti sono state valutate tali proprietà in prodotti vegetali come fragola, grano, orzo, miglio, segale, sorgo (Ragae *et al.*, 2006), mele (Addie *et al.*, 2001; Schieber *et al.*, 2003), radicchio di Chioggia (Rossetto *et al.*, 2005), cavolo, cavolfiore, broccoli, fagioli, cipolla (Aziz *et al.*, 1998; Addie *et al.*, 2001; Tram *et al.*, 2005), carote, pomodori, piselli spinaci, peperoni (Ren *et al.*, 2001; Boxin *et al.*, 2002), *Artemisia absinthium* (Kordali *et al.*, 2005) e derivati ed alimenti comuni come succhi di frutta, latte, tè (Arts *et al.*, 2000), vino (Alonso *et al.*, 2002; Tabart *et al.*, 2009), tofu e molti altri. E' dimostrato l'effetto preventivo e protettivo che le sostanze antiossidanti esercitano nei confronti dello sviluppo di numerose neoplasie come il cancro al colon, all'apparato digestivo, al seno e alla prostata (Adom *et al.*, 2002); inoltre riducono i danni dei raggi UVB che causano i tumori della pelle (Afaq *et al.*, 2002).

I radicali liberi e gli stress ossidativi giocano un ruolo fondamentale nelle malattie cardiovascolari, nei problemi alla valvola cardiaca, nell'arteriosclerosi e nell'ischemia; gli antiossidanti contrastano questi danni riducendo gli infarti, le fibrillazioni ventricolari e la tachicardia (Barbaste *et al.*, 2002; Bagchi *et al.*, 2003), inoltre portano a una diminuzione dello stress ossidativo delle proteine, dei lipidi e del DNA (Dragsted, 2003), diminuendo l'incidenza di malattie croniche come il colesterolo (Arai *et al.*, 2000; Knekt *et al.*, 2002). Hanno un'azione antimicrobica (gen. *Artemisia*) (Nin *et al.*, 1995; Baser *et al.*, 2002; Alzoreky, 2003; Juteau *et al.*, 2003; Setzer *et al.*, 2004) e antielmintica (Quinlan *et al.*, 2002).

Per monitorare il contenuto di composti antiossidanti, il metodo più comunemente usato è quello spettrofotometrico, semplice e preciso; esso è stato utilizzato per lo studio dell'attività antiossidante su frutta e verdura, piante medicinali, cereali, fagioli, spezie ed erbe, tè, alghe e funghi (Moon e Shibamoto, 2009).

Tra le varie sostanze fenoliche, una delle più importanti e studiate è l'acido rosmarinico; esso è, infatti, molto diffuso in natura, caratterizzato da una buona biodisponibilità e da numerose attività preventive e curative (Osakabe *et al.*, 2004).

1.2.2.1 L'Acido Rosmarinico (RA)

L'acido rosmarinico appartiene alla famiglia dei fenoli, si ritrova largamente nelle piante, presumibilmente accumulato come composto di difesa (Petersen e Simmonds, 2003).

L'acido rosmarinico è un estere dell'acido caffeico e dell'acido 3,4-diidrossifenilattico ed è un componente di numerose piante medicinali; la sua distribuzione nel mondo vegetale interessa principalmente gli individui appartenenti alla famiglia delle *Boraginaceae* e delle *Lamiaceae* (tab. 5) (Petersen e Simmonds, 2003).

Tabella 5: Esempi di studi sulla presenza dell'acido rosmarinico del mondo vegetale (Petersen e Simmonds, 2003).

<i>Famiglia</i>	<i>Riferimento</i>
<i>Dicotyledonae</i>	
Lamiaceae	Scarpati e Oriente, 1958; Litvinenko <i>et al.</i> , 1975
Boraginaceae	Kelley <i>et al.</i> , 1975
Apydrophyllaceae	Hiller, 1965
Araliaceae	Trute e Nahrstedt, 1996
Cucurbitaceae	De Tommasi <i>et al.</i> , 1991
Hydrophyllaceae	Petersen, risultati non pubblicati
Rubiaceae	Aquino <i>et al.</i> , 1990
Plantaginaceae	Kurkin <i>et al.</i> , 1988
Sterculiaceae	Satake <i>et al.</i> , 1999
Tiliaceae	Lasure <i>et al.</i> , 1994
<i>Monocotyledonae</i>	
Cannaceae	Simmons <i>et al.</i> , presentate
Zosteraceae	Ravn <i>et al.</i> , 1994
Potamogetonaceae	Petersen, risultati non pubblicati
<i>Pteridopsida</i>	
Blechnaceae	Hausler <i>et al.</i> , 1992
<i>Anthocerotopsida</i>	
Anthocerotaceae	Takeda <i>et al.</i> , 1990

Svolge numerose attività quali astringente, antiossidante, antiinfiammatoria, antimutagena, antibatterica e antivirale come, per esempio, nella cura dell'*Herpes*

symplex attraverso l'utilizzo dell'estratto di *Melissa officinalis* ricca in acido rosmarinico (Petersen e Simmonds *et al.*, 2003). È impiegato nella cura dei reumatismi, per la cura della cataratta e l'asma bronchiale (Park *et al.*, 2008).

Infine, i composti fenolici in generale sono dei protettivi contro il cancro e sono utilizzati nel settore cosmetico per la preparazione di prodotti antiossidanti (Petersen e Simmonds, 2003).

Secondo Toth e collaboratori (2003) la concentrazione varia durante il ciclo della pianta ed è minima a inizio fioritura (3.5%) e massimo in piena fioritura (3.91%).

1.3 Fattori ambientali e coltivazione

La coltivazione è una delle fasi più importanti per ottenere una buona produzione in termini di massa e di qualità della stessa.

La produzione e la concentrazione di principio attivo di una coltura sono legate a diversi fattori naturali:

- Endogeni: corredo genetico dell'individuo, età e fenofasi;
- Esogeni: latitudine, altitudine, clima (radiazione solare, precipitazione, temperatura dell'aria, umidità, vento ed evapotraspirazione), terreno e interventi agronomici atti a modificarlo;
- Biotici: presenza di fenomeni di allelopatie.

Che vanno ad influire su:

- Durata del ciclo colturale;
- Caratteristiche morfogenetiche e organolettiche;
- Specie adatte alla coltivazione;
- Resa in biomassa, in principi attivi e % di componenti;
- Contenuto % di metaboliti secondari.

Il clima e la latitudine svolgono un ruolo decisivo per lo sviluppo delle piante. E' infatti noto che solo un certo numero di specie si adatta ad una fascia climatica, fornendo risultati ottimali (Morelli, 1982). Le variazioni indotte nella composizione chimica di una pianta sono strettamente legate al clima e alla latitudine, a tal punto, da diversificarne le proprietà e le caratteristiche qualitative; molte specie variano notevolmente la composizione dell'olio essenziale a seconda dell'origine geografica (Baser *et al.*, 2002; Fleisher *et al.*, 2002; Juteau *et al.*, 2003) ad esempio, in Italia, la menta (*Mentha piperita* L.) è più ricca di olio essenziale se coltivata al meridione (Catizone *et al.*, 1986). Due individui della stessa specie possono sembrare del tutto uguali, ma dal punto di vista della loro composizione chimica, e di conseguenza i loro effetti terapeutici, potrebbero essere invece molto diversi. Il chemiotipo, prodotto dell'adattamento a varie condizioni ambientali definisce questa diversità intraspecifica, soggetta a variazioni legate a differenti località di coltivazione (Quinlan *et al.*, 2001); un esempio è quello della camomilla

di cui sono stati individuati 6 chemiotipi nell'olio essenziale (bisabolossido A, bisabolossido B, bisabololo, bisabolonossido A, a basso contenuto di matricina, tipo con uguali quantità di bisabolossido A e B e bisabololo) (Marzi e De Mastro, 2008).

La composizione dell'olio essenziale è risultata diversa in piante con diverse origini geografiche (Baser *et al.*, 2002; Fleisher *et al.*, 2002; Juteau *et al.*, 2003), in alcuni casi a tal punto da portare alla scomparsa di componenti preponderanti, come il thujone in *Artemisia absinthium* (Mucciarelli *et al.*, 1995).

L'intensità e la durata della radiazione luminosa influiscono sulla produzione di flavonoidi e sulla resa in olio essenziale di *Achillea millefolium* che è maggiormente produttiva in pieno sole e con elevate temperature (A.A.V.V., 1989).

La temperatura è uno dei fattori più importanti per la vita delle piante e influenza il contenuto di principi attivi; per esempio nella camomilla comune (Catizone *et al.*, 1986): in condizioni di basse temperature primaverili si ottengono basse concentrazioni in olio essenziale ed un aumento di bisabololo.

E' stata dimostrata anche influenza dell'altitudine in *Gentiana lutea* L.; questa specie produce una miglior quantità e qualità di principi attivi se coltivata sopra i 1500 metri (Bezzi *et al.*, 1996) mentre *Achillea millefolium* diminuisce il contenuto di tujone all'aumentare della quota di coltivazione (Lugani, 1985; Mucciarelli *et al.*, 1995, Giorgi *et al.*, 2005). Il tujone è inoltre sensibile alla posizione geografica del luogo di allevamento (Arino *et al.*, 1999; Amzallag *et al.*, 2005). Un gruppo di ricercatori francesi (Marocke, 1987) ha studiato l'influenza dell'altitudine (da 500 a 1100 m s.l.m.) sulle rese e sul contenuto in principi attivi di alcune specie, dagli oli essenziali, alle mucillagine, dai cardiotonici agli alcaloidi. Le migliori rese sono state individuate intorno ai 700 m s.l.m. (per ciascuna tipologia), mentre le rese in mucillagini sono migliori a 500 m s.l.m. per il tasso barbasso e l'antennaria e a 900 m s.l.m. per la viola selvatica. La concentrazione di composti ad azione cardiotonica è migliore a 900 m s.l.m. e infine, la produzione di alcaloidi è migliore tra i 500 e i 1000 m s.l.m. (Marocke, 1987).

Il terreno influenza la crescita e la qualità della pianta (Catizone, 1986; Morelli, 1996; Van der Sluis *et al.*, 2001), ad esempio, il fiordaliso ed il papavero

preferiscono suoli calcarei (Wang e Mazza, 2002; Oliveira *et al.*, 2003;), anche se sembra che sia il pH il fattore fortemente determinante per la caratterizzazione del contenuto di principi attivi: ogni specie ha, infatti, un intervallo caratteristico di pH, all'interno del quale la pianta vegeta bene (Morelli, 1982).

Anche le pratiche agronomiche, modificano le risposte della cultura. La produzione di metaboliti secondari, ad azione antiossidante, è maggiore nelle colture biologiche rispetto alle tradizionali; in queste ultime le piante sono sottoposte a stress minori (Carbonaro *et al.*, 2002; Asami *et al.*, 2003; Charlen *et al.*, 2004).

La densità d'impianto o di semina può determinare variazioni nel contenuto di principi attivi. In *Calendula officinalis* L. a densità elevate corrispondono rese minori e la camomilla comune produce bene con densità d'impianto di 20-30 piante*m⁻² (Piccaglia, 1997). Il comportamento opposto è stato notato in *Mentha x piperita* (Leto, 1996). In *Salvia officinalis* L. è stata osservata la relazione positiva tra tujone e densità (Arino *et al.*, 1999).

Anche la concimazione svolge un ruolo importante, l'azoto concorre a mantenere l'equilibrio vitale delle piante e incrementa notevolmente la resa in biomassa (Piccaglia *et al.*, 1997), ma, per alcuni autori, diminuisce il contenuto di metaboliti secondari (Petropoulos *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2004).

Il contenuto di thujone in *Salvia officinalis* varia sia con la frequenza di sfalcio (Santos-Gomez e Fernandez-Ferreira, 2001) sia con la fase fenologica durante la quale si asporta la biomassa (Lee *et al.*, 1998; Williams *et al.*, 1999; Kennedy *et al.*, 2000; Elementi *et al.*, 2002; Wang e Mazza, 2002), comportamento riscontrato anche in *Thymus vulgaris* e *Hyssopus officinalis* (Khazaie *et al.*, 2008).

Inoltre la conservazione in celle frigorifere generalmente non modifica il contenuto quali-quantitativo di fenoli (Woese *et al.*, 1997; Burda *et al.*, 2000) mentre, in alcuni casi, può influire sulla concentrazione del thujone in *Salvia officinalis* (Elementi *et al.*, 2002).

1.4 Modelli di crescita

I modelli di simulazione sono uno strumento fondamentale per analizzare e capire la complessità dei sistemi ecologici e ambientali. Permettono di realizzare analisi di impatto tecnologico, economico e ambientale, la valutazione di strategie produttive e le previsioni di produzione (Hernández *et al.*, 2009).

I modelli di crescita sono utili per descrivere la realtà perché sono una loro semplificazione. Si costruiscono individuando una serie di equazioni matematiche attraverso le quali è possibile riprodurre il comportamento del sistema esaminato. La modellizzazione è uno strumento molto comune nello studio dei sistemi perché aiuta a comprenderne il funzionamento anche quando sono costituiti da numerose componenti e relative interazioni. Il lavoro di modellizzazione può essere più o meno complesso a seconda del problema da analizzare (Hernández *et al.*, 2009).

Questi strumenti hanno iniziato ad essere importanti in agronomia e in altre aree biologiche grazie alla loro capacità di fornire informazioni in un approccio sistematico di tutto il sistema biologico o di una parte del sistema di produzione agricola.

Si è iniziato a parlare di modelli di simulazione intorno agli anni '50 con modelli descrittivi dei processi osservati; verso la metà degli anni '60 è apparso il concetto di sistema dinamico. Tale sistema rappresentava il flusso di questi processi e le loro interazioni in funzione della variabile tempo (Hernández *et al.*, 2009).

Due precursori importanti furono Duncan (Università del Kentucky) e de Wit (Università di Wageningen) che svilupparono modelli per spiegazioni scientifiche, come per esempio, per spiegare e migliorare processi quali l'intercettazione della radiazione e la fotosintesi, sviluppando un modello semplice che considerava unicamente la produzione potenziale in funzione della radiazione e della temperatura. Nella decade degli anni '70 si formalizza il concetto di dinamica dei sistemi e negli anni '80 si raffina mediante tecniche di confutazione, verifica, validazione e valutazione dei modelli. Negli anni '90 sono apparsi i primi modelli di simulazione per le coltivazioni di mais, soia, frumento e riso (Hernández *et al.*, 2009).

Da questo momento in avanti, la simulazione dei sistemi agrari inizia ad essere uno strumento per integrare le differenti componenti produttive nel sistema stesso. Con l'arrivo dell'informatica, a metà anni novanta, si sono potuti studiare problemi quali lo sviluppo e la crescita delle coltivazioni, la valutazione delle risposte alla fertilizzazione, le strategie d'irrigazione, le previsioni di perdita per erosione, la lisciviazione dei pesticidi e la contaminazione dell'ambiente.

1.4.1 Modelli e utilizzazioni

La costruzione di un modello avviene progressivamente, passando continuamente dalla sfera teorica a quella empirica e viceversa (Hammer *et al.*, 2002).

Generalmente, in base ai dati a disposizione e le conoscenze disponibili in un particolare campo d'interesse, si sviluppano modelli con differenti livelli di complessità (Hammer *et al.*, 2002). I modelli di simulazione si classificano in due grandi gruppi: empirici e meccanicistici. I primi sono descrittivi, derivano dai dati osservati senza interessare processi fisiologici e hanno una scarsa capacità esplicativa. Al contrario i modelli meccanicistici includono la fisiologia della coltura perché considerano alcuni parametri come la temperatura, la radiazione fotosinteticamente attiva, l'indice di area fogliare, la fotosintesi, la respirazione e l'efficienza nell'uso della radiazione. Quindi, in generale, i modelli meccanicistici studiano le relazioni biologiche per descrivere il comportamento di un sistema, mentre i modelli empirici descrivono le relazioni matematiche tra i dati (Hammer *et al.*, 2002).

Nello specifico i modelli più utilizzati sono i seguenti, anche se le differenze da un punto di vista applicativo non sono così nette:

- I modelli empirici o descrittivi descrivono il comportamento di una coltura. Lo sviluppo di un modello empirico si basa sulla definizione di una o più equazioni matematiche atte a descrivere il processo esaminato partendo dai dati sperimentali (Hammer *et al.*, 2002). Gli aspetti negativi di questo tipo di approssimazioni si evidenziano nella limitata validità in ambienti diversi da quelli studiati e le equazioni utilizzate spesso non hanno un significato biologico.

I modelli empirici sono descrizioni dirette dei dati osservati e si esprimono generalmente come equazioni di regressione (con uno o più fattori) e si utilizzano

per stimare la produzione finale. Esempi di questi modelli includono la risposta della produzione alle applicazioni di fertilizzante, la relazione tra l'area della foglia e la quantità di foglie di una pianta (Hernández *et al.*, 2009).

- I modelli meccanicistici descrivono il comportamento del sistema in termini di proprietà di basso livello. Per tanto, esiste comprensione o spiegazione nei livelli più bassi. Questi modelli sono adatti a riprodurre importanti processi fisici, chimici e biologici e descrivere come e perché risulta una particolare risposta. Solitamente l'analista inizia con qualche empirismo e man mano individua i parametri utili per spiegare la produzione.

Così l'analista assume una visione riduzionista. La maggior parte dei modelli appartengono a questa categoria (Hernández *et al.*, 2009).

- I modelli statici e dinamici. I primi descrivono le relazioni tra le variabili che non si modificano nel tempo e, per tanto, si conosce il loro valore finale e non la loro evoluzione nel tempo (per esempio, la simulazione dell'intercettazione solare, la fotosintesi). I modelli dinamici descrivono il modo nel quale il sistema cambia nel tempo e per tanto è possibile seguire l'evoluzione temporale di ciascuna variabile del sistema (per esempio, il bilancio dell'azoto e idrico nel suolo) (dall'input all'output) (Hernández *et al.*, 2009).

- I modelli deterministici e stocastici. I primi attribuiscono un solo valore a ciascuna variabile del sistema. Fanno previsioni sulle quantità (per esempio, produzione in biomassa) senza nessuna distribuzione probabilistica associata, varianza o elemento aleatorio. Nei sistemi biologici o agricoli sono normali le variazioni dovute a imprecisioni nei dati raccolti e a eterogeneità del materiale con cui si ha lavorato. In qualche caso i modelli deterministici possono essere modificati per pesare queste variazioni però possono risultare insoddisfacenti, per esempio, nella previsione della pioggia. Maggiori sono le incertezze del sistema e più inadeguati si sviluppano i modelli deterministici. I modelli stocastici dimostrano, al contrario, per ciascuna variabile, una distribuzione di valori (Hernández *et al.*, 2009).

Quando la variazione e l'incertezza raggiungono un livello alto è meglio sviluppare un modello stocastico che dà un valore medio atteso con una varianza associata (Hernández *et al.*, 2009).

I modelli stocastici sono difficili da manipolare e diventano rapidamente molto complessi. Di conseguenza è raccomandabile tentare di risolvere il problema inizialmente con un approccio deterministico e utilizzare un approccio stocastico solo se i risultati non sono adeguati o soddisfacenti (Hernández *et al.*, 2009).

1.4.2 Complessità vs efficacia dei modelli

Più un modello è complesso e più è efficace, ne consegue che lo scarto tra i valori stimati e osservati è minimo, ma allo stesso tempo è anche meno utilizzabile perché i parametri richiesti saranno numerosi (Thornley e France, 2008).

1.4.3 Scelta del modello

La scelta del modello dipende dall'obiettivo della ricerca. Nella maggior parte dei casi le superfici investite a piante officinali sono piccole (in Italia, mediamente 1 ha) di conseguenza per studiare la crescita di una di queste specie non è giustificato l'utilizzo di un modello con molti parametri in quanto non sarebbe applicato a causa dei costi da sostenere nella fase di quantificazione degli input.

2. Scopo

Lo scopo della mia ricerca durante il dottorato è stato quello di studiare alcune piante officinali, e in particolare, le loro risposte a differenti tecniche colturali sia termini di produzione di biomassa sia di metaboliti secondari, con l'intento di definire dei protocolli di coltivazione atti a produrre un prodotto di qualità potenzialmente interessante per il mercato delle erbe officinali.

Il lavoro è stato suddiviso in 3 prove ciascuna avente intenti diversi:

Prova - 1. Influenza della gestione degli sfalci e delle condizioni ambientali sulla produttività e sulla qualità di piante utilizzate a scopo infusionale (principalmente aromatizzanti) (Prova "Produttività e qualità delle infusionali").

Prova - 2. Effetto di alcuni fattori agronomici (densità, gestione degli sfalci, fertilizzazione) sulla produzione in biomassa di una specie poliennale (*Melissa officinalis*) e individuazione, in base alle esigenze della tipologia di prodotto (taglio tisana o oli essenziali), della combinazione migliore (Prova "Intensificazione colturale di *Melissa officinalis*").

Prova - 3. Studio dell'accrescimento di una coltura di melissa durante il primo anno (dalla messa a dimora sino alla fine dell'accrescimento del primo anno) e negli anni successivi (dopo la ripresa vegetativa e dopo i diversi sfalci), e utilizzazione delle informazioni ottenute per la costruzione di un modello di crescita e la sua successiva verifica di affidabilità (Prova "Modello di Crescita su *Melissa officinalis*").

Le tre prove possono però essere ricondotte ad un unico scopo generale: si voleva valutare come una pianta poliennale potesse essere coltivata e gestita in modo efficace per l'ottenimento della maggiori produzioni possibili e individuare anche quali potessero essere le condizioni ottimali per ricavare la miglior qualità possibile. La struttura del presente progetto è stata incentrata sullo studio della melissa in quanto rappresenta una delle colture officinali maggiormente coltivate nel nostro territorio e spesso è definita come un modello colturale per altre piante della stessa tipologia (poliennali a destinazione infusionale). Parallelamente sono state studiate

altre piante a tipologia simile e ne sono state definite le caratteristiche peculiari ma soprattutto quali sono le differenziano rispetto alla coltura presa come riferimento (melissa).

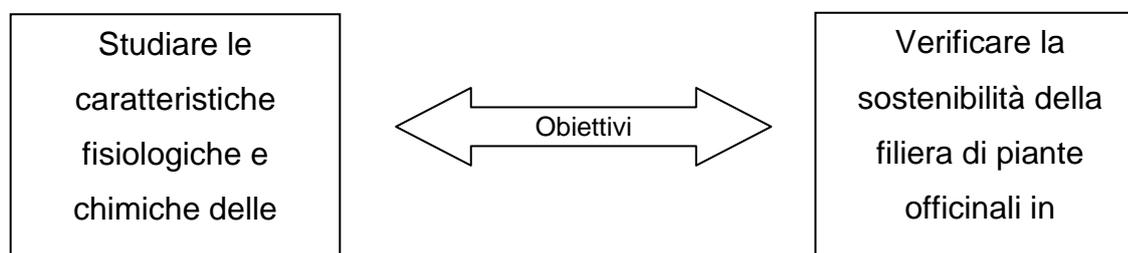
2.1 Organizzazione della sperimentazione

Parte della sperimentazione condotta durante il triennio di dottorato è stata svolta all'interno di 2 progetti finanziati dalla Regione Veneto: OFFMONT e MIPI.

Il progetto OFFMONT (Officinali di montagna) è stato condotto da Veneto Agricoltura in qualità di capofila, mentre il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli Studi di Padova ha coordinato la parte scientifica (referente: prof. Stefano Bona); il Dipartimento di Entomologia dell'Università degli Studi di Milano, nelle figure del Prof. Giuseppe Carlo Lozzia e della Dott.ssa Anna Giorgi, è stato partner occupandosi in parte analitica.

Il Progetto OFFMONT è stato svolto nel biennio 2007-2008 presso l'Azienda biologica sperimentale di Villiago (BL).

L'obbiettivo del progetto è stato lo sviluppo di una microfiliera di prodotti derivanti da piante officinali (taglio tisana e miele) da proporre alle aziende agricole di montagna, per diversificare la produzione ed offrire un'alternativa agli ordinamenti colturali dell'areale montano, così da poter fornire un reddito complementare a quello prodotto da colture già praticate.



Le specie considerate sono state: *Lippia citriodora* H., *Melissa officinalis* L., *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag., *Mentha spicata* L..

Il lavoro è stato suddiviso nelle seguenti fasi:

1. Reperimento del materiale di propagazione;
2. Preparazione del terreno;
3. Trapianto in campo su superficie pacciamata;

4. Coltivazione;
5. Prelievi periodici per le analisi e per valutare la produttività delle colture;
6. Analisi qualitativa dei prodotti (materiale vegetale e miele).

Il progetto MIPI (Microfiliere di piante officinali) è stato coordinato dal Prof. Stefano Bona, ha avuto come partner Veneto Agricoltura, che ha messo a disposizione l'Azienda Biologica di Villiago, e il Dipartimento di Entomologia dell'Università degli Studi di Milano, nelle figure del Prof. Giuseppe Carlo Lozzia e della Dott.ssa Anna Giorgi, che si sono occupati della parte analitica.

Il Progetto MIPI è stato svolto nel biennio 2007-2008 presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L.Toniolo", di proprietà della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova con sede a Legnaro (PD) e presso l'Azienda Sperimentale Biologica di Villiago (BL) di proprietà di Veneto Agricoltura. Lo scopo è stato quello di individuare l'epoca ottimale per effettuare lo sfalcio di alcune specie utilizzate come erbe da infuso. Il lavoro è stato suddiviso in 6 fasi (vedi Progetto OFFMONT) e le specie oggetto di studio sono state: *Mentha spicata* L., *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag., *Melissa officinalis* L., *Lippia citriodora* H..

La prova sperimentale denominata "Produttività e qualità delle infusionali" è stata condotta all'interno di questi 2 progetti.

3. Materiali e Metodi

3.1 PROVA “Produttività e qualità delle infusionali”

La prova ha avuto come oggetto di studio 4 specie (*Melissa officinalis* L., *Lippia citriodora* H., *Mentha spicata* L. e *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag.) scelte per la loro azione blanda e le loro caratteristiche organolettiche. Queste specie sono spesso impiegate nella formulazione di infusi per conferire un particolare aroma o migliorare il sapore quando risulta amaro o addirittura sgradevole.

Sono state indagate due specie comunemente utilizzate, come la menta e la melissa, e altre meno comuni quali la lippia, dal delicato e zuccherino aroma di limone dolce, e la monarda, dal caratteristico e deciso aroma che richiama quello di un miscuglio di piante tipiche della macchia mediterranea quali origano, maggiorana e timo.

Le piante sono state allevate in due località differenti (Legnaro e Villiago) durante il 2007-2008 ed il 2009, per osservare le differenze nella gestione e nelle produzioni.

3.1.1 Fase di Campagna

La descrizione dell’allestimento della prova, per quanto concerne la fase di campagna, è stata suddivisa in due parti rispettivamente Villiago, nel comune di Sedico (BL), e Legnaro, in provincia di Padova.

3.1.1.1 Allestimento della prova a Villiago (BL)

La sede della prova è stata l’azienda Agraria Sperimentale biologica di Veneto Agricoltura situata in posizione sopraelevata (380 m s.l.m.) rispetto al paese di Sedico (BL) nella fascia pedemontana.

Nel mese di aprile 2007, è stata effettuata un’aratura di media profondità (25 cm circa), seguita da una fresatura superficiale.

Il 17 aprile 2007 è stato distribuito manualmente il concime, a spaglio, interrandolo leggermente con l’ausilio di un rastrello. Per le parcelle (di *Mentha spicata*, *Lippia citriodora*, *Monarda citriodora*, *Melissa officinalis*) è stato utilizzato il concime “Biorex” (dose: 35 q*ha⁻¹), un letame di origine bovina ed equina formulato per

arricchire il terreno in sostanza organica stabile (humus) adatto alla concimazione di base e di pre-semina o pre-trapianto delle colture.

Il campo è stato ricoperto con telo nero pacciamante in polipropilene U.V. stabilizzato del peso di 130 g*m⁻² per impedire l'insorgenza di infestanti e permettere l'ottenimento di un prodotto più pulito.

I fori sul telo pacciamante sono stati praticati a caldo con un fornellino a gas collegato ad una sezione di tubo avente diametro 10 cm. Infine sul telo sono stati riportati dei numeri e delle lettere per identificare la posizione di ciascuna pianta facente parte della parcella.

In tabella 6 si riportano i sestri d'impianto utilizzati per il progetto e le dimensioni dei singoli parcelloni.

Tabella 6: Dimensione dei parcelloni (mxm), seto d'impianto [a = interfila (m), b = spazio sulla fila (m)] e densità del trapianto (piante*ha⁻¹) per ciascuna specie in prova.

Specie	Dimensioni parcellone (m)	Sesto d'impianto (m)		Densità (pte*ha ⁻¹)
		a	b	
<i>Monarda citriodora</i>	5.00 x 4.20	0.5	0.40	50000
<i>Mentha spicata</i>	5.00x 4.20	1.0	0.75	13333
<i>Melissa officinalis</i>	5.00 x 4.20	1.0	0.75	13333
<i>Lippia citriodora</i>	5.00 x 4.20	1.0	0.75	13333

I parcelloni sono stati divisi in 2 parcelle per studiare, in due diverse fasi fenologiche, le variazioni nella produzione di biomassa e sostanze utili (quantità di fenoli e loro attività antiossidante; produzione di olio essenziale e, per menta e lippia, anche la composizione). Il primo sfalcio è stato eseguito con il 20% delle piante fiorite; il secondo sfalcio in piena fioritura (50% delle piante fiorite).

Le piante sono state trapiantate secondo lo schema di campo di riportato seguito (fig. 1).

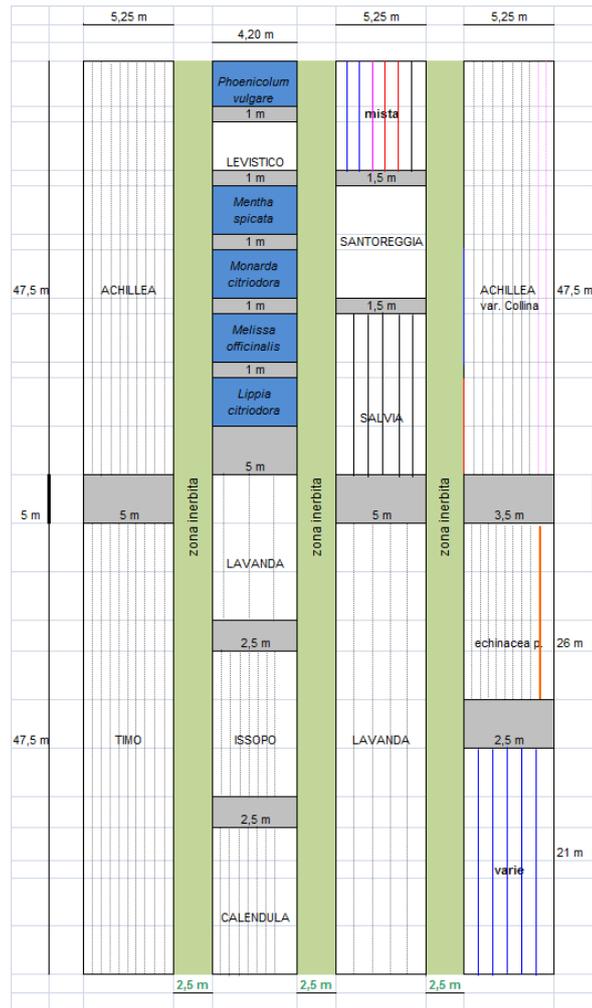


Figura 1: Schema di campo di Villiagio (BL).

Le piante impiegate per la sperimentazione (ad esclusione della lippia) sono state prodotte da seme (acquistato da Jelitto Schwarmstedt Germany), nel febbraio 2007, in serra utilizzando dei plateaux di polistirolo da 84 fori (fig. 2). Il substrato impiegato è stato composto da due parti di torba ed una parte di perlite (v/v). In circa due mesi e mezzo gli individui sono arrivati allo stadio di plantula in serra termostata (20 °C) ed irrigati al bisogno.

Questo sistema ha permesso di accelerare i tempi rispetto alla semina diretta (peraltro non indicata per alcune specie (Marzi e De Mastro, 2008).

Per la lippia sono state invece acquistate direttamente le piante di un anno da vivaio, ottenute per divisione del cespo, questo poiché la specie è macroterma ed arbustiva.



Figura 2: Plateaux di polistirolo in serra.

Il trapianto in campo è avvenuto tra aprile e maggio del 2007 secondo i tempi indicati in tabella 7.

Tabella 7: Date dei trapianti e derivazione delle piantine per le specie in prova.

Data del trapianto			
Specie	I° Anno	II° Anno	Tipo
<i>Lippia citriodora</i>	18 maggio 2007	5 giugno 2008	Pianta prodotta per divisione del cespo
<i>Mentha spicata</i>	18 maggio 2007	-	Pianta prodotta da seme
<i>Monarda citriodora</i>	18 maggio 2007	5 giugno 2008	Pianta prodotta da seme
<i>Melissa officinalis</i>	18 maggio 2007	-	Pianta prodotta da seme

Le specie sono state seguite e monitorate durante l'intera stagione.

3.1.1.2 Allestimento della prova a Legnaro (PD)

La sperimentazione è avvenuta presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" di proprietà della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, situata a Legnaro. Le piante sono state prodotte in plateaux di polistirolo da 84 fori nel febbraio 2007 utilizzando come substrato un terzo di perlite e due terzi di torba (v/v). Le seminiere sono state poste in una serra con letto riscaldato e irrigate per mezzo di un impianto di irrigazione temporizzato, ad esclusione delle piante di lippia acquistate da un vivaista.

Il sito sperimentale, precedentemente gestito a prato, è stato arato a fine aprile ad una profondità di 30 cm circa, fresato e concimato manualmente distribuendo 50 unità ad ettaro di azoto sottoforma di letame bovino ed equino pellettato (biorex) interrato con un'ulteriore fresatura. Il giorno successivo l'area è stata coperta con teli in polipropilene U.V. stabilizzato del peso di 130 g*m⁻² (2.5 m x 40 m per ciascuna specie) per il contenimento delle malerbe e per ottenere un prodotto pulito. Dopo 3 giorni, tempo necessario per l'assestamento del telo, è stato segnato il sesto d'impianto e sono stati operati i fori per il trapianto. Ciascun foro è stato contraddistinto da un codice alfa-numerico per meglio gestire i campioni. Una volta completate le operazioni preparatorie sono stati effettuati i seguenti trapianti (tab. 8):

Tabella 8: Data del trapianto, seto d'impianto [a=interfila (m), b=spazio sulla fila (m)], densità del trapianto (piante*ha⁻¹) e derivazione della piantina, per ciascuna specie in prova.

Specie	Data trapianto	Sesto (cm)		Densità (pte*ha ⁻¹)	Tipo
		a	b		
<i>Lippia citriodora</i>	27 aprile 2007	1	0.75	13333	Pianta di un anno prodotta da un vivaista per divisione del cespo
<i>Mentha spicata</i>	24 maggio 2007	0.5	0.4	50000	Pianta da seme prodotta in plateaux aleolari nelle serre dell'azienda
<i>Melissa officinalis</i>	24 maggio 2007	0.5	0.4	50000	Pianta da seme prodotta in plateau aleolari nelle serre dell'azienda
<i>Monarda citriodora</i>	9 maggio 2007	0.5	0.4	50000	Pianta da seme prodotta in plateau aleolari nelle serre dell'azienda

Le piante sono state trapiantate secondo lo schema di campo di seguito riportato (fig. 3).

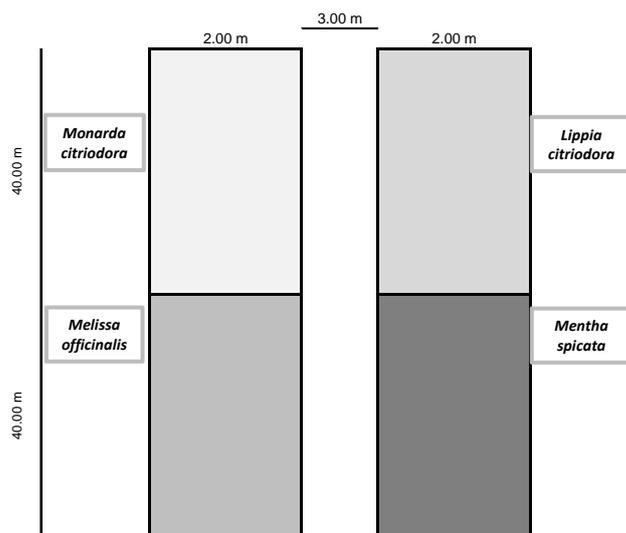


Figura 3: Schema di campo a Legnaro.

Ciascuna specie ha occupato un parcellone, suddiviso a sua volta in due (lippia e monarda) o tre (menta e melissa) sottoparcelle (fig. 4) campionate in diversi momenti, al fine di studiare le variazioni nella composizione dell'olio (menta e lippia) e nella resa in biomassa in funzione dello stadio fenologico. Più precisamente, le parcelle sono state campionate ad inizio fioritura (prelievo precoce, con il 20% delle piante fiorite) e fine fioritura (prelievo tardivo, con il 70% delle piante fiorite) per lippia e monarda e anche in piena fioritura (prelievo intermedio, con il 50% delle piante fiorite) per quanto riguarda menta e melissa.

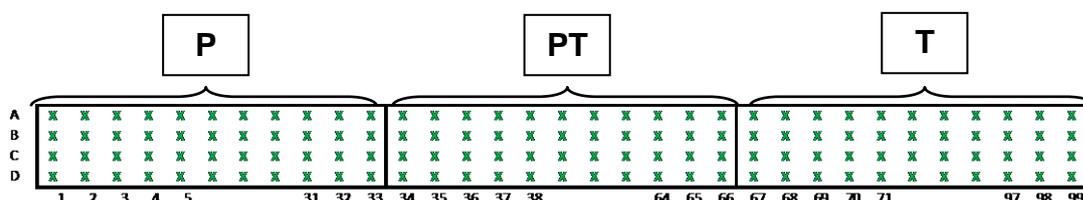


Figura 4: Schema rappresentativo della suddivisione del parcellone nel caso di menta e melissa. P, indica l'area in cui il campionamento è stato effettuato ad inizio fioritura (20% delle piante fiorite), PT, l'area in cui il campionamento è stato effettuato in piena fioritura (50% delle piante fiorite) e T, indica l'area in cui il campionamento è stato effettuato a fine fioritura (oltre il 70% delle piante fiorite).

3.1.1.3 Modalità di prelievo a Villiagio e Legnaro

La finalità del campionamento è stata quella di determinare la produzione in biomassa e in olio essenziale. Per valutare la produzione in biomassa, al momento

dello sfalcio sono stati prelevati dieci individui di cui è stato registrato il peso fresco; il campione è stato quindi seccato in stufa a 35 °C, ne è stato registrato il peso secco totale e, dopo defogliazione manuale, il peso secco delle foglie e dei fusti. I campioni essiccati di foglie sono stati portati in laboratorio per la determinazione dell'attività antiossidante e del contenuto totale in fenoli.

Per valutare, invece, il contenuto in oli essenziali, sempre al momento dello sono stati campionati alcuni individui (numero variabile in funzione della specie, del suo sviluppo e della capienza del distillatore), contati, pesati e destinati alla distillazione.

3.1.1.4 Distillazione

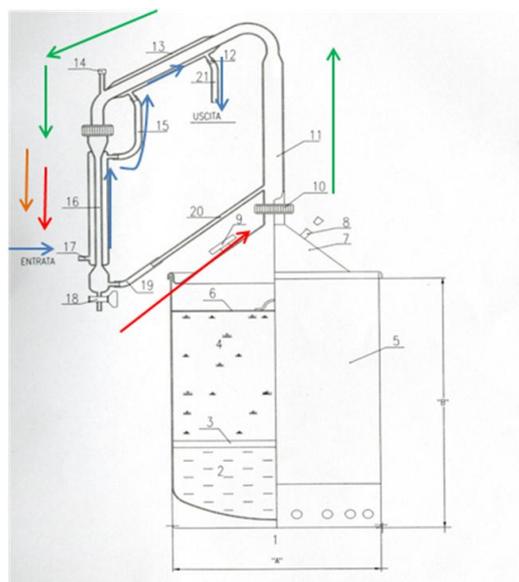
Secondo le indicazioni delle varie farmacopee il materiale da destinare alla distillazione deve essere secco. Ciononostante, nella prassi comune, le aziende produttrici di olio essenziale estraggono quest'ultimo direttamente dal prodotto fresco. In questo lavoro di tesi è stata seguita la prassi di estrarre l'olio essenziale da prodotto fresco, immediatamente dopo lo sfalcio. Questo ha consentito di ottenere un olio ricco nei suoi componenti e non privato della frazione maggiormente volatile che non è garantita dal processo di essiccazione e che può, quindi, rappresentare un'ulteriore variabile nella produzione dell'olio essenziale.

È stato utilizzato un distillatore (Albrigi, Luigi; fig. 5) con una capienza del bollitore di 250 L, in acciaio inox 18/10.

Le piante utilizzate per ogni distillazione sono state precedentemente contate e pesate (peso fresco pianta) in modo da poter calcolare le rese medie delle specie oggetto di sperimentazione. Nello specifico, per ogni distillazione è stato necessario posizionare il distillatore sul fuoco, riempire la caldaia con una quantità d'acqua nota (10 L), inserire la griglia inferiore e su di questa la droga da distillare, posizionare la griglia superiore e quindi chiudere il coperchio. Il sistema di distillazione è stato completato con l'introduzione della testata in acciaio con relativa buretta e l'inserimento del raccordo buretta-tubo per il recupero dell'idrolato.

Durante la distillazione il vapore generato dall'acqua in ebollizione, passa la griglia e attraversa la massa vegetale arricchendosi delle molecole volatili contenute in

essa, risale lungo la testata in acciaio inox e passando nel condensatore, costantemente raffreddato, ritorna allo stato liquido fino a cadere nella buretta graduata in 2 fasi separate, l'olio essenziale e l'idrolato (composto da acqua distillata e minuscole particelle di olio essenziale). Quest'ultimo torna nuovamente nella caldaia passando attraverso il tubo di collegamento tra questa e la buretta per essere nuovamente processato. Una volta terminata la distillazione, grazie al rubinetto posto alla fine della buretta, è possibile far fuoriuscire l'idrolato ed in seguito l'olio essenziale. In figura 5 sono evidenziati i flussi: in verde l'idrolato ed in blu l'acqua di raffreddamento; nell'ultimo tratto della buretta, avviene la separazione tra l'idrolato (rosso) e l'olio essenziale (arancio). L'inizio della registrazione del tempo di distillazione è dettato dalla caduta della prima goccia nella buretta graduata, a una temperatura di circa 80 °C, fino al trascorrere delle 4 ore.



01-FORNELLO A GAS	13-CONDENSATORE IN ACCIAIO INOX
02-ACQUA	14-SFIATO – VALVOLA DI PRELIEVO
03-GRIGLIA INFERIORE	15-RACCORDO
04-MATERIALE DA DISTILLARE	16-BURETTA
05-CALDAIA	17-INGRESSO DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO
06-GRIGLIA SUPERIORE	18-RUBINETTO
07-COPERCHIO	19-RACCORDO
08-VALVOLA DI SICUREZZA	20-TUBO DI RECUPERO IDROLATO
09-TERMOMETRO	21-TUBO DI USCITA ACQUA DI RAFFREDDAMENTO
10-ANELLO DI CHIUSURA	Blu= flusso acqua di raffreddamento
11-TESTATA IN ACCIAIO INOX	Verde= flusso idrolato
12-USCITA DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO	Arancio e rosso=separazione idrolato, rossa idrolato che ritorna in circolo e arancio olio essenziale

Figura 5: Distillatore in corrente di vapore utilizzato per l'estrazione e relativa legenda (catalogo Albrigi Luigi s.r.l).

Durante i vari processi, è stata controllata, a intervalli regolari, la resa in olio e la temperatura dell'apparecchiatura. Dopo aver registrato i volumi (mL) di olio ottenuti, il campione è stato filtrato e conservato in frigorifero a una temperatura di 4 °C in assenza di luce.

3.1.2 Metodiche di Analisi

Sono state effettuate le analisi sul contenuto di fenoli totali e sull'attività antiossidante della droga secca e sugli oli essenziali.

3.1.2.1 Analisi degli oli essenziali

L'analisi dei campioni di olio essenziale ha interessato la seguente strumentazione:

- Gascromatografo DANI GC 1000 con rivelatore FID;
- Colonna Supelcowax 10 (fused silica capillary) di 60 m x 0.25 mm x 0.25µm film thickness con fase stazionaria polare;
- Gas di trasporto: elio;
- Altri gas: azoto come ausiliario, idrogeno e aria pura per alimentare il FID;
- Siringa da gascromatografia da 2 µL.

Il campione, preparato usando 100 µL di olio portati a volume con etere etilico in un matraccio da 1 mL, è stato prelevato con una siringa ed iniettato nel gascromatografo.

Il metodo messo a punto per l'analisi è stato il seguente:

Metodo

- Temperatura del FID 250 °C;
- Rapporto di splittaggio 1:75;
- Temperatura iniettore di 230 °C;
- Flusso di 5 mL/min.

Di seguito è riportato lo schema di lavoro dello strumento con i relativi gradienti di temperature (fig. 6).

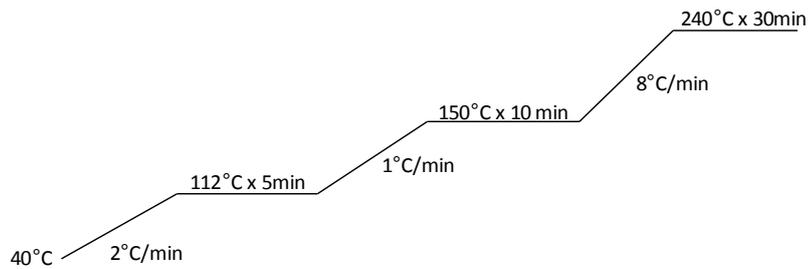


Figura 6: Metodo di analisi dell'olio essenziale di lippia (schema). Le linee diagonali rappresentano l'incremento di temperatura nell'unità di tempo. I plateaux rappresentano il tempo durante il quale la temperatura è mantenuta costante ai gradi e per la durata indicati.

Per la determinazione della loro composizione, è stata eseguita un'analisi con gas cromatografo.

Gli oli essenziali vengono iniettati nell'apparecchio di analisi. Il tempo che intercorre tra l'iniezione del campione e l'uscita dell'analita (componente) dalla colonna per raggiungere il rivelatore è detto *tempo di ritenzione*. Durante questo intervallo il software di acquisizione registra gli impulsi elettrici generati dallo strumento in corrispondenza del passaggio degli analiti.

Ciascun componente ha un tempo di ritenzione caratteristico, per cui, conoscendo il tempo di ritenzione è possibile identificare in modo univoco una molecola e viceversa.

Per identificare i diversi componenti dell'olio essenziale sono, quindi, stati iniettati nel gascromatografo degli standard (campioni di natura nota) e sono stati registrati i rispettivi tempi di ritenzione.

La conoscenza di tali tempi ha poi consentito di riconoscere i picchi degli oli essenziali distillati dal materiale prelevato con l'ultimo sfalcio del 2007. Al fine della caratterizzazione degli oli i prelievi sono stati effettuati in tre diversi momenti ravvicinati, rispettivamente il 10 ottobre (A), il 15 ottobre (B) ed il 17 ottobre (C).

Per ogni campione è stata effettuata una sola distillazione, ma su un numero elevato di piante rappresentative della parcella allo studio (10-40 individui in base all'ingombro spaziale delle piante e alla capienza del distillatore).

3.1.2.2 Contenuto di fenoli totali

Il contenuto di fenoli totali è stato determinato spettrofotometricamente sulla base del metodo proposto da Slinkard e Singleton (Slinkard e Singleton, 1977) utilizzando il reattivo Folin-Ciocalteu.

I campioni sono stati preparati mettendo in infusione 0.02 g di sostanza secca in 10 mL di acqua demineralizzata per 5 minuti, trascorsi i quali ogni l'infuso è stato filtrato utilizzando un filtro siringa (a membrana in PVDF da 0.45 μM con \varnothing 25 mm).

Agli estratti (50 μl) sono stati aggiunti 1550 μl di H_2O , 100 μl di reattivo Folin-Ciocalteu e 300 μl di soluzione di Na_2CO_3 (25% p/v). Il valore di assorbanza è stato misurato con lo spettrofotometro a 765 nm dopo aver lasciato i campioni in stufa a 40 °C per 30 minuti.

I risultati sono espressi in mg di acido gallico equivalente (GAE) su grammi di sostanza. Le curve di calibrazione sono state costruite a partire dalle assorbanze registrate per concentrazioni crescenti di acido gallico nel *range* 0.001-0.01 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$. I valori sono quindi stati ottenuti sostituendo l'assorbanza del campione all'interno dell'equazione lineare delle curve standard.

Le concentrazioni di fenoli totali determinate secondo questo metodo non sono misure assolute della quantità di materiale fenolico ma sono basate sulla loro capacità chimico-riduttiva relativa all'equivalente capacità riduttiva dell'acido gallico (Katalinic *et al.*, 2006).

3.1.2.3 Analisi dell'attività antiossidante

L'attività antiossidante dell'estratto è stata testata utilizzando il saggio DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), secondo il quale un composto chimico che cede una molecola di idrogeno è un antiossidante. L'effetto antiossidante è proporzionale alla scomparsa del radicale libero, nel campione testato.

Il colore della DPPH è violetto e vira verso il giallo più la DPPH si stabilizza acquisendo l'idrogeno donato dall'antiossidante. L'effetto antiossidante è misurato allo spettrofotometro come una diminuzione dell'assorbimento UV a 517nm. I risultati sono espressi come EC 50 ossia la quantità di antiossidante necessaria per ridurre del 50% la quantità iniziale di DPPH.

In questo studio la capacità antiossidante è stata determinata con il metodo proposto da Mensor (Mensor *et al.*, 2001).

A quantità note e crescenti di estratti sono stati aggiunti 500 µl di DPPH (0.1 g*L⁻¹) in metanolo ottenendo concentrazioni, a seconda dell'organo, comprese nel range 0.05-0.3 mg*L⁻¹.

L'assorbanza è stata misurata a 517 nm con lo spettrofotometro, dopo aver lasciato i campioni al buio per 15 minuti. I valori così ottenuti sono stati convertiti in capacità antiossidante (CA%) attraverso la seguente formula:

$$CA\% = [(A_o - A_c) / A_o] \times 100$$

dove, A_o è l'assorbanza del campione di controllo ottenuto con 500 µl di soluzione di DPPH e altrettanti di metanolo, e A_c è l'assorbanza dei campioni con gli estratti vegetali. Questo metodo si basa sul fatto che in presenza di un'antiossidante il radicale libero DPPH acquisisce un elettrone e modifica la propria struttura. Espressione visibile di questa reazione è la decolorazione del campione e la conseguente riduzione dell'assorbanza (Koleva *et al.*, 2000). Più un campione è ricco di antiossidanti più la decolorazione sarà evidente.

Dall'interpolazione lineare tra le concentrazioni di campione utilizzate e le relative percentuali di decolorazione ottenute si è calcolata l'EC₅₀, cioè la quantità di droga secca in grado di determinare il 50% di riduzione dell'assorbanza della soluzione di DPPH. I risultati sono stati convertiti in 1/EC₅₀ il cui valore è tanto maggiore quanto è elevata la capacità antiossidante.

I calcoli sopra descritti sono stati sviluppati utilizzando la media delle tre letture spettrofotometriche.

3.1.3 Analisi statistica

Le medie sono state confrontate tramite il test dell'analisi della varianza con l'ausilio del software Stagrafics XV.II., le medie sono state separate con il test di Tukey.

3.2 Studi su *Melissa officinalis* L.

La melissa è una specie molto utilizzata per le sue molteplici proprietà; è un leggero sedativo, un'agente antibatterico, ha attività spasmolitica, è studiata come agente antitumorale (De Sousa, 2004), è un antivirale utilizzato contro l'*herpes simplex* (Mazzanti, 2008).

In questo capitolo sono riportati 2 approcci differenti per lo studio della medesima varietà di melissa, la *Melissa officinalis* della ditta sementiera tedesca Jelitto.

Il primo esperimento ha indagato l'effetto di alcuni fattori colturali sulla resa ed è durato dal 2006 al 2009, mentre il secondo ha avuto come scopo la costruzione di un modello di crescita basato sui dati raccolti durante la stagione colturale 2009.

3.2.1 Prova “Intensificazione colturale di *Melissa officinalis* L.”

Generalmente una coltivazione di melissa ha una durata di 7-8 anni nonostante la produttività e la qualità inizino a decrescere tra il 3° e il 4° anno di impianto. Solitamente vengono apportati tra i 50-80 kg*ha⁻¹ di azoto per anno. La resa media in peso secco è di 2.5-4 t*ha⁻¹ durante il 2° anno di impianto. Il rapporto tra le foglie e i fusti è di circa il 1:1 (Fernandez-Pola, 2001; Marzi e De Mastro, 2008).

3.2.1.1 Descrizione della prova

La prova di coltivazione ha valutato l'influenza delle tecniche colturali (densità d'impianto, gestione degli sfalci e fertilizzazione) sulla produzione di biomassa (in peso fresco e in peso secco totale, di foglie e di fusti) e sulla durata della coltura (fig. 7).

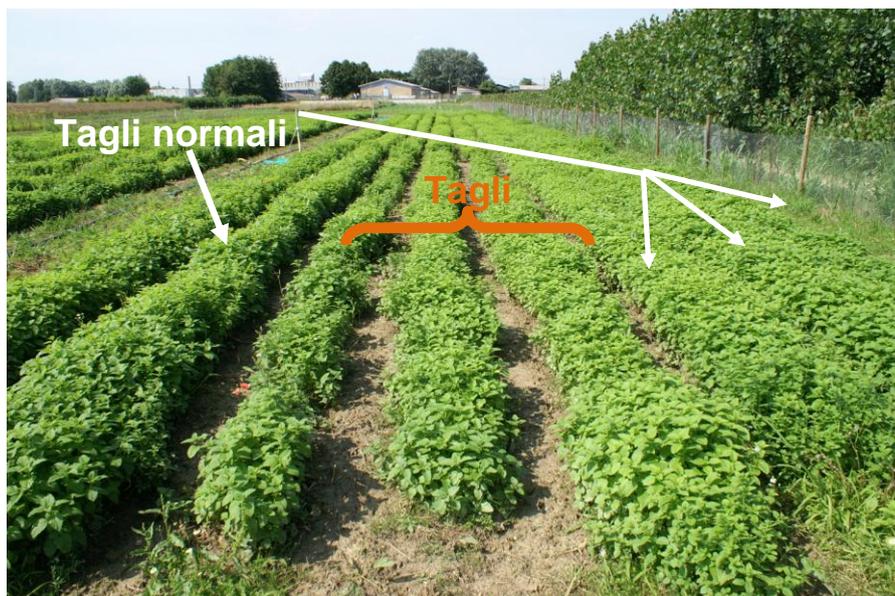


Figura 7: *Melissa officinalis* densità d'impianto di 3 piante*m-2, Legnaro, 20 giugno 2008. Le tre file centrali sono state sottoposte al trattamento "sfalci intensivi", mentre le due file a destra ed a sinistra a "sfalci normali".

La prova è stata avviata il 21 giugno 2006 utilizzando piante da seme prodotte nell'Azienda Agraria Sperimentale "L.Toniolo", a Legnaro, costituita da 4 parcelle più i rispettivi blocchi, come evidenziato in figura 8:

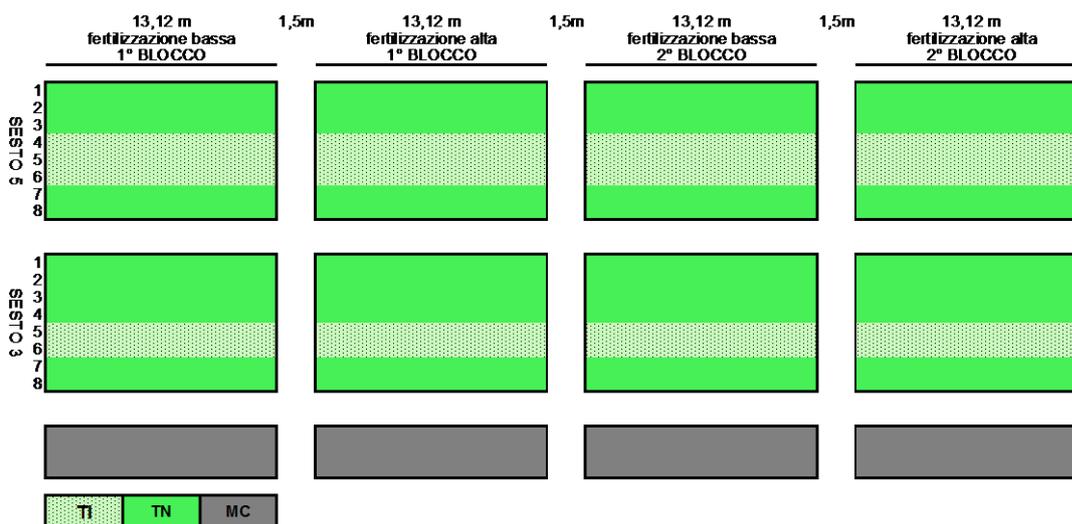


Figura 8: Schema di campo della prova di coltivazione di *Melissa officinalis* (TI = gestione degli sfalci intensiva; TN = gestione degli sfalci normale; MC = parcelle destinate ai prelievi per il modello di crescita).

I fattori allo studio sono stati (fig. 9):

- il sesto d'impianto:

3 (piante*m⁻²) = 75 cm di interfila x 27 cm sulla fila pari a 28985 piante*ha⁻¹;

5 (piante*m⁻²)= 75 cm x 46 cm pari a 49382 piante*ha⁻¹;

- la gestione degli sfalci (tab. 9):

TI= Sfalci Intensivi;

TN= Sfalci Normali;

- la fertilizzazione (tab. 10):

Bassa;

Alta

Tabella 9: Numero degli sfalci per anno

N° sfalci per anno		
	Sfalci intensivi	Sfalci normali
2006	2	2
2007	4	2
2008	3	3
2009	3	3
Totale	12	10

Tabella 10: Unità di N/ha distribuite per anno.

Unità di azoto per anno		
	Fert. bassa	Fert. alta
2006	100	100
2007	53	103
2008	105	128
2009	78	130
Totale	336	460
Media	84	115

		3				5			
		fertilizzazione bassa		fertilizzazione alta		fertilizzazione bassa		fertilizzazione alta	
		tagli int	tagli norm	tagli int	tagli norm	tagli int	tagli norm	tagli int	tagli norm
2006	06/09/2006								
	08/11/2006								
2007	20/04/2007		52 unità di N/ha						
	27/06/2007								
	30/07/2007			50 unità di N/ha					
	06/08/2007								
	21/09/2007								
2008	21/04/2008	105 unità di N/ha				105 unità di N/ha			
	08/05/2008								
	02/07/2008								
	22/07/2008								
	23/07/2008			23 unità di N/ha				23 unità di N/ha	
	15/10/2008								
	23/03/2009	24 unità di N/ha		48 unità di N/ha			24 unità di N/ha	48 unità di N/ha	
2009	14/05/2009								
	29/05/2009								
	23/06/2009		54 unità di N/ha				54 unità di N/ha		
	27/08/2009								
	02/09/2007			28 unità di N/ha				28 unità di N/ha	
	03/09/2009								
	16/10/2009								

Figura 9: Schema di gestione della prova di coltivazione di *Melissa officinalis* durante gli anni di sperimentazione. Nella prima colonna è stato riportato l'anno di gestione, nella seconda la data dello sfalcio; nella prima riga l'intensità di impianto. Le celle colorate rappresentano i momenti in cui è stato effettuato lo sfalcio.

3.2.1.2 Modalità di prelievo

I prelievi sono stati effettuati ad inizio fioritura. Per ogni parcella sono state campionate 10 piante di cui è stato registrato il peso fresco e, dopo l'essiccazione a 30 °C, il peso secco totale, in foglie e fusti. In seguito al prelievo le parcelle sono state interamente tagliate con la falciatrice, la biomassa è stata pesata con il dinamometro e una porzione (di volume pari a 0.3 m x 0.2 m x 0.1 m) di questa messa in stufa a 105 °C per la determinazione del peso secco.

Durante il solo 2009, a partire dalla metà di giugno, sono stati effettuati dei prelievi settimanali di biomassa (su una superficie pari a 0.75 m x 1 m) per studiare l'andamento del contenuto in acido rosmarinico durante la stagione colturale. La biomassa raccolta è stata essiccata a 30 °C per 30 ore; sono stati separati i fusti dalle foglie, e queste ultime, che rappresentano il prodotto utile, sono state analizzate.

3.2.1.3 Metodiche di analisi dell'acido rosmarinico

Sono stati pesati 0.02 g di droga in una provetta da 15 mL a cui sono stati aggiunti 30 mL di metanolo e 7 mL di acqua demineralizzata. Tutti i campioni hanno subito un processo di sonicazione della durata di 10 minuti. Tale processo sviluppa delle onde di compressione (in cui la pressione aumenta) e delle aree di rarefazione (in cui la pressione diminuisce), che potenziano il processo di estrazione, accorciandone i tempi.

Dopo l'estrazione i campioni sono stati filtrati con un filtro siriga a membrana in PVDF da 0.45 µm con Ø 25 mm e analizzati con la tecnica della cromatografia liquida ad alta pressione come segue:

- Fase Mobile: (A) Acido formico 0.05% in acqua, (B) Metanolo; B dal 25 all'85% in 25 min, fino al 100% per lavaggio colonna;
- Flusso 1 mL*min⁻¹;
- Temperatura colonna 25 °C;
- DAD 280-380 nm (per l'acido rosmarinico 330 nm);
- Filtrazione con filtri 0,22 µm.

3.2.2 Analisi statistica

Le medie sono state confrontate tramite il test dell'analisi della varianza con l'ausilio del software Stagrafics XV.II., le medie sono state separate con il test di Tukey.

3.3 Prova "Modello di Crescita su *Melissa officinalis* L."

3.3.1 Descrizione della prova

L'esperimento è stato organizzato in 3 parcelle con lo scopo di descrivere l'andamento della crescita di melissa in diversi momenti della gestione colturale, nello specifico:

- Parcella A - accrescimento dalla ripresa vegetativa;
- Parcella B - accrescimento dopo il primo sfalcio;
- Parcella C - accrescimento dopo il secondo sfalcio.

La parcella A è stata suddivisa in 15 parcelline (dimensioni pari a 0.75 m x 1 m) ciascuna delle quali è stata campionata ogni 7 giorni a partire dal 14 maggio con lo scopo di studiare l'accrescimento della coltura dalla ripresa vegetativa alla fase di senescenza (fig.10).

Le parcelle B e C sono state suddivise a loro volta in due sottoparcelle di uguali dimensioni (BX e BY; CX e CY) per studiare l'andamento della coltura dopo lo sfalcio. Ogni sottoparcella è stata suddivisa ulteriormente in sei parcelline (dimensioni pari a 0.75 m x 1 m).

Le sottoparcelle BX e CX sono state campionate settimanalmente per studiare l'accrescimento dopo il primo sfalcio precoce; la sottoparcella BY e CY sono state campionate rispettivamente dopo il primo ed il secondo sfalcio tardivo (fig.10).

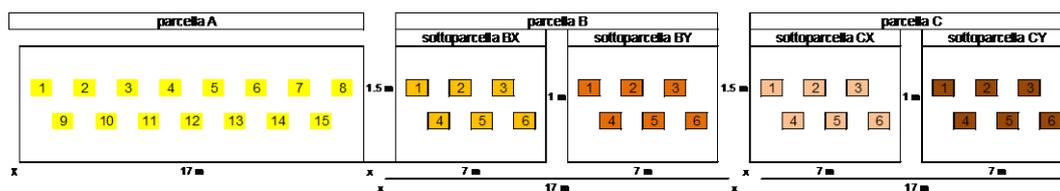


Figura 10: Mappa della prova. Da sinistra verso destra la parcella A, B e C; sono rappresentate anche le sottoparcelle BX, BY e CX, CY e le parcelline con numerazione crescente a partire da 1.

3.3.2 Modalità di prelievo

I campionamenti sono stati effettuati settimanalmente seguendo uno schema temporale riportato in figura 11:

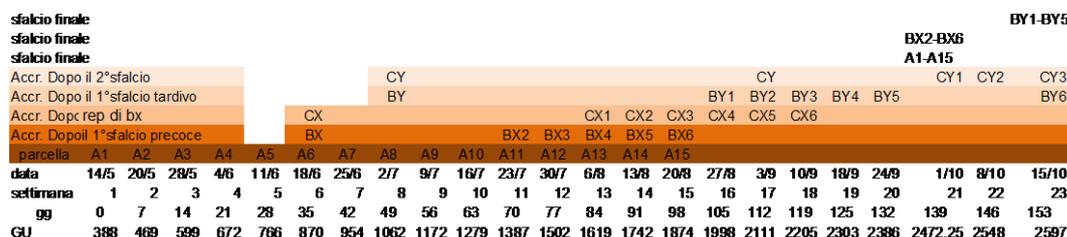


Figura 11: Schema temporale dei campionamenti. BX e CX sono le parcelle campionate settimanalmente per valutare l'accrescimento dopo il primo sfalcio, BY dopo il primo sfalcio tardivo e CY dopo il secondo sfalcio (Accr. = accrescimento; gg = giorni; GU = gradi utili; rep = replica).

Ad ogni prelievo è stato tagliato e pesato 1 m lineare di biomassa dal quale sono stati prelevati 30 fusti per 3 volte sui quali è stato rilevato:

- Peso fresco totale;
- Peso fresco e peso secco foglie;
- Peso fresco e peso secco fusti;
- Indice di area fogliare.

I pesi secchi sono stati ottenuti mettendo in stufa i campioni a 105 °C per 30 ore.

3.3.3 Analisi statistica

Le medie sono state confrontate tramite il test dell'analisi della varianza con l'ausilio del software Stagrafics XV.II. e le medie sono state separate con il test di Tukey.

4. Risultati

4.1 PROVA “Produttività e qualità delle infusionali”

4.1.1 Fase di Campagna

Come già spiegato nel paragrafo 3.1 dei materiali e metodi, la prova è stata condotta parallelamente a Legnaro e Villiago.

Nella prima località sono state studiate le produzioni ottenute da tre gestioni, differenti per il momento di sfalcio; la prima basata sullo sfalcio precoce (con il 20% delle piante fiorite), la seconda sullo sfalcio intermedio (con il 50% delle piante fiorite) e la terza sullo sfalcio tardivo (oltre il 70% delle piante fiorite). A Villiago non è stata studiata la gestione intermedia, ad esclusione di menta. Solo per quest'ultima specie è stato fatto il confronto tra la gestione precoce e intermedia.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti, le medie di produzione delle gestioni sono state confrontate per singolo prelievo, per anno e per il totale dei due anni.

Nei grafici a seguire le lettere diverse indicano differenze statistiche tra i trattamenti per la stessa specie separate utilizzando il test di Tukey: a la lettera maiuscola corrisponde a $p=0.01$, a lettera minuscola $p=0.05$; n.s. corrisponde alla non significatività del test.

4.1.1.1 Melissa

Melissa - Legnaro

Primo sfalcio primo anno

In figura 12 è riportata la biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta dalle 3 parcelle nel primo prelievo del 2007. Le gestioni (sfalcio a inizio, piena e fine fioritura, rispettivamente P, PT e T) non hanno prodotto differenze significative in termini di biomassa essendo stato il primo sfalcio del primo anno di coltivazione.

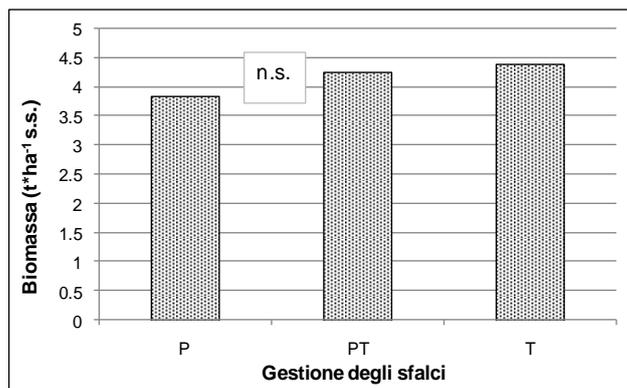


Figura 12: biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci al primo prelievo del primo anno di coltivazione (P = precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato anche per la produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 13); per quanto concerne la produzione in fusti, che rappresentano lo scarto della coltura (nel caso del prodotto taglio tisana), lo sfalcio a inizio fioritura (P) ne ha prodotti mediamente meno (fig. 14).

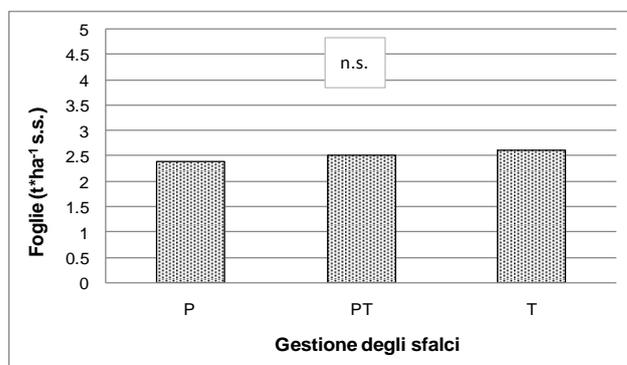


Figura 13: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci al primo prelievo del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

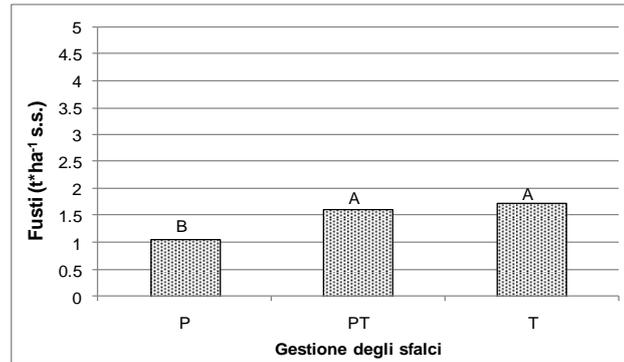


Figura 14: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci al primo prelievo del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

La percentuale in foglie sul totale della pianta è risultata maggiore sfalciando a inizio fioritura (P) (fig. 15). Quindi anticipando lo sfalcio non è stata ottenuta una resa più elevata in biomassa, ma il rapporto tra le foglie e i fusti è risultato a favore delle prime con un incremento di resa di 8 t*ha⁻¹ (s.s.) circa rispetto alle altre gestioni (fig. 16).

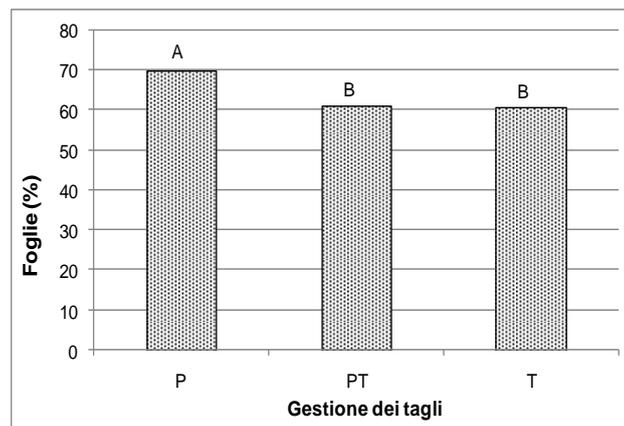


Figura 15: resa in foglie (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta al primo prelievo del primo anno di sperimentazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P=gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

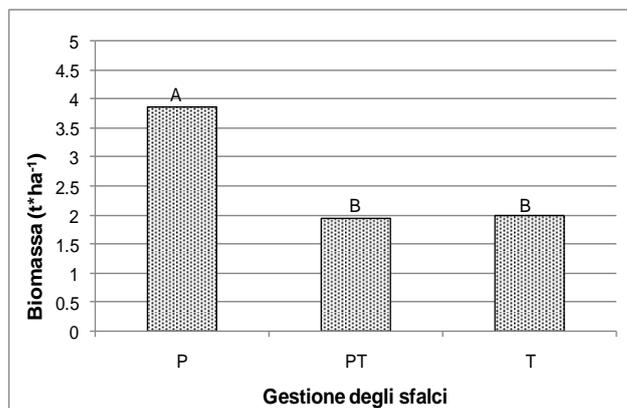


Figura 16: biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalcio (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo prelievo del primo anno di coltivazione - Legnaro.

Secondo sfalcio primo anno

A differenza del primo, con il secondo prelievo è stata osservata una differenza statistica tra i tre momenti di sfalcio a favore di quello precoce in termini di biomassa prodotta (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 17). La produzione dello sfalcio precoce è stata quasi doppia rispetto agli sfalci avvenuti in piena e fine fioritura e a fine fioritura (fig. 17).

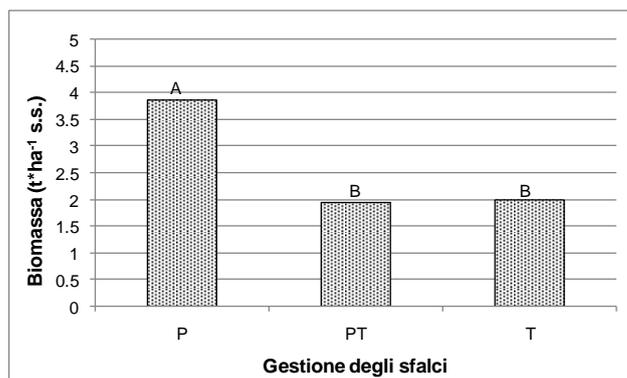


Figura 17: biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci al secondo prelievo del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato per la produzione in foglie (fig. 18) e in fusti (fig. 19).

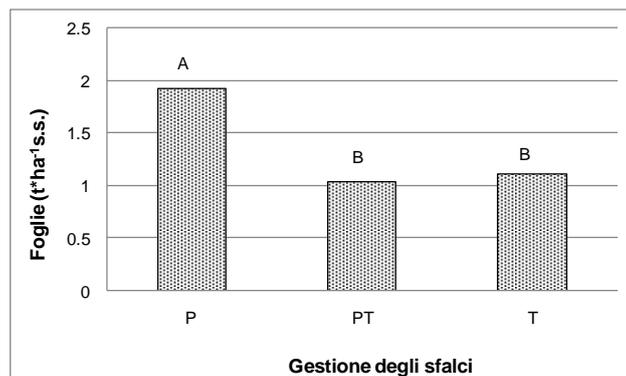


Figura 18: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalcio al secondo prelievo del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

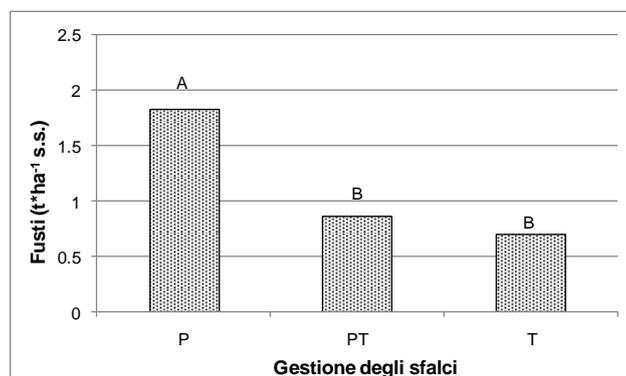


Figura 19: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalcio al secondo prelievo del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Esprimendo come percentuale la resa in foglie è stato osservato (fig. 20) come nello sfalcio tardivo (T) il prodotto utile sia stato maggiore.

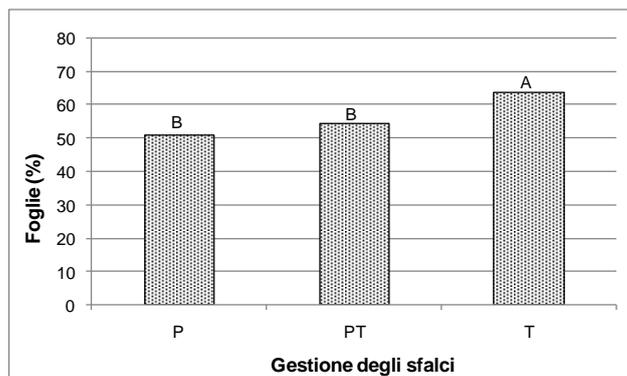


Figura 20: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione del momento dello sfalcio (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo prelievo del primo anno di coltivazione - Legnaro.

Totale primo anno

Nel grafico in figura 21 sono state confrontate le tre gestioni alla fine del primo anno di coltivazione.

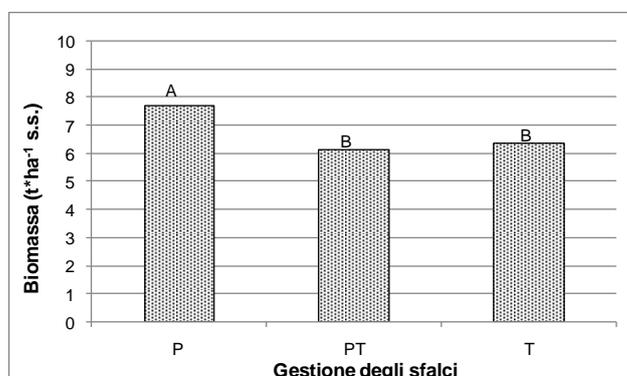


Figura 21: biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalcio alla fine del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Durante il primo anno di coltivazione melissa ha prodotto più biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) con la gestione a sfalci precoci (P), precisamente 7.7 t*ha⁻¹ (s.s.) contro le 6.1 t*ha⁻¹ (s.s.) della gestione a sfalci intermedi e le 6.4 t*ha⁻¹ (s.s.) della gestione a sfalci tardivi (fig. 21).

Anche in termini di produzione in foglie e in fusti sono stati ottenuti gli stessi andamenti evidenziando un vantaggio produttivo dello sfalcio precoce dovuto alla maggior produzione di foglie in termini assoluti (figg. 22 e 23).

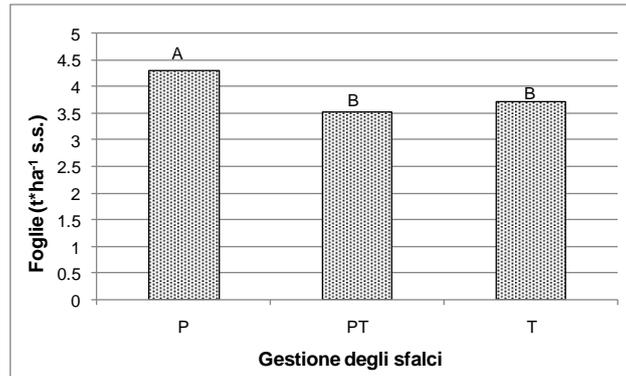


Figura 22: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) totale alla fine del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

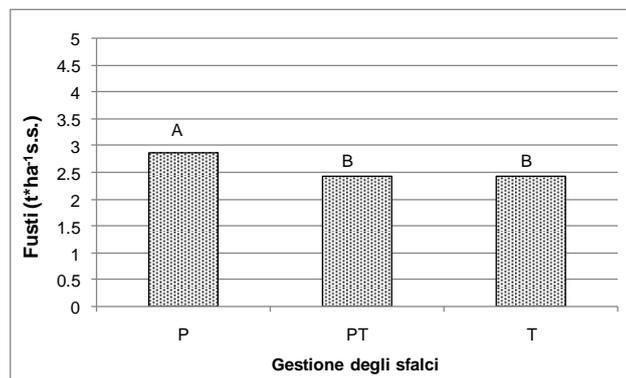


Figura 23: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) totale alla fine del primo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro

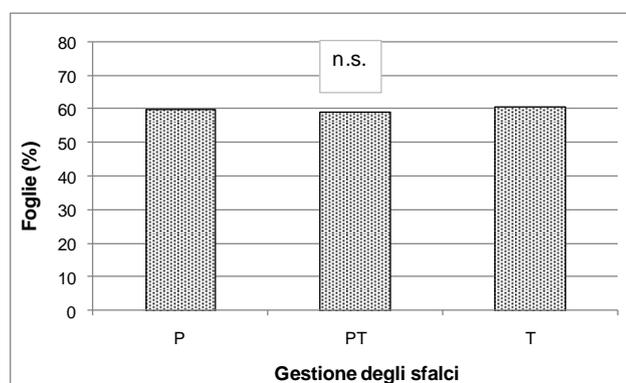


Figura 24: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) alla fine del primo anno di coltivazione (P=gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci inintermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

La produzione percentuale in foglie non ha evidenziato differenze tra le gestioni (fig. 24).

Primo sfalcio secondo anno

Durante il secondo anno di coltivazione sono stati effettuati tre sfalci per ciascuna gestione. Confrontando il primo prelievo (P, PT e T) non sono state osservate differenze statisticamente significative tra i parametri studiati (biomassa, produzione in foglie, in fusti e produzione percentuale in foglie); è stato riportato solo il grafico della biomassa (fig. 25) dove è possibile notare come le differenze osservate per il primo anno di coltivazione (fig. 12) non sono state invece riscontrate per il primo sfalcio del secondo anno, avvenuto in concomitanza per le tre gestioni il 15 maggio (le piante hanno prodotto quantità statisticamente non significativamente diverse), quindi hanno ripreso a vegetare con lo stesso vigore.

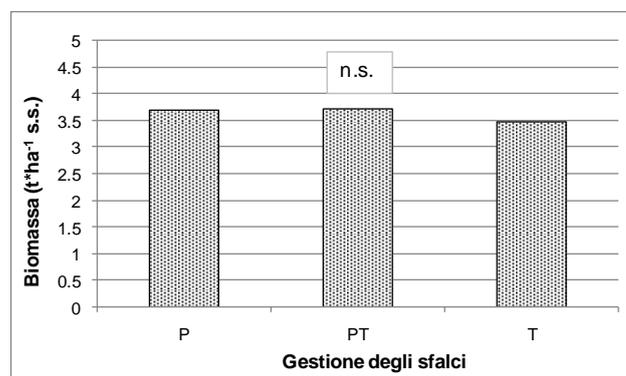


Figura 25: biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalcio al primo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Sono state, infatti, osservate delle differenze a partire dal secondo prelievo (fig. 26).

Secondo sfalcio secondo anno

La figura 26 mostra come lo sfalcio in piena fioritura sia stato il più produttivo in termini di biomassa (t*ha⁻¹), evidenziando un andamento differente rispetto al primo anno di coltivazione (fig. 17).

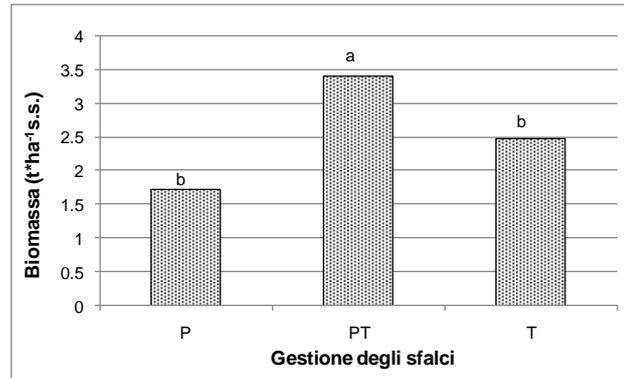


Figura 26: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalci al secondo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato per quanto riguarda la produzione in foglie e in fusti (figg. 27 e 28).

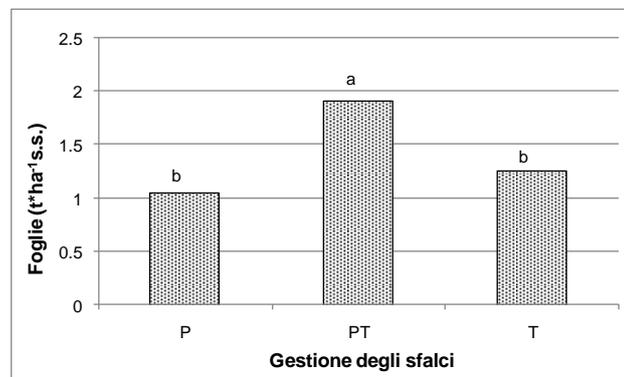


Figura 27: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) al secondo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

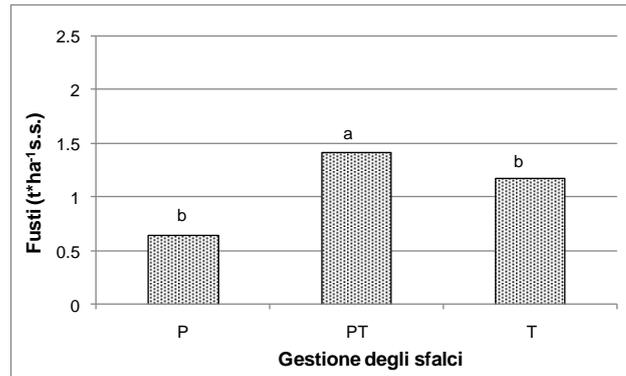


Figura 28: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) al secondo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

La produzione percentuale in foglie (fig. 29) è risultata maggiore con gli sfalci precoci (P) e intermedi (PT).

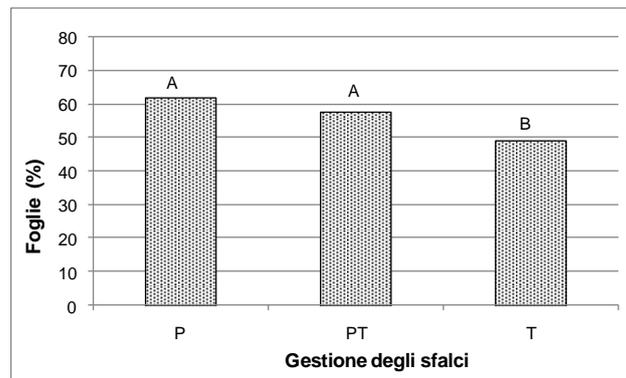


Figura 29: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) al secondo prelievo del secondo anno di coltivazione (P=gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T=gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Terzo sfalcio secondo anno

Durante il secondo anno di coltivazione (fig. 30) è stato effettuato un terzo sfalcio dove non sono state evidenziate differenze statisticamente significative nella gestione colturale in termini di biomassa (t*ha⁻¹).

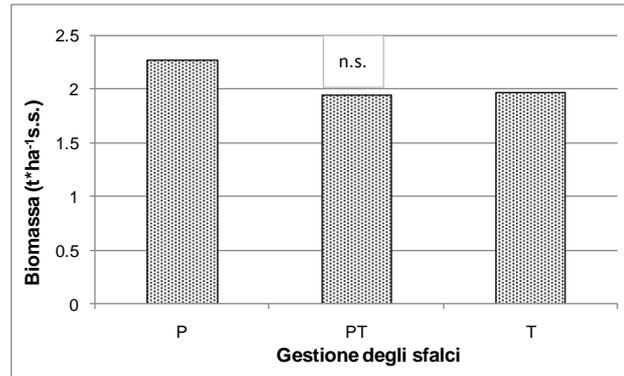


Figura 30: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione del momento dello sfalcio al terzo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

A differenti gestioni di sfalcio (P = sfalci precoci; PT = sfalci intermedi; T = sfalci a fine fioritura) non sono corrisposte, in termini quantitativi, differenti produzioni di foglie (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 31), bensì di fusti (fig. 32). La gestione peggiore è risultata essere quella basata sugli sfalci a inizio fioritura (P) (fig. 33).

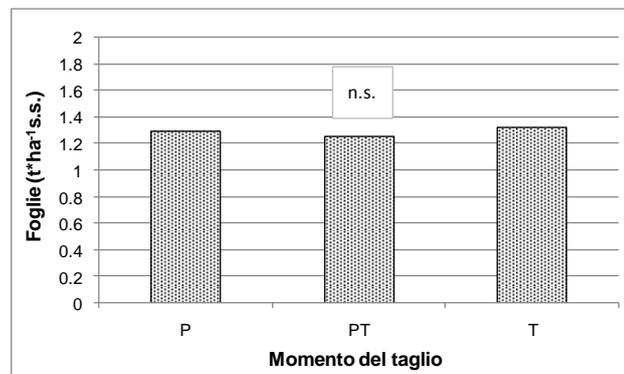


Figura 31: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) totale al terzo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

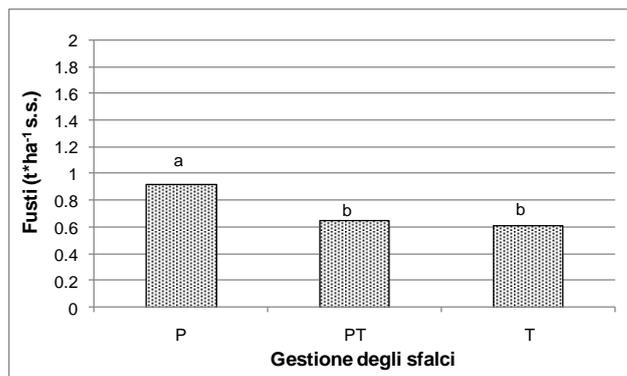


Figura 32: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) totale al terzo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

La produzione percentuale in foglie (fig. 33) è risultata altamente significativa, maggiore negli sfalci intermedi e tardivi a differenza di quanto evidenziato nei prelievi precedenti sia del primo anno di coltivazione (figg. 20 e 24) che del secondo anno (fig. 29).

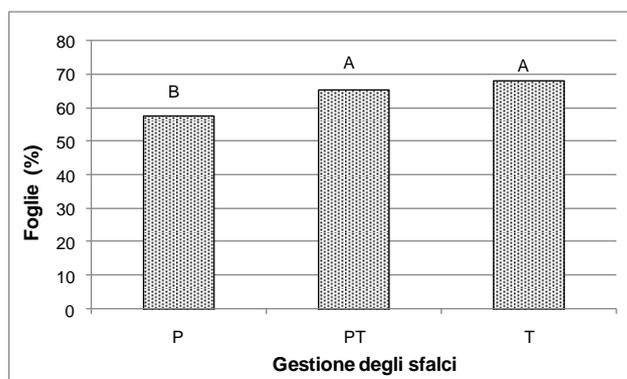


Figura 33: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) al terzo prelievo del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Totale secondo anno

Alla fine del secondo anno di coltivazione la gestione migliore, in termini di produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.), è risultata quella corrispondente agli sfalci intermedi (fig. 34).

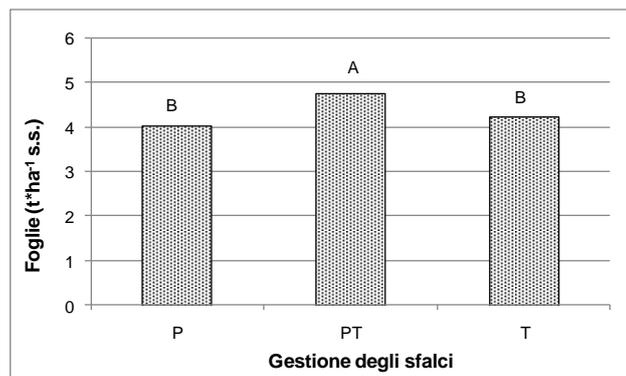


Figura 34: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) totale alla fine del secondo anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

Alla fine dei due anni di sperimentazione è stato osservato che il momento dello sfalcio è un fattore che ha influenzato la produttività di *Melissa officinalis*, infatti la produzione migliore, in termini di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) è stata ottenuta con gli sfalci a inizio fioritura (fig. 35). Il secondo anno di coltivazione ha prodotto una tonnellata per ettaro in più rispetto al primo anno (fig. 36).

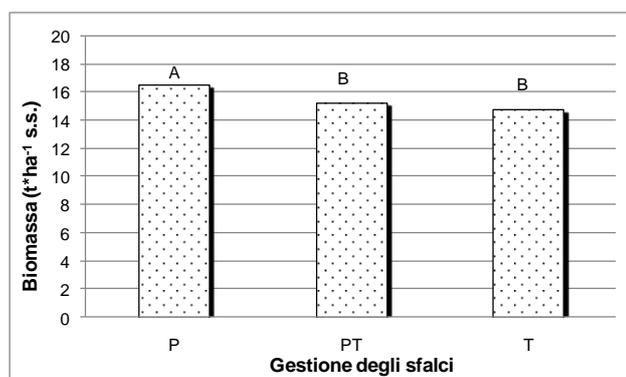


Figura 35: biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) totale alla fine dei 2 anni di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

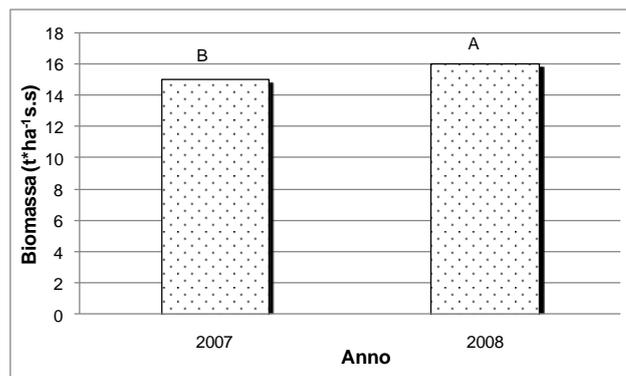


Figura 36: biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) totale in funzione dell'anno di coltivazione - Legnaro.

L'interazione tra il "momento dello sfalcio x anno di coltivazione" ha evidenziato delle differenze statisticamente significative in termini di biomassa (fig. 37). Il secondo anno ha prodotto maggiormente rispetto al primo; tra le varie combinazioni quella più produttiva è stata lo sfalcio precoce nel 2008 (P) (fig. 37).

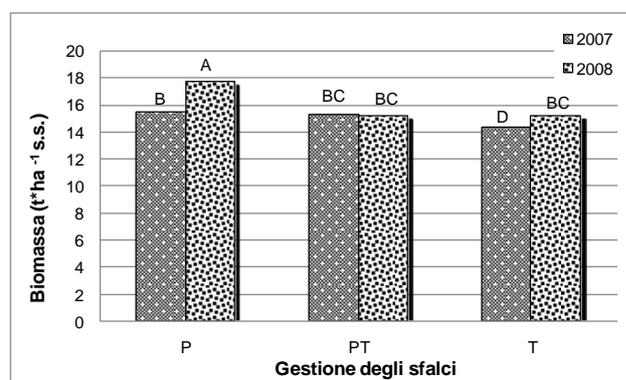


Figura 37: interazione "momento dello sfalcio x anno di coltivazione" in termini di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) e dell'anno di coltivazione - Legnaro.

Anche l'analisi riguardante la produzione in foglie è risultata significativa (fig. 38). I sistemi di gestione a sfalci precoci e intermedi hanno mostrato i risultati migliori (fig. 38). In figura 39 è riportata la produzione in foglie (t*ha⁻¹) in funzione dell'anno di coltivazione dove è possibile osservare che il primo anno è stato il più produttivo.

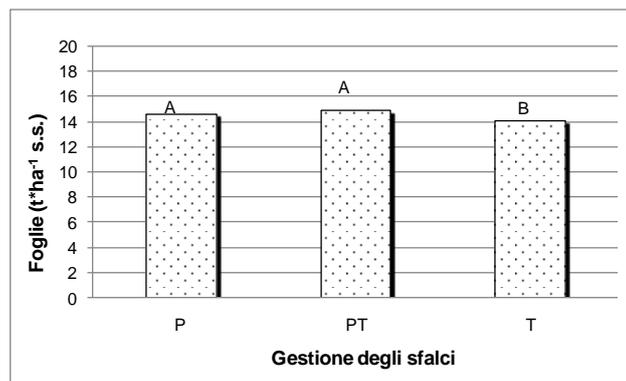


Figura 38: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) alla fine dei 2 anni di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

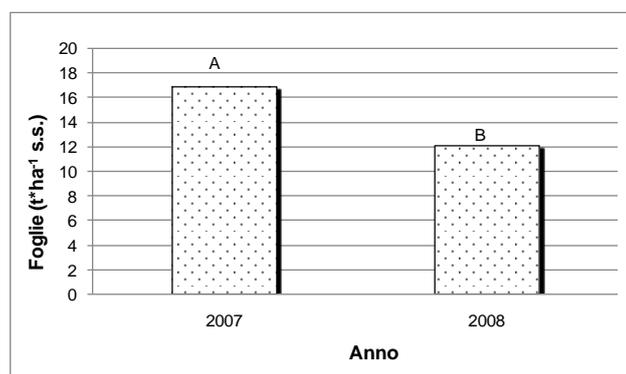


Figura 39: resa in foglie totale (t*ha⁻¹ s.s.) alla fine dei 2 anni di coltivazione - Legnaro.

Per quanto riguarda l'interazione "momento dello sfalcio x anno", in termini di produzione in foglie (t*ha⁻¹) (fig. 40), è stato osservato che durante il primo anno sono stati raggiunti valori più elevati, in particolare, adottando la gestione a sfalci intermedi. Le gestioni meno produttive sono risultate, invece, quelle a sfalci intermedi e tardivi durante il secondo anno (fig. 40).

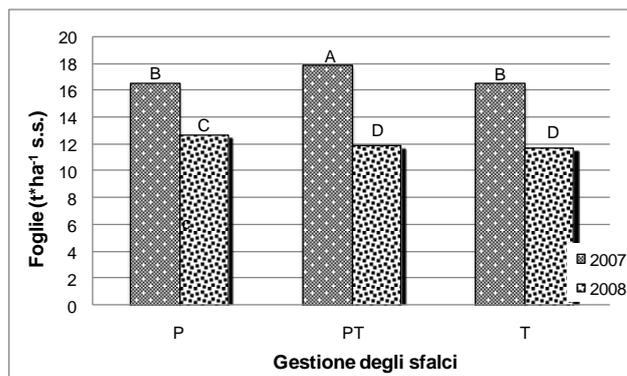


Figura 40: interazione “momento dello sfalcio x anno di coltivazione” e resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) e dell’anno di coltivazione - Legnaro.

Così come per le foglie, anche la produzione in fusti è minore sfalciando tardivamente (media dei due anni) (fig. 41). Dato osservabile anche nel grafico in figura 42 (interazione “momento dello sfalcio x anno di coltivazione”), ove è possibile osservare che gli sfalci a fine fioritura (T) producono meno materiale di scarto (fusti) in entrambi gli anni considerati.

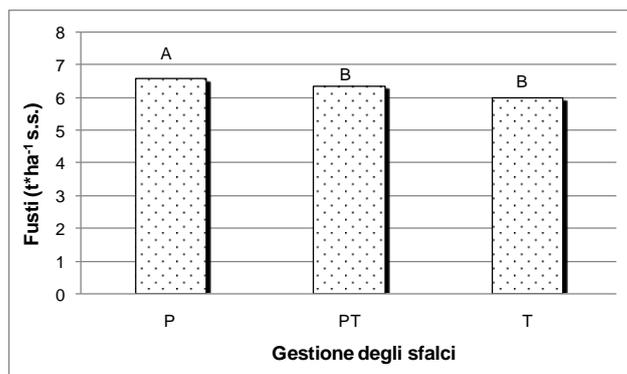


Figura 41: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione del momento di sfalcio nei 2 anni di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) - Legnaro.

In figura 42 è, inoltre, evidente che durante il secondo anno di coltivazione, ad eccezione degli sfalci a inizio fioritura (P) la melissa ha prodotto meno fusti.

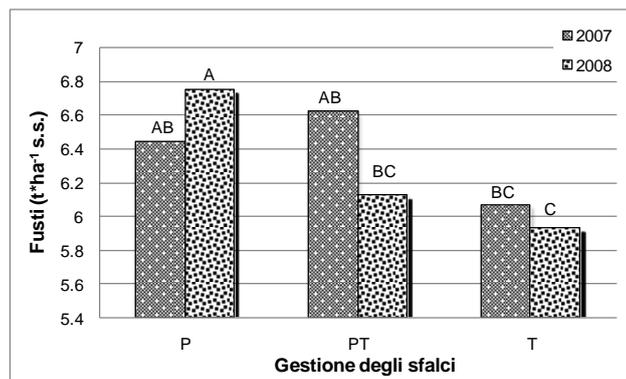


Figura 42: interazione “momento dello sfalcio x anno di coltivazione” e resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.e dell'anno di coltivazione.

La resa percentuale in foglie (fig. 43) è risultata minore sfalciando precocemente, anche se le differenze tra le tre gestioni sono minime (nell'ordine dell'1%), seppur statisticamente significative.

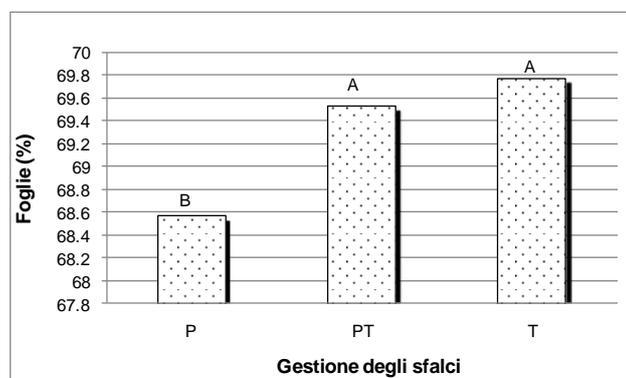


Figura 43: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) totale del biennio- Legnaro.

L'interazione tra i fattori “momento dello sfalcio x anno” (fig. 44) ha evidenziato come gli andamenti dei due anni siano stati simili, ma con un evidente calo di resa percentuale in foglie registrato durante il secondo anno.

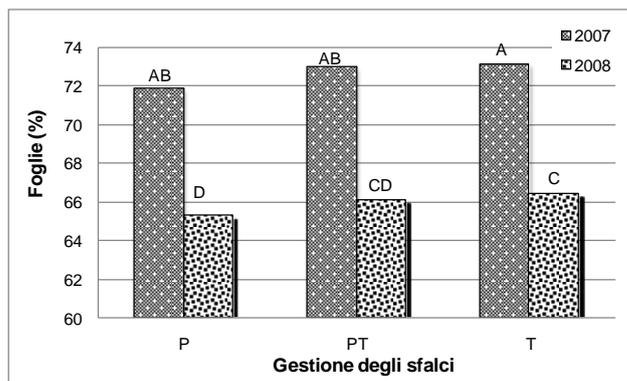


Figura 44: interazione “momento dello sfalcio x anno di coltivazione” resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi)- Legnaro.

Melissa Villiago

La medesima prova condotta a Villiago ha indagato le risposte produttive della coltura in funzione delle gestioni basate sugli sfalci precoci (con il 20% delle piante fiorite) e tardivi (con il 50% delle piante fiorite).

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in funzione dello sfalcio dell’anno (1= primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio).

Sfalci precoci primo anno

La prima tesi (P), gestita con gli sfalci precoci, non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra il primo e il secondo sfalcio in termini di biomassa secca (fig. 45).

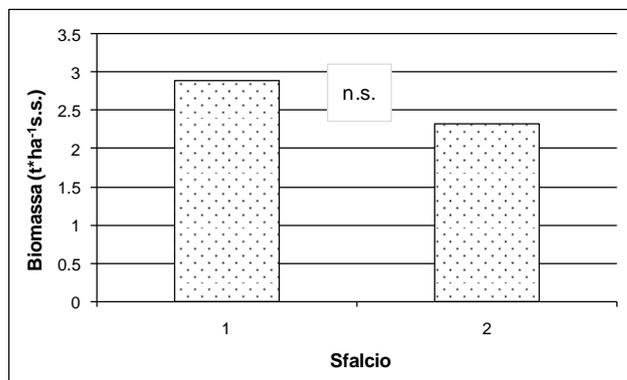


Figura 45: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) della tesi gestita a sfalci precoci in funzione del prelievo (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il primo anno di coltivazione (2007) – Villiago.

La produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) è stata maggiore con il primo sfalcio (fig. 46), mentre non sono state osservate differenze statisticamente significative nei due sfalci in termini di produzione in fusti ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 47).

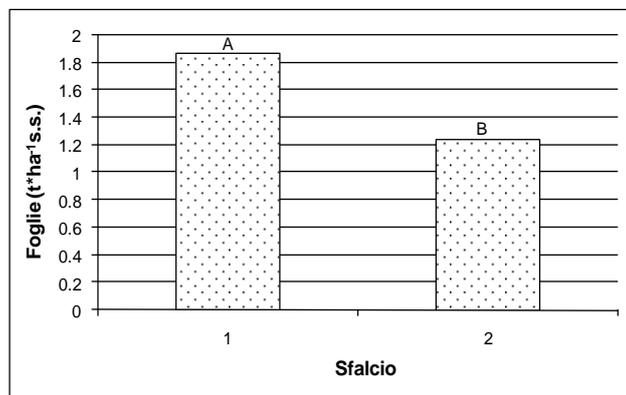


Figura 46: resa in foglie della tesi gestita a sfalci precoci ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il primo anno di coltivazione – Villiagio.

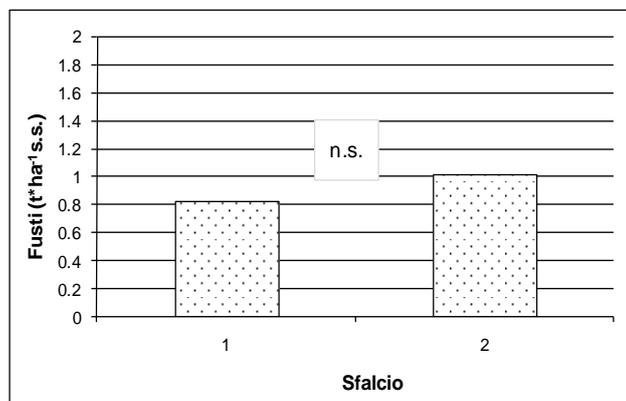


Figura 47: resa in fusti della tesi gestita a sfalci precoci ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il primo anno di coltivazione – Villiagio.

La produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) è risultata altamente significativa e superiore nel primo prelievo (fig. 48).

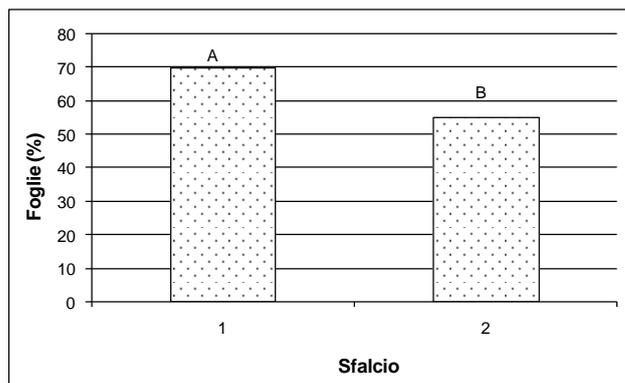


Figura 48: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della tesi gestita a sfalci precoci in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il primo anno di coltivazione – Villiago.

La seconda tesi al primo anno di coltivazione non è risultata significativa.

In totale, alla fine del primo anno di coltivazione è risultata significativamente differente la produzione percentuale in foglie tra le due gestioni dove la gestione a sfalci precoci (P) ha dato i migliori risultati (fig. 49) anche se le differenze sono state limitate (3.2 %).

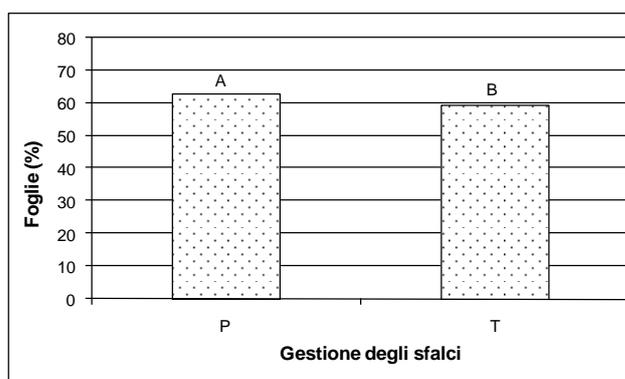


Figura 49: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della gestione degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del primo anno di coltivazione – Villiago.

Per quanto riguarda la produzione ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) di biomassa (fig. 50), di foglie (fig. 51) e di fusti (fig. 52) non sono state osservate differenze statisticamente significative nel gestire la coltura sfalciando precocemente o tardivamente.

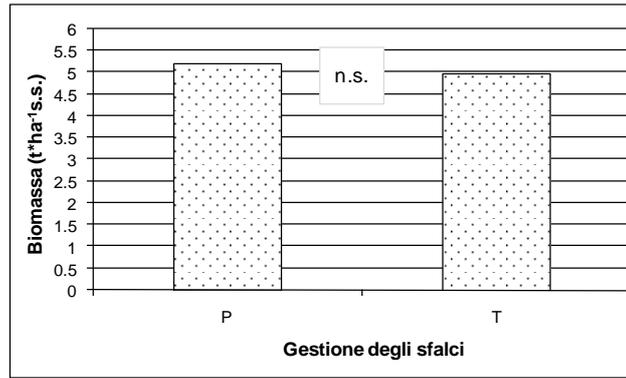


Figura 50: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) della gestione degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del primo anno di coltivazione – Villiogo.

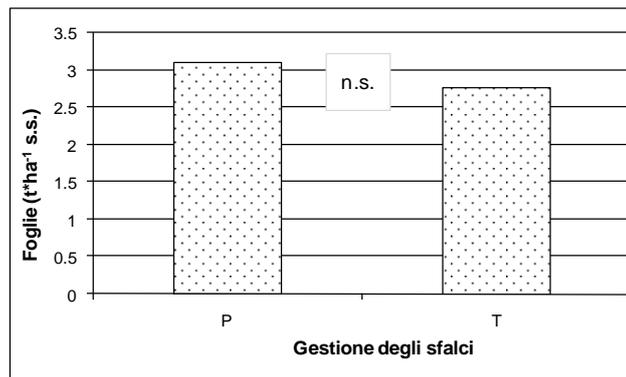


Figura 51: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della gestione degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del primo anno di coltivazione – Villiogo.

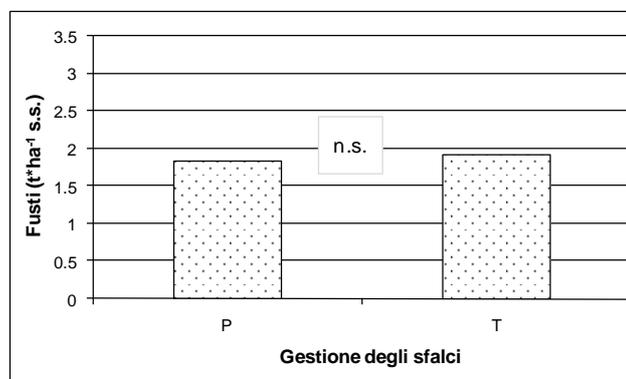


Figura 52: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) delle gestioni degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del primo anno di coltivazione – Villiogo.

Sfalci precoci secondo anno

Durante il secondo anno di coltivazione, la tesi gestita con gli sfalci precoci ha prodotto maggiormente nel secondo sfalcio in termini di biomassa (fig. 53), di foglie (fig. 54) e di fusti (fig. 55).

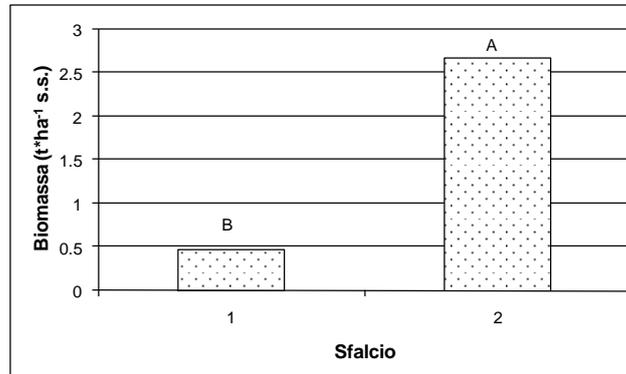


Figura 53: resa in biomassa (t*ha⁻¹s.s.) della tesi gestita a sfalci precoci in funzione dello sfalcio, (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) durante il secondo anno di coltivazione – Villiagio.

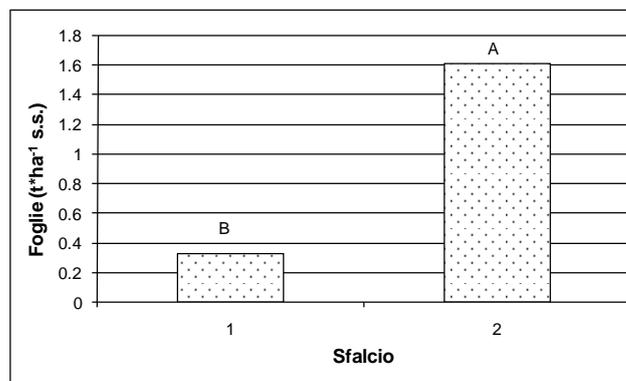


Figura 54: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della tesi gestita a sfalci precoci in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione – Villiagio.

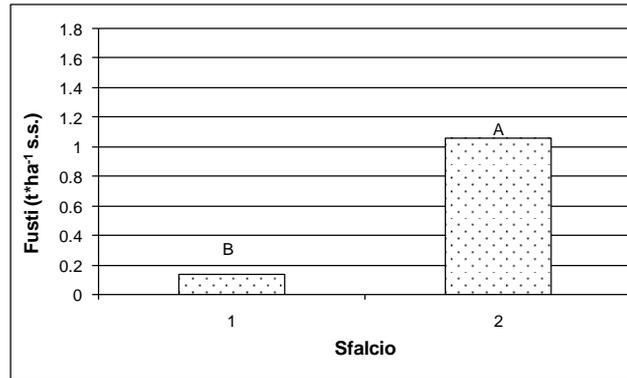


Figura 55: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della tesi gestita a sfalci precoci in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione – Villiogo.

La produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) al secondo anno di coltivazione è stata più elevata al primo sfalcio (fig. 56).

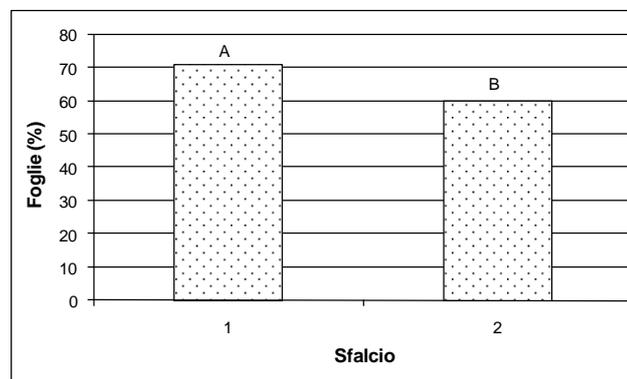


Figura 56: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della tesi gestita a sfalci precoci in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione – Villiogo.

Sfalci tardivi secondo anno

Per quanto riguarda il secondo anno della tesi gestita con gli sfalci tardivi, è risultato che il secondo sfalcio è stato il più produttivo ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 57), in termini di biomassa totale, ma anche di foglie e di fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (figg. 58 e 59).

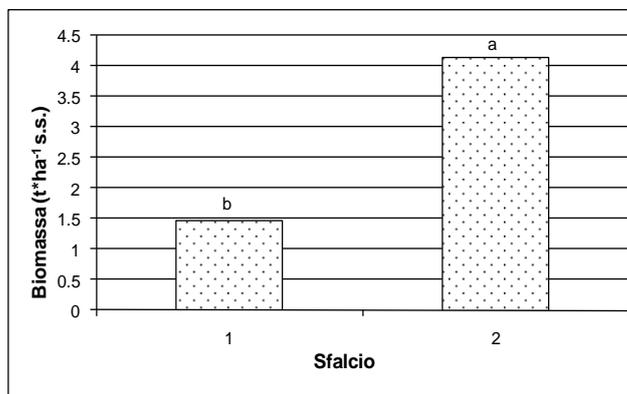


Figura 57: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) della tesi gestita a sfalci tardivi, in funzione del prelievo (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione - Villiago.

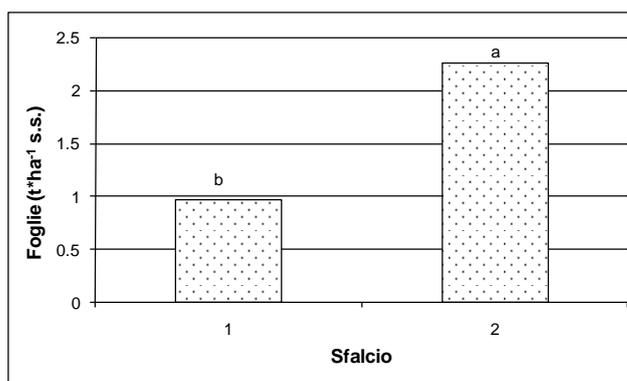


Figura 58: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) della tesi gestita a sfalci tardivi, in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione - Villiago.

Per quanto riguarda la produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.), le piante hanno raggiunto valori più elevati al primo sfalcio, mentre al secondo c'è stato un calo produttivo del 10% (fig. 60).

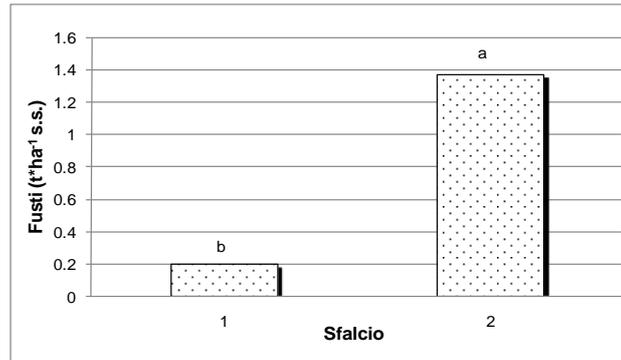


Figura 59: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della tesi gestita a sfalci tardivi, in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione – Villiagio.

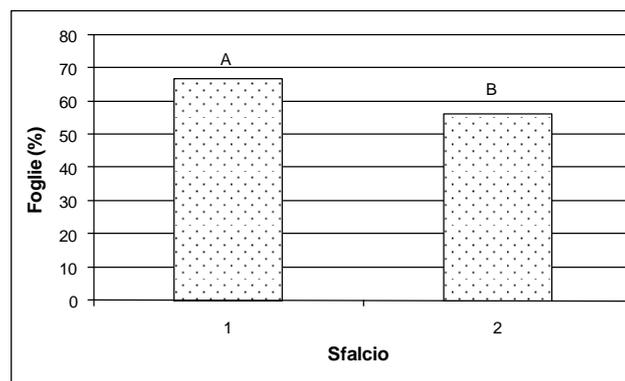


Figura 60: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della tesi gestita a sfalci in piena fioritura, in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio), durante il secondo anno di coltivazione – Villiagio

Di seguito è riportato il confronto tra le due gestioni alla fine del secondo anno di sperimentazione a Villiagio (figg. 61-65).

Alla fine del secondo anno di sperimentazione la tesi gestita con gli sfalci tardivi (T) ha prodotto maggiormente, in termini di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 61), di resa in foglie e fusti (t*ha⁻¹ s.s.) (figg. 62 e 63).

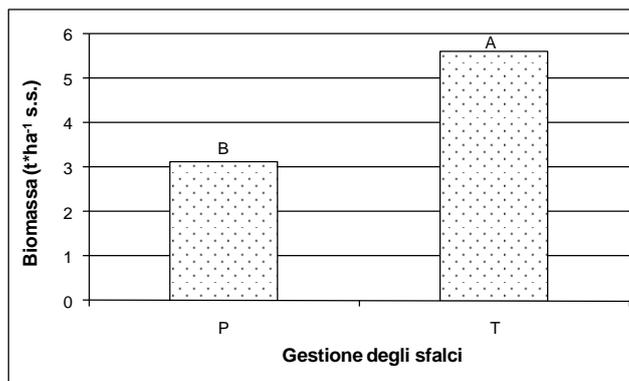


Figura 61: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) delle gestioni degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del secondo anno di coltivazione – Villiagio.

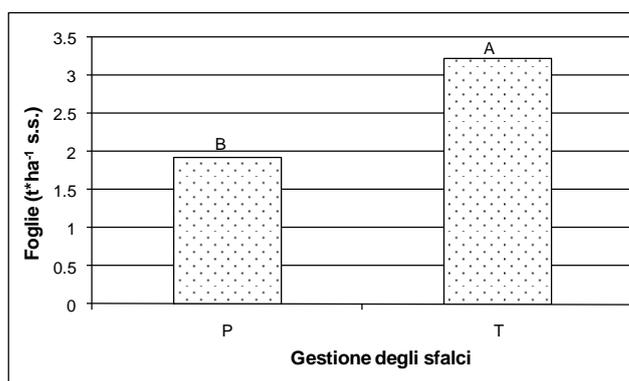


Figura 62: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) delle gestioni degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del secondo anno di coltivazione – Villiagio.

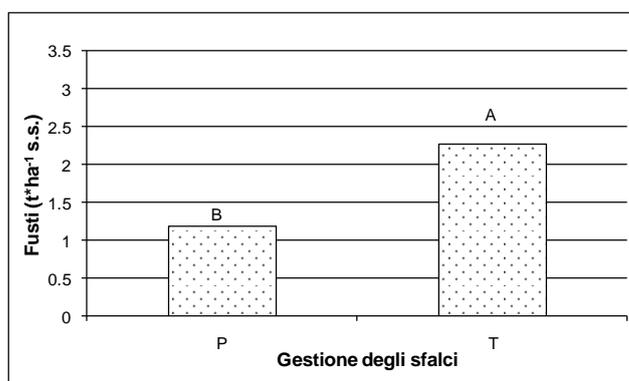


Figura 63: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) delle gestioni degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del secondo anno di coltivazione – Villiagio.

A differenza dei risultati sopra riportati (figg. 61, 62 e 63), le risposte in termini di produzione percentuale in foglie (fig. 64) hanno evidenziato come la gestione a sfalci precoci sia risultata la più produttiva con differenze tra le due gestioni anche se solo del 2.8%.

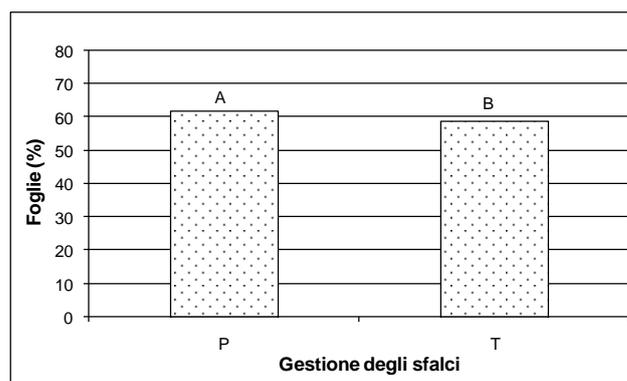


Figura 64: resa in foglie (% sul totale della biomassa) delle gestioni degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del secondo anno di coltivazione – Villiagio.

Il valore cumulato delle differenti produzioni, al termine del biennio di sperimentazione a Villiagio, è riportato nelle figure 65 e 66.

La miglior gestione in termini di produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) è stata quella ottenuta con la gestione a sfalci tardivi (fig. 65). È stato evidenziato, inoltre, che l'anno 2007 ha prodotto più biomassa rispetto al 2008 (fig. 66).

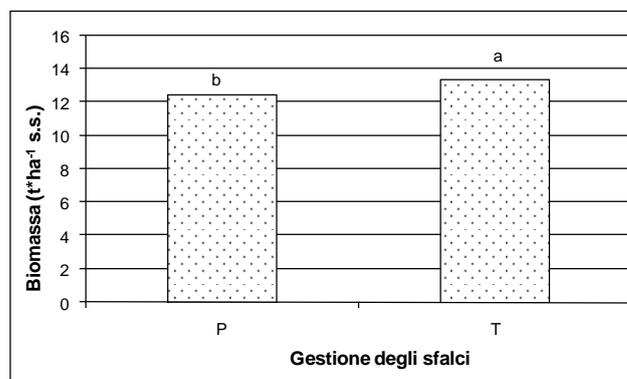


Figura 65: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) delle gestioni degli sfalci precoci (P) e tardivi (T), alla fine del biennio di coltivazione – Villiagio.

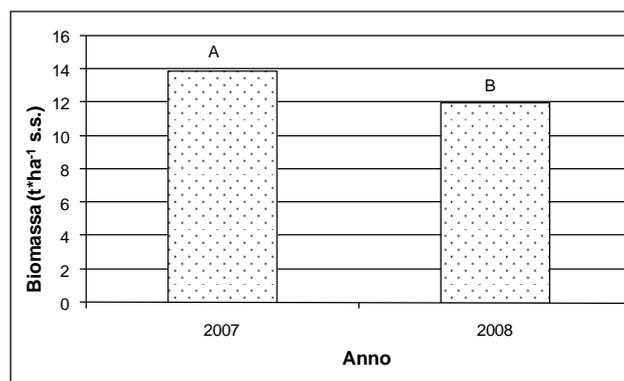


Figura 66: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno di coltivazione - Villiogo.

La produzione di *Melissa officinalis* ha mostrato delle differenze statisticamente significative per quanto l'interazione "gestione degli sfalci x anno".

Dal grafico in figura 67 si può notare come nel 2007 abbia prodotto di più la tesi soggetta a sfalci tardivi, mentre nel secondo anno di coltivazione la resa è calata da circa 16 t*ha⁻¹ a meno di 11 t*ha⁻¹ (di s.s.). Le differenze tra il primo e il secondo anno di coltivazione sono state maggiori nella tesi gestita a sfalci effettuati in piena fioritura, mentre nell'altra tesi, tali differenze sono state meno evidenti (fig. 67).

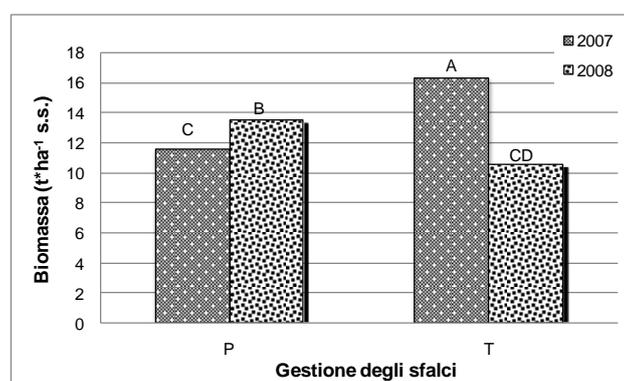


Figura 67: interazione "gestione degli sfalci x anno" in termini di resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) alla fine del biennio di coltivazione - Villiogo.

La produzione in foglie non è stata differente tra le due gestioni nel biennio di sperimentazione (fig. 68), mentre è stata diversa in funzione dell'anno di coltivazione e per la precisione, maggiore nel 2007 (fig. 69).

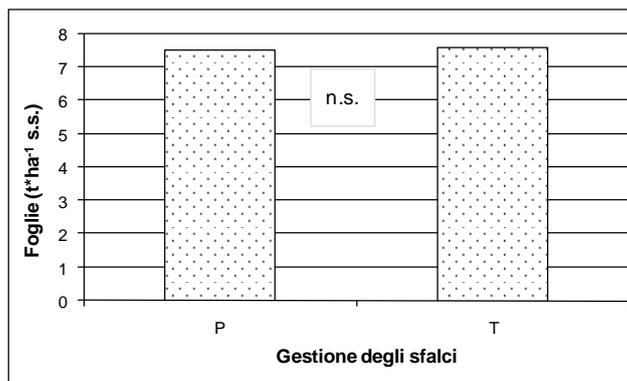


Figura 68: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione a sfalci precoci (P) e tardivi (T), durante il biennio di coltivazione – Villiagio.

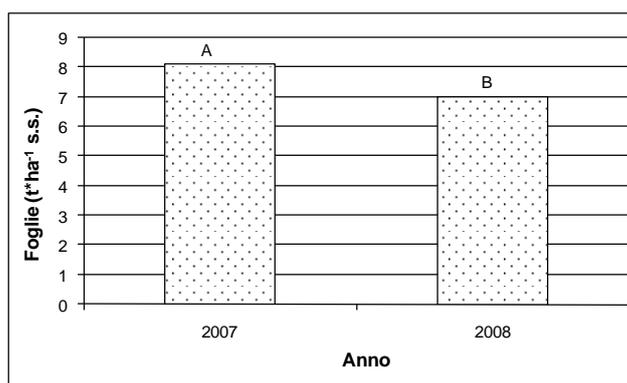


Figura 69: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno di produzione – Villiagio.

L'interazione "gestione degli sfalci x anno" nel caso della produzione in foglie (fig. 70) ha avuto un andamento simile a quanto osservato in termini di biomassa (fig. 67).

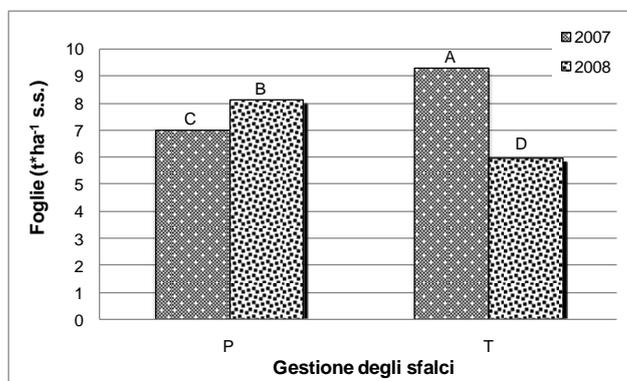


Figura 70: interazione "gestione degli sfalci x anno" in termini di resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) (P = sfalci precoci; T = tardivi) – Villiagio.

La produzione in materiale di scarto è risultata migliore negli sfalci effettuati a inizio fioritura (fig. 71) e durante l'anno 2008 (fig. 72).

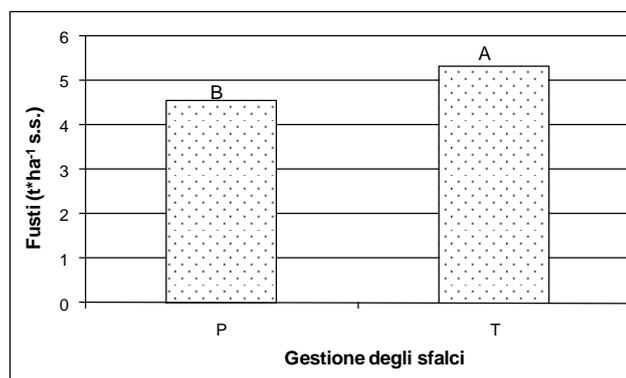


Figura 71: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione a sfalci precoci (P) e tardivi (T), durante il biennio di coltivazione – Villiogo.

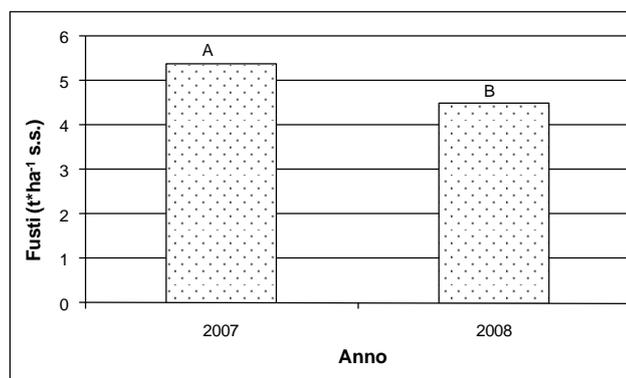


Figura 72: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno di produzione – Villiogo.

Per quanto riguarda l'interazione "gestione degli sfalci x anno" anche nel caso della produzione in fusti (fig. 73) l'andamento è simile a quello evidenziato per la biomassa (fig. 67) e della produzione in foglie (fig. 70).

Nel caso degli sfalci a inizio fioritura i valori migliori sono stati ottenuti nel 2007, mentre per la tesi gestita a sfalci in piena fioritura nel 2008 (fig. 73).

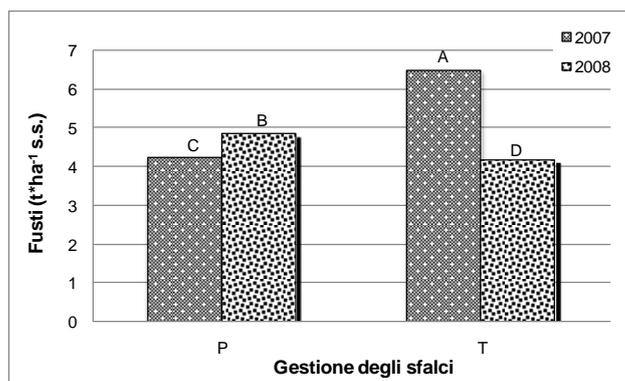


Figura 73: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = tardivi) e dell’anno di coltivazione – Villiagio.

Sfalciando precocemente è stata ottenuta una resa percentuale in foglie più elevata rispetto agli sfalci effettuati in piena fioritura (fig. 74).

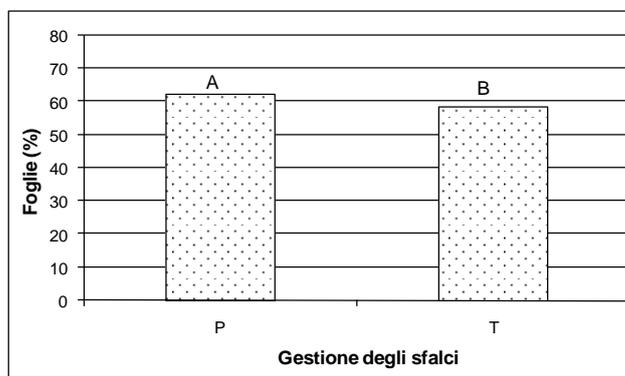


Figura 74: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione dalla gestione degli sfalci (P = precoce, T = tardivo), durante il biennio di coltivazione – Villiagio.

L’interazione “gestione degli sfalci x anno” non ha evidenziato differenze in funzione dell’anno di coltivazione e come detto precedentemente è stata maggiore negli sfalci precoci (P) (fig. 75).

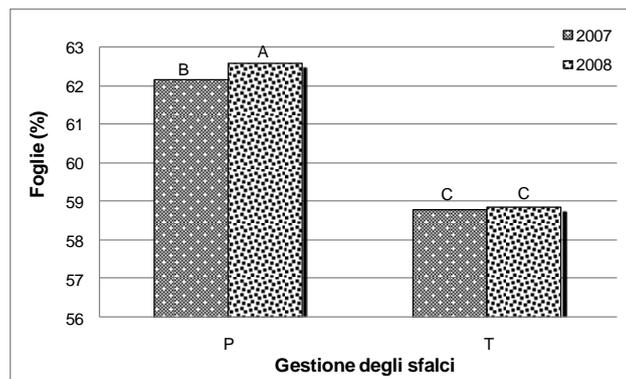


Figura 75: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = precoce, T = tardivo) e dell’anno di coltivazione – Villiagio

4.1.1.2 Menta

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti durante la sperimentazione a Legnaro e successivamente a Villiagio.

Menta Legnaro

Primo sfalcio primo anno

La biomassa ($t \cdot ha^{-1}$) ottenuta con il primo sfalcio a Legnaro è stata maggiore con la gestione a sfalci tardivi, mentre non è stata osservata alcuna differenza tra le gestioni a sfalci precoci e intermedi (fig. 76). Il grafico in figura 76 mostra come ritardando il momento dello sfalcio le piante producano più biomassa.

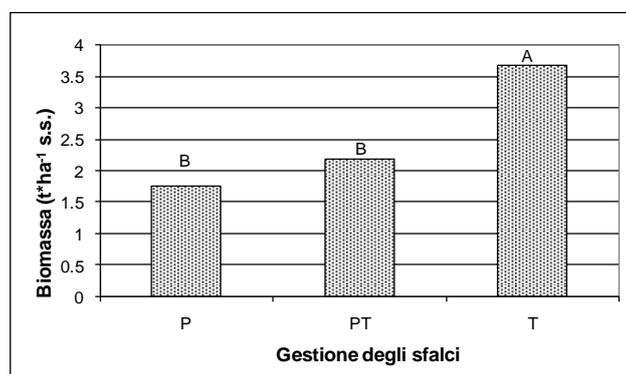


Figura 76: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al primo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato per la resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 77) e in fusti ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 78).

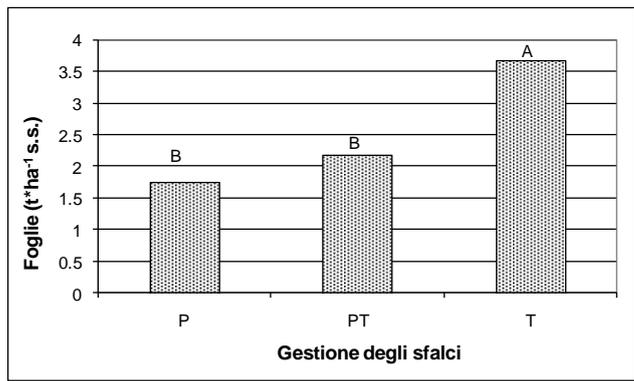


Figura 77: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al primo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

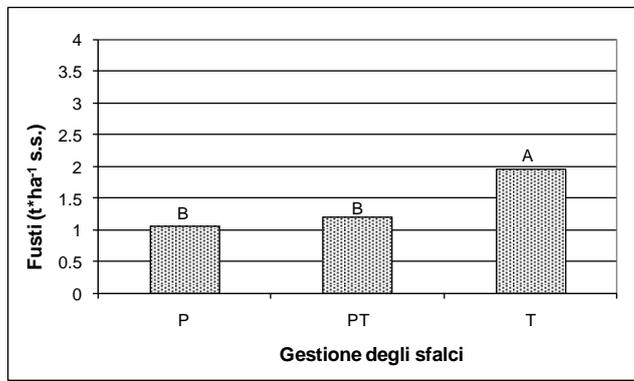


Figura 78: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al primo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Gli sfalci precoci hanno prodotto percentualmente più foglie (% sul totale della biomassa s.s.) rispetto agli intermedi e ai tardivi (fig. 79).

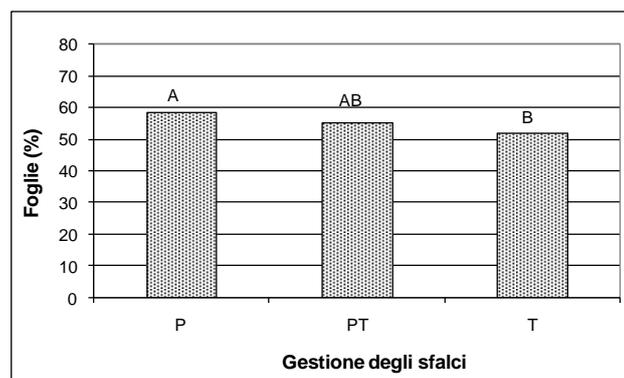


Figura 79: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al primo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Secondo sfalcio primo anno

La biomassa prodotta nel secondo sfalcio del primo anno di sperimentazione è risultata maggiore nella gestione a sfalci precoci (fig. 80) questo perché il secondo sfalcio o sfalcio finale del primo anno, è stato eseguito per tutte e tre le gestioni nello stesso periodo (fine di settembre - primi giorni di ottobre) lasciando, in questo modo, più tempo per ricacciare alle parcelle gestite a “sfalci precoci”.

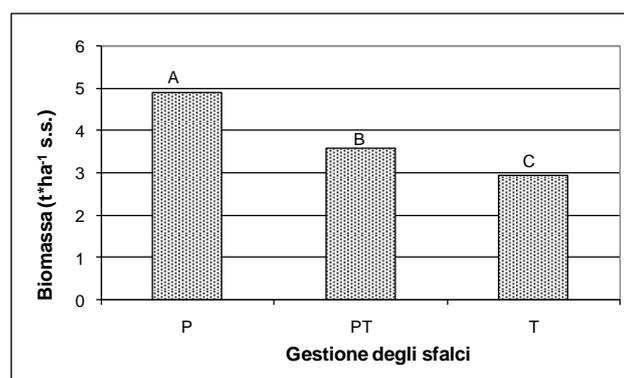


Figura 80: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Lo stesso trend è stato osservato per la produzione in foglie (fig. 81) ed in fusti (t*ha⁻¹) (fig. 82). Entrambi i grafici mostrano un andamento decrescente ed è interessante notare come, per le foglie, solo la tesi a sfalci precoci (P) sia risultata

significativa (fig. 81), mentre nel caso dei fusti ($t \cdot ha^{-1}$) la produzione diminuisca, partendo dagli sfalci precoci fino ai tardivi, in modo costante (fig.82).

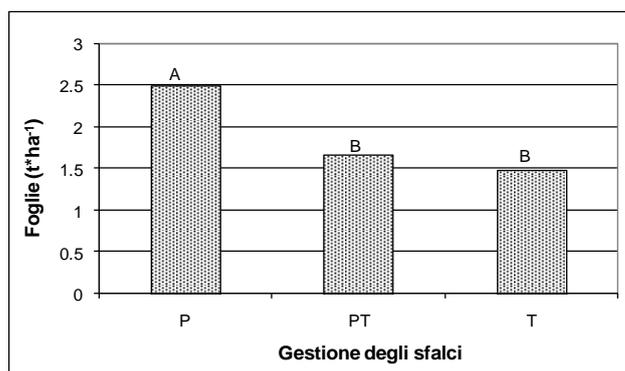


Figura 81: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

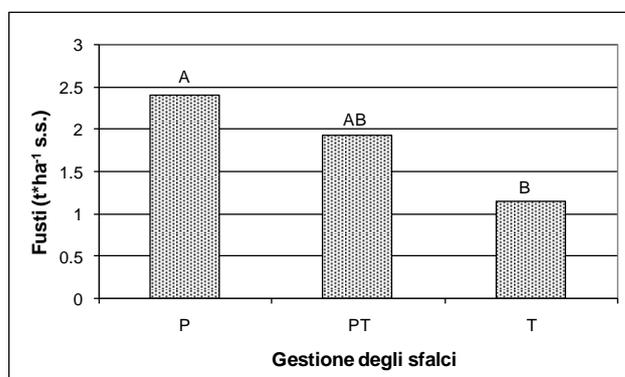


Figura 82: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

La gestione a sfalci tardivi (T) che ha dato una minor resa in termini di biomassa (fig. 80), ha evidenziato una produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) superiore alle produzioni delle gestioni precoce ed intermedia (fig. 83): le piante tagliate tardivamente, sono arrivate allo sfalcio finale relativamente più giovani e quindi con una massa fogliare maggiore ($t \cdot ha^{-1}$).

Il prelievo intermedio ha mostrato il minor risultato produttivo in termini di produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa) (circa il 45% rispetto

a valori superiori al 50% per gli altri trattamenti); tale dato è imputabile ad un importante decremento della resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 81) cui non è corrisposto un decremento proporzionale della produzione dei fusti ($t \cdot ha^{-1}$), cosa che è stata osservata per le altre due epoche di raccolta (P e T) (fig. 83). La produzione percentuale in foglie ottenuta con gli sfalci precoci è risultata intermedia tra le altre due (fig. 83).

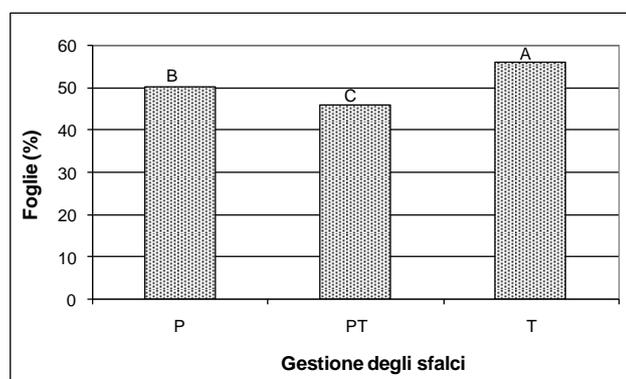


Figura 83: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Primo anno totale

La biomassa totale alla fine del primo anno non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i tre momenti di sfalcio con rese finali comparabili, superiori alle $6 t \cdot ha^{-1}$ s.s.. Infatti, la gestione a sfalci precoci ha prodotto meno biomassa con il primo sfalcio rispetto al secondo sfalcio (fig. 76 e 80), mentre la gestione a sfalci tardivi si è comportata all'opposto, ossia ha fornito maggior biomassa con il primo sfalcio rispetto al secondo.

Per quanto riguarda la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 84) è stato notato che la gestione a sfalci intermedi ha dato il peggior risultato produttivo, rispetto alle gestioni a sfalci precoci e tardivi che sono risultate maggiori di più del doppio. Nel grafico in figura 85 si può osservare, inoltre, che gli sfalci intermedi hanno prodotto più fusti rispetto agli altri due sfalci, suggerendo di evitare, quindi, lo sfalcio effettuato in piena fioritura.

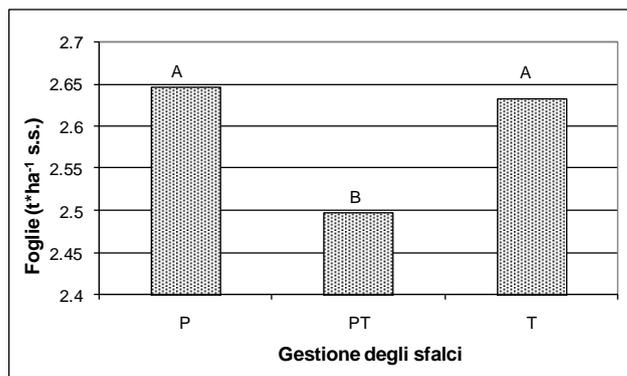


Figura 84: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del primo anno di coltivazione – Legnaro.

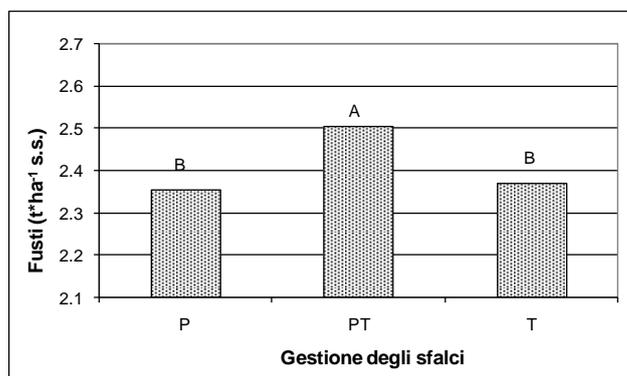


Figura 85: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Lo sfalcio intermedio ha prodotto in egual misura foglie e fusti (figg. 85 e 86). Dall'osservazione del grafico in figura 87, relativo alla percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) si evince che gli sfalci precoci e tardivi tendono a favorire l'emissione di foglie rispetto ai fusti, mentre negli sfalci intermedi la quantità di foglie e di fusti tende ad equivalersi.

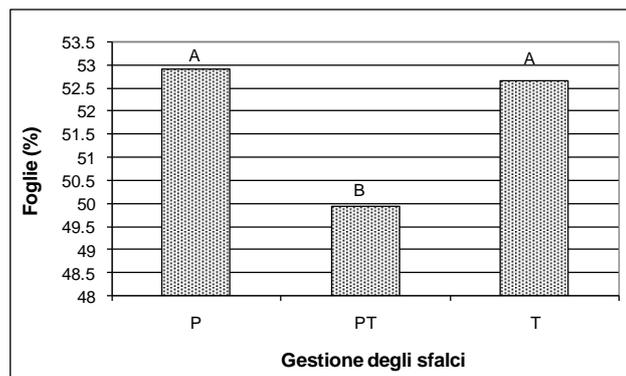


Figura 86: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del primo anno di coltivazione – Legnaro.

Primo sfalcio secondo anno

Il primo sfalcio del secondo anno non è risultato significativo perché è stato un sfalcio di pareggiamento, avvenuto nello stesso momento per tutte le tesi (P, PT e T) a circa 3 mesi dalla ripresa vegetativa.

Secondo sfalcio secondo anno

La produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) è risultata maggiore con gli sfalci tardivi (fig. 87), a conferma che ritardando lo sfalcio la pianta aumenta la biomassa.

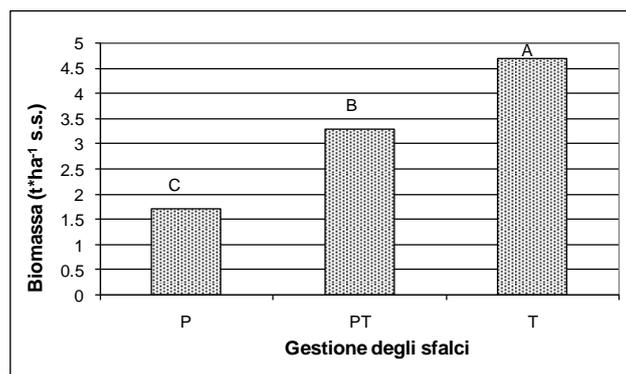


Figura 87: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato per la produzione in foglie e fusti (figg. 88 e 89).

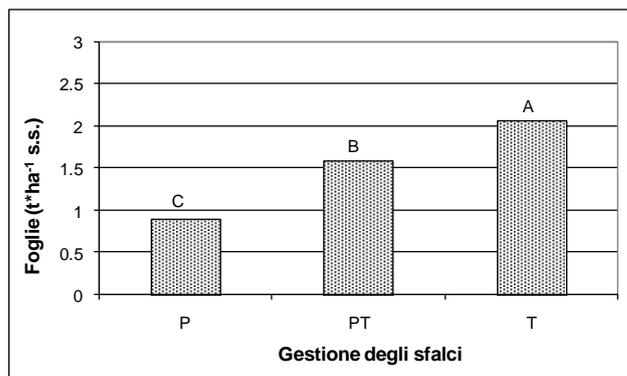


Figura 88: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

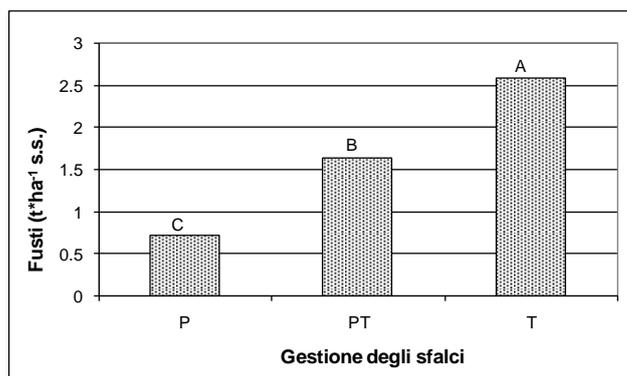


Figura 89: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

Per quanto riguarda la produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.), tutte e tre le gestioni degli sfalci allo studio sono risultate significative (fig. 90). Come già osservato per il primo anno, negli sfalci precoci, dato che le piante sono più giovani, la percentuale in foglie (% sul totale della biomassa) è risultata maggiore (fig. 90).

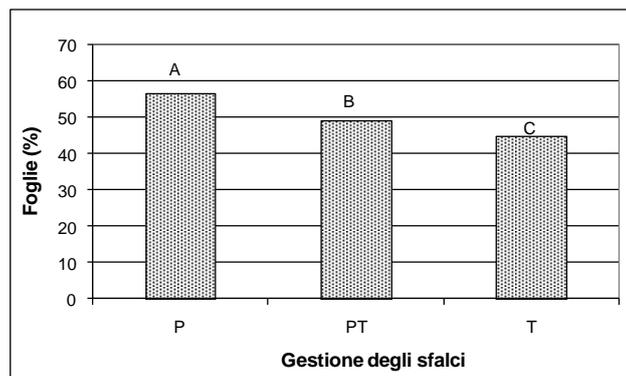


Figura 90: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

Terzo prelievo secondo anno

L'andamento della biomassa ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 91) osservato al terzo prelievo del secondo anno (ultimo sfalcio dell'anno) ha rispecchiato l'andamento dalla produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$) dell'ultimo sfalcio del primo anno (fig. 87) seppur con rese inferiori di circa il 30% per tutti i trattamenti. Gli sfalci precoci hanno prodotto più biomassa ($t \cdot ha^{-1}$) rispetto alle altre gestioni (fig. 91).

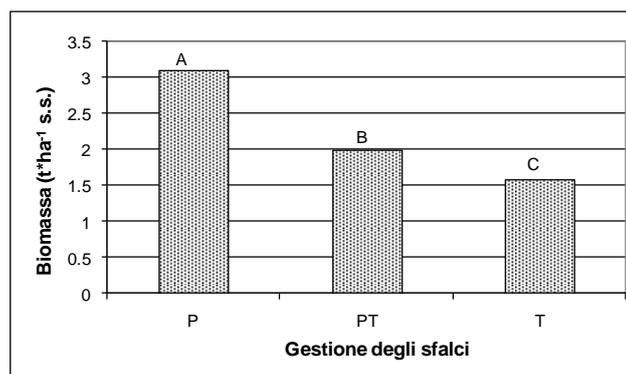


Figura 91: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al terzo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato per la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 92), mentre il confronto tra le gestioni in termini di produzione in fusti ($t \cdot ha^{-1}$) non è risultato significativo. È stata quindi la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 92) a

condizionare le differenze osservate tra le gestioni dello sfalcio in termini di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$).

La produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) è stata maggiore nelle piante gestite con gli sfalci tardivi (fig. 93).

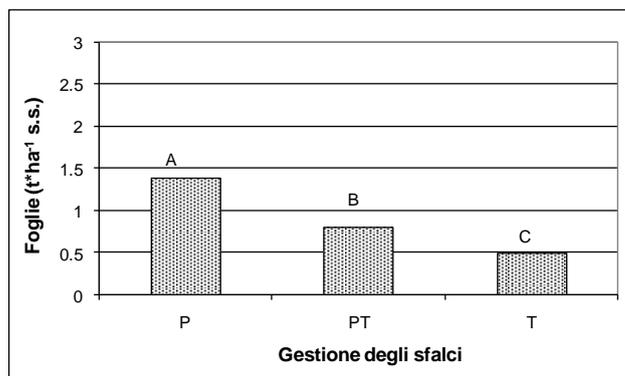


Figura 92: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al terzo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

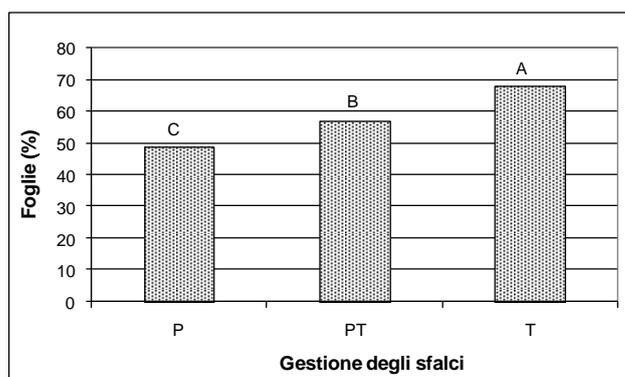


Figura 93: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al terzo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

Secondo anno totale

La gestione degli sfalci non ha reso significativa la produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.). Mentre la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) è risultata differente (fig. 94), maggiore negli sfalci precoci e tardivi, l'andamento del grafico in figura 95 è stato osservato anche per la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) alla fine del primo anno di

sperimentazione (fig. 84). Alla fine del secondo anno di sperimentazione (come già osservato per il primo anno) gli sfalci intermedi hanno prodotto meno foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 94) e più fusti ($t \cdot ha^{-1}$) (fig. 95), risultando la gestione peggiore intermini di produzione.

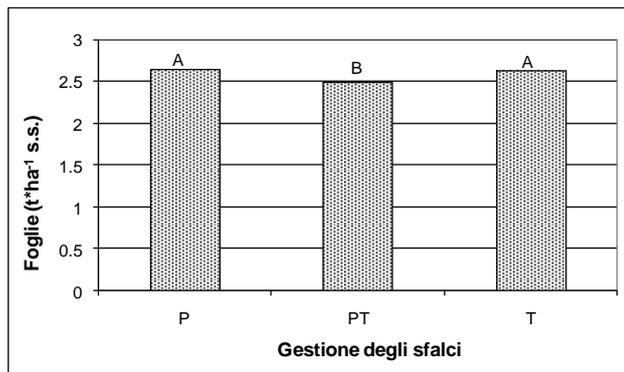


Figura 94: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al terzo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

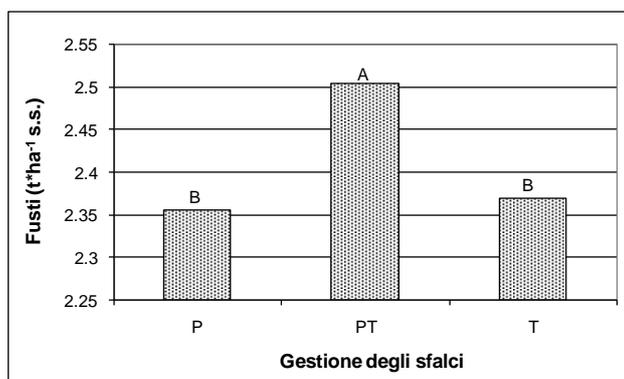


Figura 95: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al terzo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

L'andamento della produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) ha mostrato il medesimo andamento osservato alla fine del primo anno di sperimentazione (fig. 86). Le produzioni percentuali in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) ottenute con la gestione a sfalci precoci e tardivi sono state superiori al 52.6%, con gli sfalci tardivi inferiori al 49% (fig. 96).

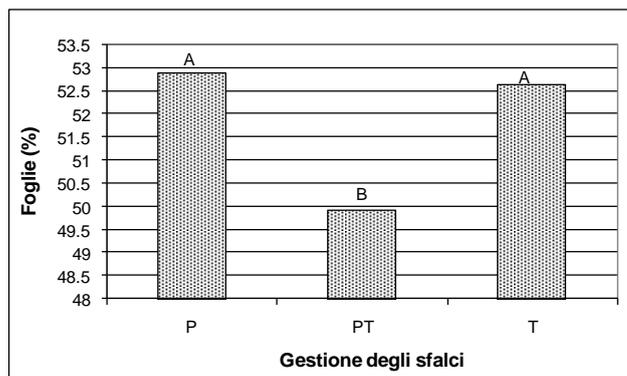


Figura 96: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) al terzo sfalcio del secondo anno di coltivazione – Legnaro.

Totale primo e secondo anno

La produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) di menta è risultata significativa in funzione dell'anno di coltivazione (fig. 97). Il primo anno di coltivazione ha prodotto il 12% in più rispetto al secondo sulla produzione in biomassa totale ottenuta nel biennio di sperimentazione (fig. 97). La biomassa prodotta nei 2 anni di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci è risultata maggiore con gli sfalci intermedi (fig. 98).

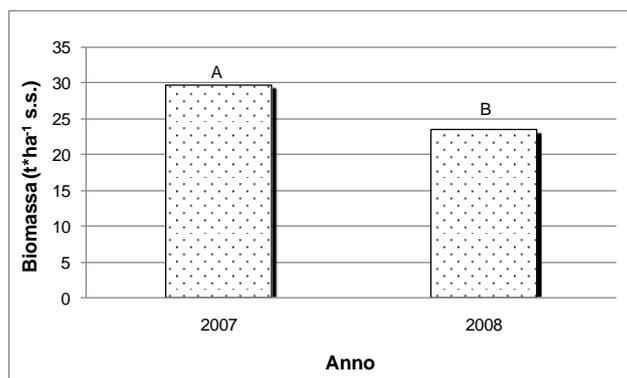


Figura 97: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione dell'anno di coltivazione – Legnaro.

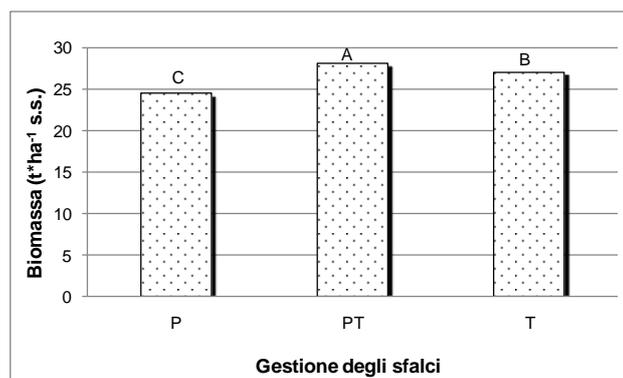


Figura 98: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del biennio di coltivazione – Legnaro.

L'interazione "gestione degli sfalci x anno" in termini di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) è risultata significativa (fig. 99). Il secondo anno è stato osservato un vantaggio produttivo con gli sfalci intermedi; durante il primo anno le produzioni ottenute con gli sfalci precoci e intermedi hanno prodotto meno rispetto ai tardivi (fig. 99).

È possibile notare come lo sfalcio tardivo abbia prodotto maggiormente durante il primo anno rispetto alle altre gestioni, ma come il calo produttivo nel secondo anno sia stato maggiore (fig. 99). Gli sfalci intermedi, hanno prodotto meno, ma in modo più costante.

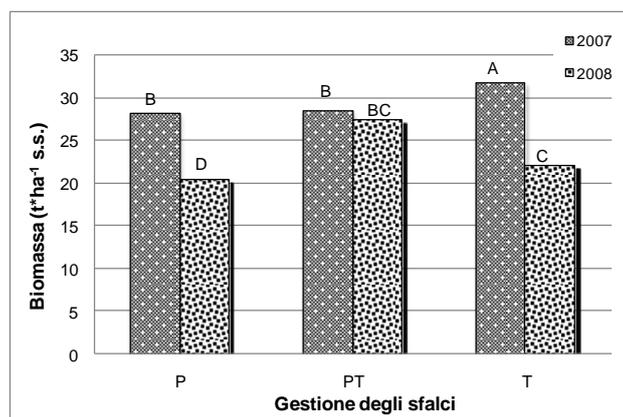


Figura 99: interazione "gestione dei tagli x anno" in termini di resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) e dell'anno di coltivazione – Legnaro.

La produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) è risultata maggiore durante il primo anno di coltivazione di oltre $2 t \cdot ha^{-1}$ (totale dei tre trattamenti) (fig. 100); e minore per il trattamento “sfalci precoci”, rispetto gli altri due (media dei 2 anni) (fig. 101).

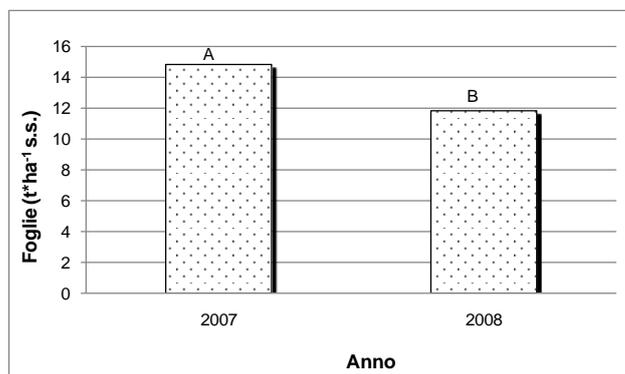


Figura 100: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione dell’anno di coltivazione – Legnaro.

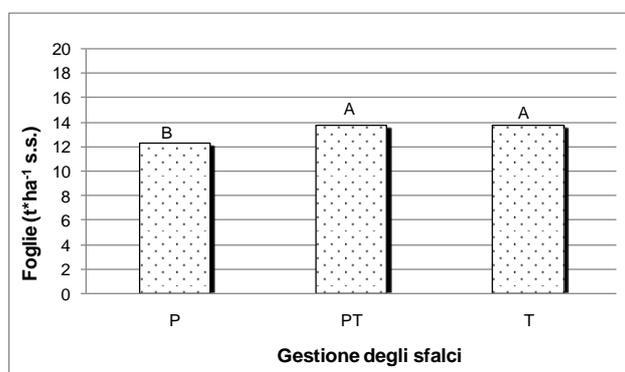


Figura 101: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del biennio di coltivazione – Legnaro.

L’interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 102) ha mostrato degli andamenti simili a quelli osservati per la biomassa (fig. 99). La resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) è stata più costante nel biennio nella gestione a sfalci intermedi, mentre per quanto riguarda gli sfalci precoci e tardivi, entrambi hanno prodotto di più il primo anno, con cali di resa importanti al secondo anno (fig. 102). È possibile che queste due ultime gestioni determinino un fattore di stress per la coltura.

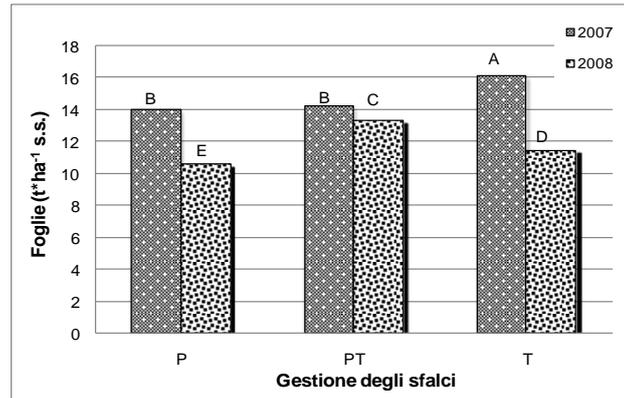


Figura 102: Interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) e dell’anno di coltivazione – Legnaro.

Gli andamenti osservati della produzione in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell’anno di coltivazione (fig.103) e in funzione della gestione degli sfalci (fig.104) sono molto simili a quelli osservati in termini di resa in biomassa (figg. 97 e 98) e in foglie (figg. 100 e 100). La gestione intermedia ha prodotto più biomassa (fig. 98), più foglie (fig. 101) e più fusti (fig. 104).

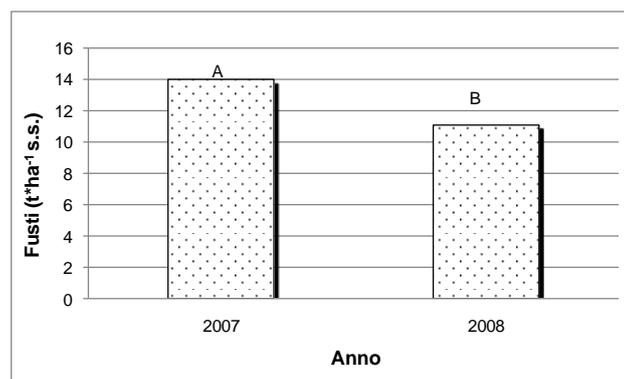


Figura 103: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell’anno di coltivazione – Legnaro.

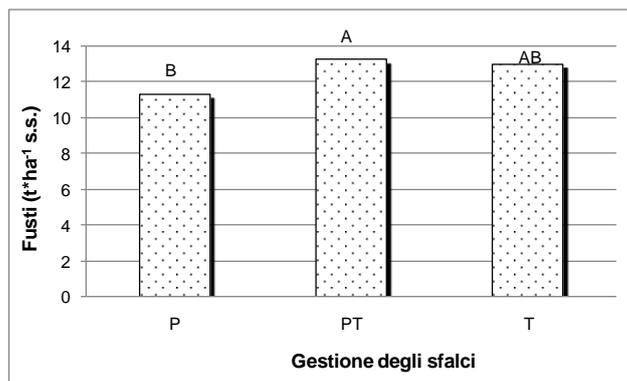


Figura 104: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del biennio di coltivazione – Legnaro.

L'interazione "gestione degli sfalci x anno" è risultata significativa anche intermini di produzione in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 105), gli andamenti sono risultati simili a quanto osservato per le interazioni precedenti (biomassa, fig. 99; foglie, fig. 102).

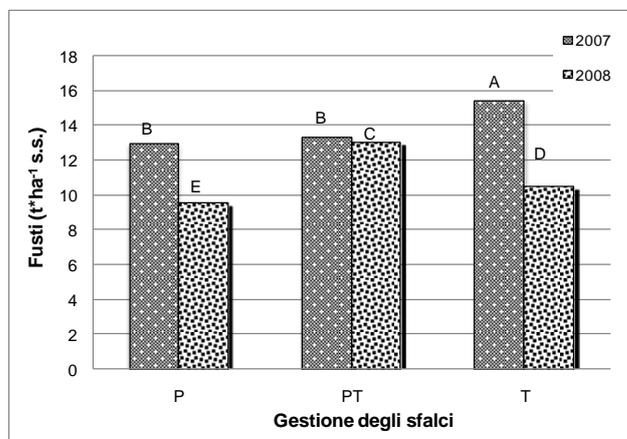


Figura 105: Interazione "gestione degli sfalci x anno" in termini di resa in Fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) per anno di coltivazione – Legnaro.

La produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) è risultata significativa in funzione dell'anno di coltivazione anche se le differenze tra il primo e il secondo anno sono state ridotte (fig. 106). Tale differenza può essere spiegata ricordando che durante il secondo anno sono stati effettuati più sfalci rispetto al primo anno (3 rispetto a 2), quindi le piante erano più giovani. Seppure l'intensificazione degli sfalci evidenzia delle differenze dal punto di vista statistico,

dal punto di vista pratico-produttivo l'aumento di resa in prodotto utile, non è tale da giustificare una lavorazione aggiuntiva.

La produzione percentuale in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 106) è risultata diversa nelle tre gestioni. Le produzioni ottenute con gli sfalci precoci e tardivi hanno una maggior percentuale in foglie (fig. 107) perché le piante giovani presenti in maggior numero nel primo sfalcio nei tagli precoci e nel secondo sfalcio nei tagli tardivi, incrementano la produzione percentuale in foglie calcolata sul totale della biomassa prodotta nel biennio di sperimentazione espressa in sostanza secca. Con gli sfalci intermedi le produzioni sono più costanti.

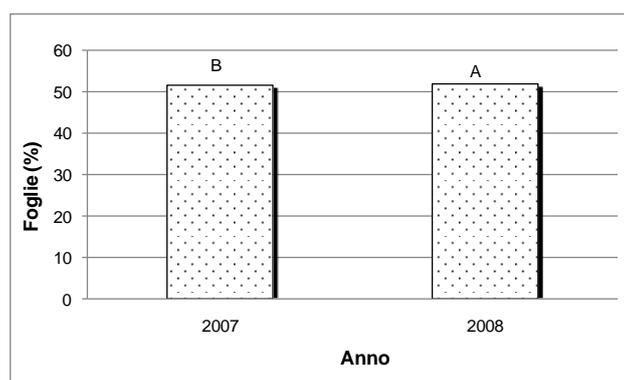


Figura 106: resa in foglie (%) in funzione dell'anno di coltivazione – Legnaro.

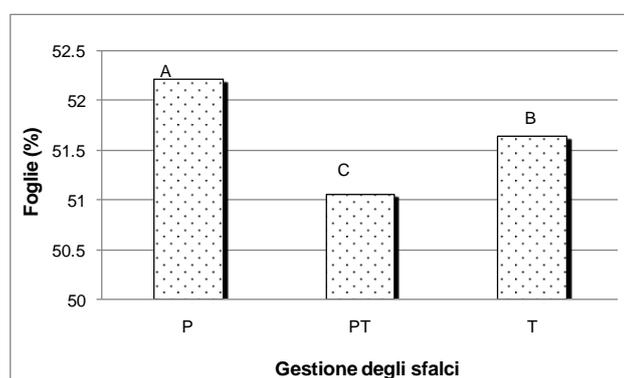


Figura 107: resa in foglie (%) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) alla fine del biennio di coltivazione – Legnaro.

Menta Villiago

Sfalci precoci primo anno

La parcella gestita a tagli precoci ha prodotto maggiormente al primo sfalcio rispetto al secondo (fig. 108).

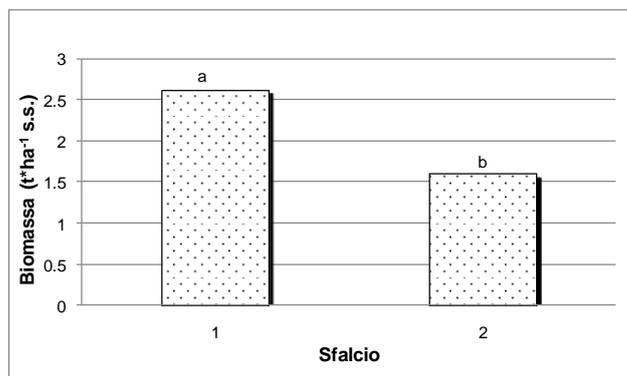


Figura 108: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita con gli sfalci precoci in funzione dei due sfalci effettuati al primo anno coltivazione (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiago.

La differenza osservata tra i due sfalci è stata di 1 t*ha⁻¹ circa, dovuta all'aumento sia delle foglie (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 109) che dei fusti (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 110) nel primo sfalcio rispetto al secondo.

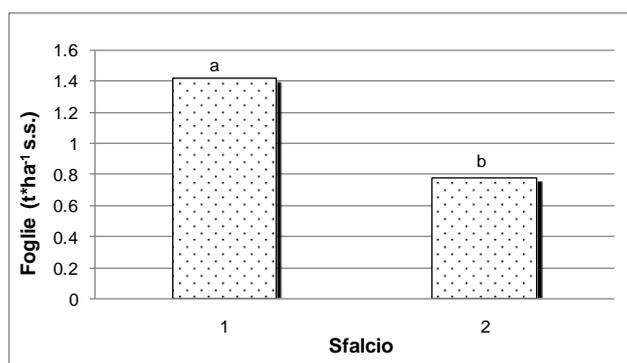


Figura 109: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita con gli sfalci precoci in funzione dei due sfalci effettuati al primo anno coltivazione (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiago.

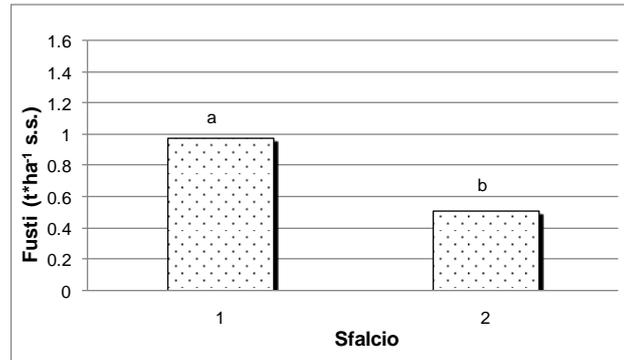


Figura 110: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita con gli sfalci precoci in funzione dei due sfalci effettuati al primo anno coltivazione (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

Quanto detto è confermato dai risultati ottenuti con la produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) (fig. 111) che non è risultata significativa tra i due sfalci poiché il rapporto tra le foglie ed i fusti è il medesimo indipendentemente dalla precocità dello sfalcio.

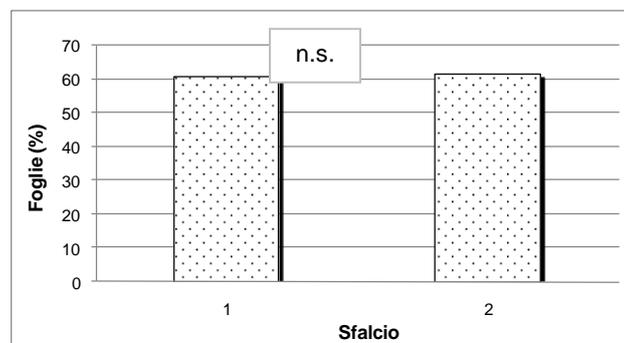


Figura 111: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della parcella gestita con gli sfalci precoci in funzione dei due sfalci effettuati al primo anno coltivazione (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

Sfalci precoci secondo anno

Durante il secondo anno di coltivazione è stato possibile effettuare tre sfalci sulla parcella gestita a sfalci precoci (inizio fioritura).

I primi due sfalci hanno avuto una produzione di biomassa di circa 1.2 (t*ha⁻¹ s.s.), mentre l'ultimo sfalcio ha prodotto il triplo (3.6 t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 112) probabilmente perchè, date le condizioni climatiche dell'area geografica, la pianta ha avuto bisogno di più tempo per accumulare i gradi utili ed arrivare allo stadio fenologico

corrispondente al momento ottimale di sfalci (P = 20% delle piante fiorite). Questo ritardo ha consentito alla pianta sfruttare meglio l'attività fotosintetica riuscendo così ad accrescersi maggiormente prima dello sfalcio.

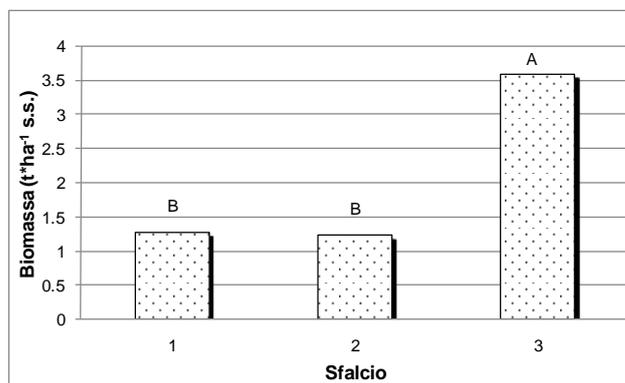


Figura 112: resa in biomassa (t*ha⁻¹s.s.) della parcella gestita con sfalci precoci in funzione dei tre sfalci effettuati al secondo anno coltivazione (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio; 3= terzo sfalcio) – Villiagio.

Durante il secondo anno di sperimentazione la resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) è aumentata notevolmente con il terzo sfalcio (fig. 113), mentre i fusti non hanno evidenziato differenze tra le rese nei tre sfalci (fig. 114).

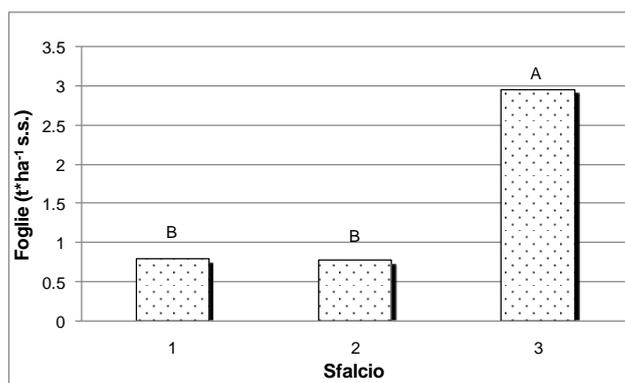


Figura 113: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita con sfalci precoci in funzione dei tre sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio; 3= terzo sfalcio) effettuati al secondo anno coltivazione – Villiagio.

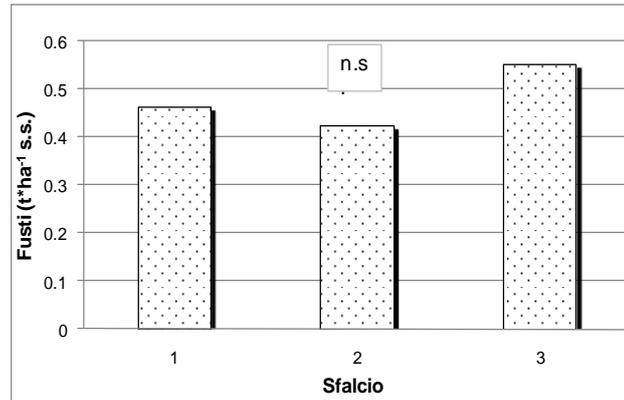


Figura 114: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita con sfalci effettuati precoci in funzione dei tre sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio; 3= terzo sfalcio) effettuati al secondo anno coltivazione – Villiago.

La percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) al terzo sfalcio è stata più elevata, con un incremento medio rispetto ai primi due sfalci di circa il 16%, raggiungendo l'84% di produzione in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) (fig. 115).

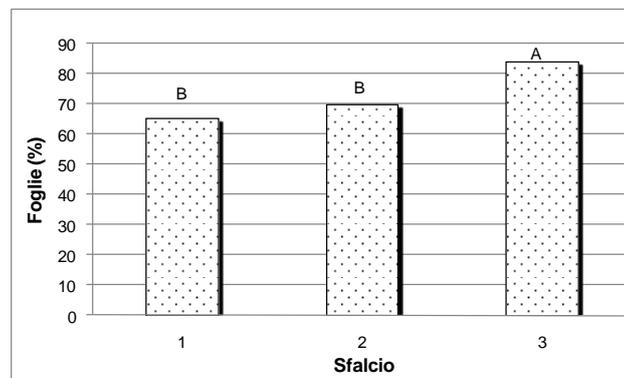


Figura 115: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della parcella gestita con sfalci precoci in funzione dei tre sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio; 3= terzo sfalcio) effettuati al secondo anno coltivazione – Villiago.

Sfalci intermedi

L'analisi statistica non è risultata significativa per dati del del primo anno, quindi, non sono state osservate differenze tra gli sfalci.

Di seguito sono riportati i risultati della gestione con sfalci avvenuti in piena fioritura (PT) effettuati durante il secondo anno; su questa parcella è stato possibile effettuare solo due sfalci.

La biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) di menta ha registrato un'incremento della produzione dal primo al secondo sfalcio (fig. 116), come già osservato nella parcella gestita a sfalci precoci (fig. 108).

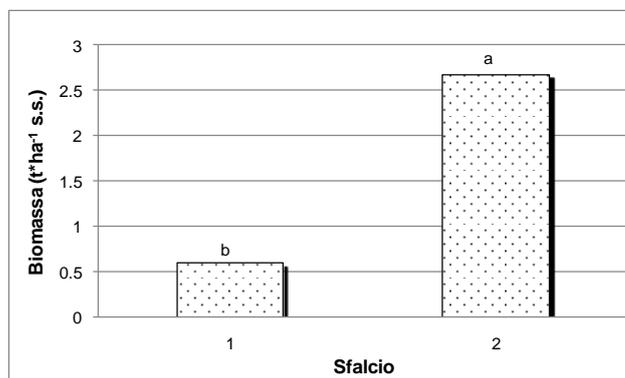


Figura 116: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) della parcella gestita con sfalci intermedi in funzione dei due sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) effettuati al secondo sfalcio del secondo anno coltivazione – Villiagio.

Lo stesso comportamento è stato osservato per la produzione in foglie e in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (figg. 117 e 118). Nel caso della parcella gestita a sfalci precoci è stato osservato che le differenze di produzione in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (tra gli sfalci) non sono risultate significative (fig. 114), mentre nel caso degli sfalci intermedi si è assistito ad un importante incremento produttivo passando dal primo al secondo sfalcio (fig. 118).

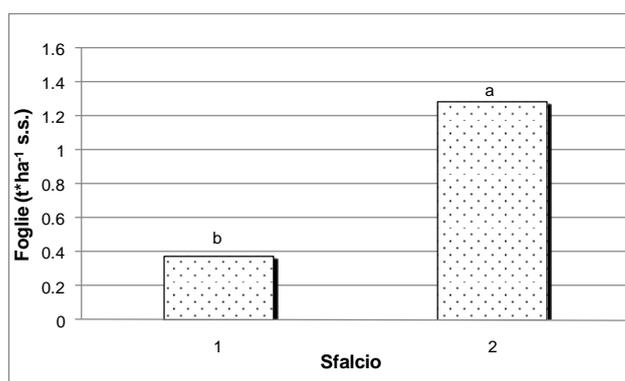


Figura 117: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) della parcella gestita con sfalci intermedi in funzione dei due sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) effettuati al secondo anno coltivazione – Villiagio.

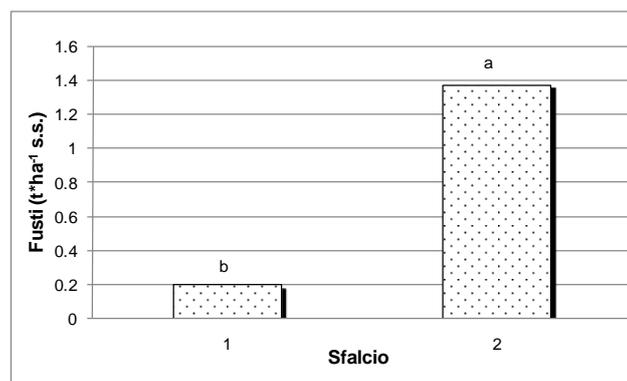


Figura 118: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita con sfalci intermedi in funzione dei due sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) effettuati al secondo anno coltivazione – Villiagio.

Per quanto riguarda la produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) le piante di menta campionate al primo sfalcio hanno raggiunto valori analoghi (fig. 119) a quanto osservato per la parcella a sfalci precoci (fig. 115).

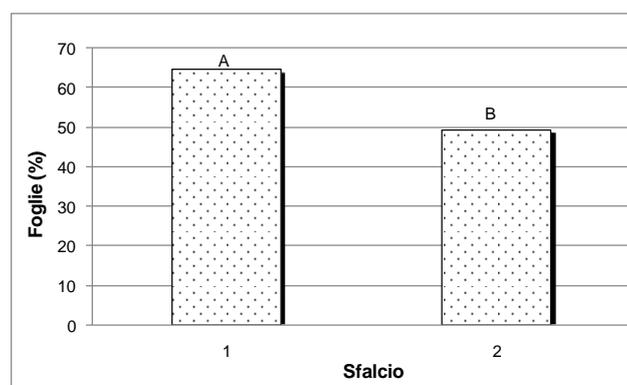


Figura 119: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della parcella gestita a sfalci intermedi (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) in funzione dei due rilievi effettuati al secondo anno coltivazione – Villiagio.

Di seguito sono riportati i risultati relativi al confronto tra le due gestioni, gestione a sfalci tardivi ed intermedi, alla fine del primo anno di coltivazione.

Le piante coltivate a Villiagio durante il primo anno non hanno risposto in modo significativo alla diversa gestione degli sfalci (P, PT) in termini di biomassa (t*ha⁻¹) (fig. 120).

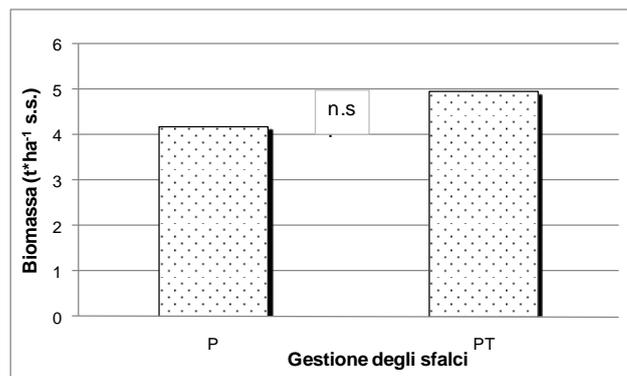


Figura 120: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione dello sfalcio (P = sfalci precoci; PT = sfalci inintermedi) alla fine del primo anno coltivazione – Villiagio.

La produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) non è risultata significativa (fig. 121), mentre la produzione in fusti è risultata maggiore negli sfalci intermedi (fig. 122). Con la gestione a sfalci intermedi l'aumentano di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) osservato (fig. 120) è quindi dovuto ad un incremento della produzione in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 122) e non in foglie (fig. 121).

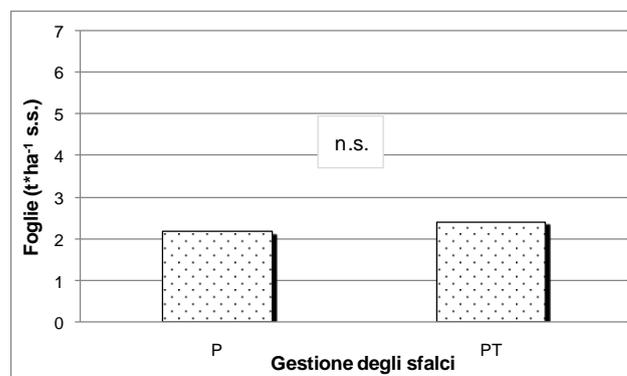


Figura 121: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) alla fine del primo anno coltivazione – Villiagio.

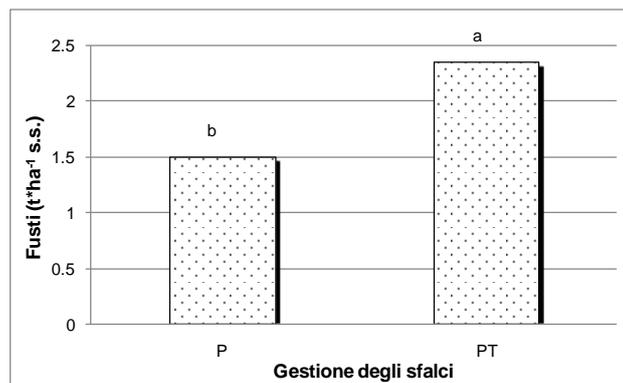


Figura 122: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) alla fine del primo anno coltivazione – Villiogo.

A conferma di quanto evidenziato nei grafici in figura 120, 121 e 122, nella figura 123 (produzione percentuale in foglie) si può vedere che negli sfalci precoci (P) la produzione percentuale in foglie è risultata maggiore rispetto agli sfalci intermedi, che hanno prodotto più fusti (fig. 122).

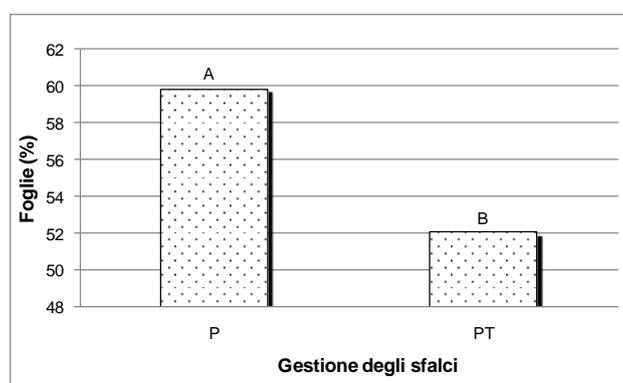


Figura 123: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) alla fine del primo anno coltivazione – Villiogo.

Confrontando le due gestioni alla fine del secondo anno di coltivazione è stato mostrato, in figura 124, che la produzione in biomassa (t*ha⁻¹) è risultata significativa e maggiore nella gestione basata sugli sfalci precoci (P) che hanno prodotto quasi il doppio (6 t*ha⁻¹ contro le 3.2 t*ha⁻¹) rispetto alla gestione intermedia (PT).

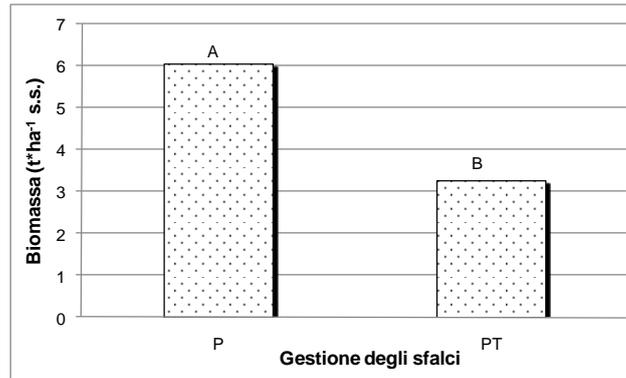


Figura 124: Resa in Biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) alla fine del secondo anno coltivazione – Villiagio.

Gli individui tagliati precocemente hanno prodotto 4.5 t*ha⁻¹ di foglie contro il valore di 1.6 t*ha⁻¹ ottenuto tagliando tardivamente (fig. 125).

È interessante notare come le piante tagliate precocemente abbiano prodotto più foglie (t*ha⁻¹ s.s.) e la quantità in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) non sia risultata differente rispetto alle piante gestite con gli sfalci intermedi (fig. 126).

La percentuale in foglie è stata del 76% contro il 53% (% sul totale della biomassa s.s.) rispettivamente in “P” e “PT”. Interessante evidenziare che circa i 2/3 della pianta sono rappresentati dal prodotto utile (fig. 126).

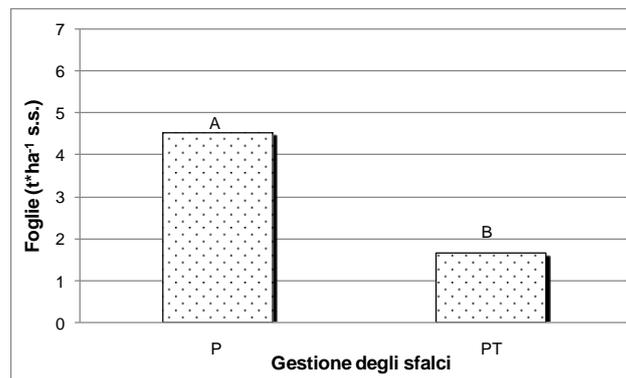


Figura 125 : resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) alla fine del secondo anno coltivazione – Villiagio.

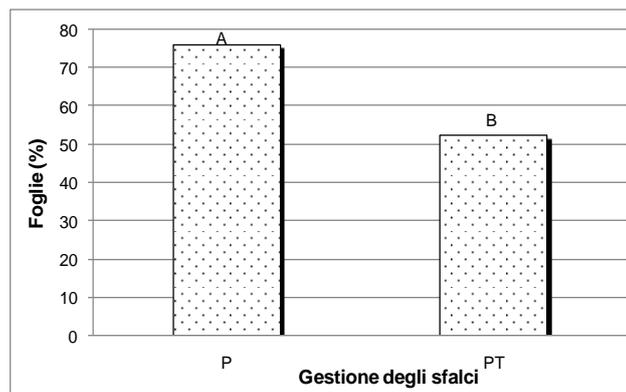


Figura 126: resa in foglie (% sul totale della biomassa) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) alla fine del secondo anno coltivazione – Villiago.

In conclusione, alla fine dei due anni di sperimentazione sono state confrontate le due gestioni ottenendo i seguenti risultati.

Il primo anno d'impianto menta ha prodotto di più in termini di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) rispetto al secondo (fig. 127), andamento già osservato per Legnaro (fig. 98). Il calo della biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) dal 2007 al 2008 è stato di circa il 20 % (fig. 127).

La gestione basata sugli sfalci effettuati a inizio fioritura (P) ha prodotto quasi il doppio rispetto a quella basata sugli sfalci effettuati intermedi (fig.128).

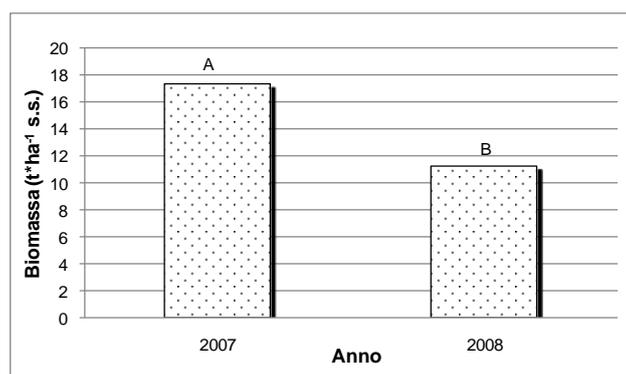


Figura 127: Resa in Biomassa ($t \cdot ha^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione – Villiago

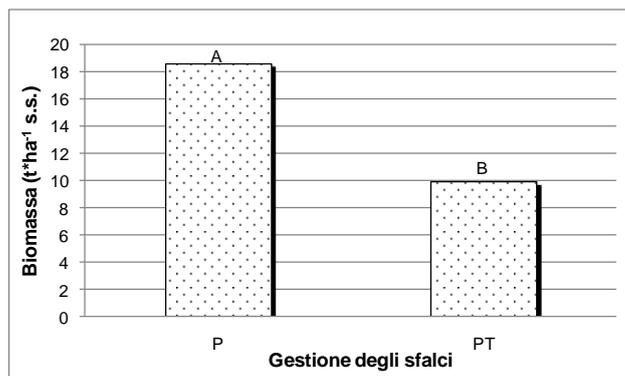


Figura 128: Resa in Biomassa (t*ha⁻¹) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci intermedi) alla fine del biennio di coltivazione – Villiagio

L'interazione "gestione degli sfalci x anno" è risultata significativa in termini di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 129). Tra il primo e il secondo anno di coltivazione è stata osservata una diminuzione di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.), più accentuata nella gestione a sfalci intermedi; in entrambi gli anni la gestione a sfalci precoci ha prodotto maggiormente (fig. 129).

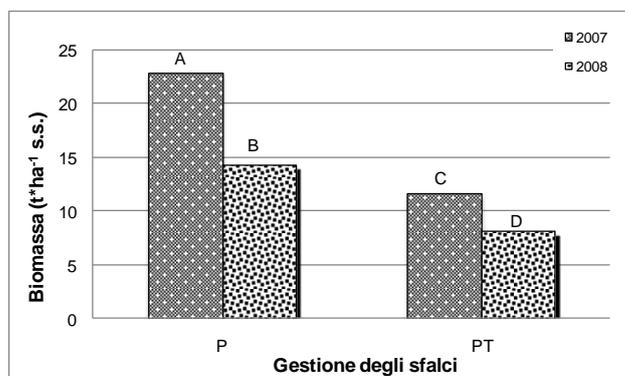


Figura 129: interazione "gestione degli sfalci x anno" in termini di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) prodotta in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalco precoce; PT = sfalco intermedio) e dell'anno di coltivazione (2007-08) – Villiagio.

Lo stesso andamento osservato per la produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) è stato osservato per la produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) (fig.130).

La produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci è stata maggiore con gli sfalci precoci, più del doppio (fig. 130).

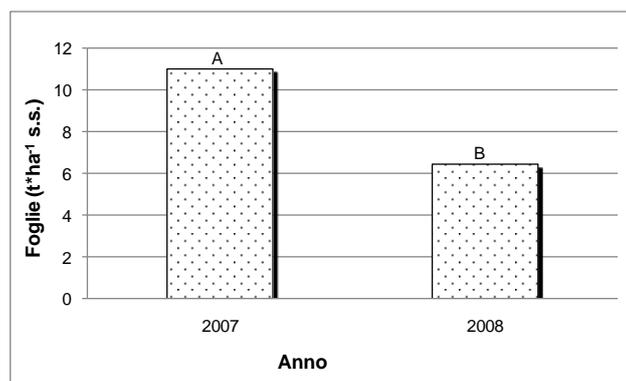


Figura 130: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno di sperimentazione – Villiagio

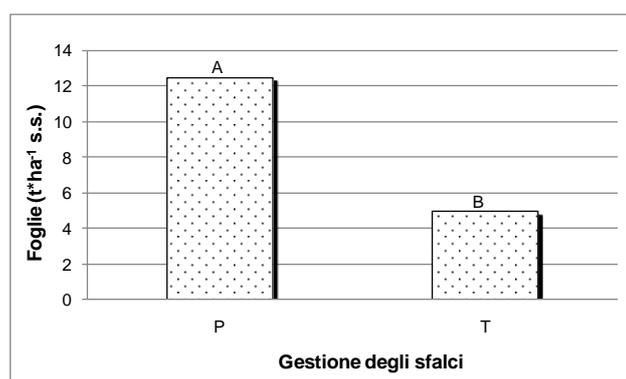


Figura 131: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) alla fine del biennio di coltivazione – Villiagio

L'interazione "gestione degli sfalci x anno" è risultata significativa in termini di produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 132). Come osservato per la biomassa (fig. 129) c'è stato un forte decremento nel secondo anno nel caso della gestione a sfalci precoci e più contenuto nella gestione a sfalci tardivi, in entrambi gli anni gli sfalci precoci hanno prodotto maggiormente (fig. 132).

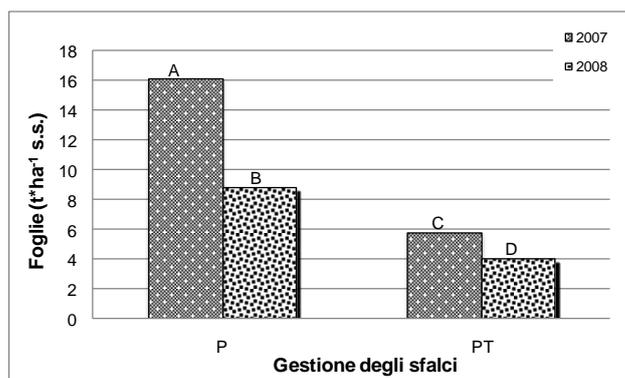


Figura 132: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di foglie ($t*ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; PT = sfalci tardivi) e dell’anno di coltivazione (2007-08) – Villiago.

La produzione in fusti ($t*ha^{-1}$ s.s.) (fig. 133) ha seguito gli andamenti descritti per la biomassa ($t*ha^{-1}$ s.s.) (fig. 127) e la produzione in foglie ($t*ha^{-1}$ s.s.) (fig. 130), sia in funzione dell’anno di coltivazione (fig. 133) sia in funzione della gestione degli sfalci (fig. 134).

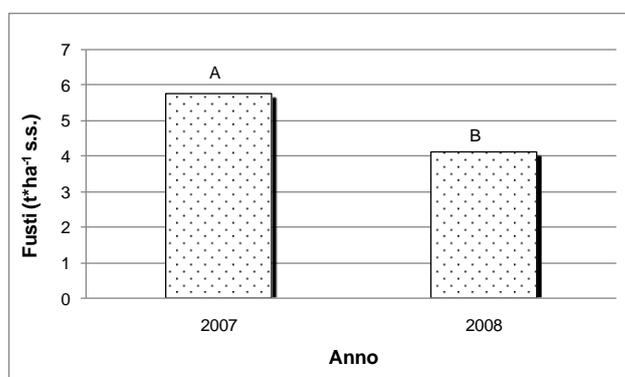


Figura 133: resa in fusti ($t*ha^{-1}$ s.s.) in funzione dell’anno di coltivazione – Villiago

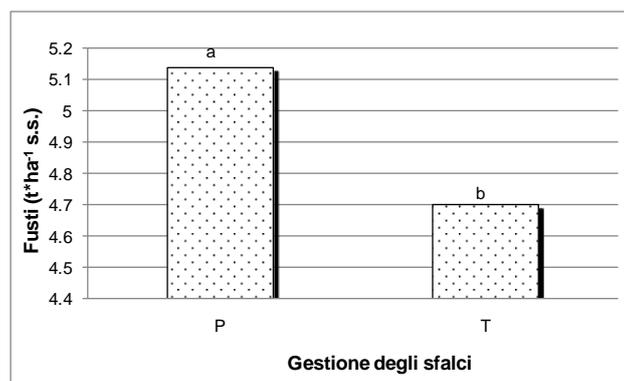


Figura 134: resa in fusti (t*ha⁻¹s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) alla fine del biennio di coltivazione – Villiagio

Con gli sfalci precoci sono stati raggiunti dei valori elevati di produzione percentuale in foglie (76%) (fig. 136). È importante ricordare che con lo sfalcio precoce è stato effettuato uno sfalcio in più al secondo anno di sperimentazione (fig. 112).

L'anno ha influito sulla produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.), risultata maggiore nell'anno d'impianto, anche se di poco (3% circa) (fig 135).

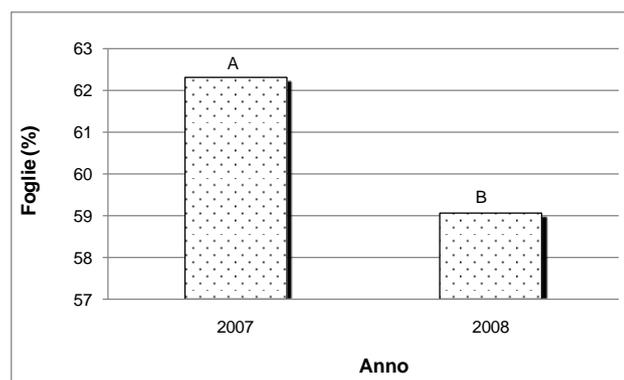


Figura 135: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione dell'anno alla fine del biennio di coltivazione – Villiagio

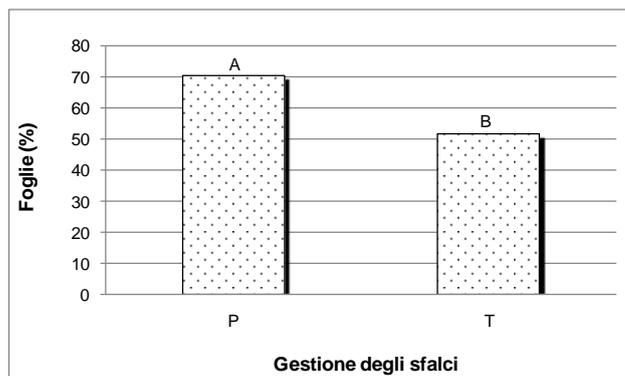


Figura 136: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) alla fine del biennio di sperimentazione – Villiago

L'interazione "gestione degli sfalci x anno" è risultata significativa in termini di produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa prodotta) (fig. 137). La riduzione nella produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) tra il primo e il secondo anno è risultata più marcata nel caso della gestione a sfalci precoci (fig. 137). Negli sfalci tardivi i valori osservati sono risultati inferiori e la differenza tra gli anni non è stata significativa (fig. 137).

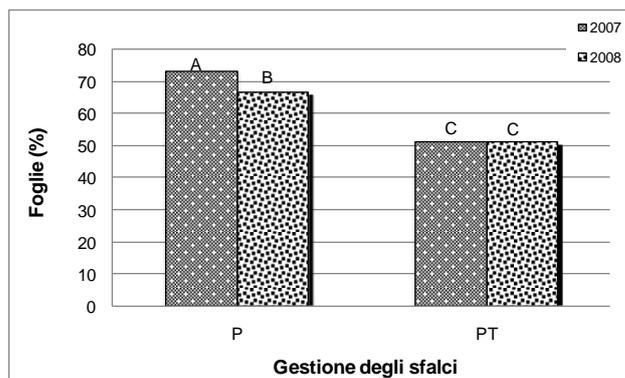


Figura 137: interazione "gestione degli sfalci x anno" in termini di foglie (%) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) e dell'anno di coltivazione (2007-08) – Villiago.

4.1.1.3 Monarda

Monarda Legnaro

Nella parcella gestita a sfalci precoci (fig. 138), durante il primo anno di coltivazione (2007) a Legnaro, non sono state osservate differenze tra i 2 sfalci in termini di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.). Nella parcella trattata a sfalci tardivi (fig. 139), già alla fine del primo anno, è stata osservata una diversa produzione tra gli sfalci, infatti, dal primo al secondo sfalcio, è stato osservato un decremento di produzione in biomassa pari a $4.4 t \cdot ha^{-1}$ di s.s..

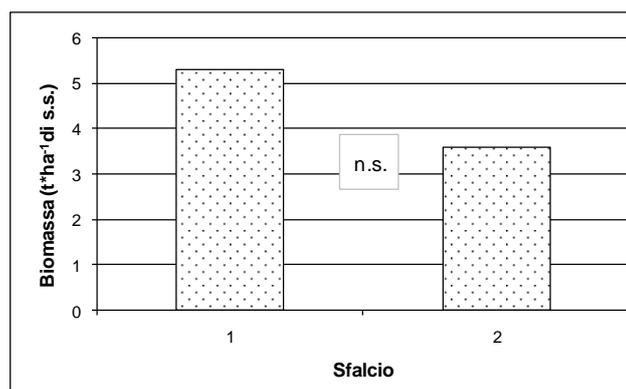


Figura 138: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) nel 2007, primo anno di di coltivazione – Legnaro.

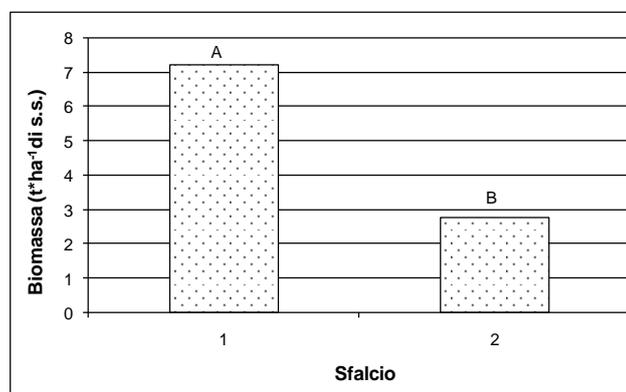


Figura 139: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) nel 2007, primo anno di di coltivazione – Legnaro.

Alla fine del primo anno di sperimentazione è emerso che alla diversa gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) non sono corrisposte diverse risposte della coltura in termini di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 140), mentre la produzione in foglie è risultata maggiore nella gestione a sfalci tardivi (fig. 141).

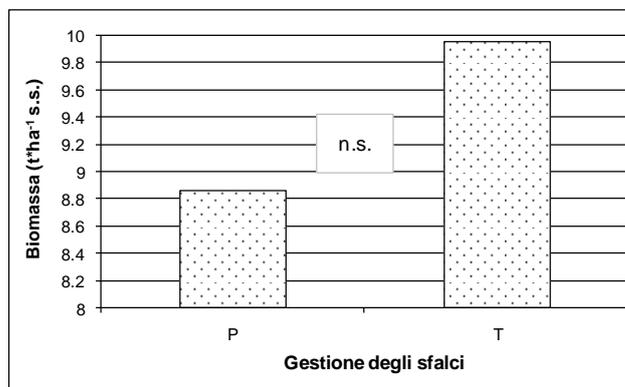


Figura 140: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) alla fine del primo anno di coltivazione, 2007, in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) – Legnaro

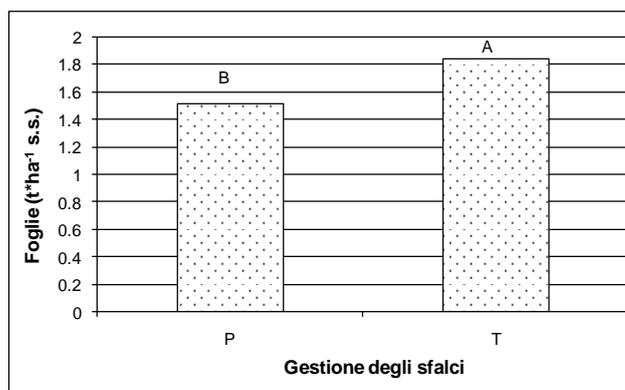


Figura 141: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) alla fine del primo anno di coltivazione, 2007, in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) – Legnaro.

La parte utile (%) di produzione in biomassa in peso secco (foglie + fiori espressa in % sul totale della biomassa secca) è risultata maggiore con la gestione a sfalci tardivi, quasi $3 t \cdot ha^{-1}$ in più rispetto agli sfalci precoci (fig. 142). Lo stesso andamento è stato osservato per la produzione percentuale in foglie (fig. 143).

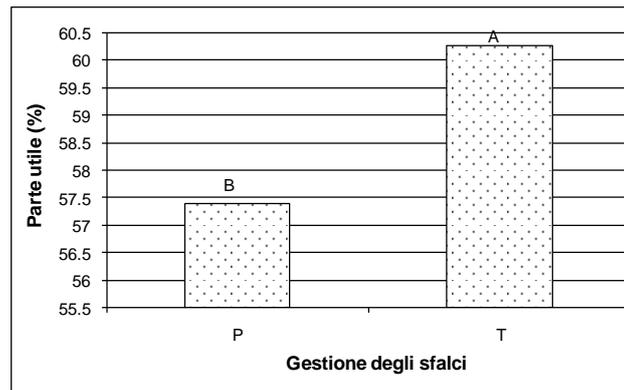


Figura 142: resa in parte utile (% sulla biomassa in s.s.) alla fine del primo anno di coltivazione, 2007, in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) – Legnaro

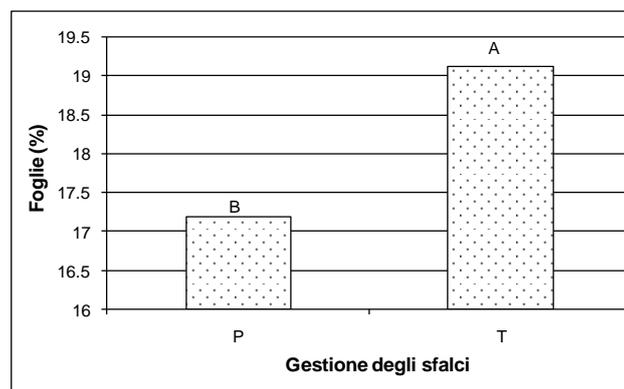


Figura 143: resa in foglie (% sulla biomassa in s.s.) alla fine del primo anno di coltivazione, 2007, in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) – Legnaro.

Come si può vedere in figura 144, con gli sfalci precoci, alla fine del primo anno, sono stati prodotti più fusti rispetto allo sfalcio tardivo, per precisione, circa il 3 % in più.

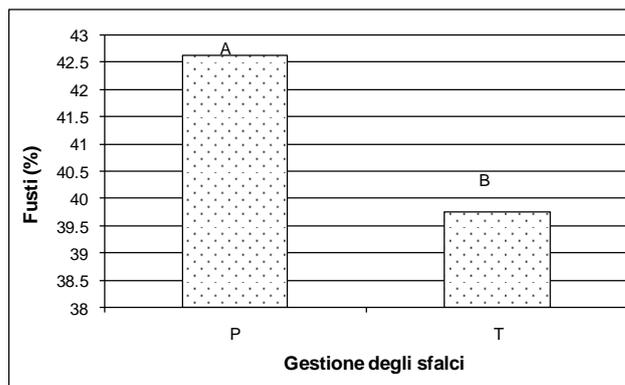


Figura 144: resa in fusti (% sulla biomassa in s.s.) alla fine del primo anno di coltivazione, 2007, in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi) – Legnaro.

Alla fine del 2007 le piante gestite con gli sfalci precoci sono morte pertanto, durante il 2008, la parcella che era stata gestita a sfalci tardivi nel 2007 è stata divisa in due, una parte è stata sfalciata precocemente e una tardivamente (fig. 145).

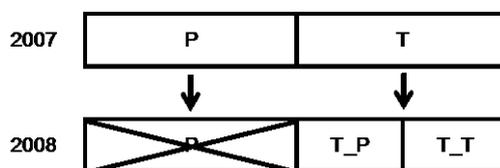


Figura 145: Schema delle parcelle nei due anni di sperimentazione. Nel 2007 P = parcella gestita a sfalci precoci e T = gestita a sfalci tardivi. Nel 2008 è stata campionata solo la parcella gestita a sfalci tardivi (nel 2007) distinta in T_P = sfalci precoci e T_T = sfalci tardivi.

Di seguito sono riportati i risultati relativi al secondo anno di sperimentazione:

La biomassa è stata più elevata con la gestione a sfalci precoci (T_P) (fig. 146), lo stesso andamento è stato osservato per la resa in foglie (fig. 147).

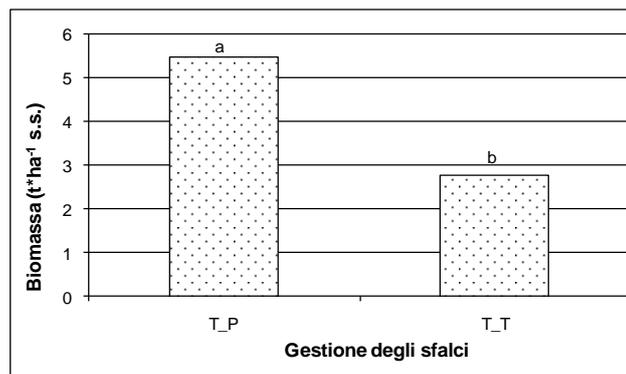


Figura 146: resa in biomassa (t*ha⁻¹ di s.s.) alla fine del secondo anno di coltivazione, 2008, in funzione della gestione degli sfalci (P_T = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi) – Legnaro.

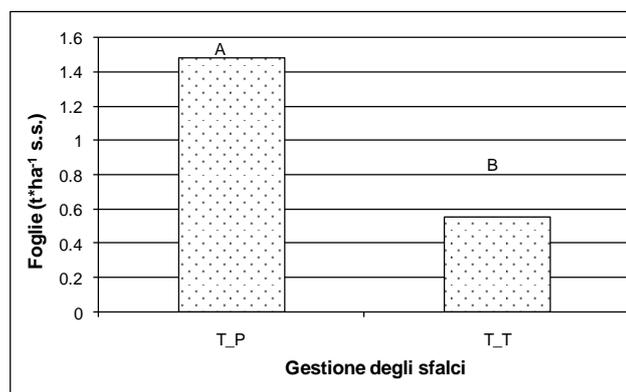


Figura 147: resa in foglie (t*ha⁻¹ di s.s.) alla fine del secondo anno di coltivazione, 2008, in funzione della gestione degli sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi) – Legnaro.

In figura 148 è possibile notare come con gli sfalci tardivi (T_T) è stato prodotto meno materiale di scarto, per la precisione 2 t*ha⁻¹ in meno rispetto agli sfalci precoci e come ci sia stato un incremento del 12 % nel prodotto utile (foglie + fiori espressa in % sul totale della biomassa secca), posticipando lo sfalcio (sfalci tardivi) (fig. 149).

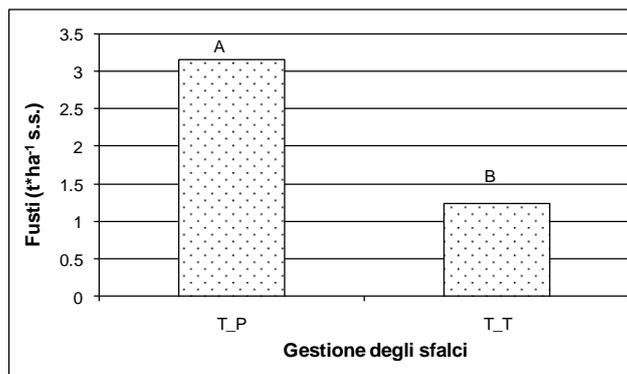


Figura 148: resa in fusti (t*ha⁻¹ di s.s.) alla fine del secondo anno di coltivazione, 2008, in funzione della gestione degli sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi) – Legnaro.

Con gli sfalci tardivi la parcella ha prodotto meno biomassa (fig. 146) ma percentualmente più prodotto utile (fig. 149) e meno scarto (fig. 151).

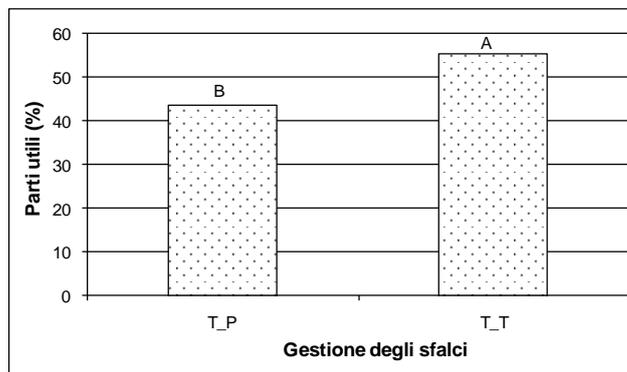


Figura 149: resa in parti utili (% di foglie e fiori sul totale della biomassa in s.s.) alla fine del secondo anno di coltivazione, 2008, in funzione della gestione degli sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi) – Legnaro.

La produzione in fiori è stata del 18% nella gestione con sfalci precoci e del 35% nella gestione a sfalci tardivi, l'una è stata quasi il doppio dell'altra (fig. 150), mentre le differenze percentuali in fusti prodotti dalle due gestioni si limitano all'11% (fig. 151).

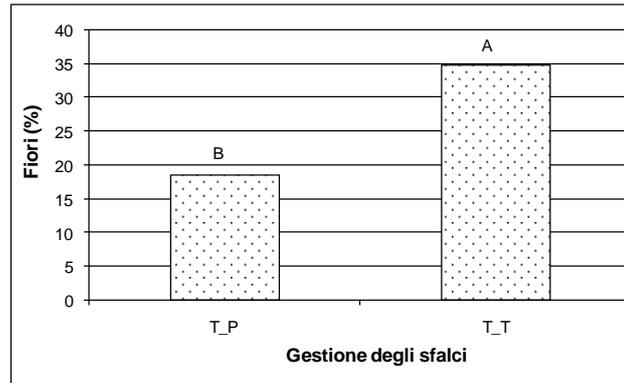


Figura 150: resa in fiori (% sul totale della biomassa in s.s.) alla fine del secondo anno di coltivazione, 2008, in funzione della gestione degli sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi) – Legnaro.

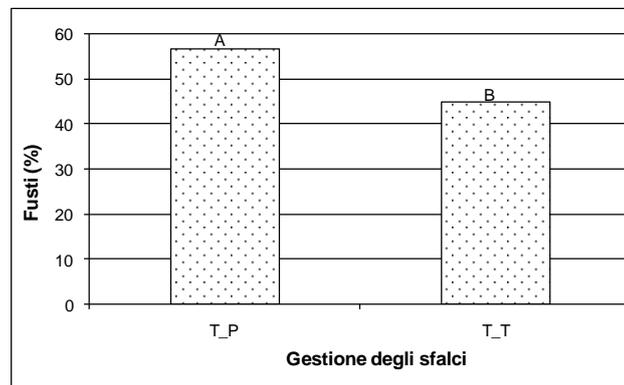


Figura 151: resa in fusti (% sul totale della biomassa in s.s.) alla fine del secondo anno di coltivazione, 2008, in funzione della gestione degli sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi) – Legnaro.

Alla fine dei due anni di sperimentazione condotta a Legnaro sono state confrontate tre differenti gestioni di una coltivazione di monarda:

- 1= sfalcio tardivo durante il primo anno di coltivazione + sfalcio precoce durante il secondo anno;
- 2= sfalcio tardivo durante il primo anno di coltivazione + sfalcio tardivo durante il secondo anno;
- 3= coltura tagliata precocemente e gestita come annuale.

Di seguito sono riportati i risultati del confronto.

La biomassa prodotta ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) è risultata maggiore tagliando tardivamente il primo anno piuttosto che sottoponendo la coltura a sfalci precoci e trattandola in questo modo come annuale (fig. 152). In quest'ultimo caso la produzione del biennio (2007-08) è stata di $9 t \cdot ha^{-1}$, mentre è stata di $23 t \cdot ha^{-1}$ sfalciando tardivamente in entrambi gli anni e di $25 t \cdot ha^{-1}$ sfalciando tardivamente solo il primo anno e precocemente il secondo (fig. 152).

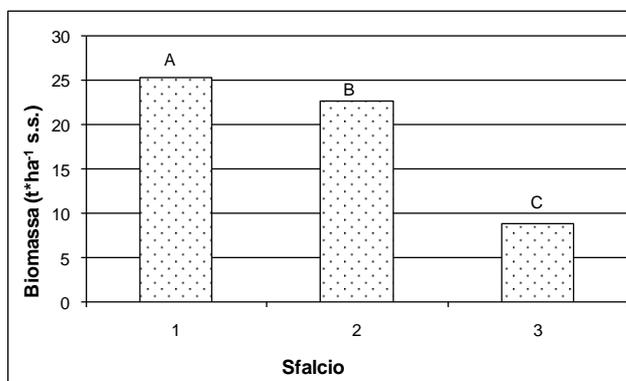


Figura 152: biomassa totale ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) nelle tre gestioni colturali a confronto (1=1°anno sfalcio tardivo+2°anno sfalcio precoce; 2=1° e 2°anno sfalcio tardivo; 3=1° e 2° anno sfalcio precoce, coltura gestita annualmente) – Legnaro.

Lo stesso andamento è stato osservato per la produzione in foglie e fiori ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (figg. 153 e 154).

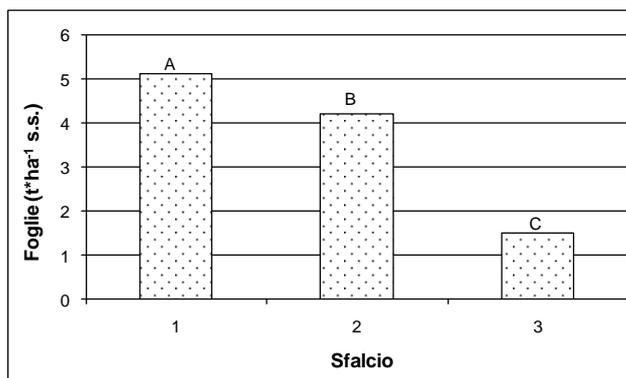


Figura 153: resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) alla fine dei due anni di coltivazione (2007-8) nelle tre gestioni colturali a confronto (1=1°anno sfalcio tardivo+2°anno sfalcio precoce; 2=1°e 2°anno sfalcio tardivo; 3=1° e 2° anno sfalcio precoce, coltura gestita annualmente) – Legnaro

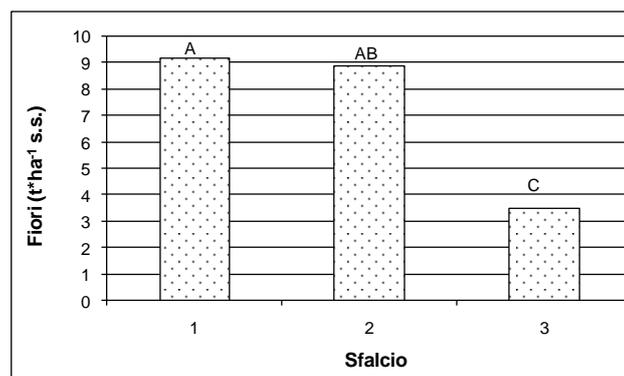


Figura 154: resa in fiori (t*ha⁻¹ di s.s.) alla fine dei due anni di coltivazione (2007-8) nelle tre gestioni colturali a confronto (1=1°anno sfalcio tardivo+2°anno sfalcio precoce; 2=1°e 2°anno sfalcio tardivo; 3=1° e 2° anno sfalcio precoce, coltura gestita annualmente) – Legnaro.

In ogni gestione, la pianta, alla fine dei 2 anni di coltivazione, ha prodotto più fiori che foglie (tab. 11).

Tabella 11: Produzione in foglie, fiori e fusti (t*ha⁻¹ s.s.) nelle tre differenti gestioni degli sfalci (1=1°anno sfalcio tardivo+2°anno sfalcio precoce; 2=1°anno sfalcio tardivo+2°anno sfalcio tardivo; 3=1° e 2° anno sfalcio precoce, coltura gestita annualmente) – Legnaro.

Gestione degli sfalci	Foglie (t*ha ⁻¹)	Fiori (t*ha ⁻¹)	Fusti (t*ha ⁻¹)
1	5.14	9.21	10.79
2	4.22	8.87	8.87
3	1.51	3.52	3.73
Totale	10.87	21.60	23.39

La produzione in fusti (scarto) è stata elevata in tutte le gestioni, ma non ha mai superato la produzione utile (foglie + fiori) (tab. 12).

Tabella 12: Produzione in foglie, fiori e fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) nelle tre differenti gestioni degli sfalci (1=1°anno sfalcio tardivo+2°anno sfalcio precoce; 2=1° e 2°anno sfalcio tardivo; 3=1° e 2° anno sfalcio precoce, coltura gestita annualmente) – Legnaro.

Gestione degli sfalci	Parti utili totali ($t \cdot ha^{-1}$) (2007-8)	Scarti totali ($t \cdot ha^{-1}$) (2007-8)
1	14.35	10.79
2	13.09	8.87
3	5.03	3.73

Monarda Villiago

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti durante la sperimentazione a Villiago.

In termini di biomassa non sono state riscontrate della differenze di produzione tra i due sfalci effettuati durante il 2007 con la gestione a sfalci precoci (fig. 155), mentre la produzione in fiori è risultata differente. Infatti, con il primo sfalcio sono state ottenute $1.5 t \cdot ha^{-1}$ di fiori, mentre con il secondo $0.5 t \cdot ha^{-1}$ (fig. 156).

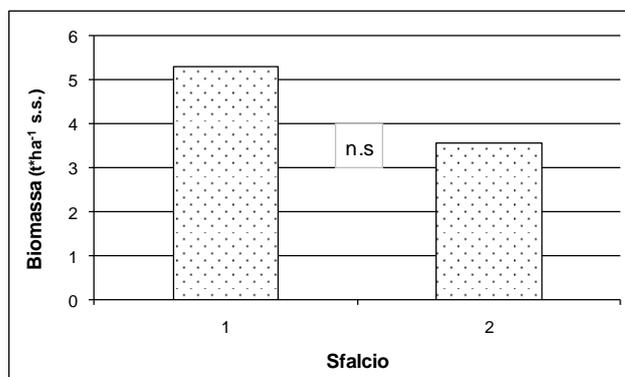


Figura 155: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ di s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) prodotta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci precoci – Villiago

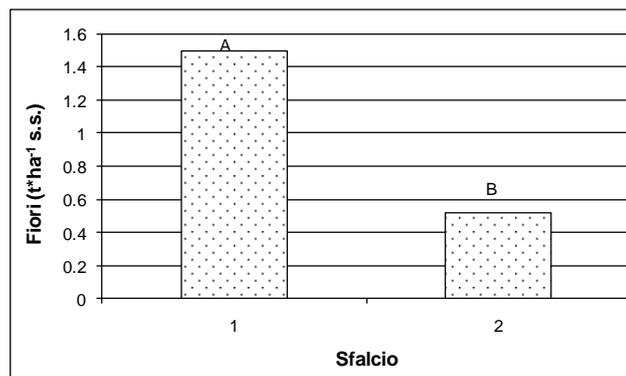


Figura 156: resa in fiori (t*ha⁻¹ di s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci precoci – Villiago.

La produzione in parti utili (foglie + fiori espressa in % sul totale della biomassa secca) è stata maggiore al primo sfalcio (fig. 158), mentre la produzione in scarti è stata maggiore con il secondo sfalcio del primo anno di coltivazione della parcella gestita a sfalci precoci (fig. 159).

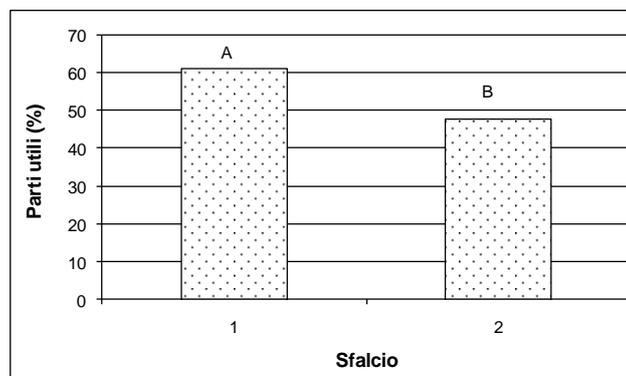


Figura 157: resa in parti utili (% sul totale di biomassa in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci precoci – Villiago.

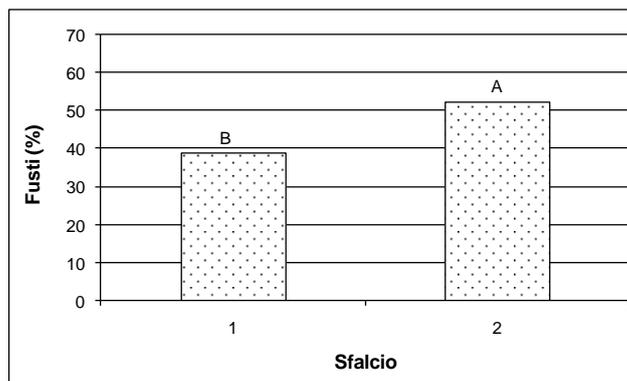


Figura 158: resa in fusti (% sul totale di biomassa in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci precoci – Villiagio

Dalla resa in parti utili, sono state ottenute la resa percentuale in foglie (fig. 159) e la resa percentuale in fiori (fig. 160) che hanno mostrato un andamento inverso, infatti il primo sfalcio della parcella gestita a sfalci precoci ha prodotto più fiori, mentre il secondo sfalcio, della medesima parcella, più foglie (figg. 159 e 160). Per quanto riguarda la produzione percentuale in foglie, dal primo al secondo sfalcio c'è stato un aumento di 10 t*ha^{-1} (fig. 159), mentre per quanto riguarda la produzione percentuale in fiori, dal primo al secondo sfalcio c'è stato un decremento di 22 t*ha^{-1} (fig 160).

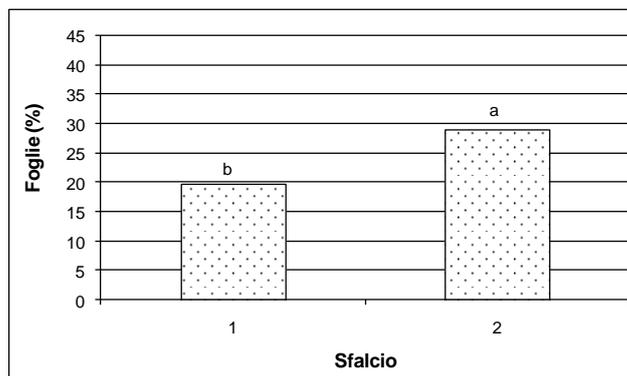


Figura 159: resa in foglie (% sul totale di biomassa in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci precoci – Villiagio.

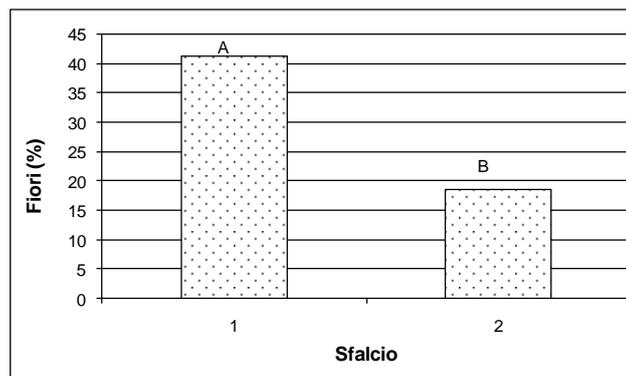


Figura 160: resa in fiori (% sul totale di biomassa in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci precoci – Villiago.

Per quanto riguarda la biomassa totale ($t \cdot ha^{-1}$) della parcella gestita a sfalci tardivi la differenza tra il primo e il secondo sfalcio è risultata significativa ($3.4 t \cdot ha^{-1}$ di s.s. di differenza) (fig. 161), la produzione maggiore è stata ottenuta con il primo sfalcio. Sempre con il primo sfalcio sono stati prodotti più fiori (figg. 162 e 163) e più fusti.

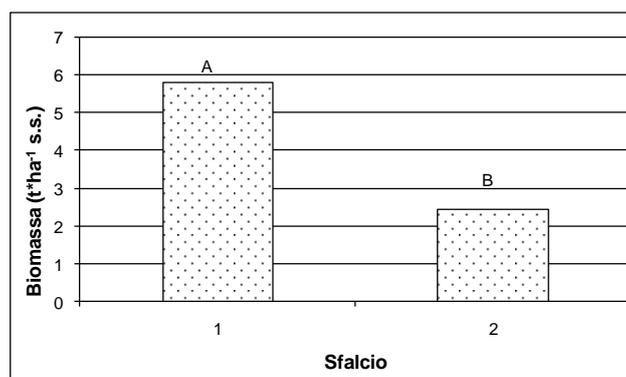


Figura 161: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci tardivi – Villiago.

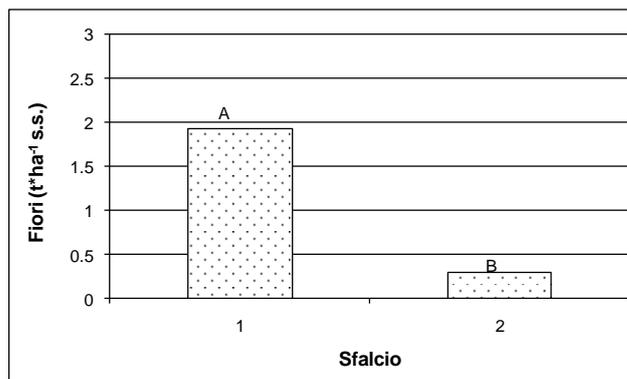


Figura 162: resa in fiori (t*ha⁻¹ in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci tardivi – Villiago.

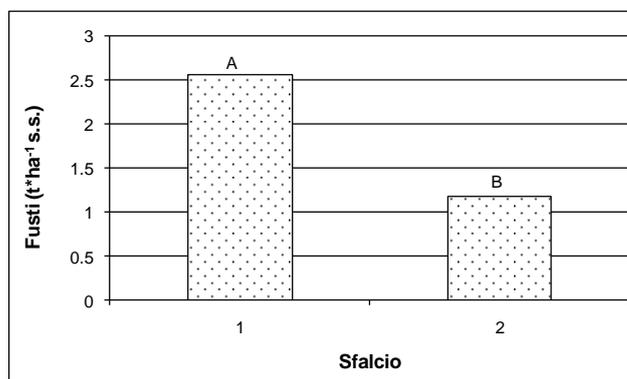


Figura 163: resa in fusti (t*ha⁻¹ in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci tardivi – Villiago.

Percentualmente il secondo sfalcio ha prodotto più del doppio rispetto al primo in foglie (36.5 t*ha⁻¹ contro le 18.5 t*ha⁻¹ del secondo sfalcio) (fig. 164), mentre la produzione percentuale in fiori è stata maggiore con il primo sfalcio (fig. 165). L'andamento presentato nei grafici in figura 164 e 165 è stato il medesimo osservato per la parcella gestita a sfalci precoci (fig. 159 e 160).

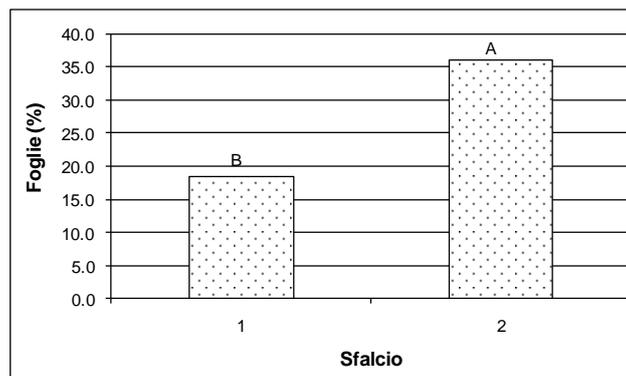


Figura 164: resa in foglie percentuale (sul totale della biomassa in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci tardivi – Villiagio.

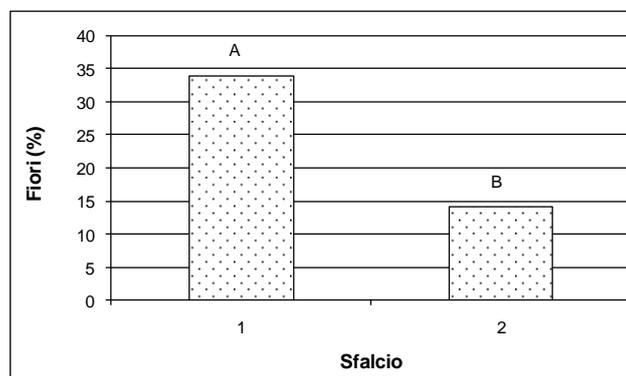


Figura 165: resa in fiori percentuale (sul totale della biomassa in s.s.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) ottenuta durante il primo anno di sperimentazione (2007) con gestione a sfalci tardivi – Villiagio.

Alla fine del primo anno di sperimentazione a Villiagio, è stato osservato che la produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$) è risultata maggiore gestendo la coltura con gli sfalci tardivi (fig. 166), infatti la biomassa è passata da $6.6 t \cdot ha^{-1}$ prodotte con gli sfalci precoci a $8.3 t \cdot ha^{-1}$ degli sfalci tardivi.

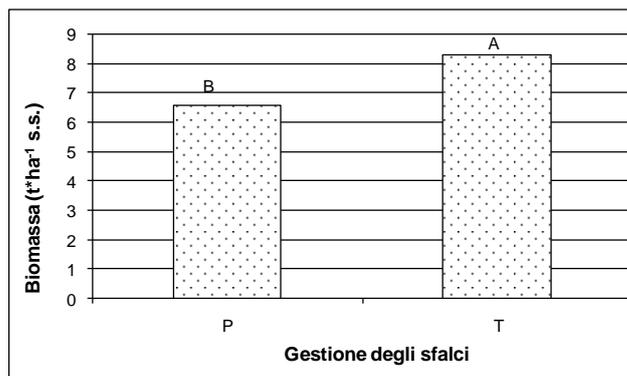


Figura 166: resa in biomassa (t*ha⁻¹ in s.s.) ottenuta alla fine del primo anno di sperimentazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio

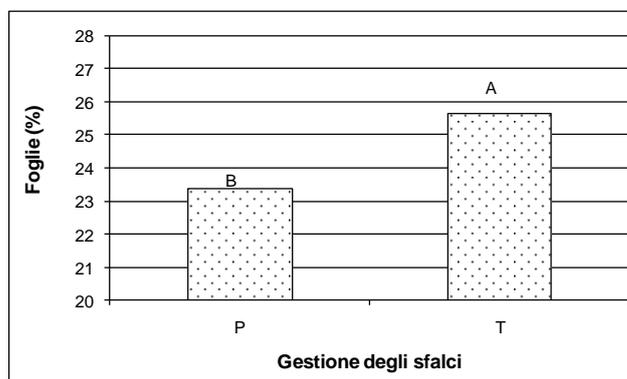


Figura 167: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) ottenuta alla fine del primo anno di sperimentazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

Mentre in termini di produzione percentuale in foglie la differenza fra le due gestioni è dello 0.4 %, con una maggior produzione ottenuta applicando gli sfalci tardivi (fig. 167).

Durante il secondo anno (2008) la parcella gestita a sfalci tardivi ha prodotto maggiormente con il primo sfalci in termini di produzione percentuale in foglie (differenza del 3 %) (fig. 168).

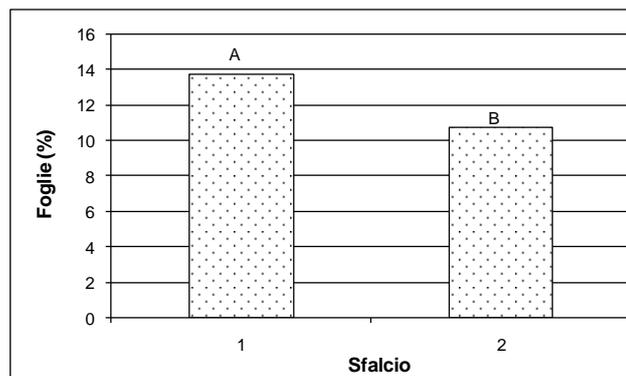


Figura 168: resa in foglie (% sul totale della biomassa) della parcella gestita a sfalci tardivi durante il secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiagio

Anche al termine del secondo anno, com'è stato mostrato per il primo (fig. 166), la biomassa prodotta è stata più maggiore gestendo la coltura con i sfalci tardivi (fig. 169).

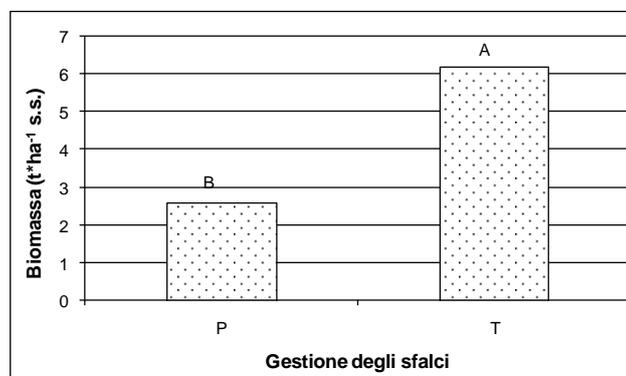


Figura 169: resa in biomassa (t*ha⁻¹ in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

Lo stesso trend è stato osservato per la produzione in fiori t*ha⁻¹ (fig. 170) che è stata di 0.9 t*ha⁻¹ e più del triplo con i sfalci tardivi (3.1 t*ha⁻¹). Anche la resa in fusti, che rappresentano il materiale di scarto, è stata maggiore con la gestione a sfalci tardivi (1 contro 2.2 t*ha⁻¹) (fig. 171).

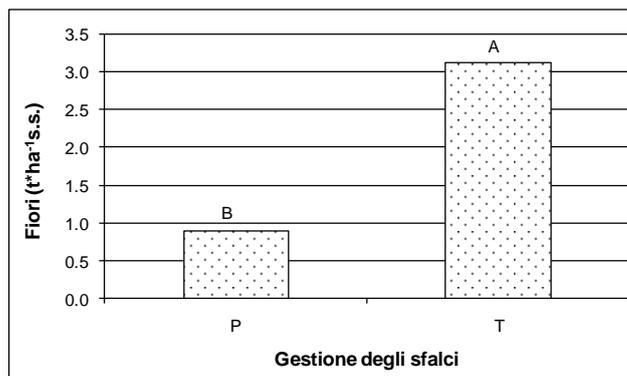


Figura 170: resa in fiori (t*ha⁻¹ in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

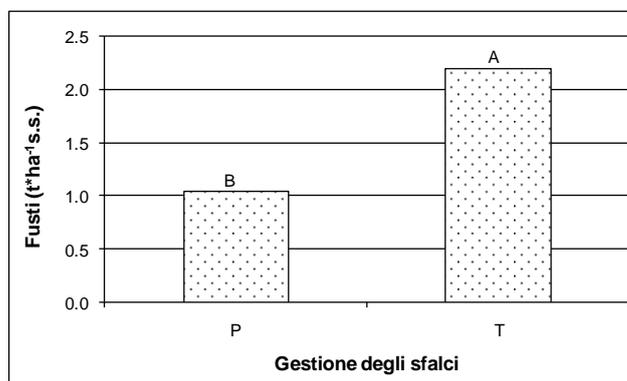


Figura 171: resa in fusti (t*ha⁻¹ in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

Con la gestione tardiva degli sfalci sono stati prodotti percentualmente più parti utili (foglie + fiori in % calcolata sul totale della biomassa secca) (fig. 172) e meno scarti (fusti espressi in % calcolata sul totale della biomassa secca) (fig. 173).

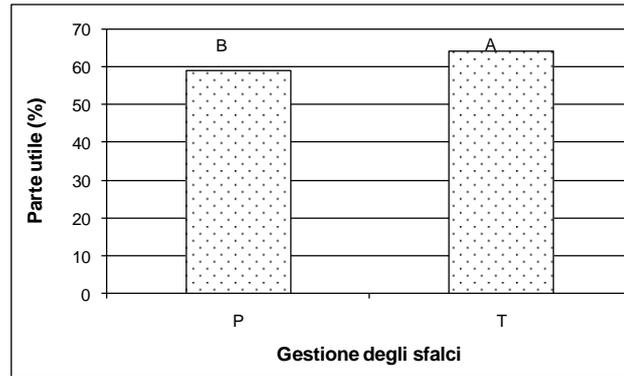


Figura 172: resa in parte utile (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiogo.

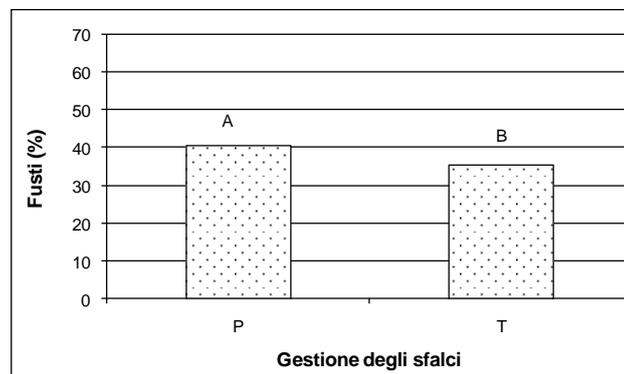


Figura 173: resa in fusti (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiogo.

Mentre la ripartizione del prodotto utile (foglie + fiori in % calcolata sul totale della biomassa secca) è stata differente nel biennio (fig.172), infatti la gestione precoce ha prodotto più foglie (9.7 t*ha^{-1} rispetto allo sfalcio tardivo) (fig. 174), mentre la gestione tardiva ha prodotto più fiori (14.8 t*ha^{-1} s.s.) rispetto allo sfalcio precoce (fig. 175). In entrambi i casi, gestione a sfalci precoci o a sfalci tardivi, la pianta ha prodotto più fiori che foglie (figg. 174 e 175).

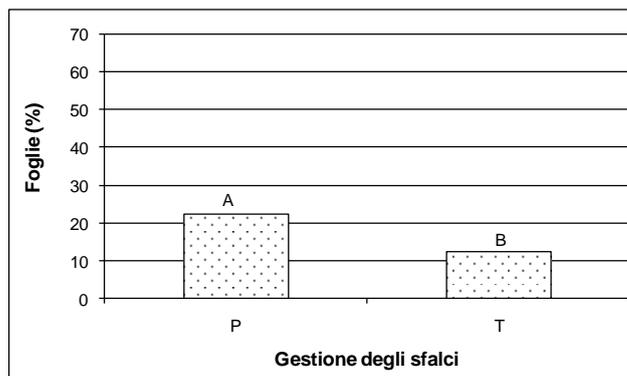


Figura 174: resa in foglie (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago

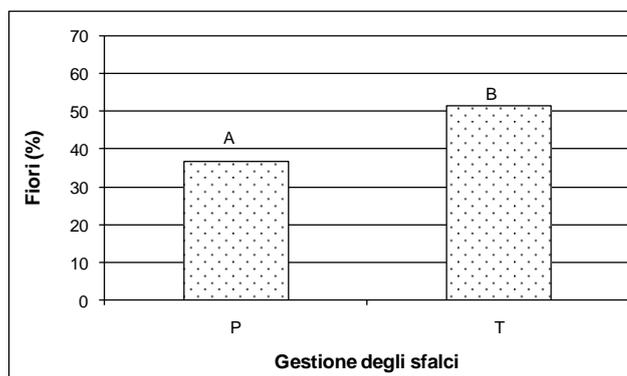


Figura 175: resa in fiori (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di sperimentazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

Di seguito sono riportati i risultati relativi al biennio di sperimentazione (media dei 2 anni 2007-08).

La gestione della coltura basata sullo sfalcio tardivo ha prodotto più biomassa durante il biennio (fig. 176), per la precisione 5.2 t*ha⁻¹ in più; lo stesso risultato è stato osservato per la produzione in foglie (fig. 177), in fiori (fig. 178) e in fusti (fig.178).

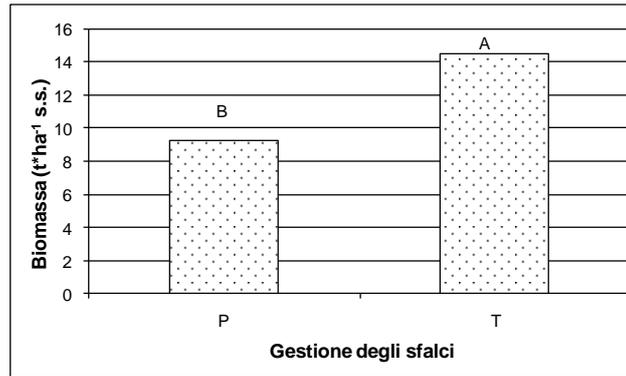


Figura 176: resa in biomassa (t*ha⁻¹ in s.s.) alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiogo.

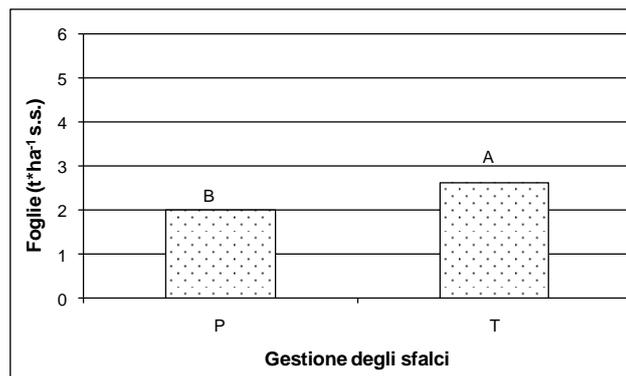


Figura 177: resa in foglie (t*ha⁻¹ in s.s.) alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiogo.

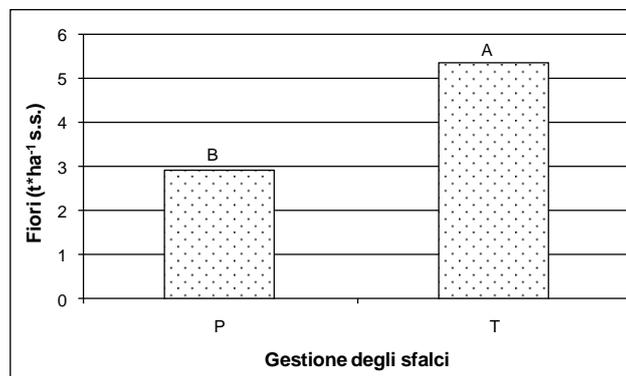


Figura 178: resa in fiori (t*ha⁻¹ in s.s.) alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiogo.

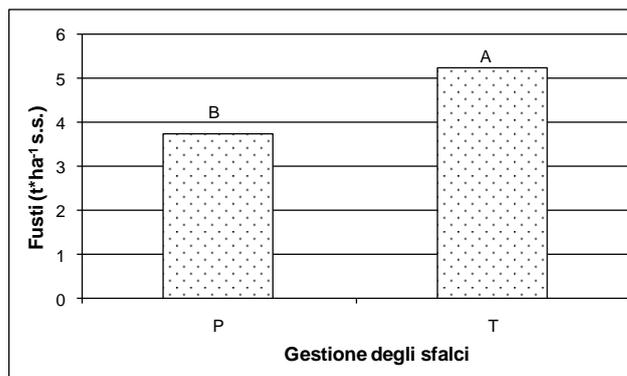


Figura 179: resa in fusti (t*ha⁻¹ in s.s.) alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

Analizzando i dati relativi alle percentuali calcolate sul totale della produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) è stato osservato come l'incremento di produzione dalla gestione a sfalci tardivi a quella a sfalci precoci sia stato del 3.6% in parti utili (fig. 180) e come ci sia stata una diminuzione sempre del 3.6% in fusti, ossia materiale di scarto (fig. 181).

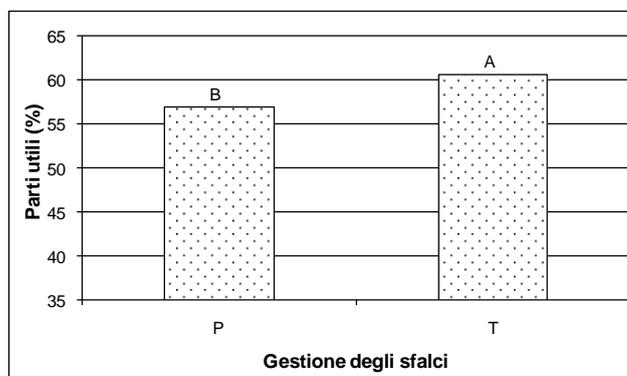


Figura 180: resa in parti utili (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione (2007-2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

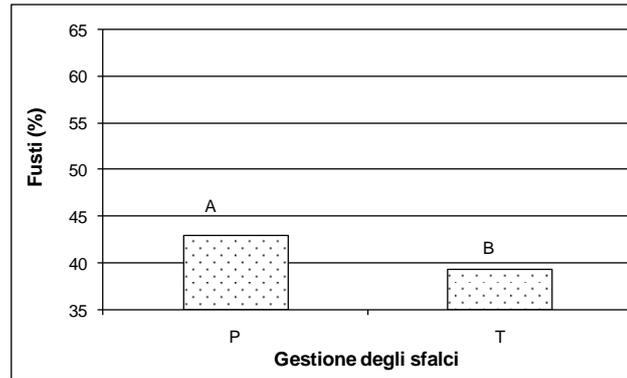


Figura 181: resa in fusti (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione (2007-2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

La scomposizione del prodotto utile in fiori e foglie (fig. 180) ha evidenziato come la monarda produca più corolle che foglie in entrambe le gestioni (figg. 182 e 183). La differenza tra la gestione precoce e tardiva in termini di produzione percentuale in fiori si può tradurre in un aumento del 6.9% (fig. 182), mentre in termini di produzione percentuale in foglie in un decremento del 3.3% (fig. 183).

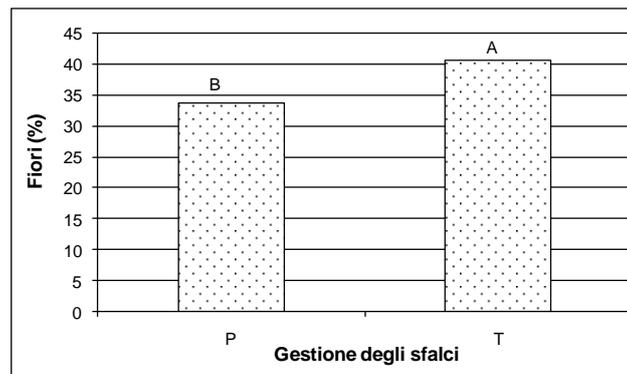


Figura 182: resa in fiori (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione (2007-2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

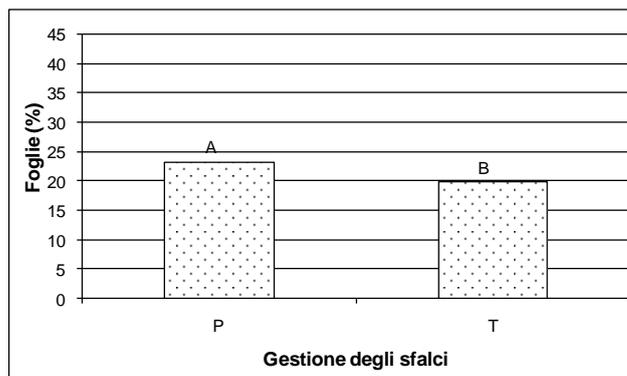


Figura 183: resa in foglie (% sul totale della biomassa in s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione (2007-2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

4.1.1.4 Lippia

Lippia Legnaro

La *Lippia citriodora* è una specie termofila, come tale, presenta una fase di fioritura breve (pochi giorni), per questo motivo e per la morfologia del fiore (fiori poco vistosi, molto piccoli di colore bianco) è stato deciso di campionare questa specie nella fase di inizio fioritura (P) e di fine fioritura (T). Nei grafici a seguire, dove non diversamente indicato, i risultati relativi al momento dello sfalcio (P e T) fanno riferimento al valore medio dei due anni di prova.

Primo anno

Dal grafico in figura 184 si nota come la gestione tardiva degli sfalci ha incrementato la produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) durante il primo sfalcio del primo anno di coltivazione.

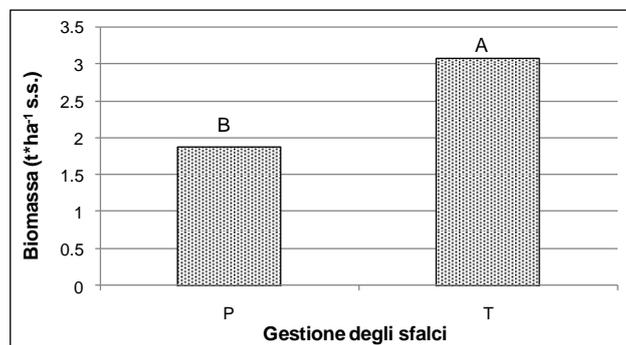


Figura 184: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta al primo sfalcio del primo anno di coltivazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

In figura 185 è stato osservato lo stesso andamento per la produzione in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.), mentre la produzione percentuale in fusti (% sul totale della biomassa), come era prevedibile, è risultata maggiore negli sfalci precoci (fig. 186).

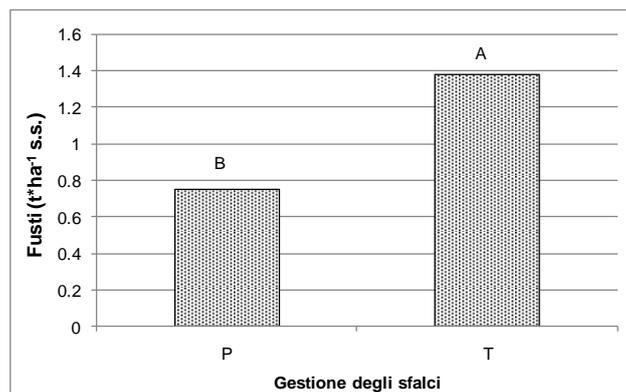


Figura 185: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta al primo sfalcio del primo anno di coltivazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

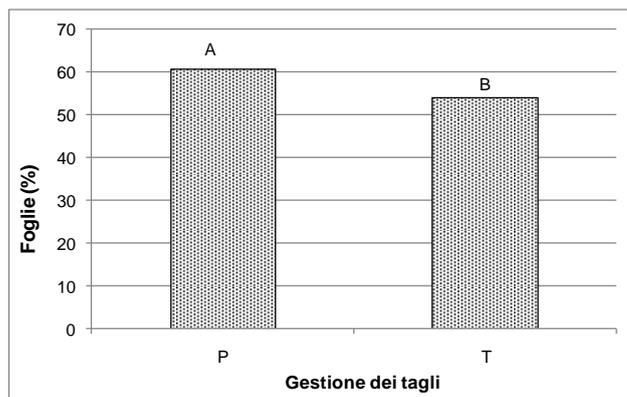


Figura 186: resa in Foglie (% sul totale della biomassa s.s.) ottenuta al primo sfalcio del anno di coltivazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

La biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) prodotta nel secondo sfalcio del primo anno, quella totale del primo anno e quella relativa al primo sfalcio del secondo anno non sono risultati significativi.

Secondo anno

La biomassa prodotta al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione (fig. 187) ha mostrato un andamento crescente in epoca tardiva similmente a quanto per il primo sfalcio del primo anno di coltivazione (fig. 184).

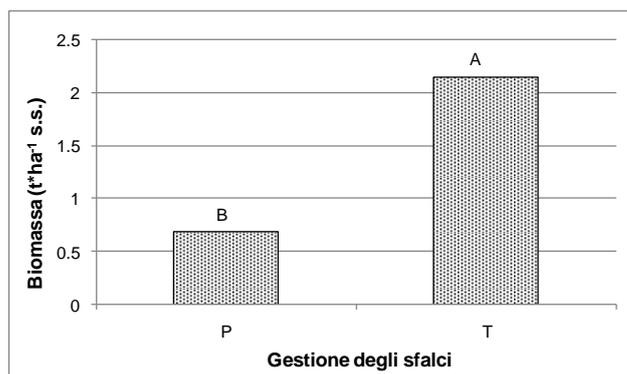


Figura 187: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

Anche la produzione in foglie e in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ha evidenziato un aumento molto elevato di produzione ritardando lo sfalcio (figg. 188 e 189).

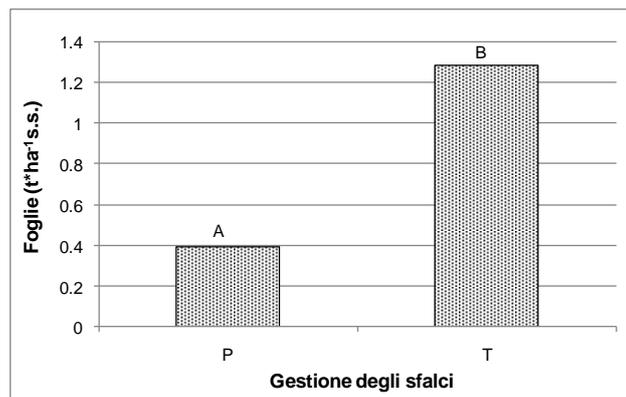


Figura 188: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

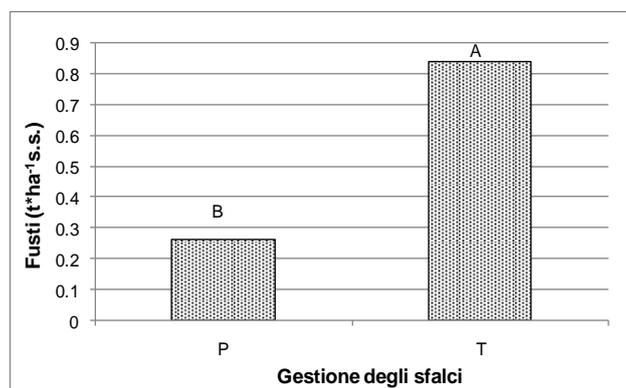


Figura 189: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta al secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione (2007) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

Durante il secondo anno di coltivazione è stato effettuato un terzo sfalcio ma l'analisi statistica non ha restituito dei risultati significativi.

La produzione totale del secondo anno di coltivazione è stata superiore con la gestione a sfalci tardivi (fig. 190).

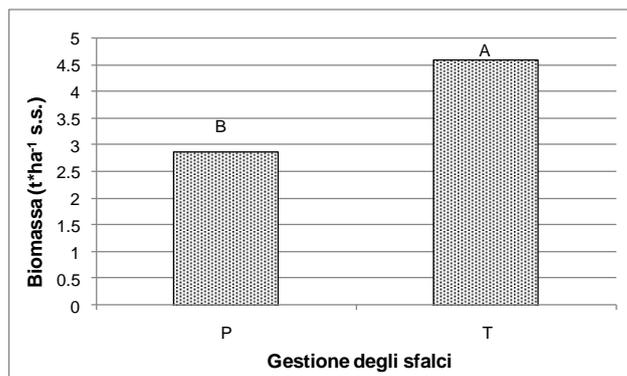


Figura 190: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di coltivazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

Anche la produzione in foglie, così come la produzione in fusti, si è avvantaggiata del ritardo negli sfalci (figg. 191 e 192).

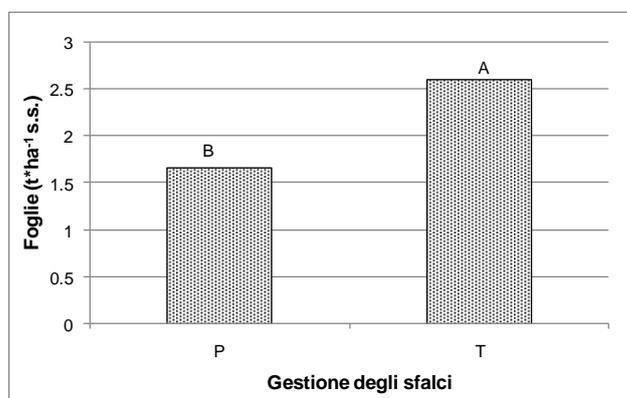


Figura 191: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di coltivazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

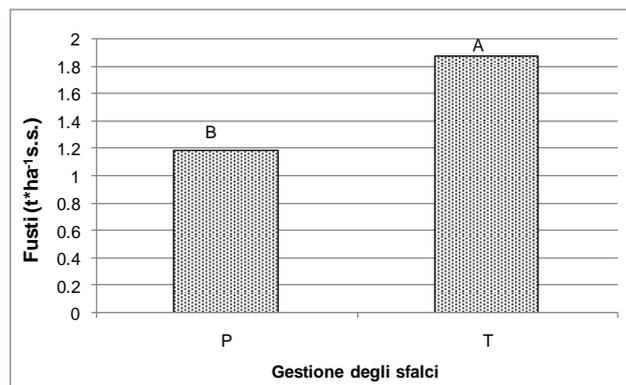


Figura 192: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta alla fine del secondo anno di coltivazione (2008) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

Alla fine del biennio di sperimentazione è stato possibile osservare (fig. 193) come la lippia abbia prodotto maggiormente in termini di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) durante il primo anno, nonostante sia stato l'anno d'impianto (fig. 193) e lo sfalcio tardivo è risultato la scelta migliore per la gestione della coltura (fig. 194).

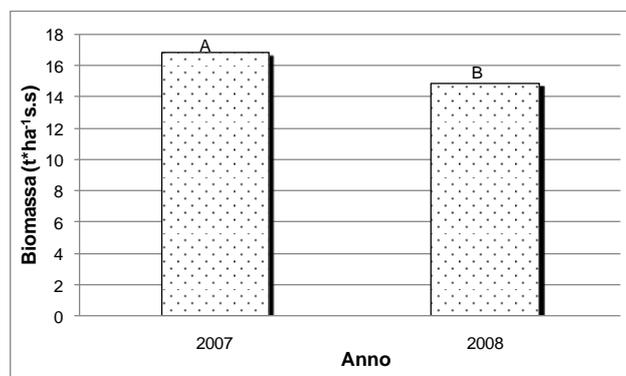


Figura 193: resa in biomassa totale ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione dell'anno di coltivazione – Legnaro.

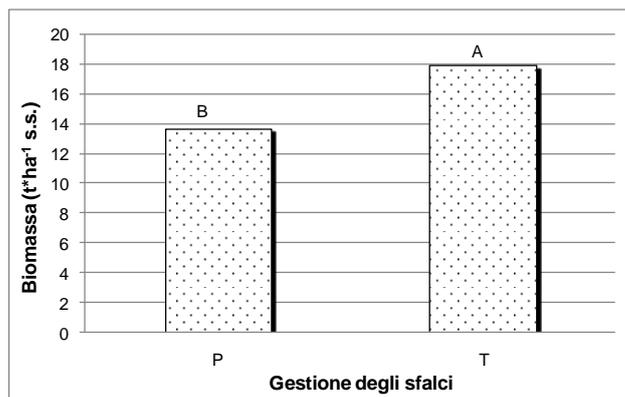


Figura 194: resa in biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

Queste osservazioni sono state confermate dall'interazione tra la gestione degli sfalci e l'anno di coltivazione in termini di produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 195).

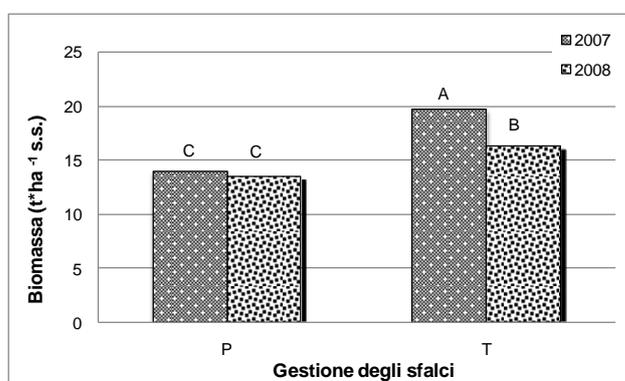


Figura 195: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) e dell'anno di coltivazione – Legnaro.

Per quanto concerne la produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) è stato osservato quando detto per la biomassa, ossia che il miglior risultato è stato ottenuto al primo anno d'impianto e con la gestione a sfalci tardivi (figg. 196, 197 e 198).

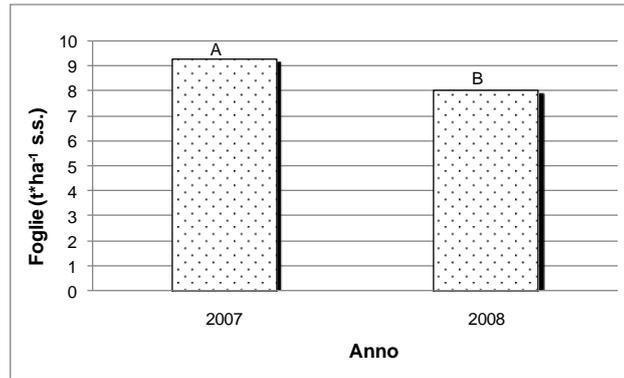


Figura 196: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno di coltivazione – Legnaro.

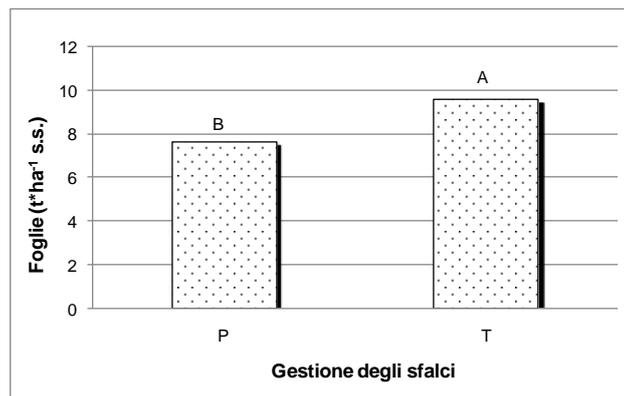


Figura 197: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del biennio si sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

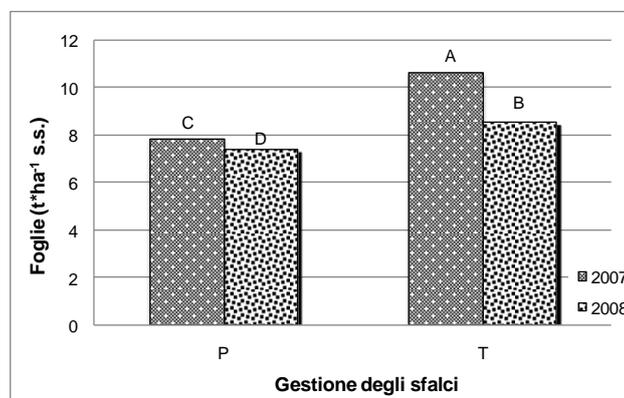


Figura 198: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) e dell'anno di coltivazione – Legnaro.

Anche i fusti, che rappresentano il materiale di scarto in questa coltura sono risultati maggiori durante il primo anno d'impianto e con la gestione a sfalci tardivi (figg. 199 e 200).

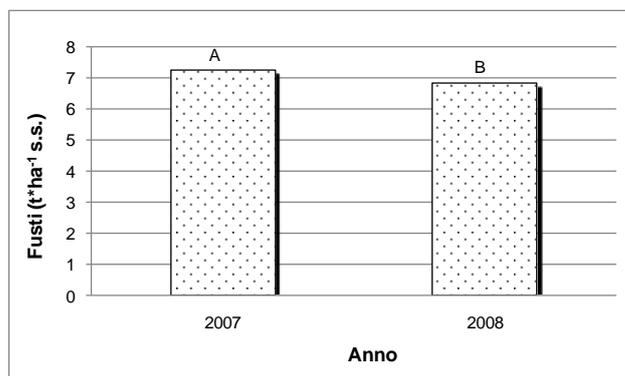


Figura 199: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno di coltivazione – Legnaro.

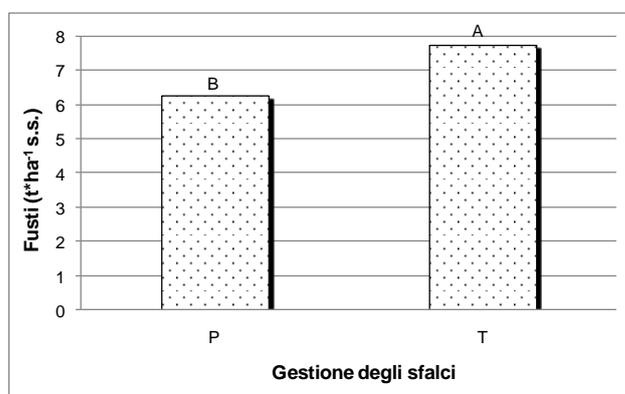


Figura 200: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del biennio si sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P =gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

Dal grafico dell'interazione della gestione degli sfalci per anno è stato osservato che la produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta con la gestione a sfalci precoci ha è stata minore ma più costante nel biennio (fig. 201).

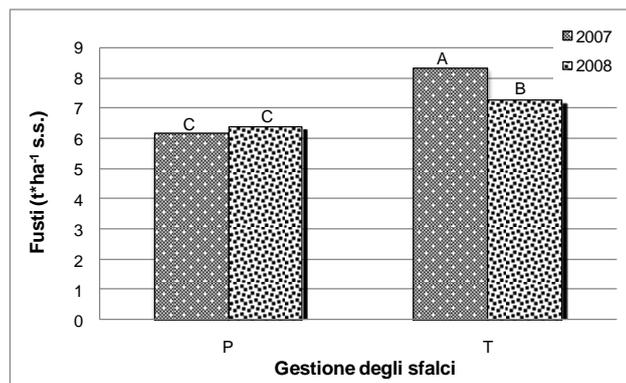


Figura 201: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P=gestione a sfalci precoci; T=gestione a sfalci tardivi) e dell’anno di coltivazione – Legnaro.

Villiago

Sfalci precoci primo anno

A Villiago, le parcelle gestite a sfalci precoci hanno fatto registrare una maggiore resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) con il secondo sfalcio (fig. 202).

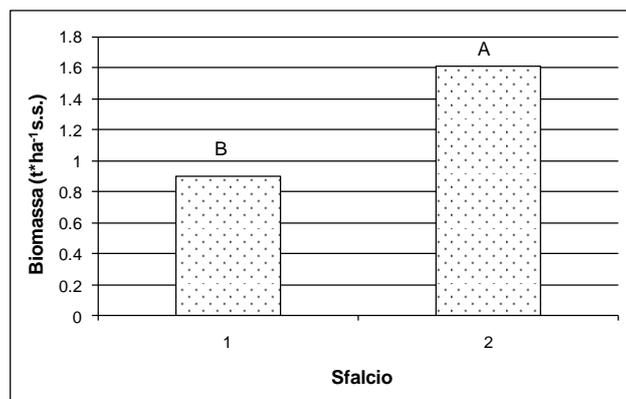


Figura 202: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiago.

Lo stesso andamento è stato osservato per quanto riguarda la produzione in foglie e in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (figg. 203 e 204).

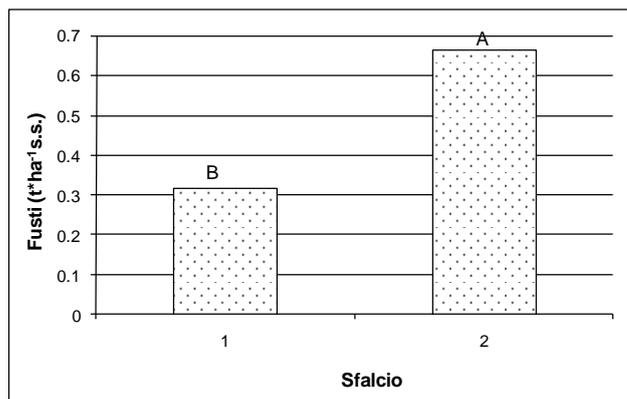


Figura 203: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiogo.

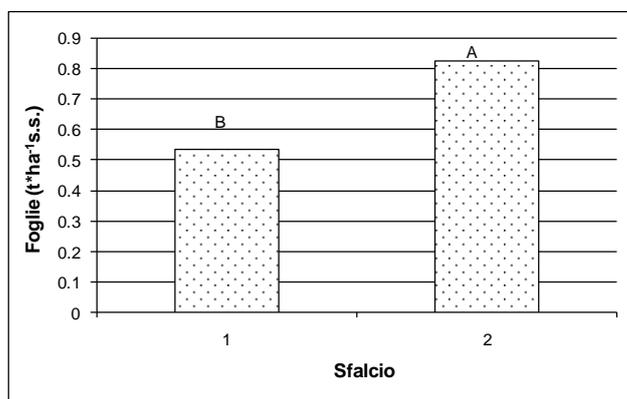


Figura 204: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiogo.

Durante il primo sfalci, le piante hanno prodotto, come ipotizzabile, più foglie in percentuale sul totale della biomassa s.s. (fig. 205).

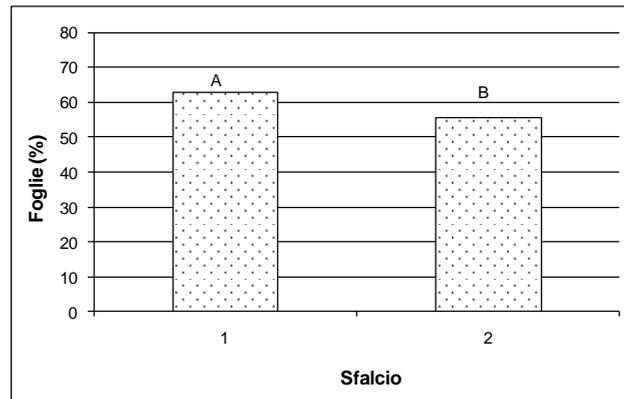


Figura 205: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiagio.

Sfalci tardivi primo anno

Con la gestione a sfalci tardivi (fig. 206), è stato osservato un comportamento opposto in termini di biomassa rispetto alla parcella gestita con gli sfalci precoci (fig. 202), infatti il primo sfalcio è risultato il più produttivo rispetto al secondo.

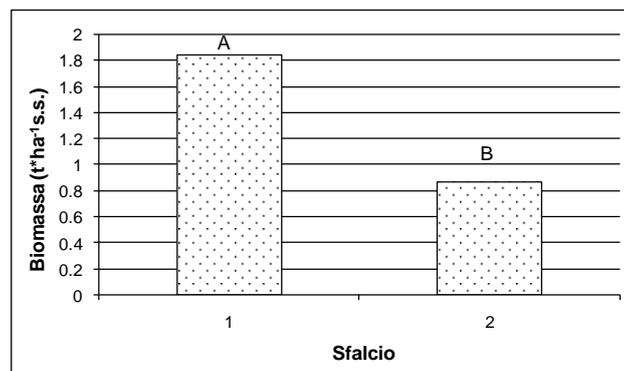


Figura 206: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiagio.

Anche in questo caso, le foglie e i fusti hanno seguito l'andamento della biomassa (figg. 207 e 208).

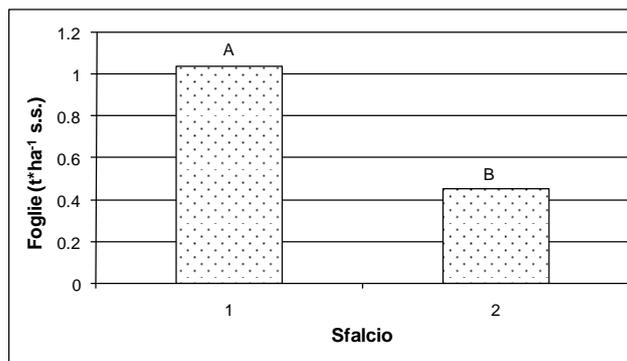


Figura 207: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiagio.

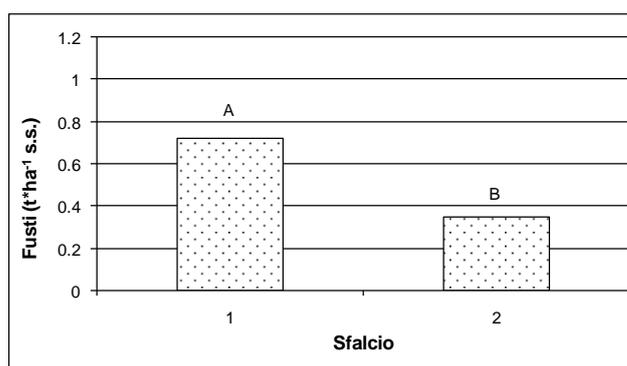


Figura 208: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al primo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiagio.

Sfalci precoci secondo anno

Durante il secondo anno di coltivazione sono stati effettuati tre sfalci. In figura 209 si può osservare come ci sia stato un aumento nella produzione in biomassa passando dal primo a terzo sfalci (fig. 209). Lo stesso aumento è stato osservato anche per la produzione in foglie e in fusti (figg. 210 e 211).

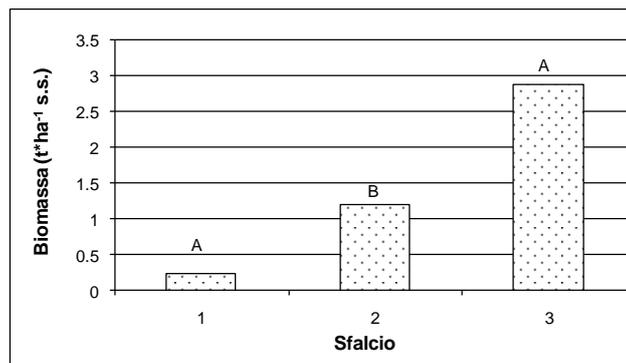


Figura 209: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiogo.

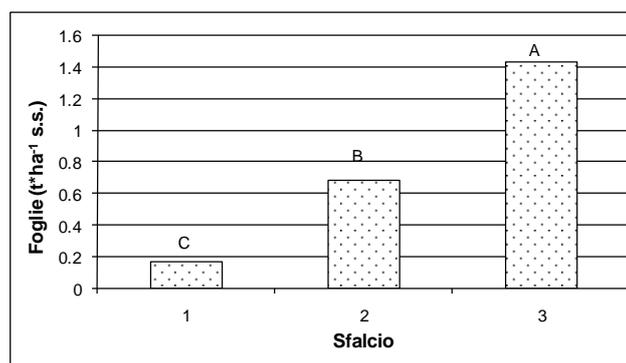


Figura 210: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiogo.

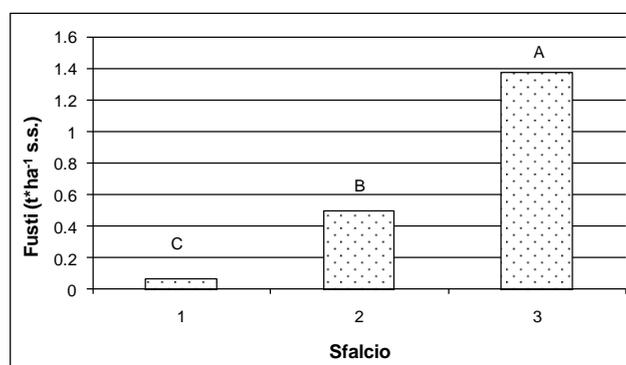


Figura 211: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) – Villiogo.

Il grafico della produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) (fig. 212) ha mostrato un andamento opposto rispetto a quello osservato per produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 210). Più le piante sono sfalciate precocemente, minore è la quantità di fusti raccolti.

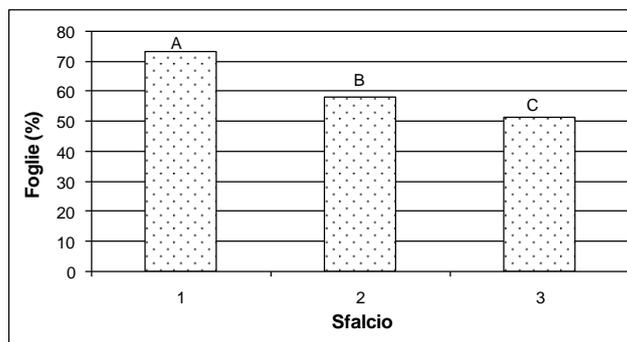


Figura 212: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della parcella gestita a sfalci precoci ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

Sfalci tardivi secondo anno

Durante il secondo sfalcio del secondo anno di coltivazione, gli sfalci hanno mostrato degli andamenti simili a quanto osservato per il prelievo precedente sia in termini di biomassa, sia di produzione in foglie e fusti, sia di produzione percentuale in foglie; però la sola produzione è stata maggiore (figg. 213 – 216).

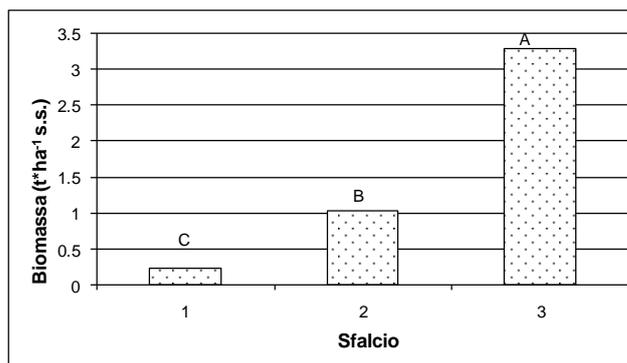


Figura 213: resa in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

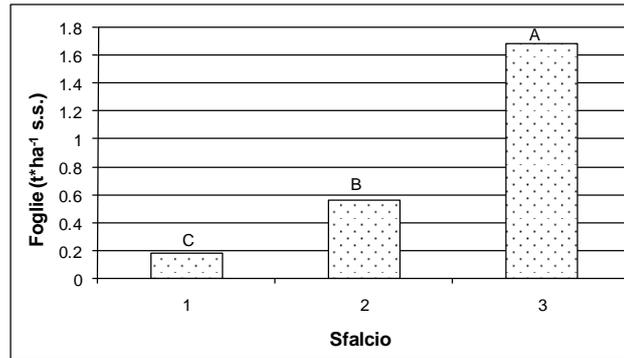


Figura 214: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

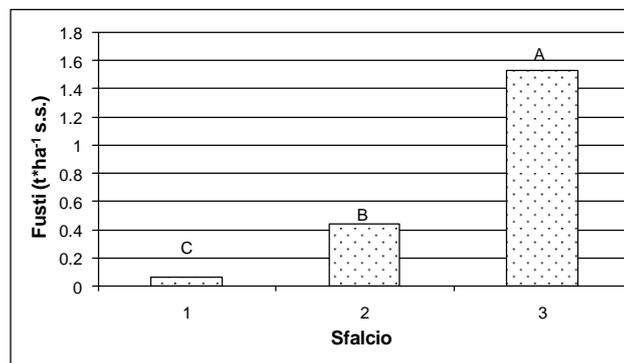


Figura 215: resa in fusti (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

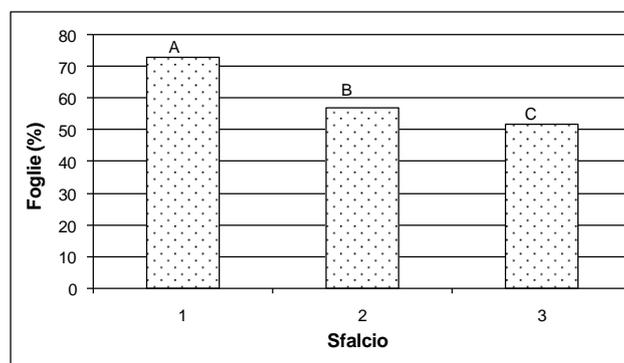


Figura 216: resa in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) della parcella gestita a sfalci tardivi ottenuta al secondo anno di sperimentazione in funzione degli sfalci (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) – Villiogo.

Confrontando i dati ottenuti in toto alla fine del biennio sono stati ottenuti i seguenti risultati.

La coltura è risultata più produttiva durante il primo anno di coltivazione (fig. 217) e con la gestione a sfalci tardivi (fig. 218).

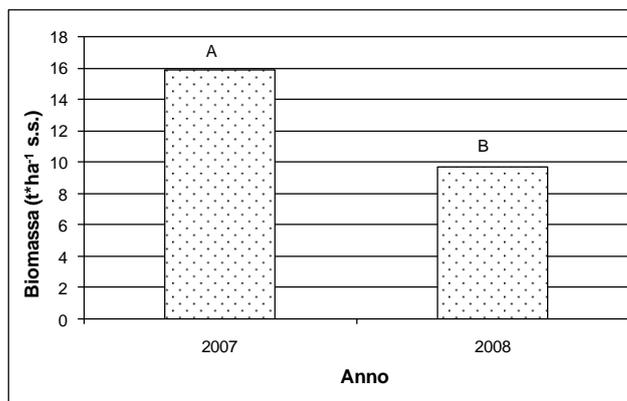


Figura 217: resa in biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione dell'anno – Villiago.

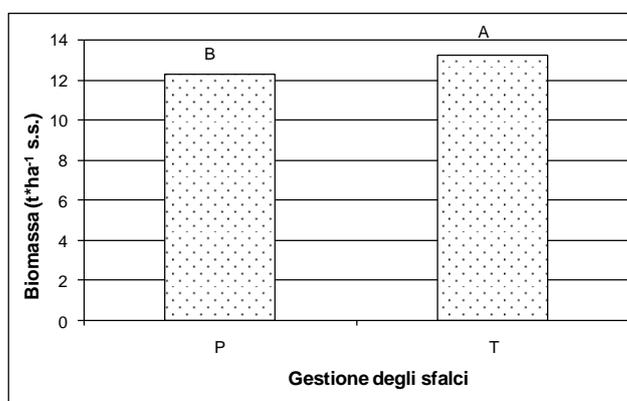


Figura 218: resa in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

Gli andamenti sono stati confermati dal grafico dell'interazione in figura 219.

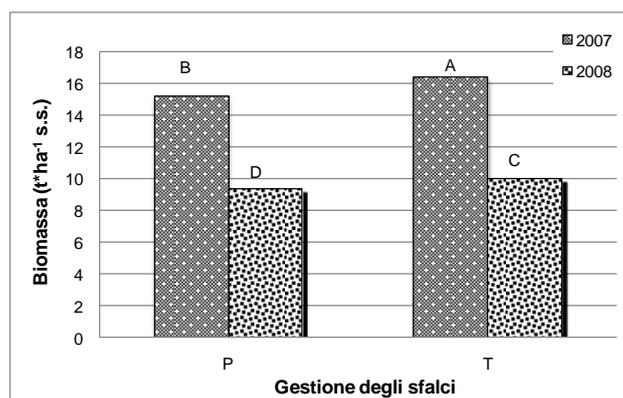


Figura 219: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) e dell'anno di coltivazione – Villiago.

La produzione in foglie ha seguito l'andamento della biomassa sia in funzione dell'anno che della gestione degli sfalci (figg. 220 e 221), con una diminuzione di oltre $3 t \cdot ha^{-1}$ passando dal 2007 al 2008 e con un incremento inferiore ad una tonnellata ritardando lo sfalcio.

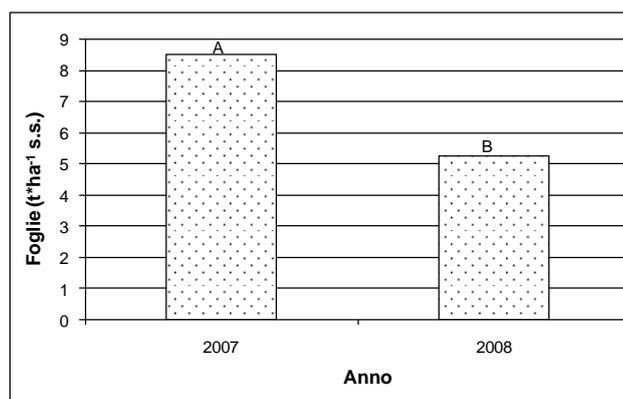


Figura 220: resa in foglie totale ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione dell'anno di coltivazione – Villiago.

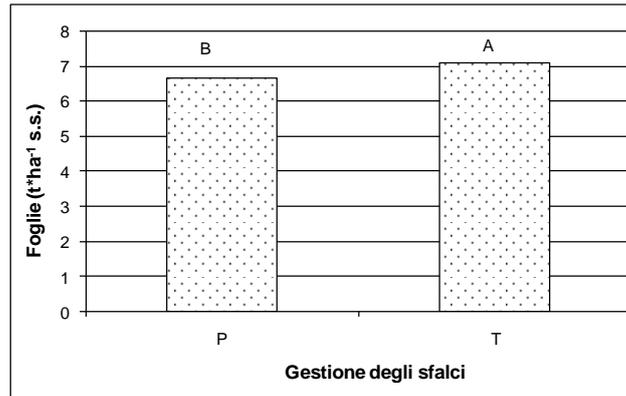


Figura 221: resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

Durante il primo anno di coltivazione, entrambe le gestioni degli sfalci sono risultate più produttive rispetto al secondo anno (fig. 222) durante il quale si è assistito ad un importante decremento di resa, probabilmente a causa di un effetto negativo delle temperature invernali.

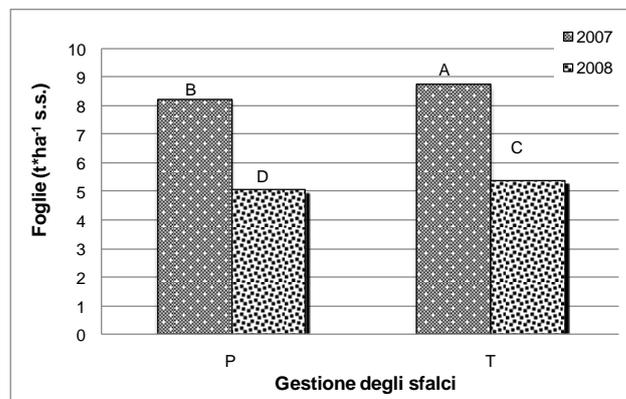


Figura 222: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) e dell’anno di coltivazione – Villiago.

Anche la produzione in fusti (fig. 223) ha seguito lo stesso andamento osservato per la biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 217) e per la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 220) confermando una diminuzione di resa in fusti di oltre $3 t \cdot ha^{-1}$ tra il primo e il secondo anno e una differenza di meno di una tonnellata tra le due gestioni degli sfalci.

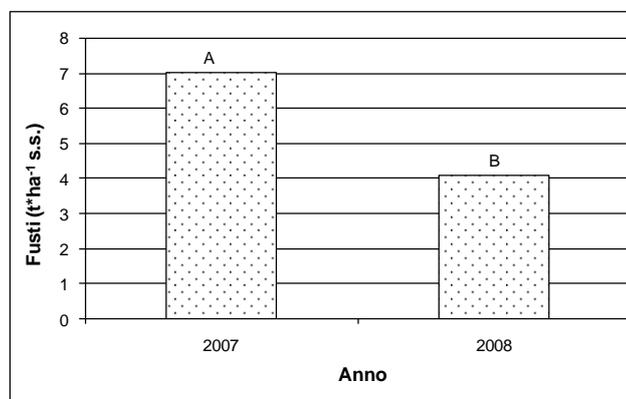


Figura 223: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione in funzione dell'anno di coltivazione – Villiogo.

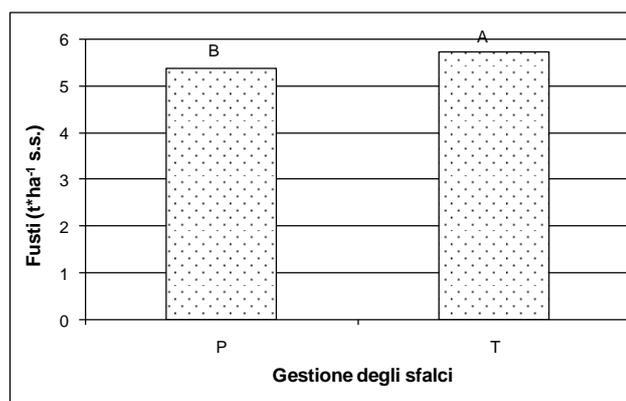


Figura 224: resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) ottenuta alla fine del biennio di sperimentazione in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiogo.

Lo sfalcio tardivo del 2007 è risultato il più produttivo (fig. 225), in termini di produzione in fusti.

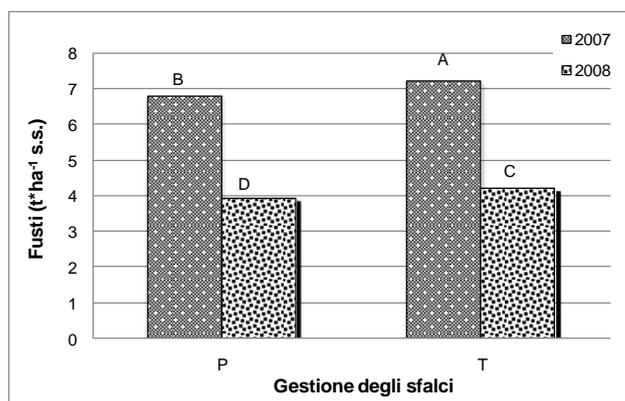


Figura 225: interazione “gestione degli sfalci x anno” in termini di resa in fusti ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) e dell’anno di coltivazione – Villiago.

4.1.2 Fase di laboratorio

4.1.2.1 Olio essenziale

I dati relativi alla resa in olio essenziale sono stati espressi in termini di produzione in $L \cdot ha^{-1}$ di coltivazione, questo per avere una rapida e pratica quantificazione della produzione della produzione in olio, anche da parte di un agricoltore.

Lippia

Durante il primo anno di coltivazione (2007), a Legnaro, sono state effettuate due distillazioni, la resa in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) non è risultata significativamente differente tra i due sfalci dell’anno e fra la biomassa prodotta ($t \cdot ha^{-1}$ s.f.) nelle due gestioni degli sfalci (sfalci precoci e sfalci tardivi) (fig. 226). La produzione è quindi risultata omogenea sia in funzione del primo e secondo sfalcio sia in funzione della gestione precoce o tardiva (fig. 226).

Durante il secondo anno la produzione in olio essenziale ottenuta dalla biomassa prodotta con gli sfalci tardivi e gli sfalci precoci non è risultata significativamente diversa nell’ambito dello stesso sfalcio (fig. 227). Tendenzialmente la produzione in olio essenziale è aumentata passando dal primo al secondo, ma soprattutto al terzo sfalcio (fig. 227).

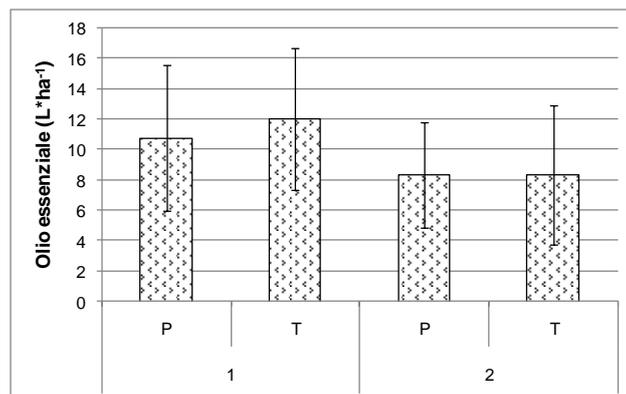


Figura 226: resa in olio essenziale di lippia ($L*ha^{-1}$) in fuzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo anno di coltivazione (2007) – Legnaro.

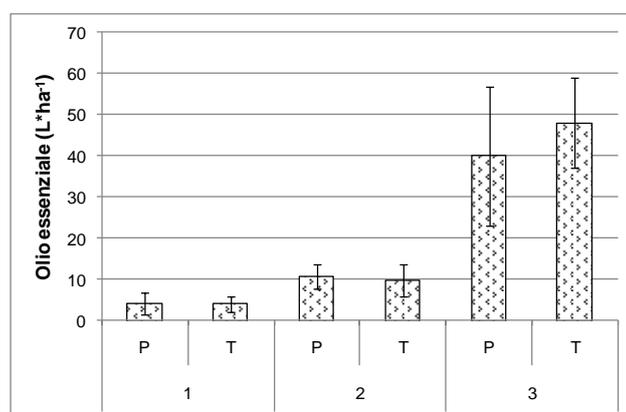


Figura 227: resa in olio essenziale di lippia ($L*ha^{-1}$) in fuzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio; 3 = terzo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

A Villiagio (fig. 228) la resa in olio essenziale di lippia ($L*ha^{-1}$), nel 2007, è risultata molto omogenea indipendente dalla gestione degli sfalci e dallo sfalcio, infatti non sono state evidenziate differenze significative.

In figura 229 è mostrato l'andamento della produzione in olio essenziale di lippia ($L*ha^{-1}$) nel 2008 a Villiagio. Confrontando gli sfalci precoci e tardivi non sono state osservate differenze significative nella produzione in olio essenziale, mentre è risultato differente lo sfalcio nell'anno. Al primo sfalcio la resa in olio essenziale è

stata limitata, ha raggiunto un punto di massimo con il secondo sfalcio superando i 20 L*ha⁻¹ ed ha avuto una decrescita fino ai 15 L*ha⁻¹ circa ottenuti con le distillazioni del terzo sfalcio (fig. 229). Inoltre è stato osservato che l'olio essenziale prodotto al secondo sfalcio tardivo non è risultato diverso da quello prodotto con il terzo sfalcio precoce (fig. 229).

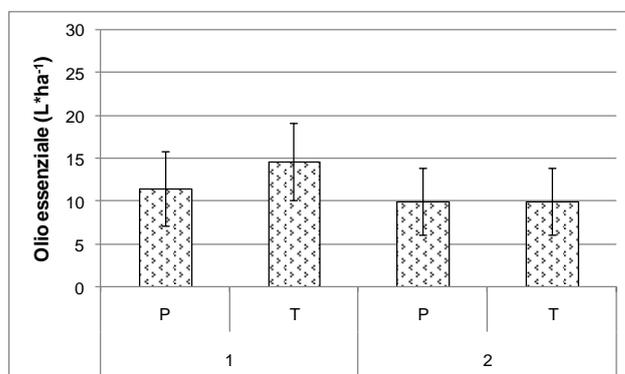


Figura 228: resa in olio essenziale di lippia (L*ha⁻¹) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo anno di coltivazione (2007) – Villiago.

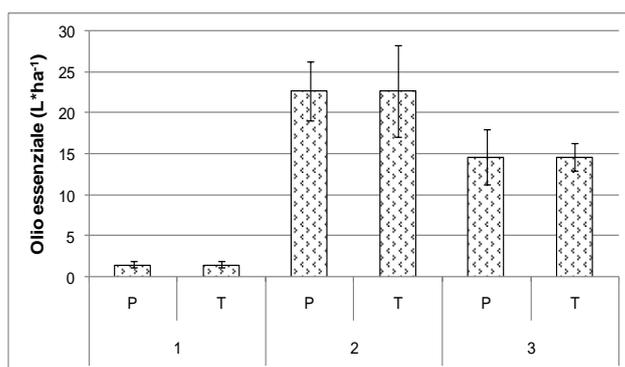


Figura 229: resa in olio essenziale di lippia (L*ha⁻¹) ottenuto da biomassa fresca) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio; 3 = terzo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Villiago.

La produzione totale in olio essenziale di lippia (L*ha⁻¹) in funzione dell'anno di coltivazione è risultata differente in entrambe le località nel 2007.

A Legnaro (fig. 230) la maggior produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) è stata ottenuta con la distillazione degli sfalci precoci mentre a Villiago è stato osservato l'andamento opposto (fig. 231). Nel 2008 la variabilità è risultata molto elevata in entrambe le località, ma a Legnaro in modo più marcato; nel secondo anno di coltivazione non ci sono state differenze tra le gestioni in termini di produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$).

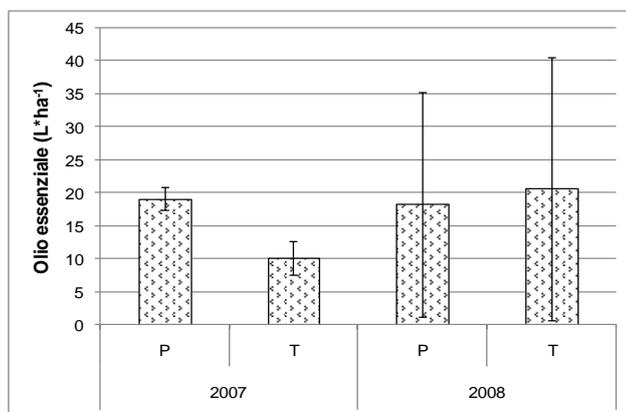


Figura 230: resa media in olio essenziale di lippia ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione (2007-08) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

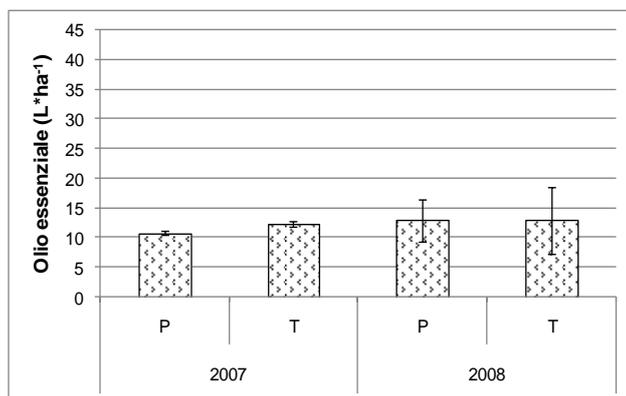


Figura 231: resa media in olio essenziale di lippia ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione (2007-08) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

Melissa

Per quanto concerne la produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) di melissa, durante il primo anno è stato distillato solo il primo sfalcio (fig. 232). La produzione è risultata

maggiore con la gestione precoce e non sono state osservate differenze tra le altre gestioni (fig. 232). Durante il secondo anno di coltivazione sono stati distillati tutti e tre gli sfalci ed è stata osservata un'elevata variabilità nella produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) (fig. 233). Al primo sfalcio non sono state differenziate le gestioni in termini di produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$), mentre al secondo sfalcio, la gestione tardiva ha prodotto meno della metà delle altre due gestioni tra le quali la differenza non è risultata significativa (fig. 233). Al terzo sfalcio i tagli intermedi hanno restituito una produzione in olio essenziale maggiore rispetto ai precoci (fig. 233).

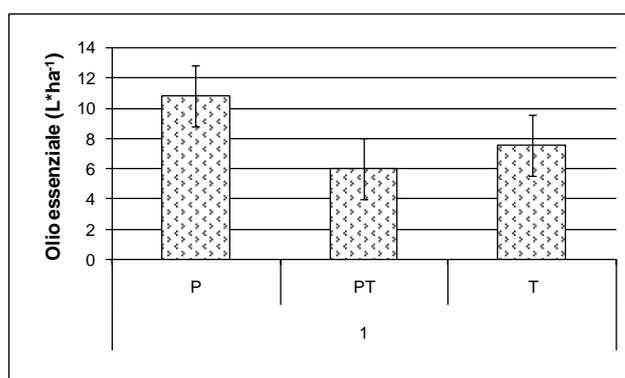


Figura 232: resa in olio essenziale di melissa ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo sfalcio del primo anno di coltivazione (2007) – Legnaro.

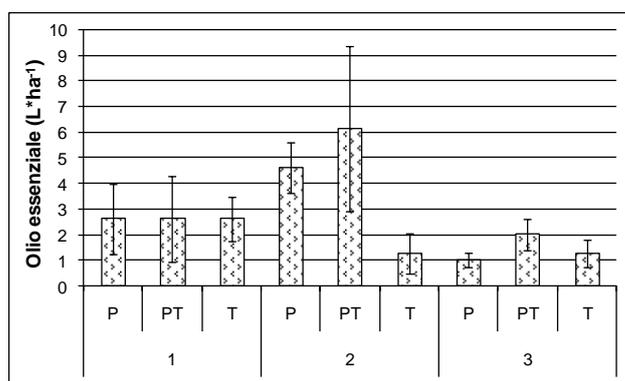


Figura 233: resa in olio essenziale di melissa ($L \cdot ha^{-1}$) ottenuto da s.f.) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

La figura 234 mostra le produzioni medie in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) ottenute a Legnaro durante il secondo anno di coltivazione. Non è stato possibile osservare differenze tra le gestioni.

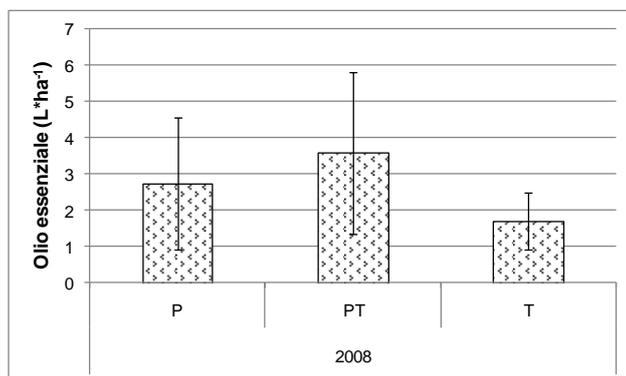


Figura 234: resa media in olio essenziale di melissa ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

Per quanto riguarda la località di Villiago, durante il 2007, sono state distillate le produzioni ottenute con il primo sfalcio precoce e tardivo e con il secondo sfalcio tardivo (fig. 235). È stato possibile osservare che la produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) ottenuta con gli sfalci precoci è stata maggiore durante il secondo sfalcio (fig. 235) e non differente dallo sfalcio tardivo (sempre secondo sfalcio).

Nel 2008 la produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) non è risultata differente tra la gestione precoce e tardiva (fig. 236). La produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) è variata in funzione dello sfalcio e ha restituito dei valori bassi con il primo sfalcio, inferiori ai $2 L \cdot ha^{-1}$, incrementati con il secondo sfalcio, che ha raggiunto una produzione superiore ai $4 L \cdot ha^{-1}$ (fig. 236).

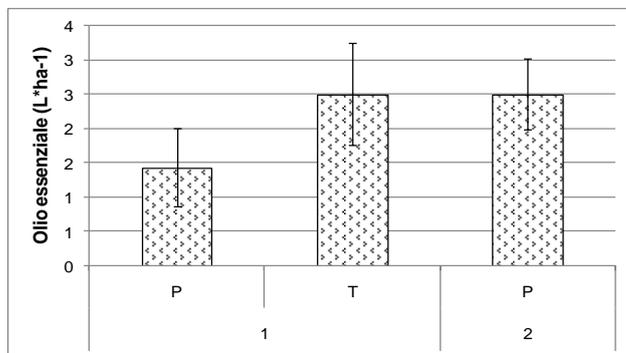


Figura 235: resa in olio essenziale di melissa ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo anno di coltivazione (2007) – Villiogo.

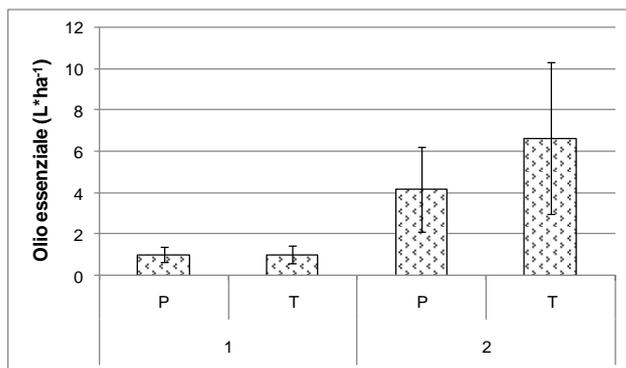


Figura 236: resa in olio essenziale di melissa ($L \cdot ha^{-1}$ ottenuto da biomassa fresca) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Villiogo.

Mediamente il 2008 la coltura di melissa ha avuto una produzione molto variabile in termini di $L \cdot ha^{-1}$ di olio essenziale (fig. 237) e le due gestioni non sono risultate differenti.

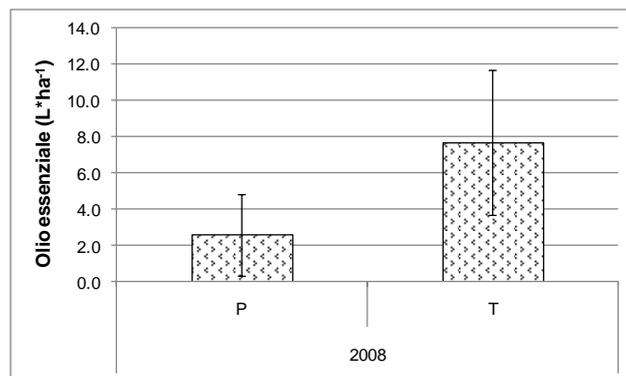


Figura 237: resa media in olio essenziale di melissa ($L*ha^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Villiogo

Menta

Durante il primo anno di coltivazione è stata effettuata una sola distillazione.

Durante il secondo anno sono stati effettuati tre sfalci a cui sono corrisposte tre distillazioni (fig. 238). Le gestioni a confronto nel primo sfalcio non hanno evidenziato differenze in termini di produzione in olio essenziale ($L*ha^{-1}$) (fig. 238); nel secondo sfalcio la produzione è aumentata rispetto al primo sfalcio nelle tesi gestite a sfalci intermedi e tardivi; al terzo sfalcio è stato possibile osservare un brusco calo di resa (fig. 238). Nell'ultimo sfalcio la distillazione sulla biomassa prodotta dalla gestione intermedia è stata ottenuta a fine ciclo colturale e in quantità molto ridotte, per tale motivo non è stato possibile distillare lo sfalcio tardivo (fig. 238).

La resa media in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) ottenuta con le tre gestioni nel 2008 non ha evidenziato grosse differenze a causa dell'elevata variabilità dei dati (fig. 239).

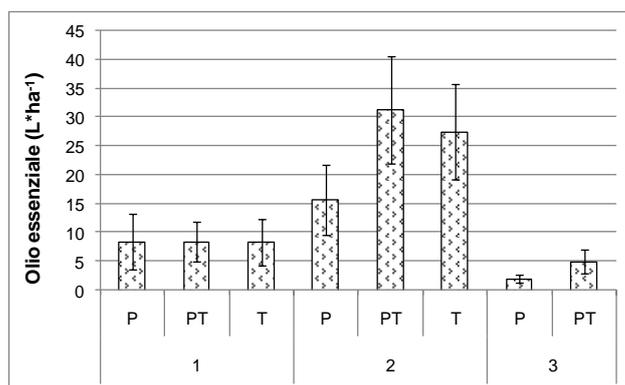


Figura 238: resa in olio essenziale di menta ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

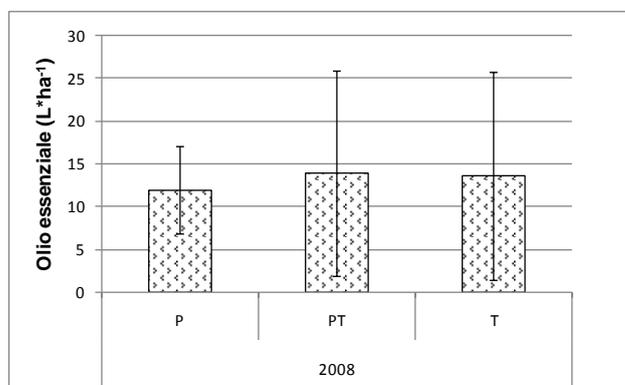


Figura 239: resa media in olio essenziale di menta ($L \cdot ha^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

La produzione in olio essenziale della menta di Villiagio non è risultata differente tra le tre gestioni durante il 2007 (fig. 240). Nel 2008 è stato osservato un calo di produzione in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) distillato dalla biomassa ottenuta con il primo sfalcio (fig. 241) rispetto al 2007 (fig. 240). La quantità in olio essenziale ($L \cdot ha^{-1}$) ottenuto con gli sfalci precoci al secondo sfalcio è risultata maggiore rispetto alle tesi (precoce e tardivo) del primo sfalcio (fig. 241).

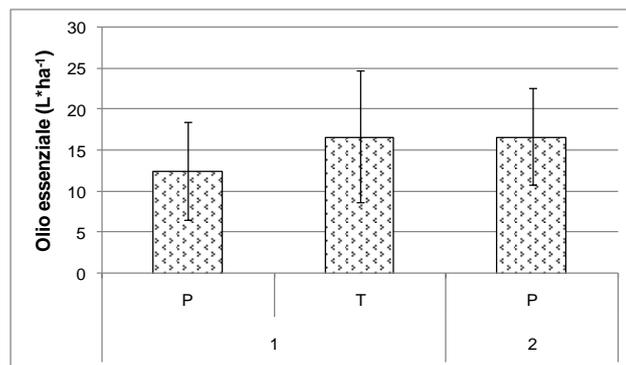


Figura 240: resa in olio essenziale di menta ($L*ha^{-1}$) in fuzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo anno di coltivazione (2007) – Villiigo.

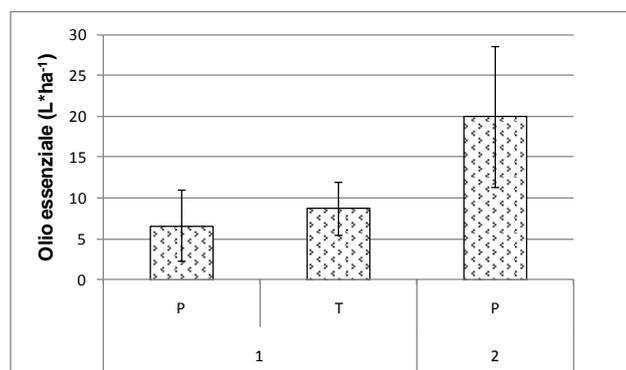


Figura 241: resa in olio essenziale di menta ($L*ha^{-1}$) in fuzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Villiigo.

Monarda

Per quanto riguarda la produzione in olio essenziale ($L*ha^{-1}$) di monarda non è stata osservata una differenza tra la gestione precoce e tardiva (fig. 242) durante il primo anno di coltivazione. È da notare come sia stata la coltura più produttiva in termini di olio essenziale ($L*ha^{-1}$), raggiungendo produzioni intorno ai $100 L*ha^{-1}$ circa (fig. 242).

Durante il secondo anno la parcella gestita a sfalci precoci è morta, di conseguenza è stata studiata solo la parcella gestita a sfalci tardivi a sua volta sfalciata precocemente (T_P) e tardivamente (T_T) (fig. 243). Anche nel 2008 la

variabilità è risultata molto elevata (fig. 243). Non è stato possibile fare il secondo sfalci sulla parcella tardiva (T_T) perché le piante non hanno avuto sufficiente tempo per accrescersi dopo il primo sfalci (fig. 243).

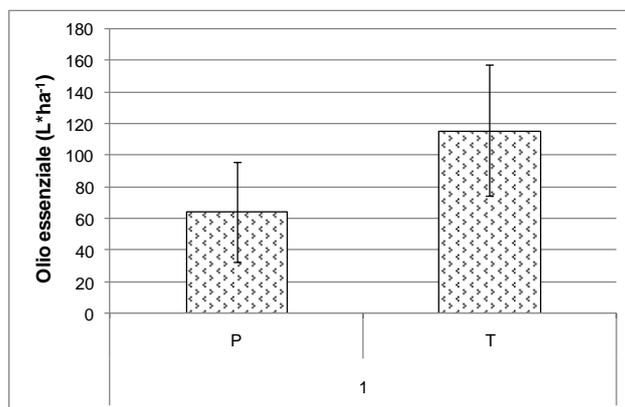


Figura 242: resa in olio essenziale di monarda (L*ha⁻¹) della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) al primo sfalci durante il primo anno di coltivazione (2007) – Legnaro.

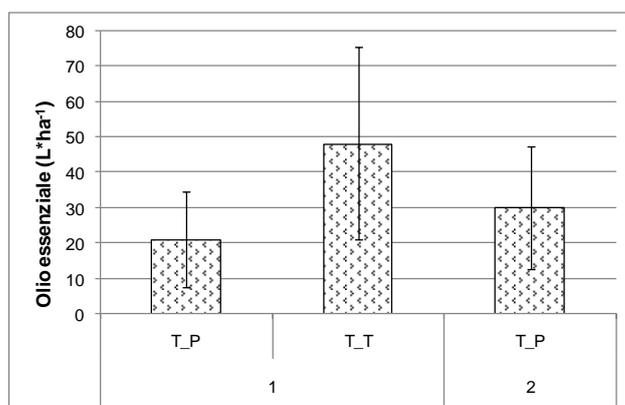


Figura 243: resa in olio essenziale di monarda (L*ha⁻¹) in funzione dello sfalci (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) e della gestione degli sfalci (T_P = gestione a sfalci precoci; T_T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

A Villiogo è stato possibile effettuare due sfalci per entrambe le tesi, solo la tesi precoce del primo sfalci è risultata significativa con una produzione in olio essenziale (L*ha⁻¹) molto bassa, mentre le altre tesi, primo sfalci tardivo, secondo sfalci precoce e tardivo non sono risultate differenti (fig. 244). Mediamente nel

2007 le produzioni sono state una il doppio dell'altra ma la variabilità osservata è talmente elevata da non poterlo affermare (fig. 245).

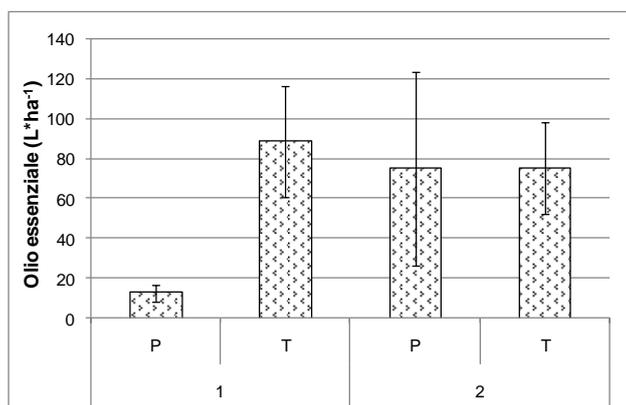


Figura 244: resa in olio essenziale di monarda (L*ha⁻¹) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo anno di coltivazione (2007) – Villiago.

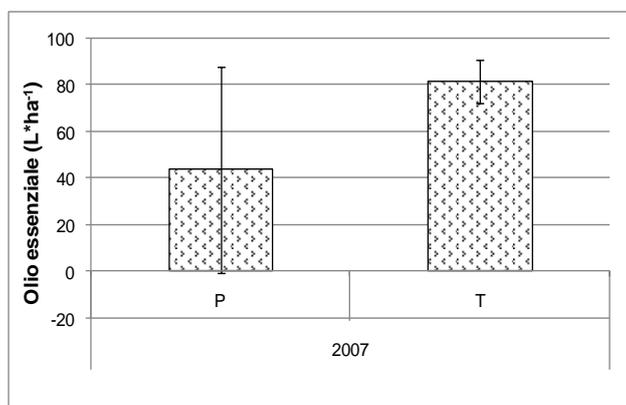


Figura 245: resa media in olio essenziale di monarda (L*ha⁻¹) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il primo anno di coltivazione (2007) – Villiago.

Nel 2008 non sono risultate differenze significative tra le tesi allo studio (fig. 246).

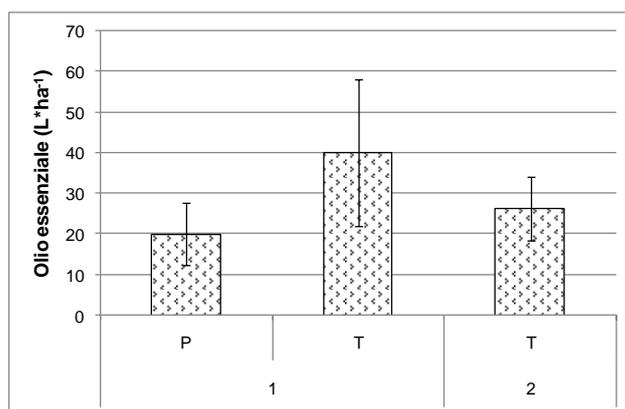


Figura 246: resa in olio essenziale di monarda (L*ha⁻¹) in funzione dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Villiagio.

4.1.2.2 Fenoli

I grafici a seguire mostrano il contenuto in fenoli totali espresso in mg*pianta⁻¹ al fine di rappresentare una stima della produzione totale per ettaro.

Per quanto riguarda la lippia è stato osservato a Legnaro, che nel biennio di sperimentazione la tesi gestita con gli sfalci precoci ha prodotto meno fenoli totali (mg*pianta⁻¹) rispetto alla tesi gestita con gli sfalci tardivi (fig. 247). Inoltre la tesi precoce ha mostrato un decremento nella produzione in fenoli totali (mg*pianta⁻¹) dal primo al secondo anno di sperimentazione. La tesi tardiva non ha evidenziato variazioni (fig. 247). A Villiagio è stato osservato un diverso andamento (fig. 248), nel 2007 la tesi precoce ha prodotto maggiormente rispetto alla tardiva, mentre nel 2008 non c'è stata differenza tra le due tesi. Inoltre il primo anno di coltivazione ha prodotto meno rispetto al secondo anno (fig. 248). Tendenzialmente la produzione tardiva ha permesso di accumulare il maggior quantitativo di fenoli totali (mg*pianta⁻¹) (figg. 247 e 248) e la località di Legnaro è risultata la più produttiva (figg. 247 e 248). È importante ricordare che le due località hanno caratteristiche differenti fra loro.

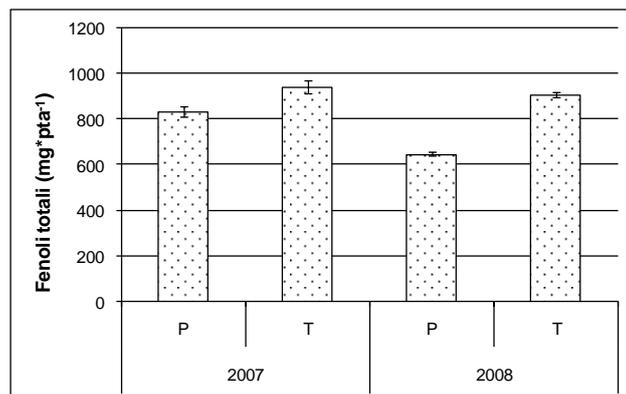


Figura 247: produzione totale in fenoli totali dell'infuso di lippia ($\text{mg}\cdot\text{pta}^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

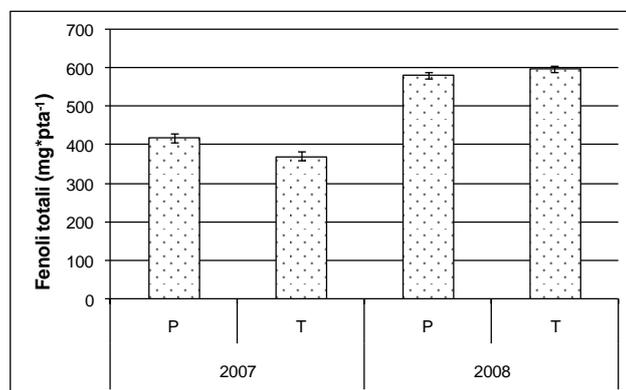


Figura 248: produzione totale in fenoli totali dell'infuso di lippia ($\text{mg}\cdot\text{pta}^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

Per quanto riguarda la produzione in fenoli totali ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) in menta è stato osservato come a Legnaro il 2007 abbia prodotto meno rispetto al 2008 e che in entrambi gli sfalci il contenuto maggiore in fenoli ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) è stato osservato con la gestione tardiva (fig. 249).

Sempre nel 2008 l'andamento è risultato crescente posticipando lo sfalcio (fig. 249). Anche nel caso di menta, i risultati ottenuti a Villiagio sono stati molto differenti (fig. 250). Durante il primo anno gli sfalci tardivi hanno prodotto maggiormente e non sono state osservate differenze con gli sfalci tardivi del secondo anno in termini di produzione in fenoli ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) (fig. 250).

La tesi migliore è risultata dalla biomassa ottenuta con lo sfalcio precoce nel 2008 (fig. 250).

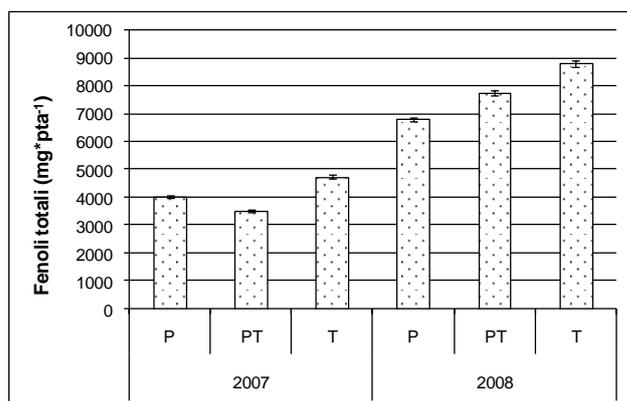


Figura 249: produzione in fenoli totali dell'infuso di menta ($\text{mg}\cdot\text{pta}^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione e in della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

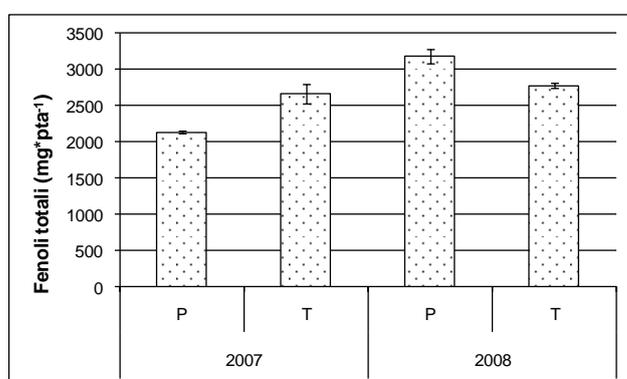


Figura 250: produzione in fenoli totali dell'infuso di menta ($\text{mg}\cdot\text{pta}^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione e della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiagio.

L'andamento osservato per melissa a Legnaro non ha evidenziato differenze durante il primo anno di coltivazione, mentre nel secondo le produzioni migliori in fenoli totali ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) sono state ottenute con gli sfalci intermedi e precoci (fig. 251).

A Villiagio (fig. 252) in entrambi gli anni la produzione di fenoli ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) è aumentata passando dallo sfalcio precoce allo sfalcio tardivo. Andamento simile a quanto osservato per lippia a Legnaro (fig. 247).

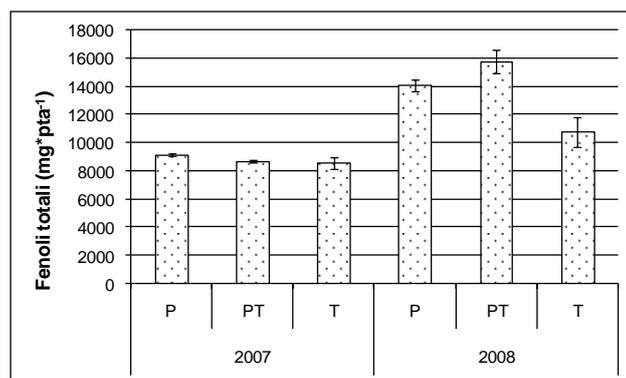


Figura 251: produzione in fenoli totali dell'infuso di melissa ($\text{mg}\cdot\text{pta}^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione e in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Legnaro.

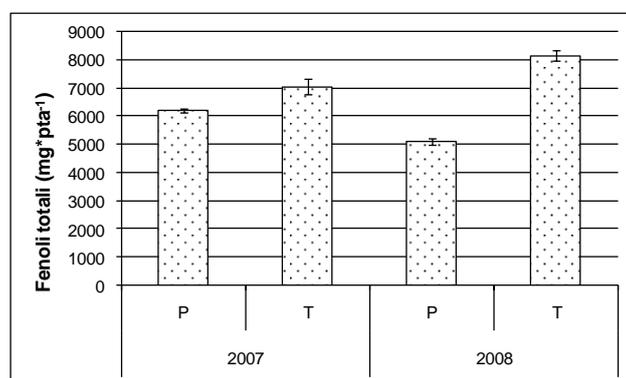


Figura 252: produzione in fenoli totali dell'infuso di melissa ($\text{mg}\cdot\text{pta}^{-1}$) in funzione dell'anno di coltivazione e in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

Nel 2007 a Legnaro la monarda foglie ha evidenziato una produzione in fenoli ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) maggiore negli sfalci tardivi rispetto ai precoci (fig. 253).

Nel 2008 la parcella gestita nel 2007 a sfalci tardivi ha prodotto un quantitativo di fenoli totali ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$) maggiore con il prelievo precoce (T_P) (fig. 254).

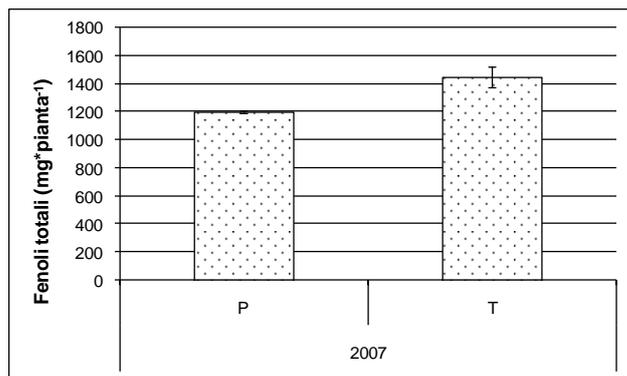


Figura 253: produzione in fenoli dell'infuso di monarda foglie ($\text{mg} \cdot \text{pta}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) per l'anno 2007 – Legnaro.

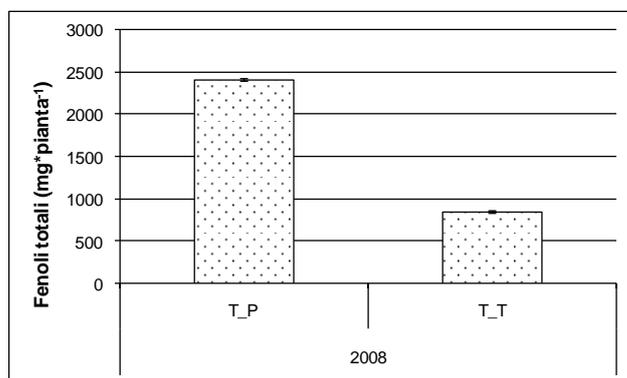


Figura 254: produzione in fenoli dell'infuso di monarda foglie ($\text{mg} \cdot \text{pta}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (T_P = gestione a sfalci precoci; T_T = gestione a sfalci tardivi) per l'anno 2008 – Legnaro.

Anche a Villiagio, nel 2007, la produzione maggiore in fenoli ($\text{mg} \cdot \text{pianta}^{-1}$) è stata ottenuta con gli sfalci tardivi, mentre nel 2008 con gli sfalci precoci, come osservato per Legnaro (fig. 255).

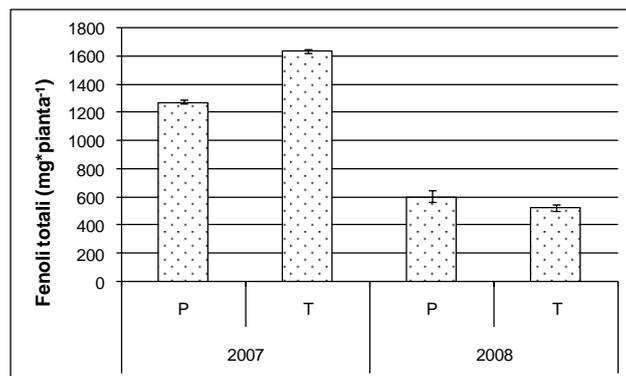


Figura 255: produzione in fenoli totali della coltura di monarda foglie (mg*g⁻¹) in funzione della gestione degli sfalci e dell'anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) – Villiago.

A Legnaro monarda fiori (figg. 256 e 257) ha mostrato andamenti della produzione totale in fenoli (mg*pianta⁻¹) simili alle foglie (figg. 253 e 254) sia durante il 2007 che il 2008.

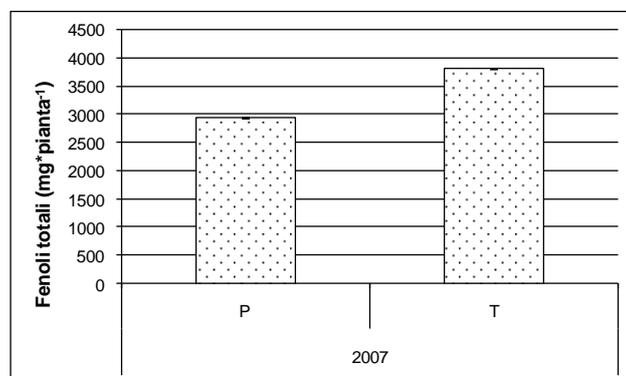


Figura 256: produzione totale in fenoli dell'infuso di monarda fiori (mg*pta⁻¹) e in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) per l'anno 2007 – Legnaro.

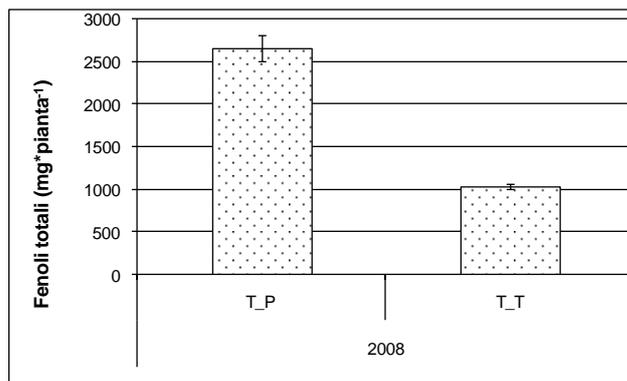


Figura 257: produzione in fenoli dell'infuso di monarda fiori ($\text{mg} \cdot \text{pta}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) per l'anno 2008 – Legnaro.

Mentre a Villiagio l'andamento della produzione totale in fenoli dei fiori ($\text{mg} \cdot \text{pianta}^{-1}$) (fig. 258) è risultato differente rispetto alle foglie (fig. 255). Nel primo anno non sono state osservate differenze in fenoli totali ($\text{mg} \cdot \text{pianta}^{-1}$) tra la gestione precoce e tardiva, mentre nel secondo anno la differenza è stata molto elevata passando da valori inferiori a $1000 \text{ mg} \cdot \text{pta}^{-1}$ fino a quasi $2500 \text{ mg} \cdot \text{pta}^{-1}$ (fig. 258).

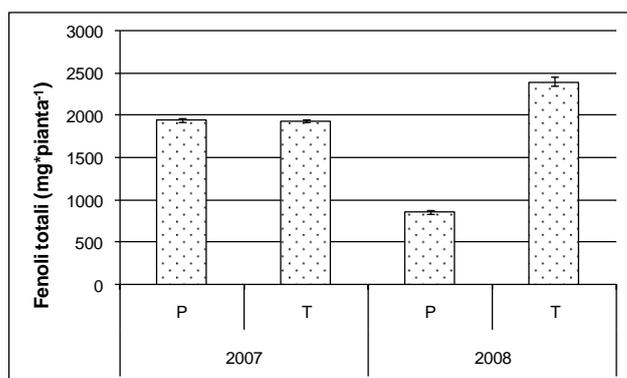


Figura 258: produzione in fenoli di monarda fiori ($\text{mg} \cdot \text{pta}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci e dell'anno di coltivazione (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) (2007) – Villiagio.

4.1.2.3 Attività antiossidante

L'attività antiossidante è stata espressa come EC 50 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) ed è stata valutata sull'infuso acquoso. A valori elevati di EC 50 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) corrisponde una bassa

attività antiossidante in quanto rappresenta la quantità di antiossidante necessaria per ridurre del 50% la quantità iniziale di ossidante.

In lippia è stato osservato che nel biennio, passando dallo sfalcio precoce allo sfalcio tardivo, l'attività antiossidante ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) è stata crescente, nel primo anno di coltivazione l'aumento è stato più contenuto rispetto al secondo anno dov'è stata notata una riduzione di circa il 50% (fig. 259). Nel caso della produzione totale in fenoli (fig. 247) l'andamento è risultato opposto, infatti, nel biennio, passando dallo sfalcio precoce allo sfalcio tardivo si è assistito ad un decremento nel contenuto in fenoli totali ($\text{mg}\cdot\text{pianta}^{-1}$). Nel caso di lippia, il contenuto in fenoli totali è risultato proporzionale, nelle tesi dove i fenoli sono risultati più bassi, l'attività antiossidante è stata minore (figg. 247 e 259).

Lo stesso andamento è stato osservato per Villiagio durante il primo anno di coltivazione, dove passando dallo sfalcio precoce al tardivo si è assistito ad un incremento (fig. 260) e in questo caso, il trend è risultato opposto al contenuto in fenoli (fig. 248). Confrontando gli sfalci precoci nel biennio di sperimentazione non sono state osservate differenze tra il 2007 e il 2008, ma nel secondo anno le piante sono risultate più stressate e hanno evidenziato una maggiore variabilità (fig. 261).

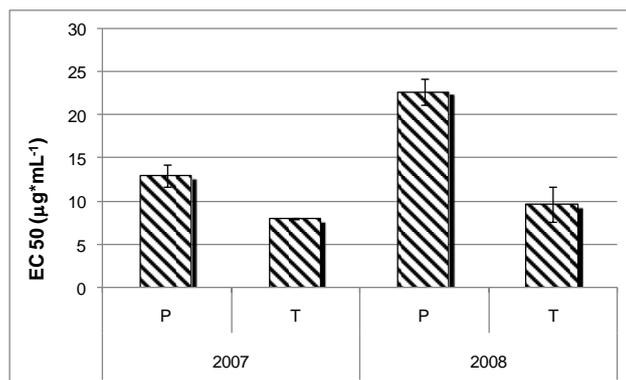


Figura 259: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di lippia espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante il biennio di sperimentazione (2007-08) – Legnaro.

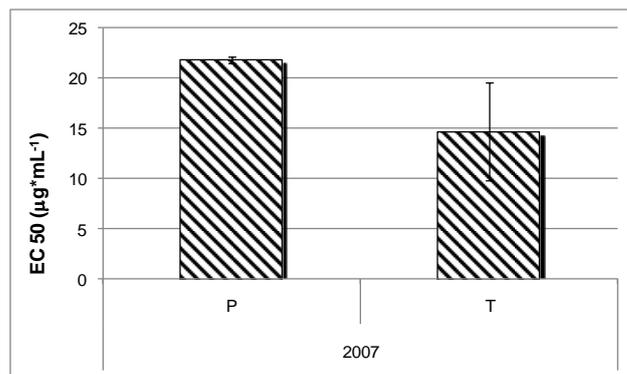


Figura 260: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di lippia espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante primo anno di sperimentazione (2007) – Villiogo.

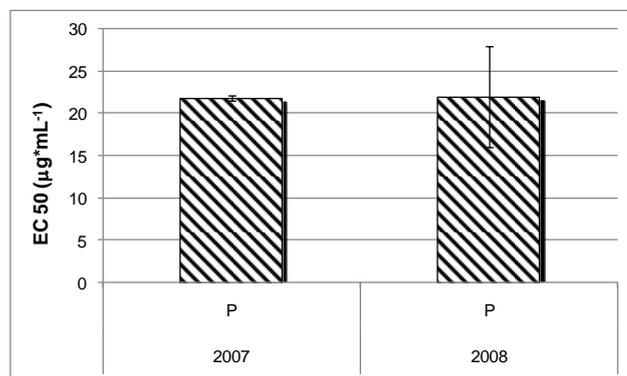


Figura 261: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di lippia espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) durante biennio di sperimentazione (2007-08) (sfalci precoci) – Villiogo.

Confrontando i risultati ottenuti dalle analisi effettuate sui campioni di menta è stato osservato come in entrambi gli anni non ci siano state differenze in EC 50 tra gli sfalci precoci e gli sfalci tardivi (fig. 262). È stato osservato un lieve decremento di attività antiossidante passando dagli sfalci tardivi del 2007 a quelli del 2008. Il contenuto fenolico corrispondente ha mostrato un andamento crescente (fig. 249).

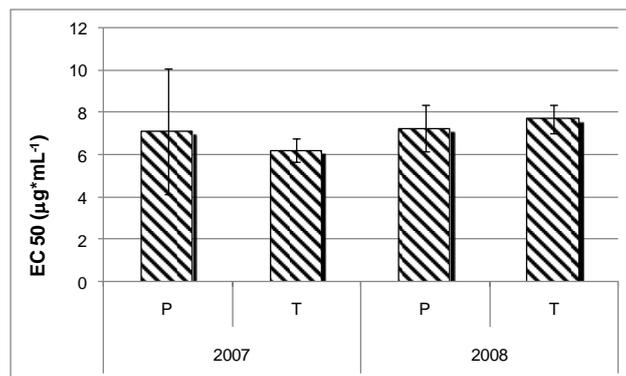


Figura 262: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di menta espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = tardivi) durante biennio di sperimentazione (2007-08) – Legnaro.

Nel 2008, mettendo a confronto le tre gestioni degli sfalci, non sono state osservate differenze di EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), mentre il contenuto fenolico era risultato crescente passando dagli sfalci precoci ai tardivi (fig. 249); in questo caso non sembra esserci stata una relazione tra il contenuto in fenoli e l'attività antiossidante (fig. 263).

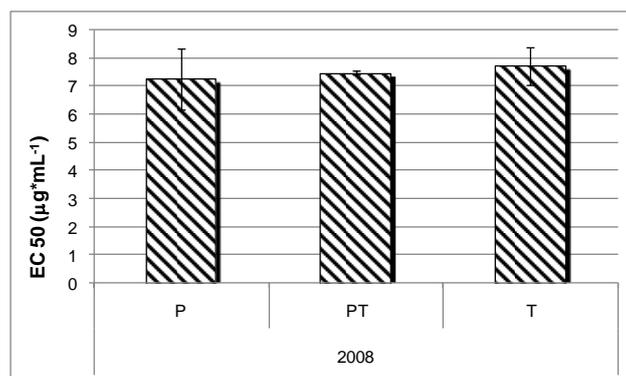


Figura 263: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di menta espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = intermedi; T = tardivi) per il 2008 – Legnaro.

Mentre a Villiago, confrontando gli sfalci precoci nel biennio è stato osservato come il contenuto in fenoli totali (fig. 250) sia risultato crescente dal primo al secondo anno e come l'attività antiossidante abbia avuto un tendenziale andamento decrescente, ma non significativo (fig. 264).

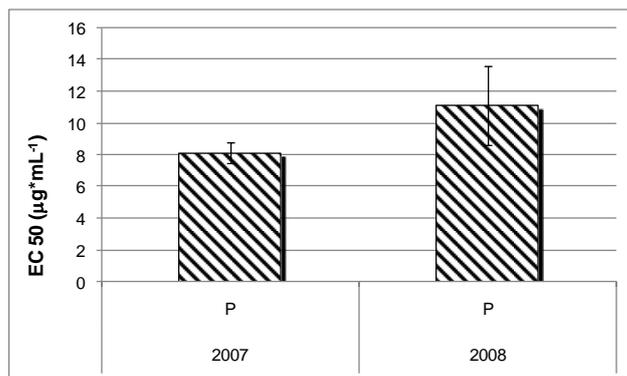


Figura 264: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di menta gestita a sfalci precoci (P), espressa come EC 50 (µg*mL⁻¹) durante biennio di sperimentazione (2007-08) – Villiago.

In melissa, confrontando gli sfalci precoci e tardivi nel biennio di sperimentazione, è stato osservato come le tesi allo studio non abbiano evidenziato differenze di EC 50 (µg*mL⁻¹) (fig. 265), nel caso dei fenoli totali, nel 2007 le tesi non sono risultate differenti, mostrando, nel 2008, un decremento passando dallo sfalcio precoce al tardivo (fig. 251). In termini di EC 50 (µg*mL⁻¹) il 2008 ha evidenziato una variabilità molto alta nella gestione a sfalci intermedi e tardivi (fig. 266).

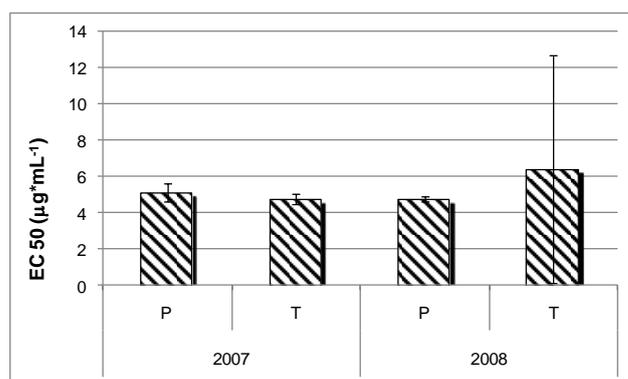


Figura 265: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di melissa espressa come EC 50 (µg*mL⁻¹) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi) durante biennio di sperimentazione (2007-08) – Legnaro.

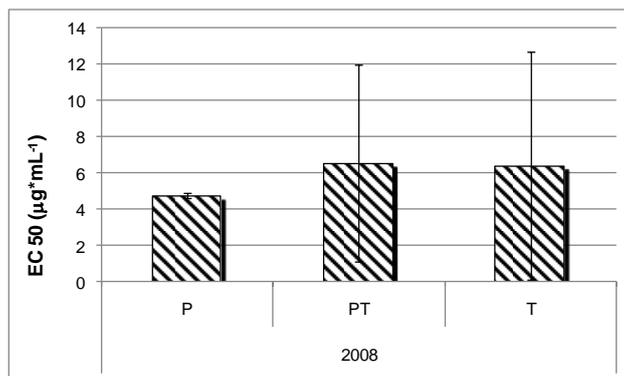


Figura 266: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di melissa espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) durante secondo anno di sperimentazione (2008) – Legnaro.

Scomponendo ulteriormente la produzione è stato osservato che esiste un'elevata variabilità tra i singoli sfalci per gestione, maggiore nel caso degli sfalci intermedi e tardivi (fig. 267) mentre per il contenuto fenolico sono state osservate delle differenze significative (fig. 251). Al secondo sfalcio tutte le tesi sono risultate significativamente differenti, a svantaggio degli sfalci intermedi, mentre nel primo sfalcio il taglio tardivo ha avuto una maggiore EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) calata drasticamente nel secondo sfalcio tardivo (fig. 267), quindi nel secondo sfalcio si è assistito ad un aumento dell'attività antiossidante.

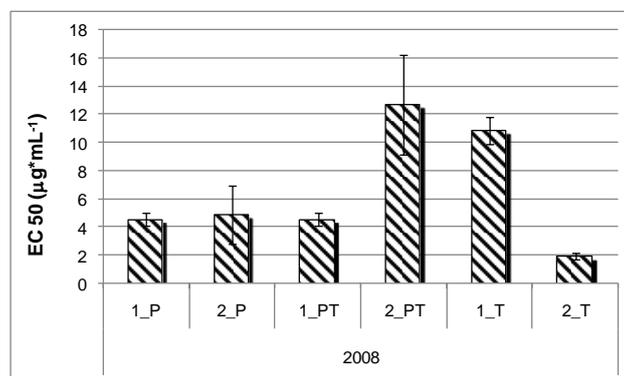


Figura 267: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di melissa espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; PT = gestione a sfalci intermedi; T = gestione a sfalci tardivi) e dello sfalcio (1 = primo sfalcio; 2 = secondo sfalcio) durante il secondo anno (2008) – Legnaro.

Anche a Villiagio è stata osservata un'elevata variabilità negli sfalci sia durante il 2007 (fig. 268), sia tra i precoci che tra i tardivi del 2008 (fig. 269). Nel caso della produzione in fenoli totali era stato osservato un incremento nel 2008 (fig. 252).

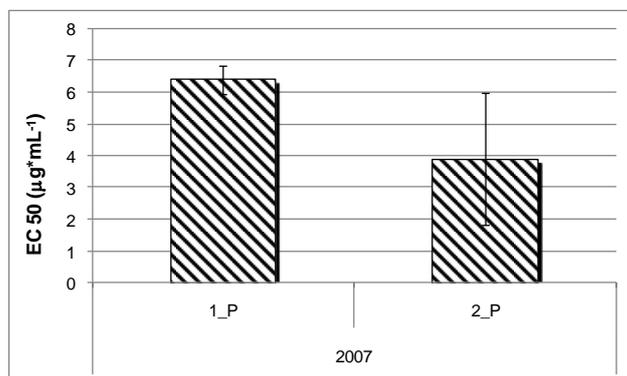


Figura 268: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di melissa espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione dello sfalci nella gestione precoce (1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) durante il primo anno (2007) – Villiagio.

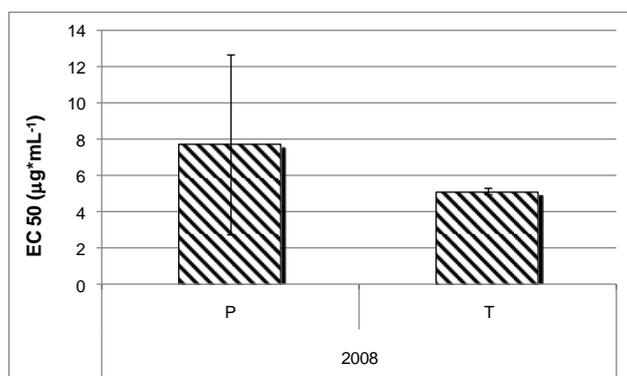


Figura 269: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di melissa espressa in EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = gestione a sfalci precoci; T = gestione a sfalci tardivi e 1 = primo sfalci; 2 = secondo sfalci) durante il secondo anno (2008) – Villiagio.

In monarda fiori non è stata osservata alcuna differenza nel 2007 (fig. 270) tra gli sfalci, mentre era stato osservato un incremento nel contenuto di fenoli totali (fig. 256). Nel 2008 la parcella gestita a sfalci tardivi durante il 2007 ha mostrato un contenuto fenolico decrescente dallo sfalci precoce al tardivo (fig. 257), mentre in termini di EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) si è osservato l'andamento opposto (fig. 271), quindi è

possibile affermare, in questo caso, che esiste una relazione positiva tra il contenuto in fenoli e l'attività antiossidante.

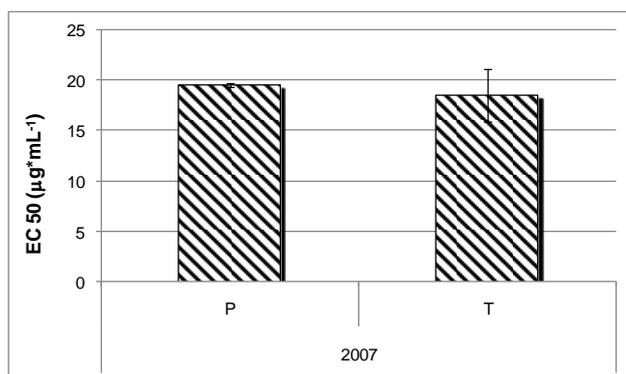


Figura 270: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di monarda fiori espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi), durante il primo anno di coltivazione (2007) – Legnaro.

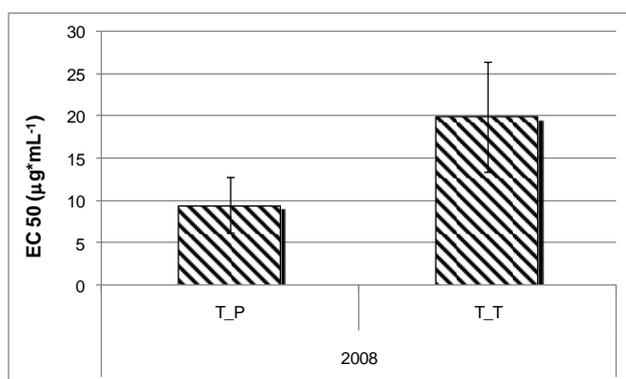


Figura 271: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di monarda fiori, espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione dei sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi), durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

A Villiagio l'andamento del contenuto in fenoli totali (fig. 258) è risultato simile all'andamento dell'EC 50 (fig. 272). Nel 2007, infatti è stata osservata una leggera diminuzione del contenuto fenolico passando dallo sfalcio precoce al tardivo (fig. 258) a cui è corrisposto un aumento di attività antiossidante (tradotto nel decremento dell'EC 50) (fig. 272). Mentre nel 2008 si è verificato un aumento passando dallo sfalcio precoce al tardivo sia in termini di EC 50 (fig. 272) sia in

termini di fenoli totali (fig. 258), quindi nel 2008 la relazione tra l'attività antiossidante e il contenuto fenolico è risultata inversamente proporzionale.

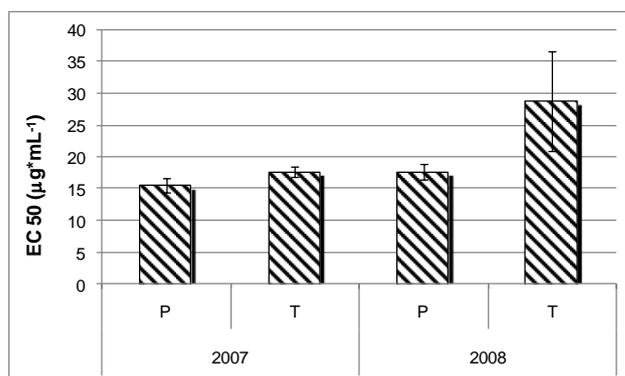


Figura 272: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di monarda fiori in funzione della gestione degli sfalci (P = precoci, T = tardivi) espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), durante il biennio di sperimentazione (2007-08) – Villiago.

L'attività antiossidante delle foglie di monarda, nel biennio di sperimentazione, a Legnaro, è risultata significativa (figg. 273 e 274) a differenza di quanto osservato per i fiori (figg. 270 e 271). Nel 2007 è stato osservato un incremento di EC 50 passando dallo sfalcio precoce al tardivo (fig. 273) e lo stesso andamento è stato visto per i fenoli totali (fig. 253).

Nel 2008 nella parcella gestita a sfalci tardivi durante il 2007, l'EC 50 è stata crescente passando dagli sfalci precoci ai tardivi (fig. 274) e il contenuto in fenoli totali è stato decrescente passando dagli sfalci precoci (T_P) ai tardivi (T_T) (fig. 254). Per monarda foglie nel 2007 non è stata evidenziata una relazione proporzionale tra contenuto fenolico e attività antiossidante com'è stata osservata nel 2008 (anche se le due gestioni non sono confrontabili); in monarda fiori è stato osservato il trend opposto, ossia, nel primo anno è stata osservata una relazione positiva tra attività antiossidante e contenuto fenolico, ma non nel 2008 (figg. 258 e 272).

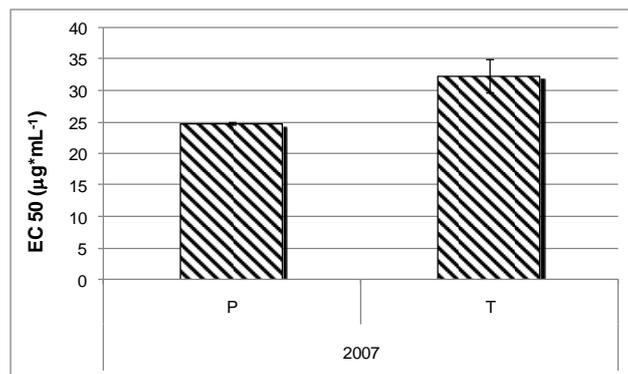


Figura 273: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di monarda foglie espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (P = sfalci precoci; T = sfalci tardivi), durante il primo anno di coltivazione (2007) – Legnaro.

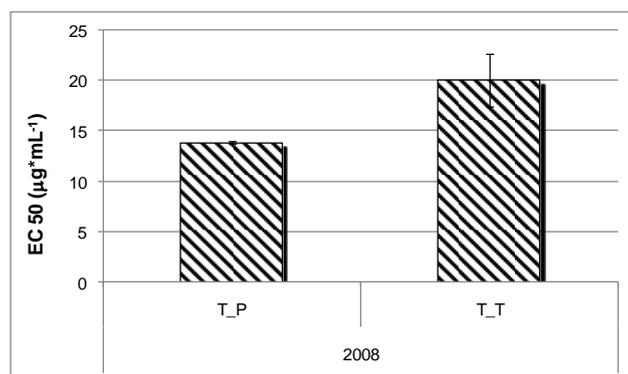


Figura 274: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di monarda foglie gestita a sfalci tardivi nel 2007, espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) in funzione della gestione degli sfalci (T_P = sfalci precoci; T_T = sfalci tardivi), durante il secondo anno di coltivazione (2008) – Legnaro.

A Villiagio nel 2007 si è avuto incremento di EC 50 a cui è corrisposto un decremento dell'attività antiossidante passando dagli sfalci precoci ai tardivi (fig. 275), mentre per il contenuto in fenoli totali è stato osservato un aumento passando dagli sfalci precoci ai tardivi (fig. 255). Nel 2008 l'incremento di EC 50 è stato maggiore (fig. 275) e ad esso è corrisposta a una lieve diminuzione del contenuto in fenoli (fig. 255).

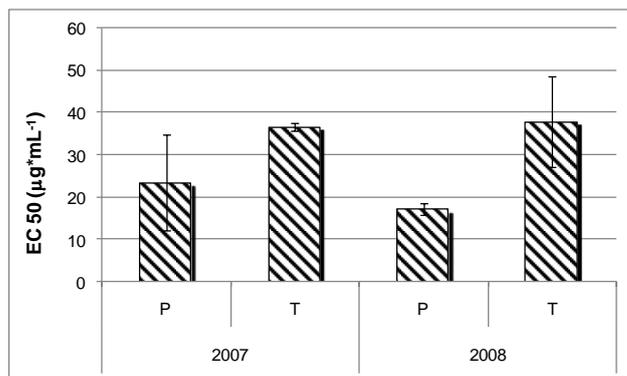


Figura 275: attività antiossidante (dell'infuso) della coltura di monarda foglie in funzione della gestione degli sfalci (P = precoci, T = tardivi) espressa come EC 50 ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), durante il biennio di sperimentazione (2007-08) – Villiagio.

4.1.2.4 Composizione degli oli essenziali

Gli oli essenziali sono una miscela di componenti di diversa natura, principalmente mono- e sesqui- terpeni. Tendenzialmente, dopo l'iniezione del campione nel gascromatografo, trascorre un intervallo di tempo dopo il quale il software di acquisizione inizia a registrare gli impulsi elettrici generati dallo strumento in corrispondenza del passaggio degli analiti dalla colonna al rivelatore.

Il tempo che intercorre tra l'iniezione del campione e l'uscita dell'analita (componente) dalla colonna per raggiungere il rivelatore è detto tempo di ritenzione. Ciascun componente nel campione ha differenti tempi di ritenzione.

Per identificare i diversi componenti dell'olio essenziale sono stati iniettati nel gascromatografo degli standard per conoscere il loro tempo di ritenzione.

In tabella 13 sono riportati i tempi di ritenzione degli standards utilizzati per menta e lippia, ottenuti secondo la metodica riportata al capitolo 3.1.2.1..

Tabella 13: Standards degli oli essenziali allo studio e relativi tempi di ritenzione (in minuti).

Standards	Tempi di ritenzione (min.)
Alfa - pinene	8.6
Limonene	13.6
Geraniale	51.51
Nerale	446.7
Timolo	80.9

Gli standards iniettati corrispondono ai componenti principali dell'olio essenziale (limonene, geraniale e nerale per lippia e limonene e carvone per menta), che insieme rappresentano oltre il 70% circa della composizione, mentre i restanti componenti sono presenti in tracce. Le aree sottese ai picchi, generati in corrispondenza dell'impulso elettrico creato dall'analita all'uscita della colonna, sono una stima della quantità del componente stesso, espressa come percentuale sul totale dei componenti dell'olio essenziale.

Di seguito sono riportati i risultati osservati per lippia e menta.

Lippia

In figura 276 è stato mostrato il confronto tra l'olio di lippia ottenuto dal prelievo precoce e dal prelievo tardivo (effettuato nella località di Legnaro).

È stato osservato che esiste una lieve differenza tra i picchi (istogrammi) del pinene, risultato maggiore nel prelievo tardivo, mentre il limonene, maggiormente presente in entrambi i campioni, è rimasto costante (fig. 276). Esiste una differenza tra i picchi del nerale e del geraniale che risultano più elevati nel prelievo tardivo come osservato per il pinene (fig. 276).

Il timolo in entrambe le fasi risulta invariato e quantitativamente poco significativo.

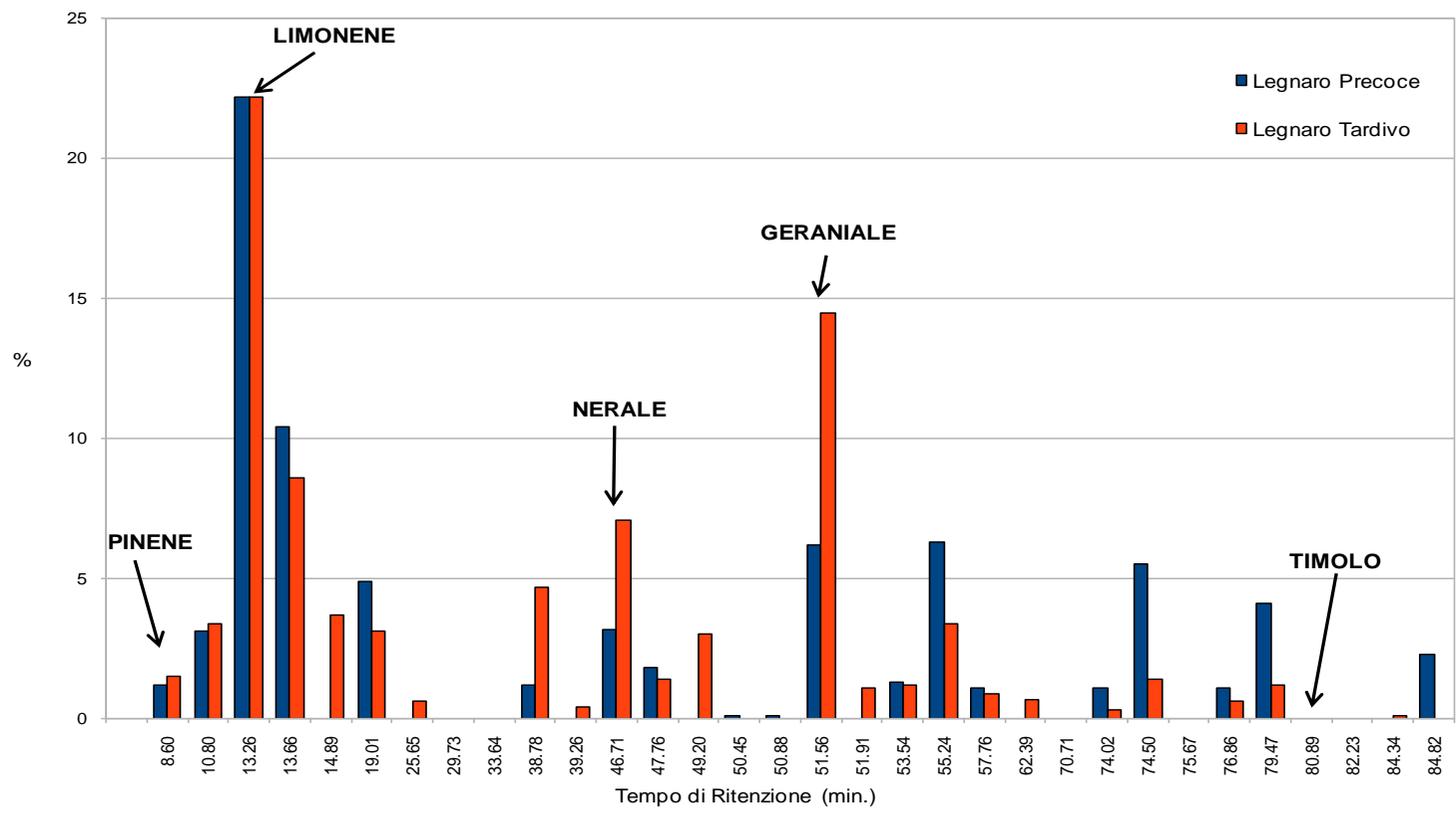


Figura 276: Composizione percentuale (% sul totale dei componenti presenti nell'olio) dei componenti degli oli di lippia ottenuti dagli sfalci precoci e tardivi a Legnaro.

Dal confronto degli oli essenziali di lippia distillati in tre momenti differenti (10 ottobre (A), 15 ottobre (B) e 17 ottobre (C)) del 2007 (vedi cap. 3.1.2.1), è emerso (fig. 277) che il pinene è stato rilevato solo nell'olio del campione B. Il limonene è stato il componente più presente in termini percentuali (% sul totale dei componenti dell'olio essenziale) anche se con variazioni nei campioni B e C. Il nerale e il geraniale sono stati i componenti principali nel prelievo C, mentre non sono state evidenziate grandi differenze tra i prelievi A e B.

Il timolo è stato osservato solo nel prelievo B.

Nonostante lo sfalcio fosse stato effettuato in epoca autunnale, epoca in cui la pianta aveva concluso il suo ciclo vegetativo, si possono notare delle differenze nella qualità da uno sfalcio all'altro, anche in un intervallo di tempo ridotto (7 giorni sono il tempo massimo intercorso tra A e C).

Diventa significativo quindi scegliere il momento opportuno per la raccolta in base alle caratteristiche ricercate nell'olio.

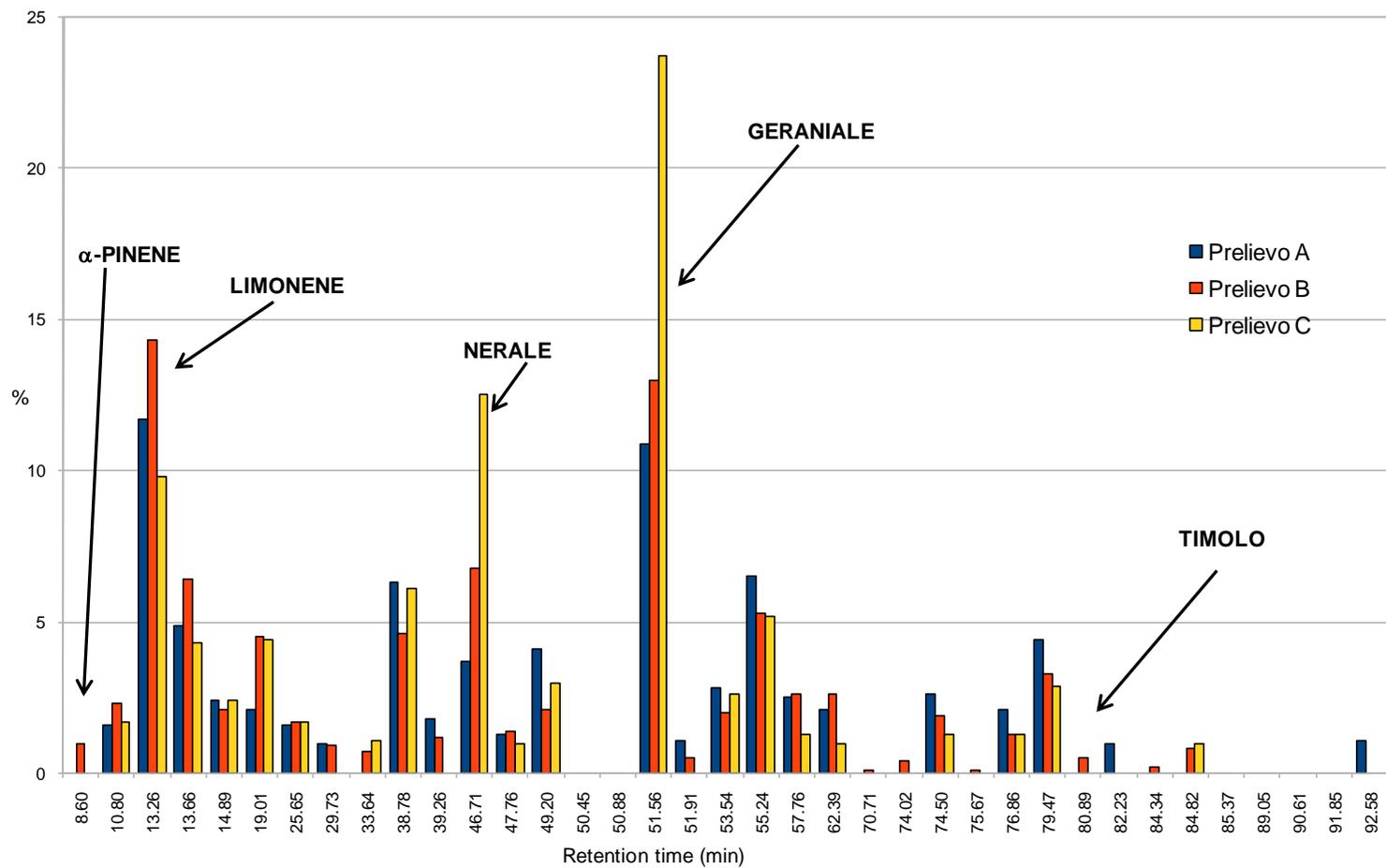


Figura 277: Composizione % dei componenti degli oli di Lippia ottenuti dai secondi prelievi tardivi in data A, B, C a Legnaro.

Dall'osservazione dei dati riportati nel grafico in figura 278 si può notare che nelle percentuali medie degli sfalci di lippia, il limonene resta mediamente l'elemento di spicco, soprattutto nei primi prelievi, seguito da geraniale e nerale, anche loro più accentuati nei primi sfalci.

Il pinene nel primo sfalcio è risultato meno concentrato delle altre componenti, riducendo ulteriormente la sua presenza con l'avanzare dello stadio fisiologico.

Il timolo, più marcato nei secondi sfalci, è risultato quasi assente nei primi.

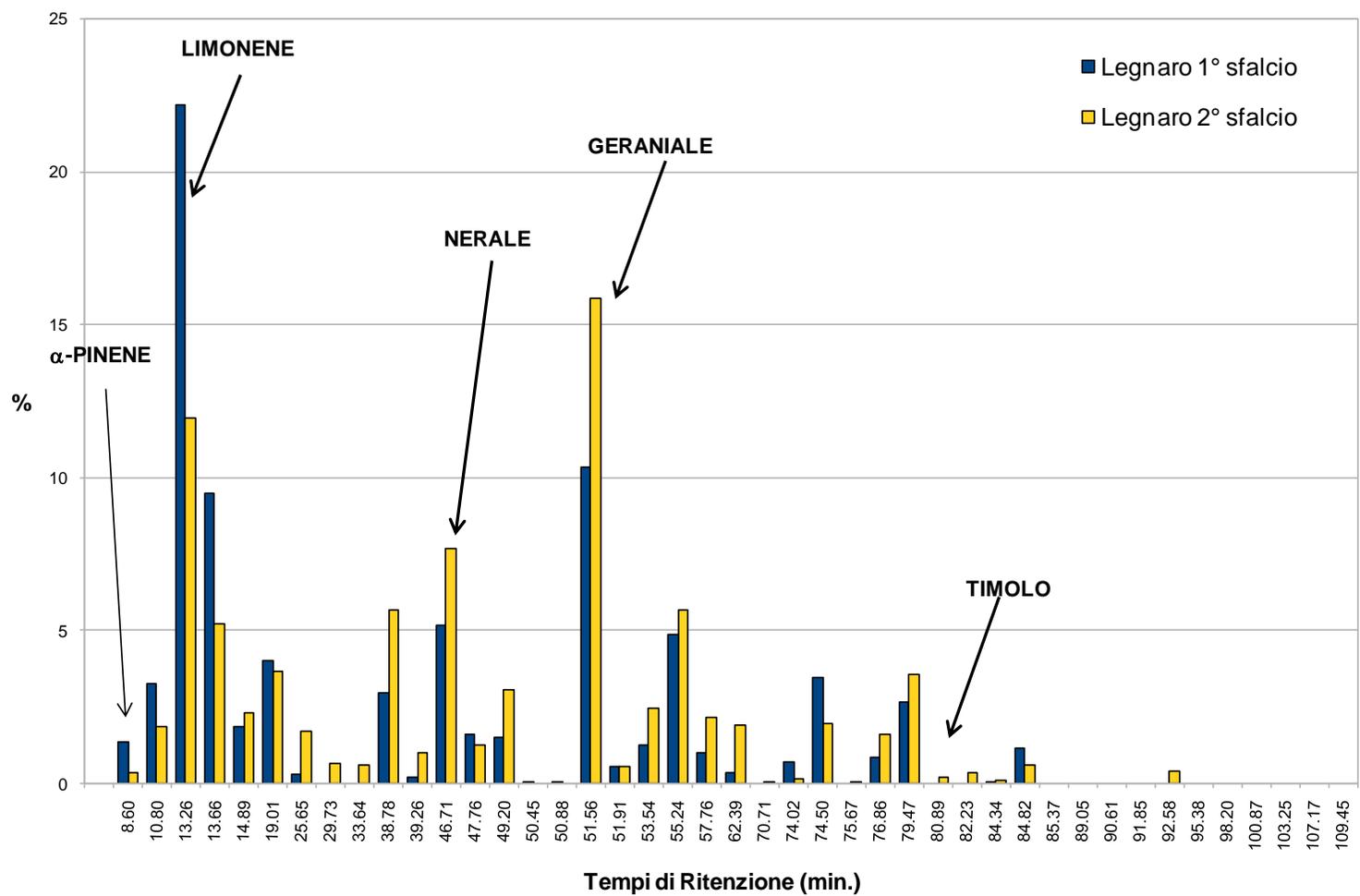


Figura 278: Composizione % media dei componenti degli oli di lippia ottenuti dai prelievi totali precoci e tardivi di Legnaro

Il primo prelievo precoce di lippia a Villiago è stato caratterizzato da una elevata concentrazione di pinene, che svanisce quasi nel secondo prelievo (fig. 279).

Il limonene, il nerale, il geraniale, sono stati più rappresentativi nel secondo prelievo e hanno mostrato delle variazioni importanti rispetto al primo.

Il timolo è stato più concentrato rispetto a Legnaro (fig. 276), sia nel primo che nel secondo prelievo, ma è risultato più marcato nell'ultimo sfalcio.

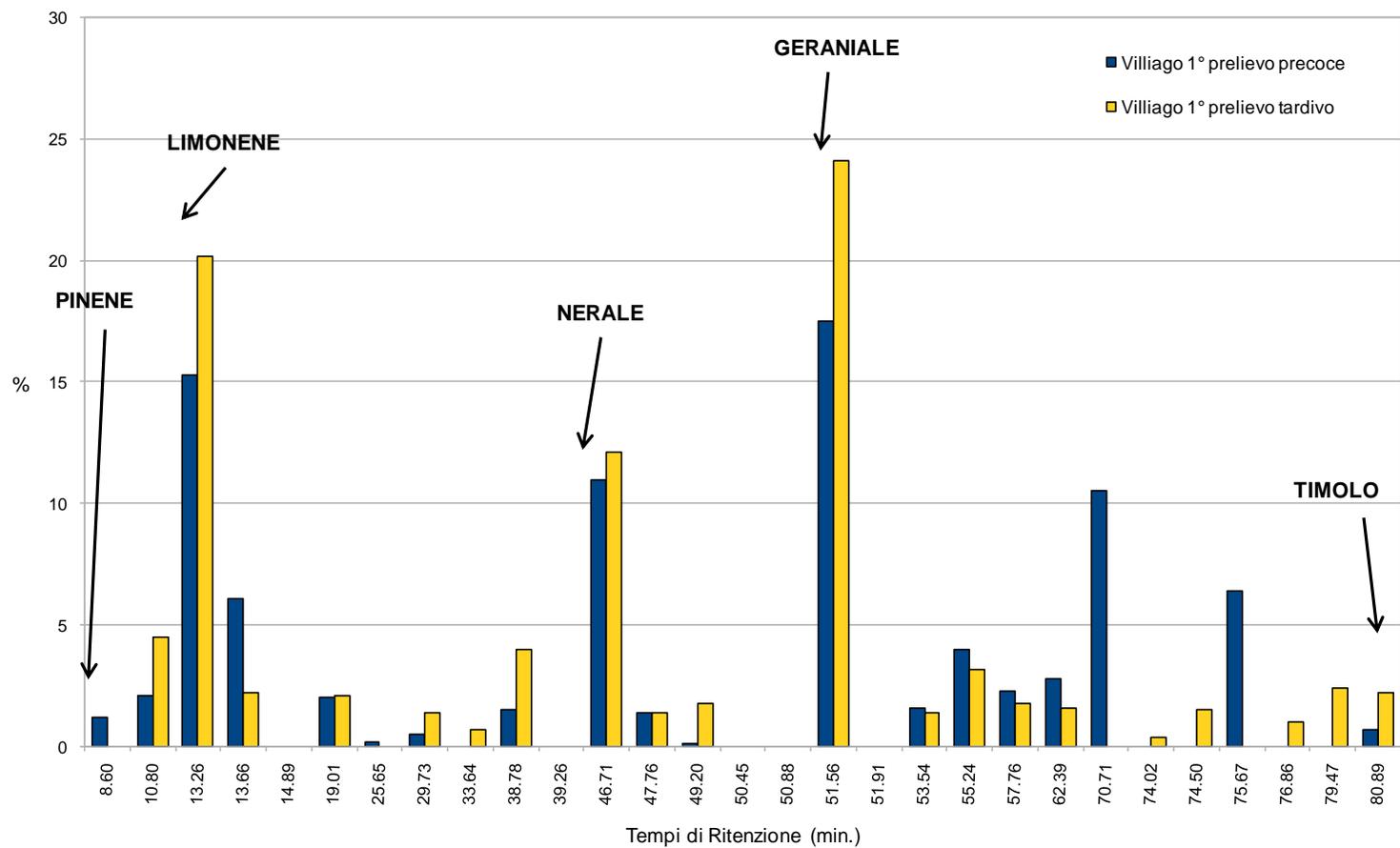


Figura 279: Composizione % delle componenti degli oli di lippia ottenuti dai primi prelievi precoci e tardivi di Villiagio.

Le medie dei prelievi di Villiago mostrano una predominanza di limonene, pinene, geraniale e nerale nei prelievi precoci (fig. 280).

Solo il timolo è in quantità maggiore nei prelievi tardivi.

Una notevole quantità di componenti spicca nei secondi prelievi nell'ultima parte del gascromatogramma. Questi non possono essere identificati a causa della mancanza di standard di identificazione.

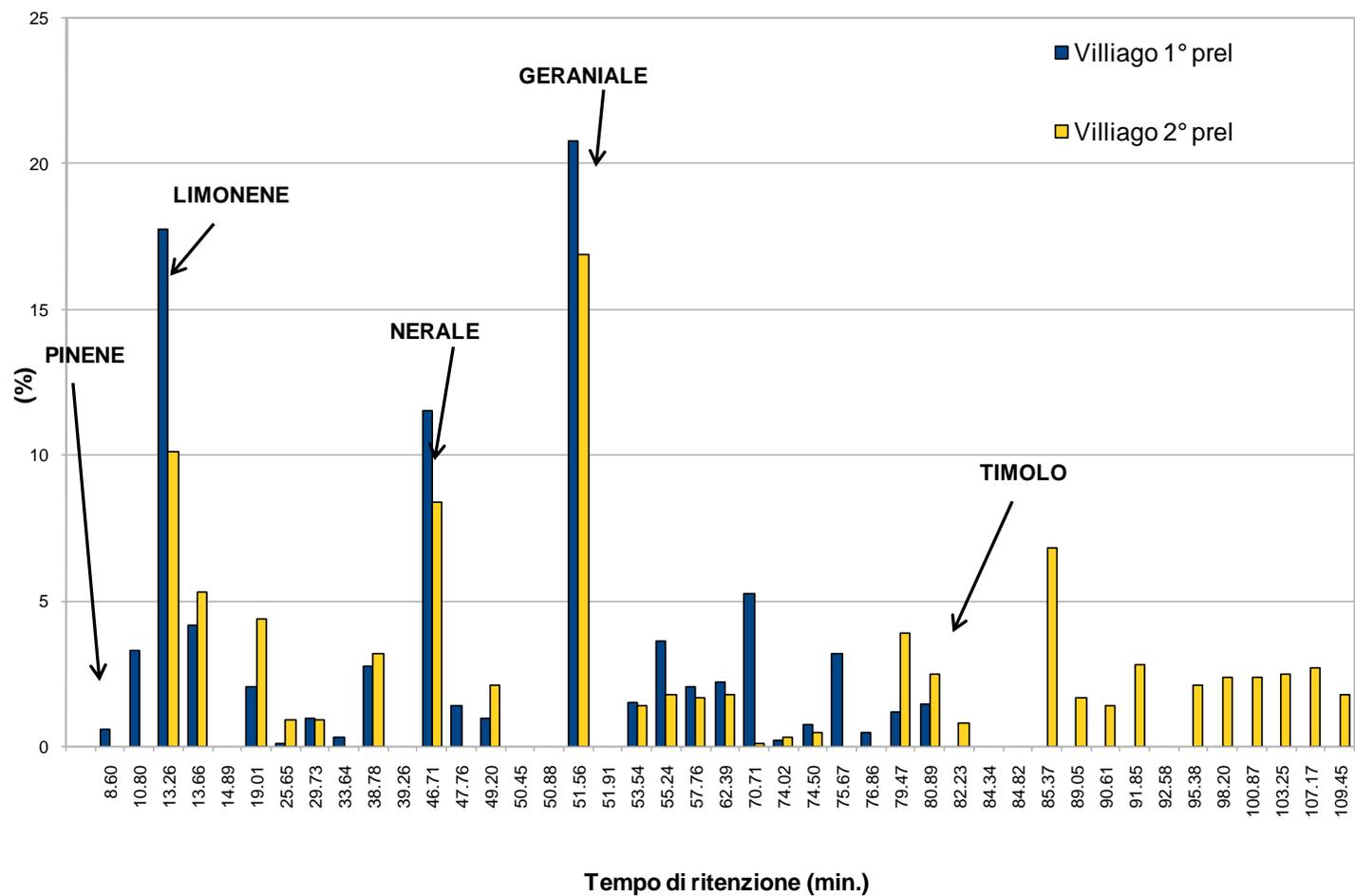


Figura 280: composizione % media dei differenti componenti degli oli essenziali di lippia ottenuti dai prelevi totali precoci e tardivi di Villiagio.

Nelle medie totali tra Legnaro e Villiago (fig. 281), si può notare una maggiore qualità degli oli a livello di pinene, limonene e timolo nella prima delle due località.

Il geraniale e il nerale risultano più marcati nei prelievi effettuati a Villiago, che sono caratterizzati inoltre da una maggiore quantità di composti che spiccano nella parte finale del gascromatogramma.

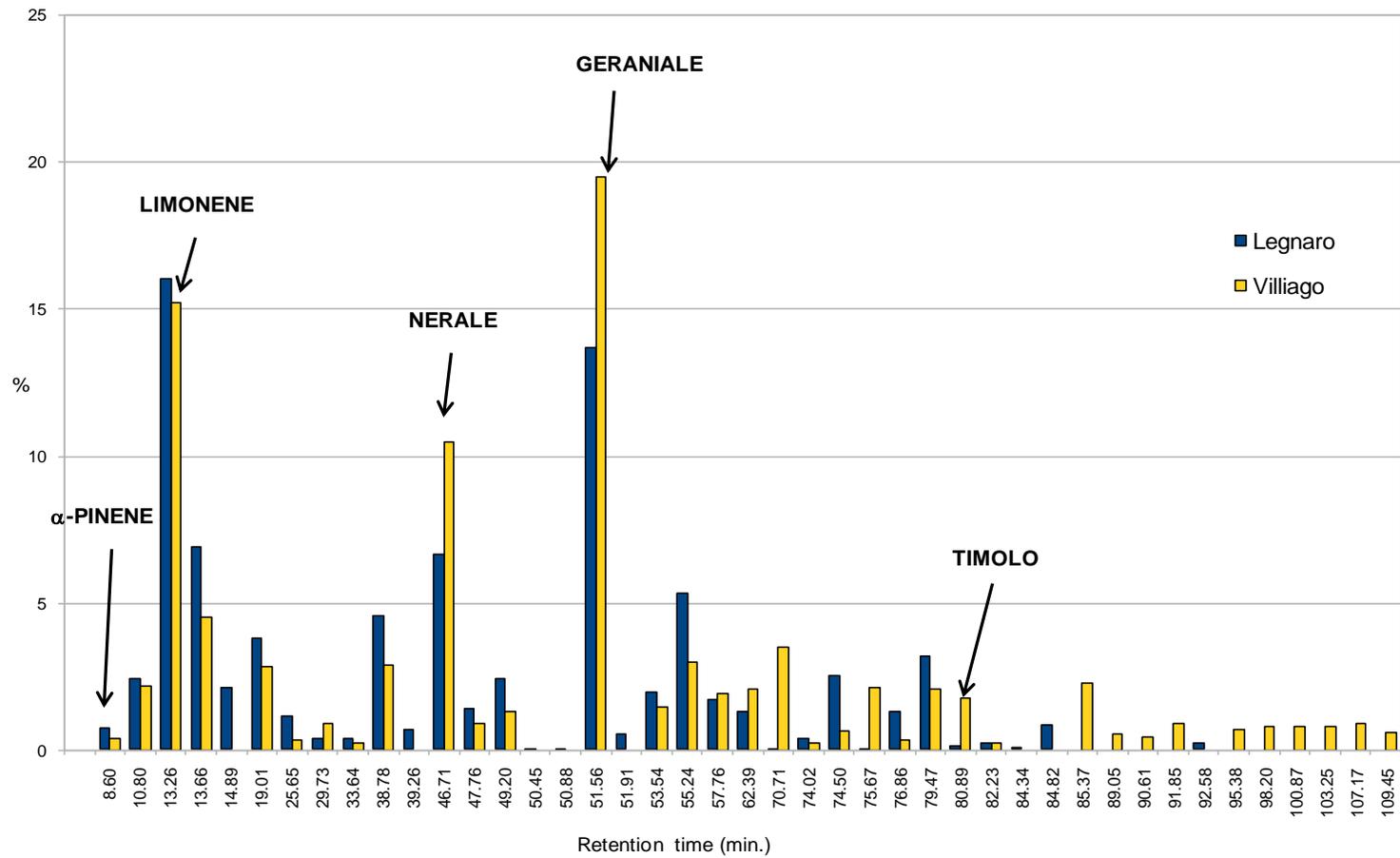


Figura 281: Composizione % delle differenti componenti degli oli di Lippia ottenuti dai prelievi totali di Legnaro e Villiagio.

Menta

Dai grafici (figg. 282 e 283) è possibile osservare la differente composizione dell'olio essenziale di *Mentha spicata* soggetta a tre differenti gestioni: gli sfalci precoci (effettuati con il 20% delle piante fiorite), gli tagli intermedi (effettuati con il 50% delle piante fiorite) e gli sfalci tardivi (effettuati con oltre il 70% delle piante fiorite).

Per quanto riguarda la concentrazione (%) dell'alfa-pinene, si può affermare che non esistono grandi differenze tra le varie epoche di raccolta, che hanno tutte un valore intorno al 2%; mentre la concentrazione in limonene è risultata tra il 19 e il 25% sulla composizione totale dell'olio. Il carvone è risultato il maggiore componente dell'olio essenziale, ottenuto per distillazione dalla biomassa falciata con gli sfalci intermedi (37.10%), mentre negli sfalci successivi le differenze risultate sono minime. La concentrazione del timolo è stata molto bassa in tutti gli sfalci.

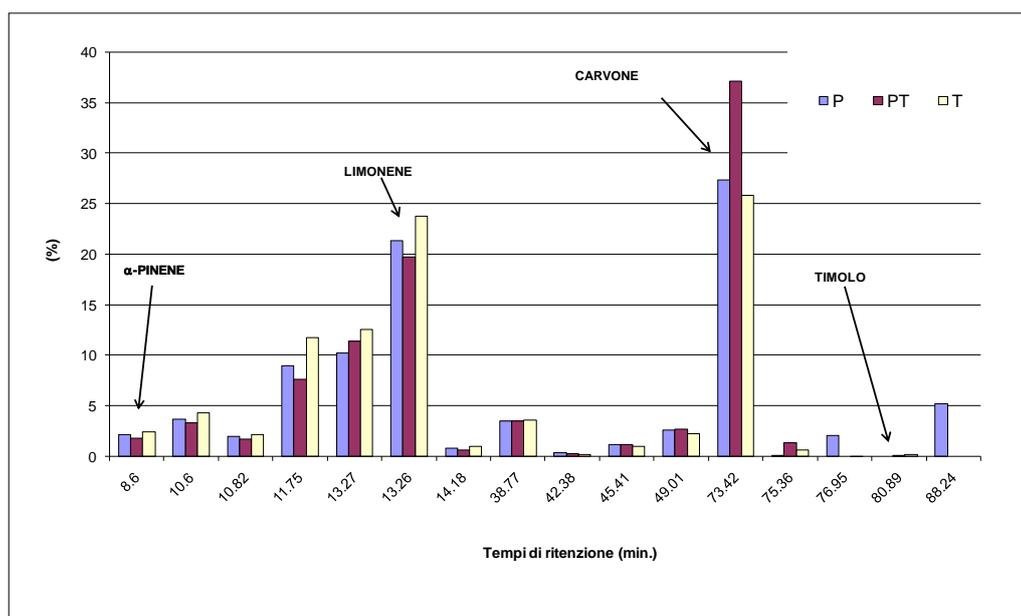


Figura 282: Composizione % in olio essenziale di *Mentha spicata* coltivata a Legnaro.

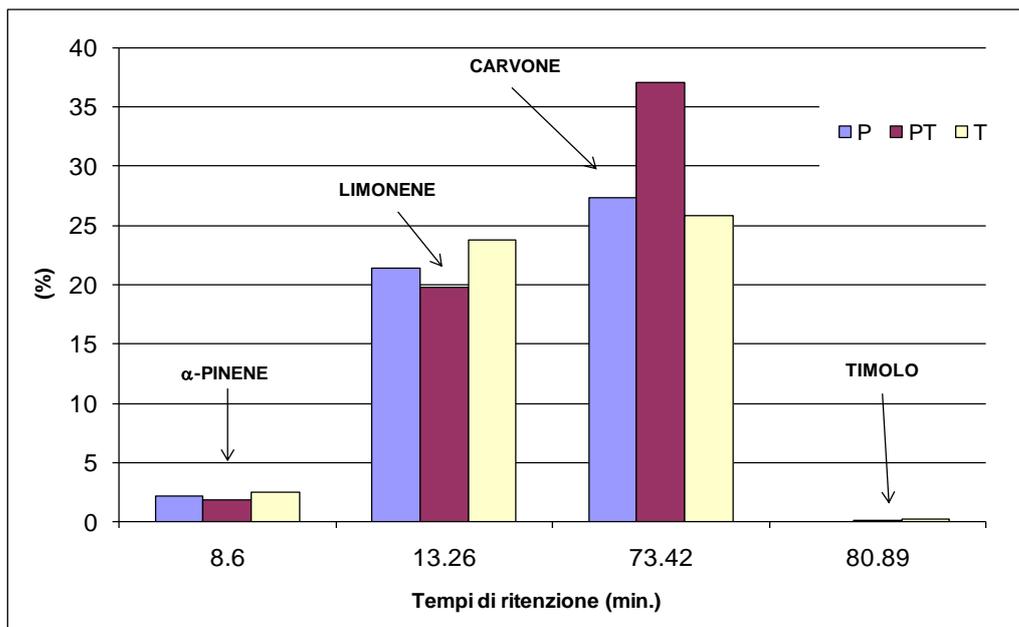


Figura 283: Composizione % di alcune componenti di olio essenziale di *Mentha spicata* coltivata a Legnaro.

Nelle figure 284 e 285 è illustrata la differenza tra la media delle concentrazioni delle componenti nei tre sfalci effettuati nel 2007 a Legnaro. I componenti predominanti, tra quelli analizzati, sono il carvone e il limonene, mentre l'alfa-pinene e timolo hanno registrato concentrazioni inferiori al 3%.

La concentrazione in limonene del 2007 è stata maggiore del 14% rispetto al 2008, mentre la concentrazione in carvone è stata costante nei due anni di coltivazione.

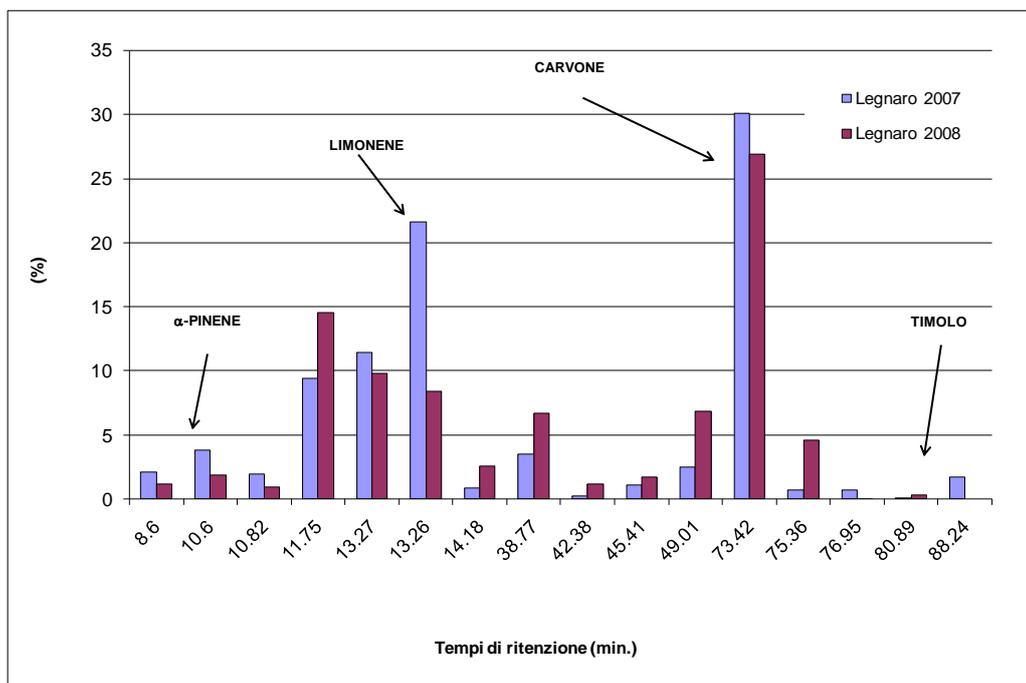


Figura 284: Composizione % in olio essenziale di *Mentha spicata* coltivata a Legnaro nel 2007 e nel 2008.

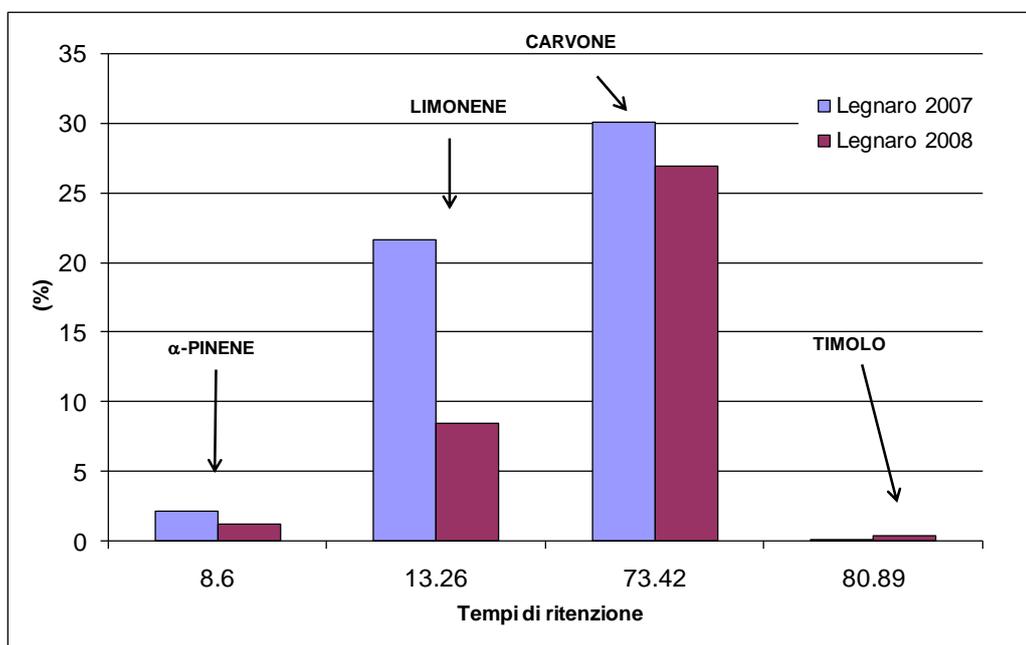


Figura 285: Composizione % di alcuni componenti di olio essenziale di *Mentha spicata* coltivata a Legnaro nel 2007 e nel 2008.

Dai grafici (figg. 286 e 287) si nota la differenza tra la concentrazione dei componenti studiati nella *Mentha spicata* raccolta con gli sfalci intermedi nelle due località di sperimentazione.

L'olio essenziale ottenuto a Villiagio ha mostrato una concentrazione maggiore del 12% rispetto all'olio di Legnaro. Il carvone è risultato il componente predominante in entrambi gli oli (prodotti a Villiagio e a Legnaro), con una maggior concentrazione nell'olio di Legnaro. L'alfa-pinene è risultato assente nella menta di Villiagio, il timolo è risultato assente nella menta di Legnaro.

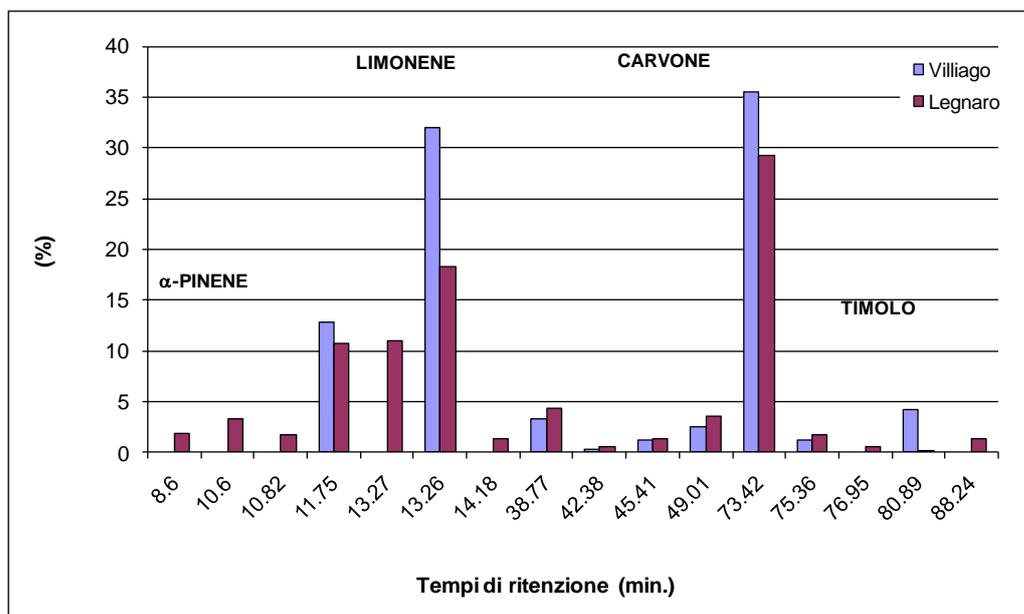


Figura 286: Composizione % in olio essenziale di *Mentha spicata* raccolta a tempo balsamico (inizio fioritura) a Legnaro e a Villiagio.

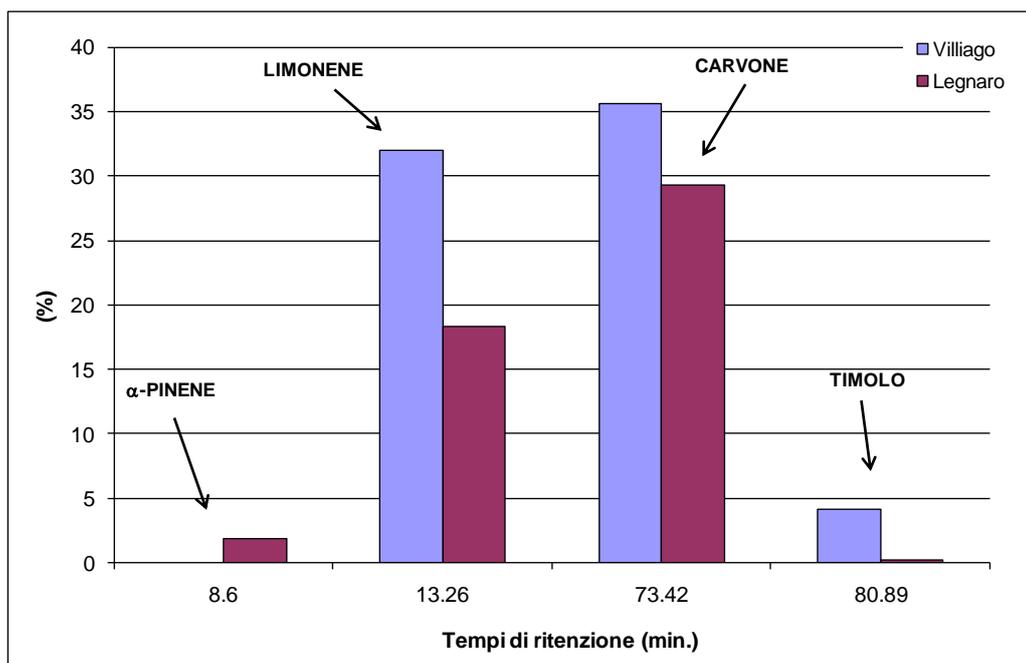


Figura 287: Composizione % di alcuni componenti di olio essenziale di *Mentha spicata* raccolta ad inizio fioritura a Legnaro e a Villiagio.

4.2 Prova “Intensificazione colturale di *Melissa officinalis*”

4.2.1 Fase di campagna

L'andamento produttivo della coltura non è stato costante durante il quadriennio di sperimentazione.

La produzione in sostanza secca totale ha raggiunto un massimo, con produzioni superiori alle 15 t*ha⁻¹ (s.s.), durante il secondo anno, dopo il quale la resa ha iniziato a decrescere (fig. 288); lo stesso andamento è stato osservato per la resa in foglie (fig. 289).

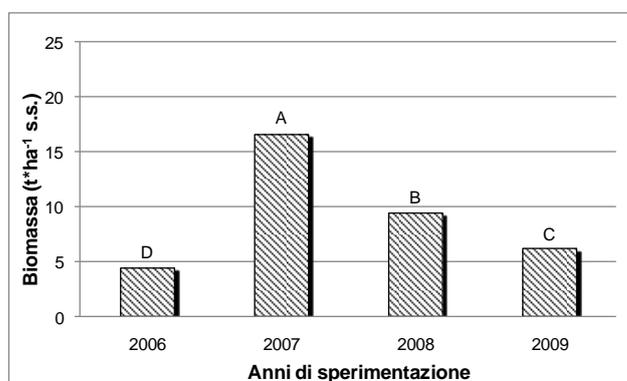


Figura 288: produzione in biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa durante gli anni di sperimentazione (2006-09).

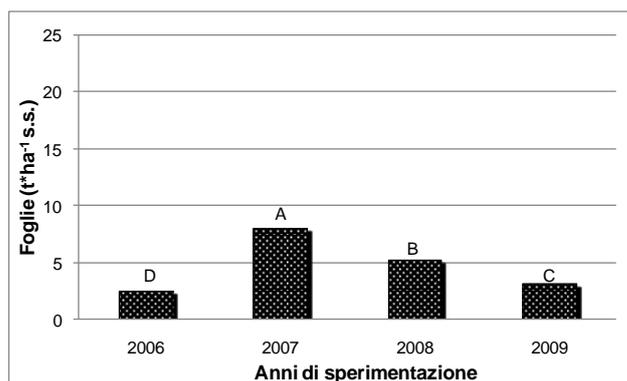


Figura 289: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa durante gli anni di sperimentazione (2006-09).

Analizzando il fattore allo studio “sesto d’impianto” è stato osservato come la parcella più densa (5 piante*ha⁻¹) abbia prodotto maggiormente (figg. 290-293) in

tutti gli anni di sperimentazione rispetto un sesto pari a $3 \text{ piante} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nello specifico per il primo anno la differenza in produzione di biomassa ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) è risultata più marcata (fig. 290), dal secondo (fig. 291) in poi (figg. 292 e 293) il divario produttivo tra i due sestì è diminuito; anche le piante meno dense nel frattempo hanno accettato chiudendo lo spazio sulla fila e hanno iniziato ad essere più produttive.

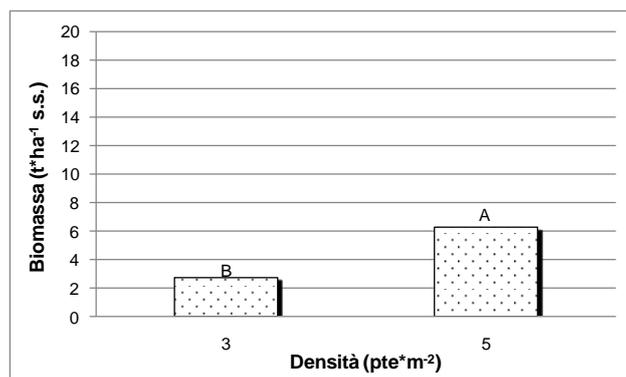


Figura 290: produzione in biomassa totale ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2006.

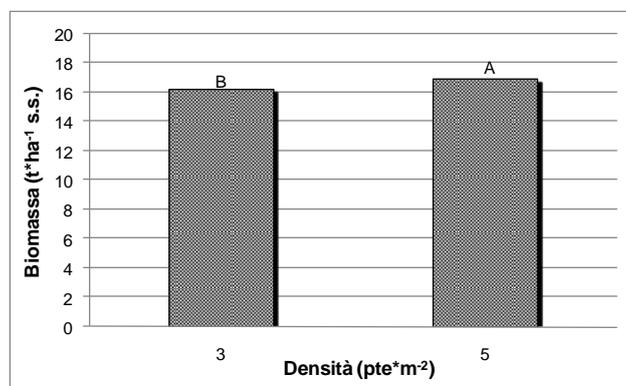


Figura 291: produzione in biomassa totale ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2007.

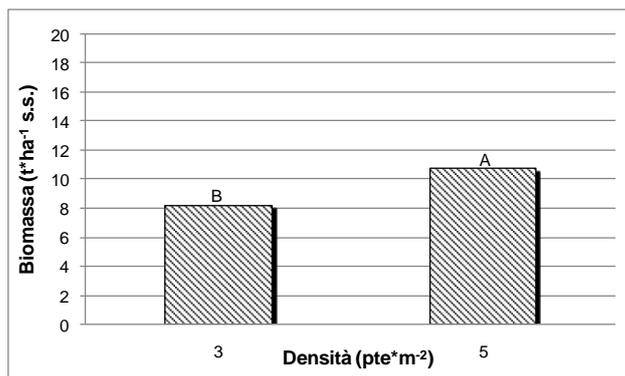


Figura 292: produzione in biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2008.

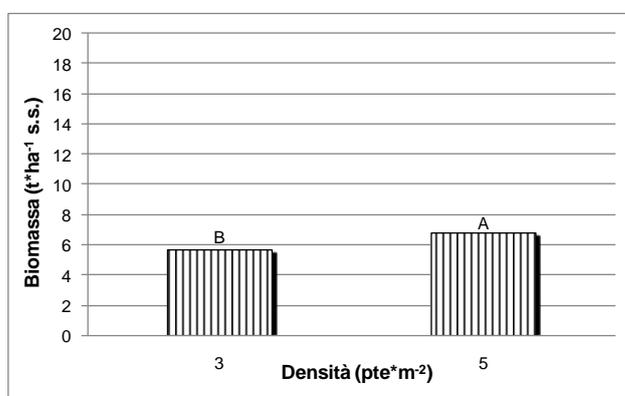


Figura 293: produzione in biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2009.

La produzione in foglie ha avuto lo stesso comportamento (figg. 294-297) con una resa assoluta in foglie maggiore nel sesto di impianto più fitto.

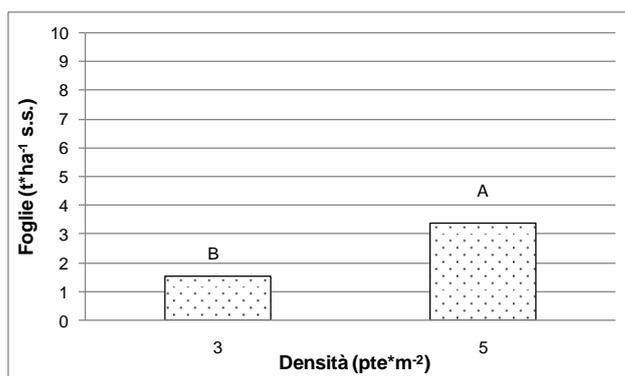


Figura 294: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2006.

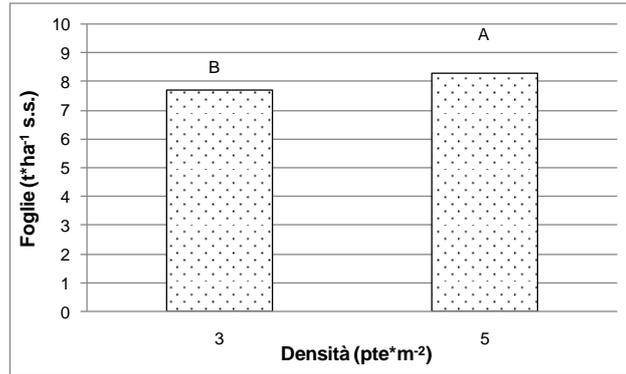


Figura 295: produzione in foglie (t*ha⁻¹s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2007.

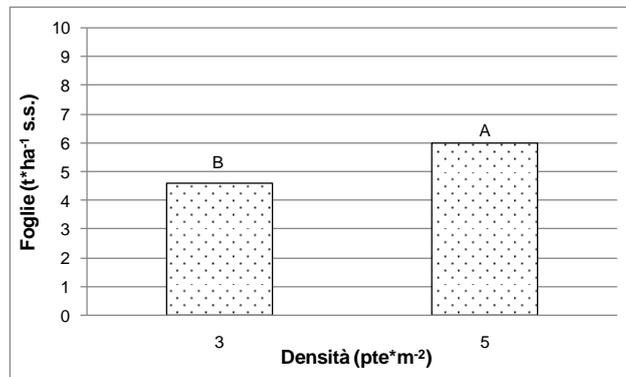


Figura 296: produzione in foglie (t*ha⁻¹s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2008.

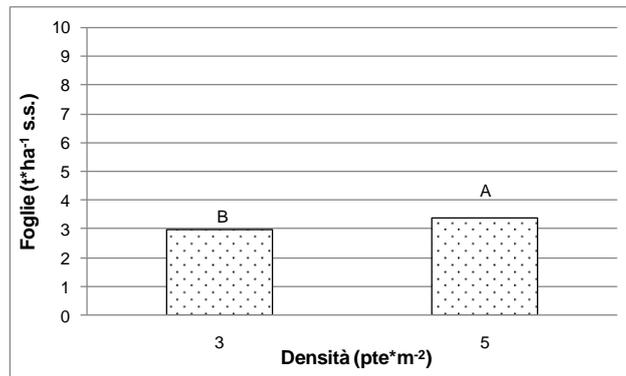


Figura 297: produzione in foglie (t*ha⁻¹s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2009.

Se si osserva però la resa relativa in foglie (rispetto l'intera biomassa), è possibile notare come la minor densità d'impianto in realtà produca percentualmente più foglie ad eccezione del 2007 (figg. 298-301).

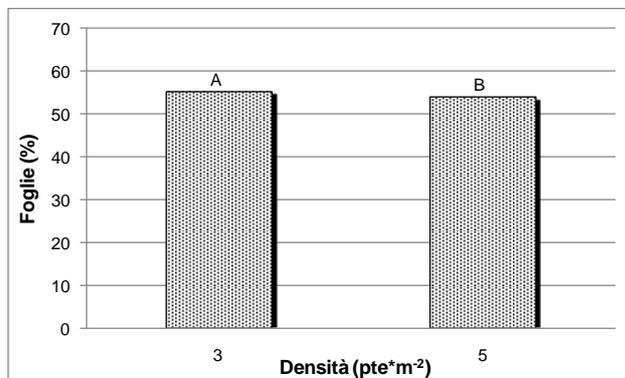


Figura 298: produzione in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2006.

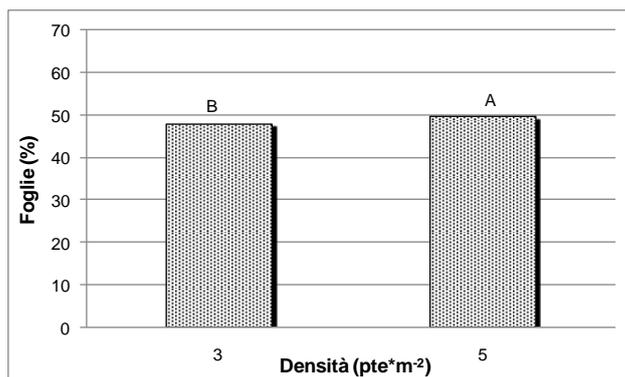


Figura 299: produzione in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2007.

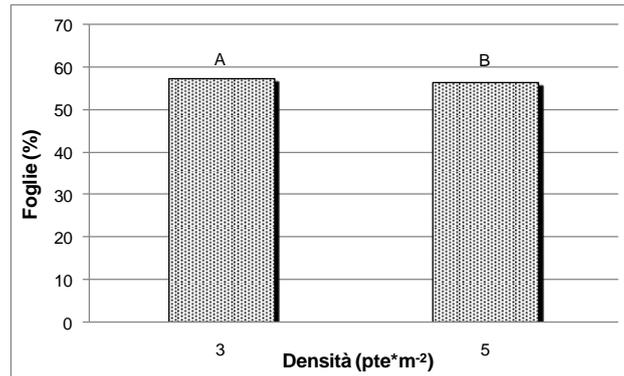


Figura 300: produzione in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2008.

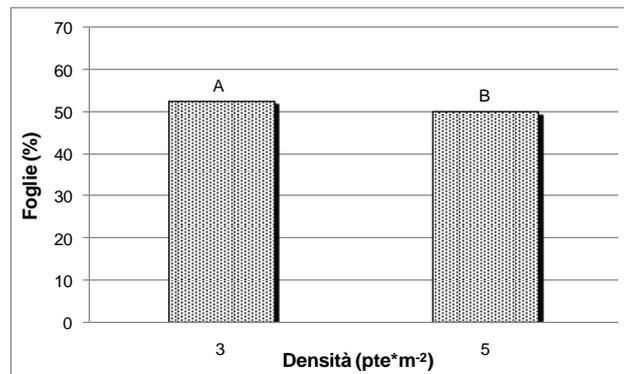


Figura 301: produzione in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2009.

Quindi, nel quadriennio di sperimentazione (media dei 4 anni) sono stati osservati i seguenti andamenti: per la biomassa totale (fig. 302) la differenza tra le due densità è stata di circa 2 t*ha^{-1} , mentre nel caso delle foglie (fig. 303) la differenza si è ridotta ad una tonnellata, ad evidenziare che l'incremento in biomassa totale è stato equamente ripartito tra foglie e fusti.

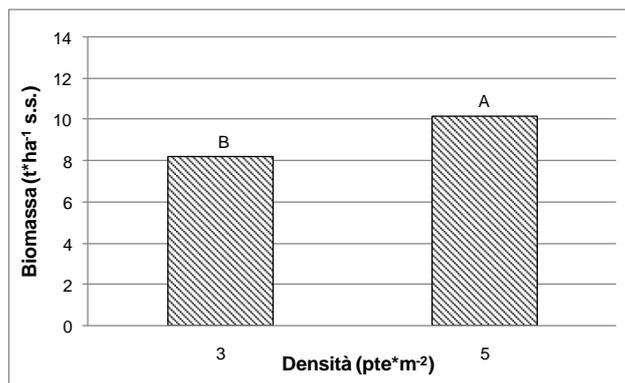


Figura 302: produzione in biomassa totale (t/ha) di melissa in funzione della densità d’impianto nel quadriennio di sperimentazione (2006-2009)

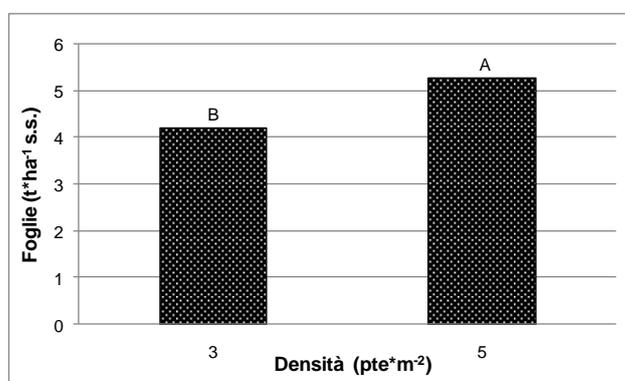


Figura 303: produzione in foglie (t/ha) di melissa in funzione della densità d’impianto nel quadriennio di sperimentazione (2006-2009)

Altro fattore allo studio è stato la “gestione degli sfalci”, indagato a partire dalla stagione colturale 2007. Nel grafico in fig. 304 è stata riportata la produzione in biomassa totale ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) nell’anno 2006, in modo da mostrare come non vi fossero differenze dovute ad altri fattori antecedenti, tra le parcelle soggette a sfalcio normale e quelle soggette a sfalcio intensivo. È stato osservato come una gestione degli sfalci normale favorisca la produzione in biomassa nei tre anni di sperimentazione con un aumento di circa il 30% (fig. 308).

Il 2007 (fig. 305) è stato l’anno in cui gli sfalci sono stati maggiormente intensificati, con ripercussioni sulla produttività nel 2008. Sfalci troppo ravvicinati, infatti, col tempo, stressano la coltura, effetto evidente nel 2008 (fig. 306) anno in cui le

differenze tra i due trattamenti sono state maggiori. Nel 2009 (fig. 307) il divario, in termini di resa, è diminuito riportandosi su ordini di grandezza paragonabili al 2007.

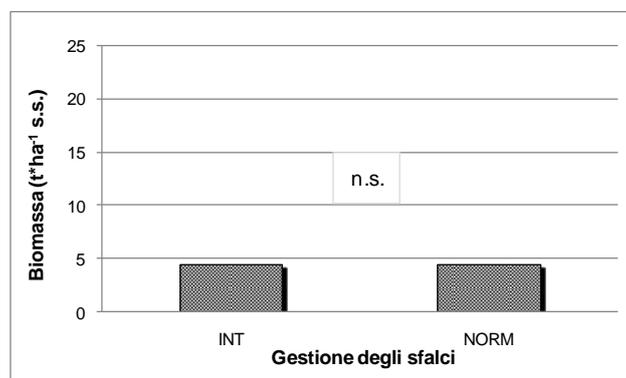


Figura 304: produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2006.

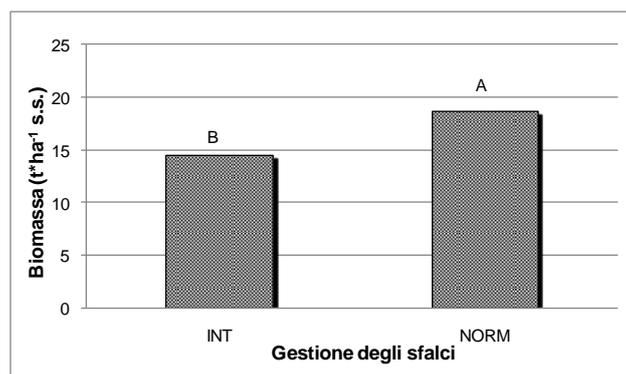


Figura 305: produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2007.

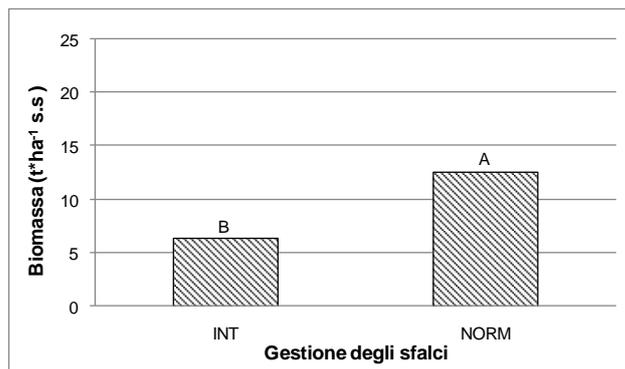


Figura 306: produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2008.

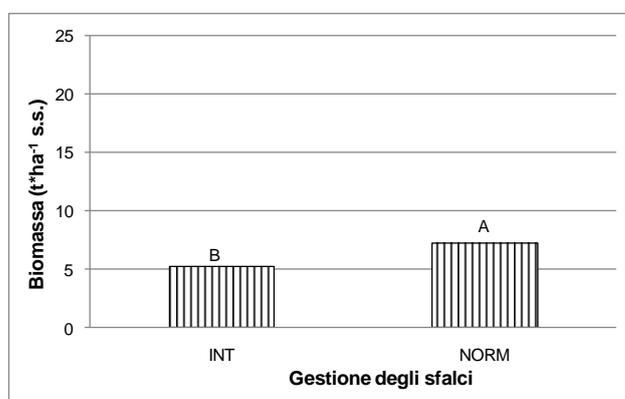


Figura 307: produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2009.

Con un minor numero di sfalci sono state prodotte, in media, tre tonnellate ad ettaro in più, considerando l'intero triennio di sperimentazione (fig. 308).

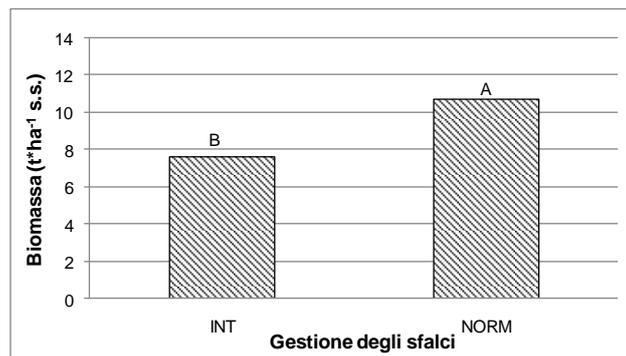


Figura 308: produzione in biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nel quadriennio di sperimentazione (2006-2009).

Per quanto concerne la resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) gli andamenti della produzione in funzione del fattore “gestione degli sfalci” sono stati i medesimi riscontrati per la biomassa. Nel grafico in figura 309 è stata riportata la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) nell’anno 2006, in modo da mostrare come non vi fossero differenze dovute ad altri fattori antecedenti tra le parcelle soggette a sfalcio normale e quello soggette a sfalcio intensivo. Nel 2007 (fig. 310) non sono state evidenziate differenze statisticamente significative tra le due gestioni, al contrario del 2008 (fig. 311) e del 2009 (fig. 312), anni in cui la coltura ha risposto alla diversificazione degli sfalci. Dal confronto tra i grafici in figura 305 e 310, relativi rispettivamente alla produzione in biomassa e foglie nel 2007, si può osservare come ad una maggiore biomassa prodotta nel trattamento “sfalci normali” non sia corrisposto un aumento della produzione in foglie. Presumibilmente tale quota è stata compensata dalla produzione in fusti.

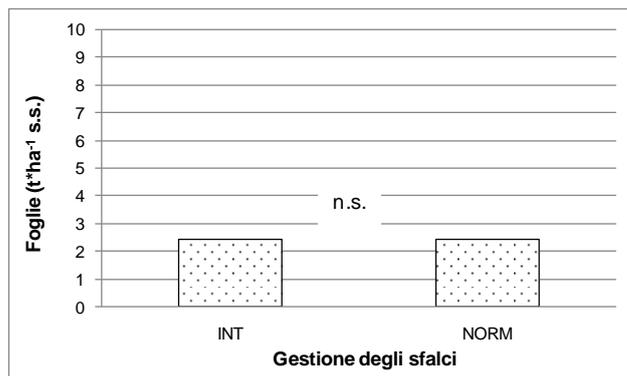


Figura 309: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2006.

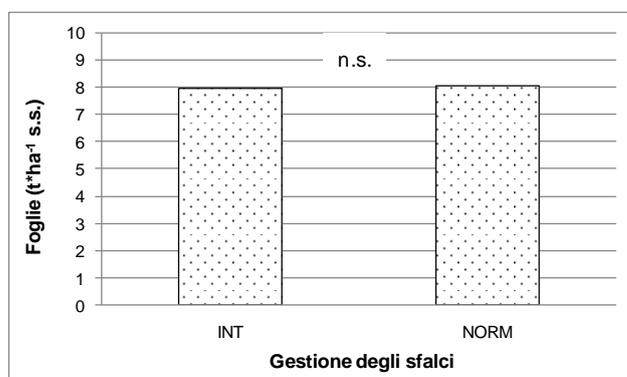


Figura 310: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2007.

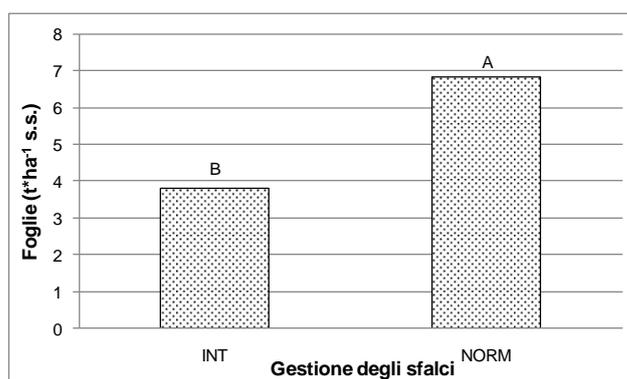


Figura 311: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2008.

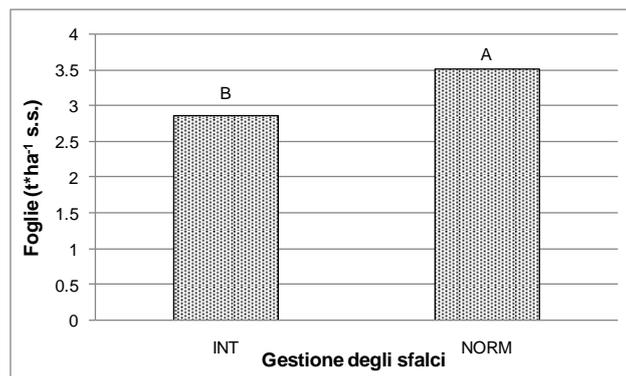


Figura 312: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo) nell'anno 2009.

Mediamente, nel quadriennio, la gestione con un numero di sfalci minore ha portato ad ottenere una produzione più elevata di 1 tonnellata per ettaro rispetto agli tagli intensivi (fig. 313).

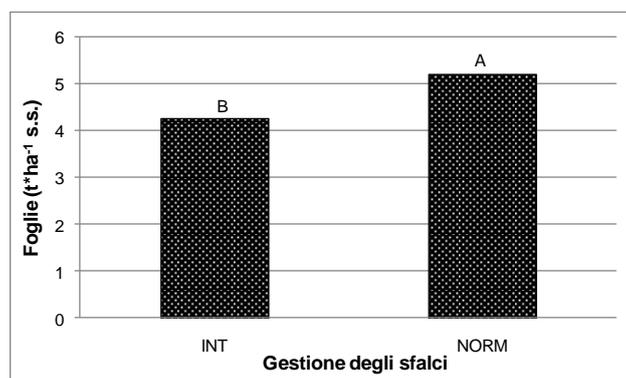


Figura 313: produzione media in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della gestione degli sfalci (Norm = normale; Int = intensivo).

La coltura non ha risentito della fertilizzazione fino all'anno 2008, anno dopo il quale i risultati hanno presentato differenze statisticamente significative tra i trattamenti, a fronte di aumenti di produzione limitati. Nei grafici in figura 314 e 315 sono riportate le produzioni in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) e nei grafici 316 e 317 in foglie (t*ha⁻¹ s.s.). Nei primi due si può notare come la fertilizzazione "alta" abbia prodotto un incremento di circa 0.5 t*ha⁻¹, mentre nei due grafici a seguire, l'incremento è stato nell'ordine dei 0.3 t*ha⁻¹. Si evince che la fertilizzazione ha portato ad un aumento della biomassa totale, distribuito per il 60% in foglie e il 40% in fusti.

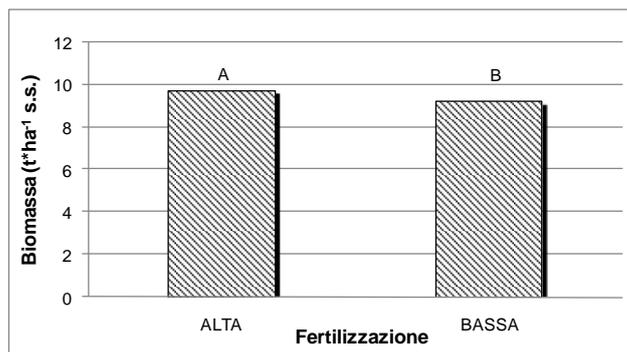


Figura 314: produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della fertilizzazione nell'anno 2008.

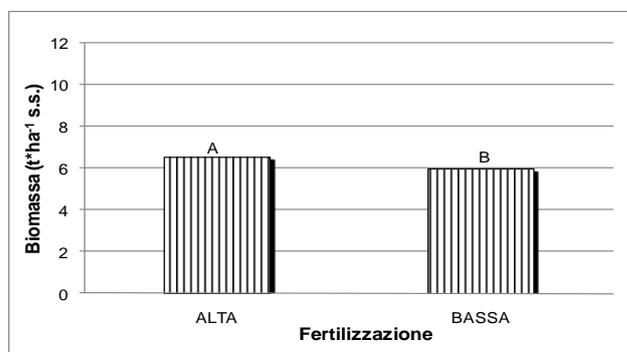


Figura 315: produzione in biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della fertilizzazione nell'anno 2009.

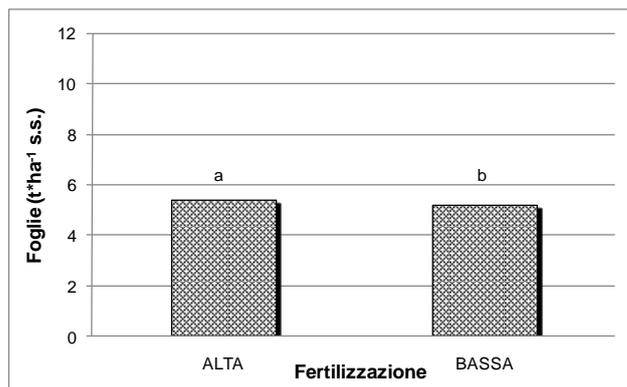


Figura 316: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della fertilizzazione nell'anno 2008.

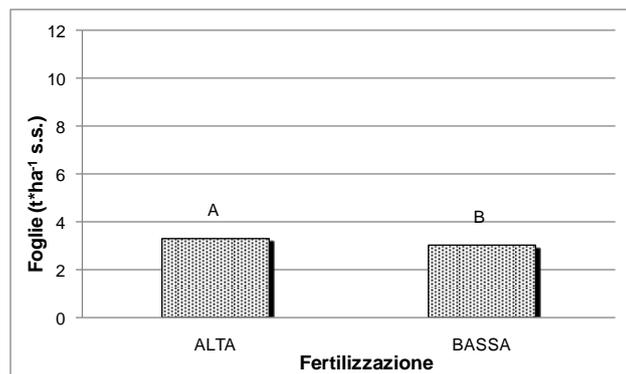


Figura 317: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della fertilizzazione nell'anno 2009.

Nel quadriennio di sperimentazione l'incremento di produzione totale dovuto alla fertilizzazione è stato inferiore alla tonnellata (circa 0.8 t*ha⁻¹) (fig. 318).

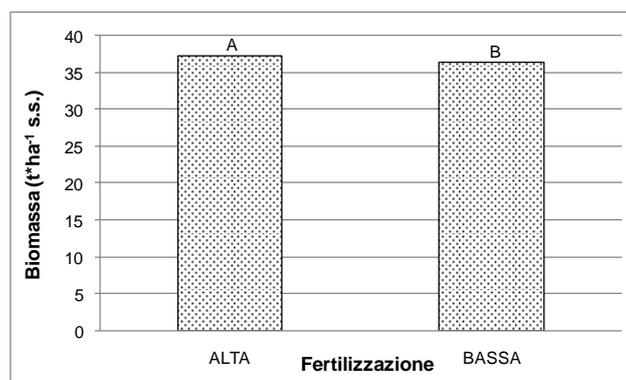


Figura 318: produzione cumulata in biomassa totale (t*ha⁻¹ s.s.) di melissa in funzione della fertilizzazione nel quadriennio di sperimentazione (2006-2009).

Per quanto riguarda la produzione in foglie espressa in percentuale, sono stati ottenuti i seguenti risultati. Il secondo anno di coltivazione, risultato essere il più produttivo in termini di biomassa e foglie (t*ha⁻¹), in realtà è l'anno in cui la resa si è caratterizzata per il minor contenuto percentuale in foglie espresso sul totale della biomassa prodotta, ossia la melissa ha prodotto di più ma con un aumento dei fusti (fig. 319). Diversamente il primo e il terzo anno sono, percentualmente parlando, i più ricchi in foglie.

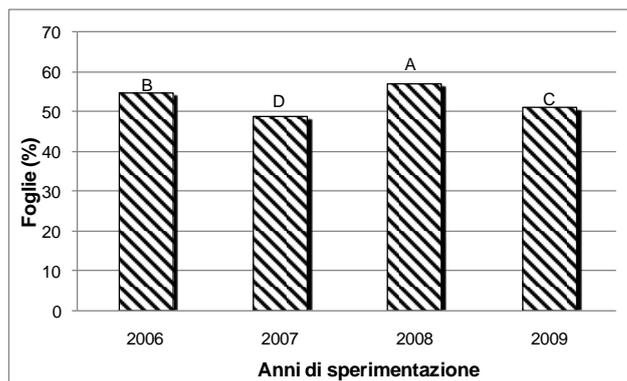


Figura 319: produzione in foglie (% espressa sulla biomassa totale) di melissa in funzione della fertilizzazione nel quadriennio di sperimentazione (2006-2009).

Per concludere, l'effetto del fattore "fertilizzazione" è risultato significativo solo durante il penultimo anno di sperimentazione (fig. 320) apportando un incremento pari allo 0.5%.

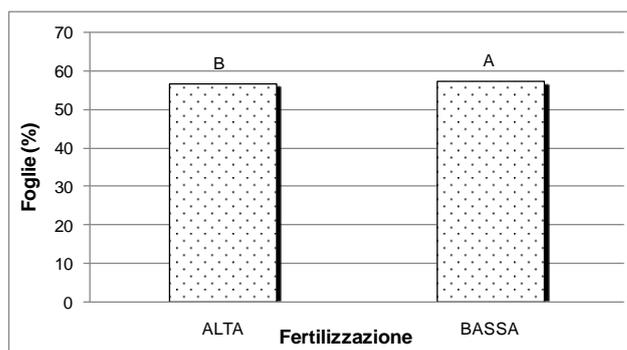


Figura 320: produzione in foglie (% espressa sulla biomassa totale) di melissa in funzione della densità d'impianto nell'anno 2008.

Oltre la significatività dei diversi fattori è stata valutata anche la loro interazione. L'interazione "anno di coltivazione x densità" è risultata significativa sia in termini di biomassa totale (fig. 321), sia di produzione in foglie (fig. 322), che di produzione in foglie percentuali (fig. 323).

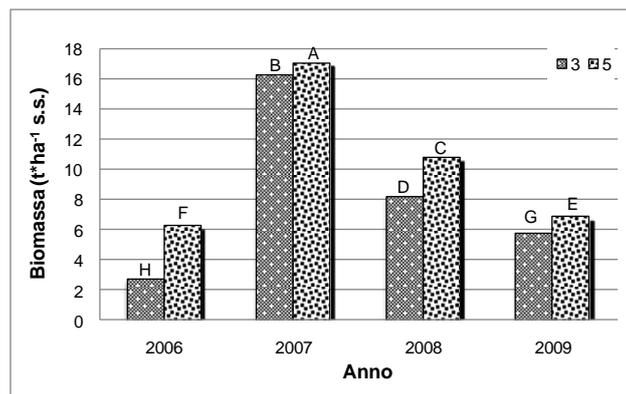


Figura 321: produzione di melissa in biomassa totale ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) – interazione “anno x densità” (3 = 3 piante $\cdot m^{-2}$; 5 = 5 piante $\cdot m^{-2}$).

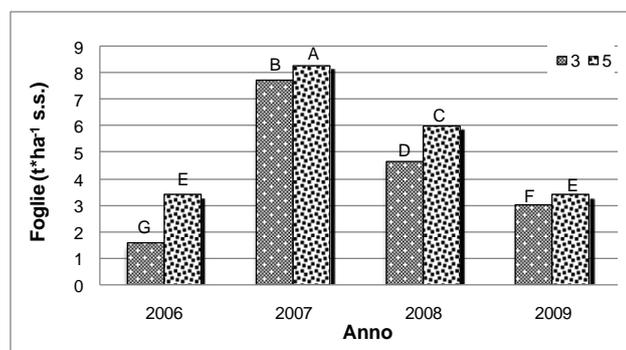


Figura 322: produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) di melissa – interazione “anno x densità” (3 = 3 piante $\cdot m^{-2}$; 5 = 5 piante $\cdot m^{-2}$).

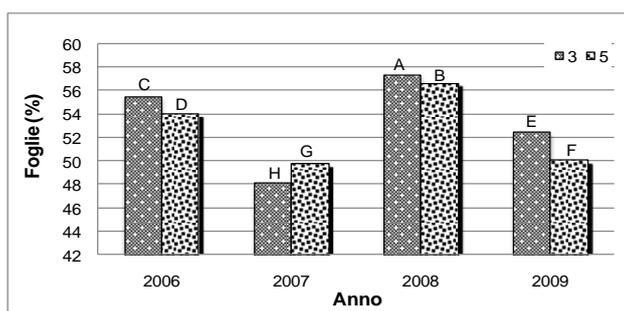


Figura 323: produzione di melissa in foglie (% espressa sulla biomassa totale) – interazione “anno x densità” (3 = 3 piante $\cdot m^{-2}$; 5 = 5 piante $\cdot m^{-2}$).

Nei grafici riportati in figura 321 e 322 è stato osservato come il sesto d'impianto più produttivo sia stato quello con densità di 5 piante/ha, lo stesso andamento è

stato notato anche nella produzione in foglie espressa in percentuale, ad eccezione dell'anno 2007 (fig. 323).

L'interazione "anno di coltivazione x gestione degli sfalci" ha evidenziato (fig. 324) come sia più produttivo tagliare con minor intensità; gli sfalci intensivi, infatti, non lasciano alla pianta il tempo necessario per riprendersi dopo lo sfalcio. Per quanto riguarda la produzione totale di biomassa l'effetto è importante già dalla fine del 2007 (fig. 324), mentre per la resa in foglie l'effetto è visibile a partire dal 2008 (fig. 325).

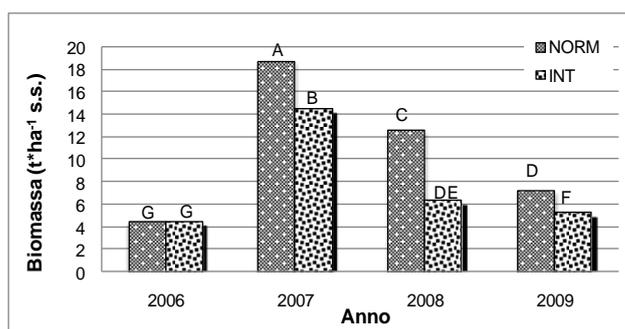


Figura 324: produzione di melissa in biomassa totale (t*ha⁻¹) – interazione “anno x gestione degli sfalci” (Norm = normale; Int = intensiva).

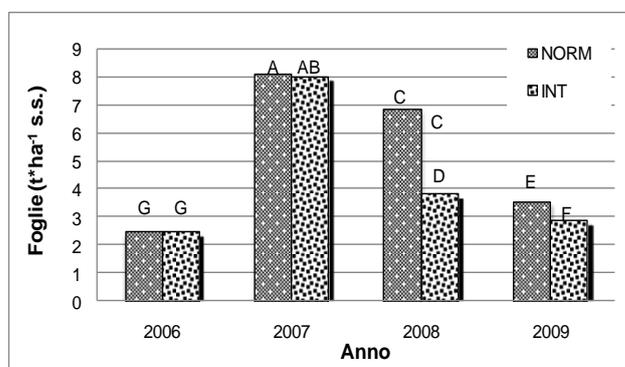


Figura 325: produzione di melissa in foglie (t*ha⁻¹) – interazione “anno x gestione degli sfalci” (Norm = normale; Int = intensiva).

In termini di produzione percentuale in foglie la gestione intensiva è risultata migliore, più produttiva e costante negli anni (fig. 326).

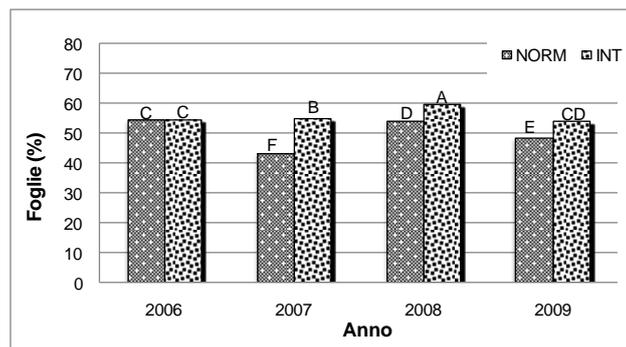


Figura 326: produzione di melissa in foglie (% espressa sulla biomassa totale s.s.) – interazione “anno x gestione degli sfalci”.

Anche l'interazione “anno di coltivazione x fertilizzazione” è risultata significativa, ma le differenze tra le produzioni in biomassa totale ottenute con differenti livelli di azoto sono molto limitate (fig. 327). Mentre per quanto riguarda la resa in foglie sia in termini assoluti che relativi ($t \cdot ha^{-1}$ e %), l'interazione non è risultata significativa.

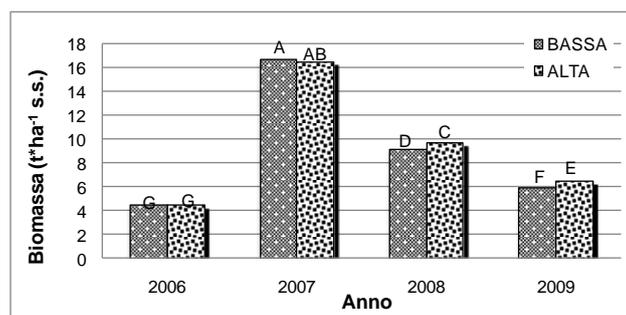


Figura 327: produzione di melissa in biomassa totale ($t \cdot ha^{-1}$) – interazione “anno x fertilizzazione”.

4.2.2 Risultati di laboratorio

L'andamento del contenuto in acido rosmarinico (fig. 329) segue, in generale, la dinamica della senescenza fogliare (fig. 328). Dall'inizio di luglio, quando sono stati raggiunti circa 1000 gradi utili, si nota una perdita di foglie cui corrisponde un decremento della concentrazione dell'acido fenolico in esse contenuto (fig. 329).

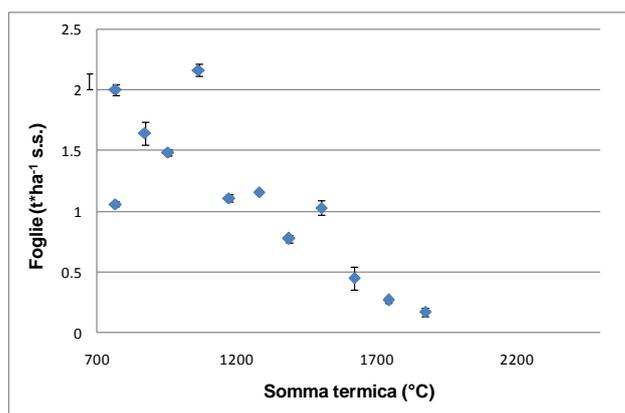


Figura 328: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in melissa da inizio fioritura a fine ciclo, in funzione della somma termica (°C).

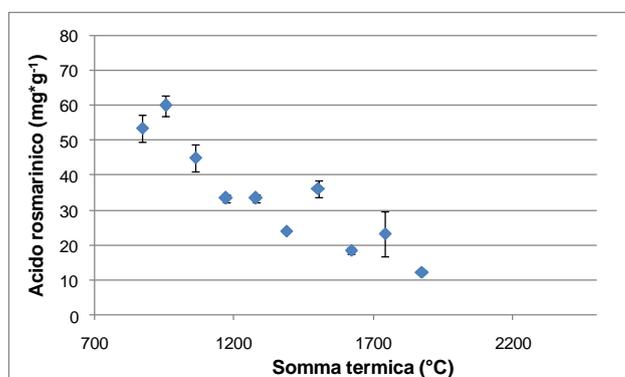


Figura 329: concentrazione di acido rosmarinico (mg*g⁻¹ di foglie s.s.) in melissa da inizio fioritura a fine ciclo, in funzione della somma termica (°C).

Tali osservazioni possono essere ripetute anche quando si osserva l'andamento della concentrazione in acido rosmarinico in seguito al primo sfalcio (figg. 330 e 331). È possibile notare inoltre, (fig. 331) come l'andamento dell'acido rosmarinico sia rimasto tendenzialmente costante dopo il primo sfalcio con rese tra i 50-60 mg*g⁻¹ di foglie (s.s.).

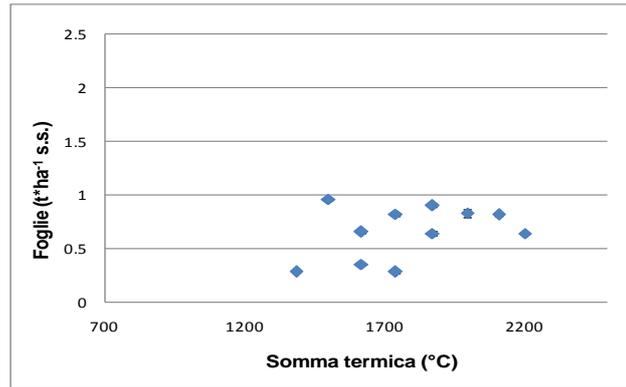


Figura 330: produzione in foglie (t*ha⁻¹ s.s.) in melissa dopo il primo sfalcio, in funzione della somma termica (°C).

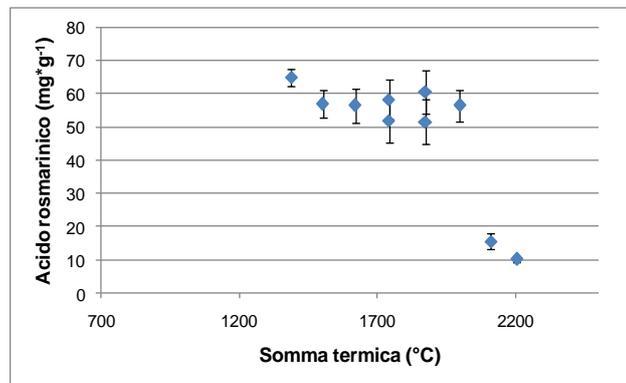


Figura 331: concentrazione di acido rosmarinico (mg*g⁻¹ di foglie s.s.) in melissa dopo il primo sfalcio, in funzione della somma termica (°C).

4.3 Prova “Modello di Crescita su *Melissa officinalis*”

4.3.1 Fase di Campagna

4.3.1.1 Analisi dell'accrescimento di piante in produzione

L'accrescimento delle piante in produzione è stato studiato attraverso prelievi della biomassa aerea effettuati a cadenza settimanale (vedi 3.3.2). Con i dati raccolti è stato possibile ottenere le curve, riportate di seguito, che descrivono il comportamento della coltura osservato durante la fase vegetativa (dalla ripresa vegetativa alla senescenza).

In figura 332 è riportata la curva della biomassa (t*ha⁻¹) in funzione della somma termica (°C) ottenuta interpolando i dati reali biomassa finale (t*ha⁻¹ s.s.) della parcella campionata (ogni 7 giorni) dai primi giorni di maggio fino alla fine di agosto (2009). La curva esprime l'andamento della biomassa durante un ciclo vegetativo. La coltura ha avuto uno sviluppo che può essere rappresentato con una curva ad andamento crescente fino a circa 1000 °C, valore di somma termica corrispondente alla massima produzione di biomassa (t*ha⁻¹ s.s.) (fig. 332).

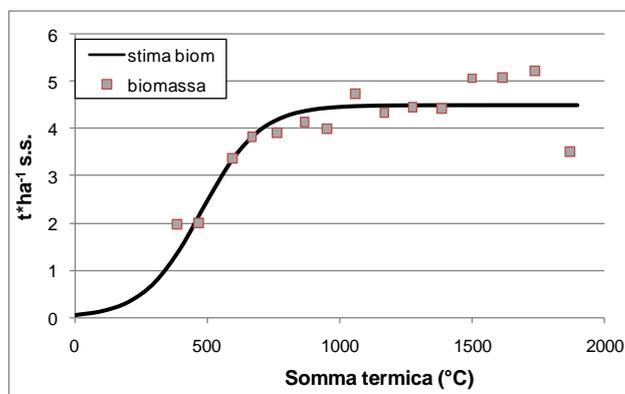


Figura 332: curva di stima della biomassa risultante dall'interpolazione dei valori osservati di biomassa in funzione della somma termica.

Di seguito è riportata l'equazione (1) ($R^2=0.82$) con cui è stata costruita la curva interpolante i valori di biomassa (t*ha⁻¹) (fig. 15).

(1)

La figura 333 mostra il grafico precedente (fig. 332) nel quale sono stati inseriti i valori osservati di resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) espressi in funzione della somma termica ($^{\circ}C$).

È stato osservato come la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) abbia avuto un andamento decrescente rispetto all'andamento della biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 333).

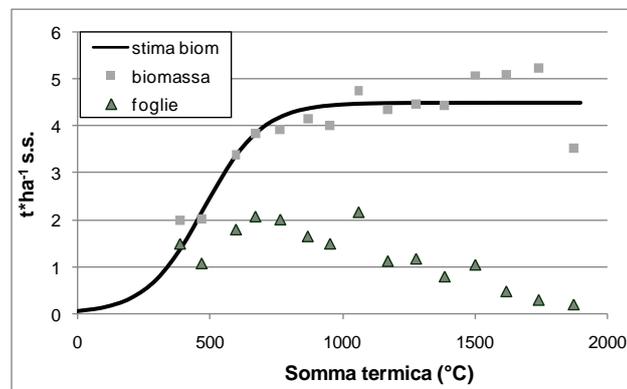


Figura 333: curva di stima della biomassa, valori osservati di biomassa e valori osservati di resa in foglie – i valori sono espressi in $t \cdot ha^{-1}$ (s.s.).

Dato che sia i valori di produzione delle foglie che quelli della biomassa variavano in funzione della somma termica e dato che le foglie e la biomassa aerea sono legati dal punto di vista fisiologico - funzionale le due variabili sono state messe in relazione. Il grafico in figura 334 mostra i soli valori osservati di produzione percentuale in foglie e conferma l'andamento decrescente osservato in figura 333. Le piante hanno azzerato la produzione percentuale in foglie (% sul totale della biomassa s.s.) attorno ai 2000 $^{\circ}C$ di somma termica (fig. 334).

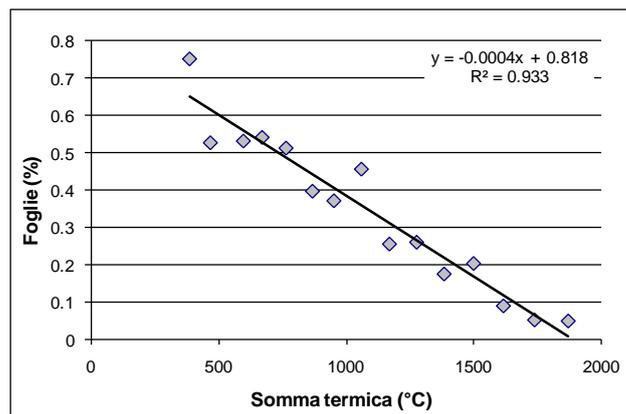


Figura 334: produzione percentuale in foglie in funzione della somma termica (°C). Il grafico riporta i valori osservati e la retta di regressione.

Dalle curve rappresentate nei grafici in figura 333 e 334 è stato osservato che da 0 a 1000 °C di somma termica la coltura ha un andamento crescente in termini di produzione di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.), mentre la produzione in foglie è stata decrescente. Ne consegue che la pianta, man mano che accumula somma termica (°C), investe energia nella produzione in fusti a svantaggio delle foglie.

L'equazione della curva riportata in figura 334 è la seguente (2):

$$(2)$$

In figura 335 sono riportati i valori di biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) e di resa in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) e le rispettive curve, ottenute dall'interpolazione dei dati osservati, che ne stimano l'andamento in funzione della somma termica (°C).

La curva che stima la produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) (fig. 335) è stata ottenuta moltiplicando i valori di resa in biomassa (calcolati con l'equazione 1) per la percentuale in foglie (calcolati con l'equazione 2).

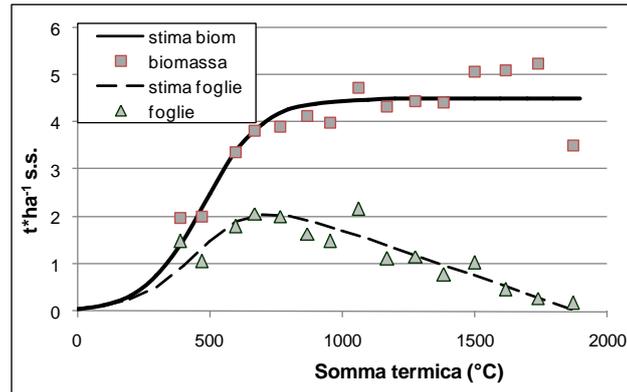


Figura 335: curve di stima della biomassa totale (linea continua) e della biomassa in foglie (linea tratteggiata) ottenute interpolando rispettivamente i dati osservati di biomassa ($t \cdot ha^{-1} \text{ s.s.}$) e di foglie ($t \cdot ha^{-1} \text{ s.s.}$).

La seguente formula descrive la curva della produzione in foglie presente nel grafico in figura 335.

(3)

Dato che l'accrescimento di una coltura è in funzione della radiazione intercettata dalla coltura stessa e che quest'ultima rappresenta la fonte energetica necessaria allo sviluppo della pianta allora le variabili "biomassa accumulata" e "radiazione intercettata" sono fra loro correlate. È stata osservata una relazione di tipo lineare a proporzionalità diretta tra la radiazione cumulata ($kWh \cdot m^{-2}$) dall'inizio dell'anno e la biomassa prodotta ($t \cdot ha^{-1} \text{ s.s.}$) (fig. 336): in particolare la produzione in biomassa ha avuto un andamento crescente direttamente proporzionale all'andamento dei valori di radiazione cumulata dall'inizio ($kWh \cdot m^{-2}$).

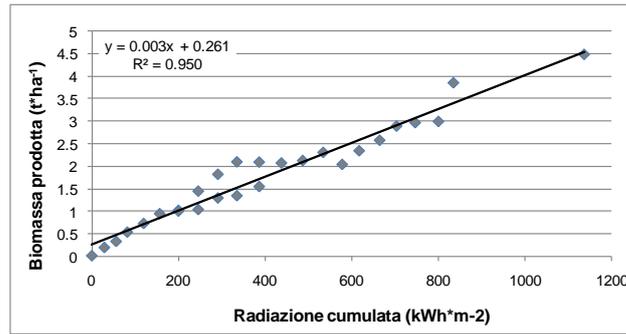


Figura 336: produzione in biomassa in funzione della radiazione cumulata.

È stato possibile esprimere la relazione con la seguente equazione (4):

$$(4)$$

Quindi, sostituendo all'equazione (3) l'equazione (4), che stima la biomassa in funzione della radiazione solare, è possibile ricavare la produzione in foglie in funzione della radiazione cumulata e della somma termica (5).

$$(5)$$

Ne consegue che le equazioni (4) e (5), permettono di stimare la produzione in termini di biomassa totale e prodotto utile, utilizzando dei dati meteo facilmente reperibili, senza dover effettuare alcun rilievo di campo.

$$Biomassa_i = \frac{(m_2 \cdot \sum_i radiazione + q_2) \cdot e^{-c \cdot \sum_i termica}}{1 + b \cdot e^{-c \cdot \sum_i termica}} \quad (6)$$

Eliminando dall'equazione la componente ripartizione delle foglie (equazione 2) si ottiene l'equazione (6) che permette di stimare la biomassa prodotta dalla pianta in funzione della somma termica e della radiazione incidente.

Le equazioni ottenute (1-6) si basano sui dati raccolti durante il 2009.

4.3.1.2 Analisi dell'accrescimento di piante in post-trapianto

L'analisi dell'accrescimento di melissa in post-trapianto è stata fatta per studiare i ritmi di accrescimento durante il primo anno dopo che le piante erano state trapiantate in campo.

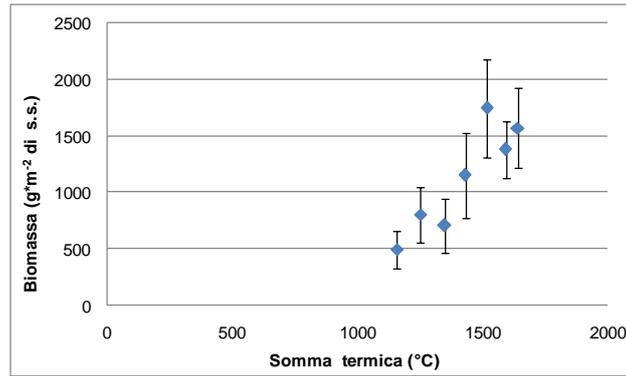


Figura 337: produzione in biomassa in funzione della somma termica (°C) accumulata dal momento del trapianto (25 giugno 2009).

Nel grafico riportato (fig. 333) era stato osservato che la biomassa ($t \cdot ha^{-1}$ s.s.) raggiunge la resa massima intorno ai 1000 °C di somma termica, mentre nelle piante trapiantate questo valore aumenta fino ai 1500 °C circa (fig. 337).

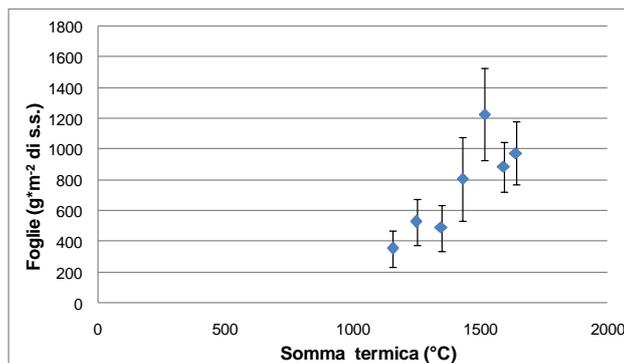


Figura 338: produzione in foglie (s.s.) a m² in funzione della somma termica dal momento del trapianto.

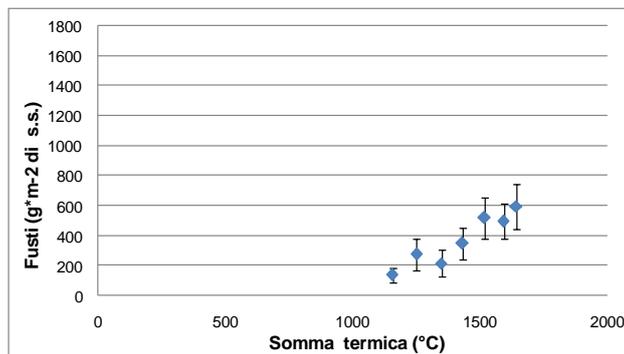


Figura 339: produzione in fusti (s.s.) a m² in funzione della somma termica dal momento del trapianto.

Scomponendo la produzione totale ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ s.s.) (fig. 338) nelle sue componenti, foglie ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ s.s.) (fig. 339) e fusti ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ s.s.) (fig. 340), è stato osservato che entrambi hanno avuto un andamento crescente e che le piante hanno prodotto, ad ogni prelievo, più foglie rispetto ai fusti (fig. 341).

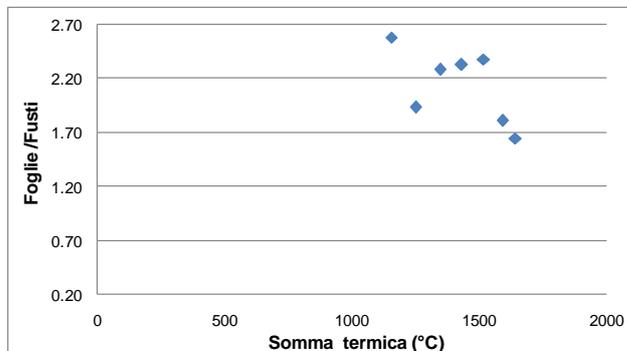


Figura 340: andamento del rapporto tra le foglie e i fusti in funzione della somma termica dal momento del trapianto (per valori >1 il peso in foglie è superiore al peso in fusti).

La produzione percentuale in foglie (fig. 341) è variata dal 62 al 72% con l'aumentare della somma termica, andamento già osservato per le piante in produzione (fig. 334), ove la resa percentuale in foglie aveva iniziato a decrescere dai 500 °C di somma termica.

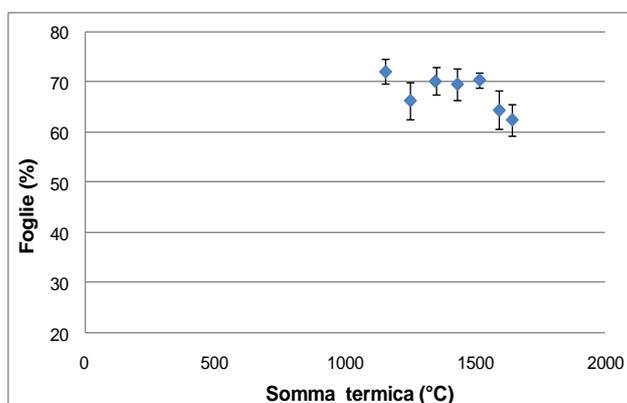


Figura 341: resa percentuale in foglie in funzione della somma termica dal momento del trapianto.

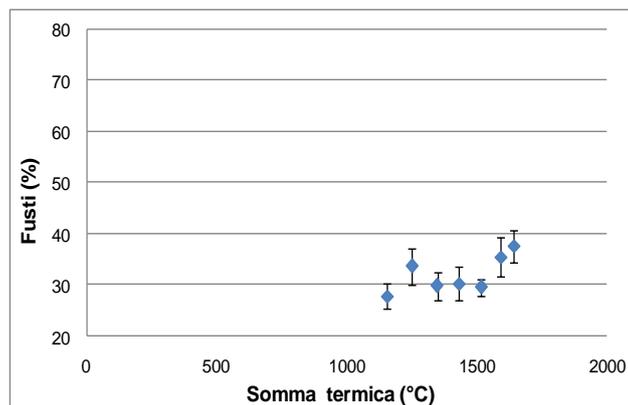


Figura 342: resa percentuale in fusti in funzione della somma termica dal momento del trapianto.

Rispetto alle piante in produzione (fig. 334) la percentuale di foglie nelle piante in post-trapianto è stata più elevata (fig. 342) e, di conseguenza, la produzione percentuale in fusti è risultata inferiore al 40% (fig. 343).

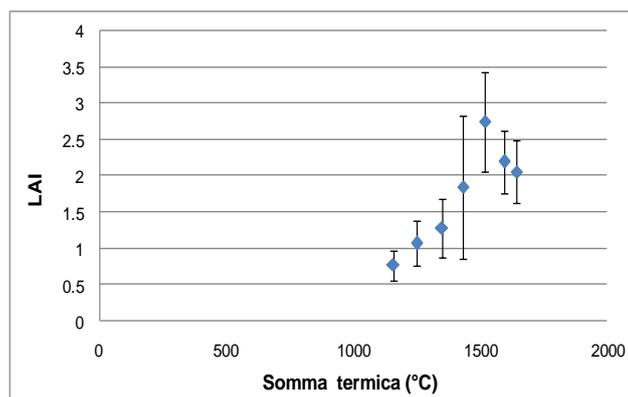


Figura 343: andamento del LAI in funzione della somma termica dal momento del trapianto.

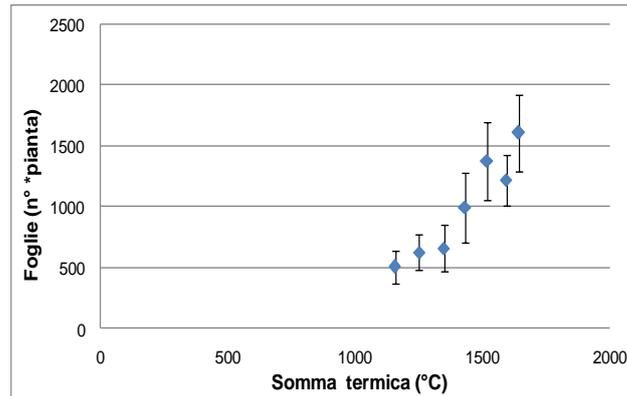


Figura 344: andamento del numero di foglie prodotte per pianta in funzione della somma termica dal momento del trapianto.

Il LAI (fig. 343) ha avuto un andamento crescente fino ai 1500 °C di somma termica. Il numero di foglie ha mostrato un andamento iniziale lento e successivamente più rapido intorno ai 1500 gradi di somma termica (fig. 344).

4.3.2 Adattamento del modello ai dati sperimentali

Come detto precedentemente, il modello di cui all'equazione (5) e quello relativo alla sola produzione di biomassa sono stati costruiti utilizzando i dati del 2009. Una volta definiti i modelli sono stati testati, senza alcuna taratura, sui dati relativi al quadriennio di sperimentazione della prova "Intensificazione colturale di *Melissa officinalis*" (vedi 4.2.1).

Il modello di stima della biomassa in funzione della somma termica e della radiazione intercettata è stato utilizzato per stimare i dati del quadriennio a diversi stadi di aggregazione; dapprima su tutti i dati mediati senza distinzione fra i trattamenti, poi separando le densità di popolamento, quindi la dose di azoto e infine l'intensità degli sfalci. Di seguito è riportata la tabella con i coefficienti di correlazione tra i valori stimati e quelli osservati in termini di biomassa totale (tab. 14).

Tabella 14: Valori di correlazione tra i differenti dati rilevati e osservati in termini di biomassa (dove: 5 = 5 piante*m⁻²; 3 = 3piante*m⁻² - N = fertilizzazione- int = ritmo di sfalcio intensivo e norm = ritmo di sfalcio normale).

		TOTALE							
		0.229352883							
sesto	5				3				
	0.238608857				0.224065645				
N	bassa		alta		bassa		alta		
	0.23497517		0.242223259		0.217074173		0.231126776		
ritmi	int	norm	int	norm	int	norm	int	norm	
		-0.071	0.312	-0.116	0.346	-0.025	0.307	6.766E-05	0.305

I coefficienti ottenuti hanno mostrato una scarsa correlazione e di conseguenza una bassa capacità del modello di stimare la realtà. Le correlazioni non sono risultate mai significative. I risultati migliori hanno interessato la stima della biomassa totale delle parcelle gestite con il ritmo di sfalcio “normale” (coefficienti tra 0.305 e 0.312) (tab. 14), indipendentemente dal livello di fertilizzazione e dalla densità d’impianto. I coefficienti riportati nell’ultima riga della tabella 14, con lo sfondo più scuro, sono risultati tutti significativi all’analisi della varianza (P<0.05). Dal grafico in figura 345 è evidenziata l’alta dispersione dei punti conseguente al basso valore del coefficiente di correlazione.

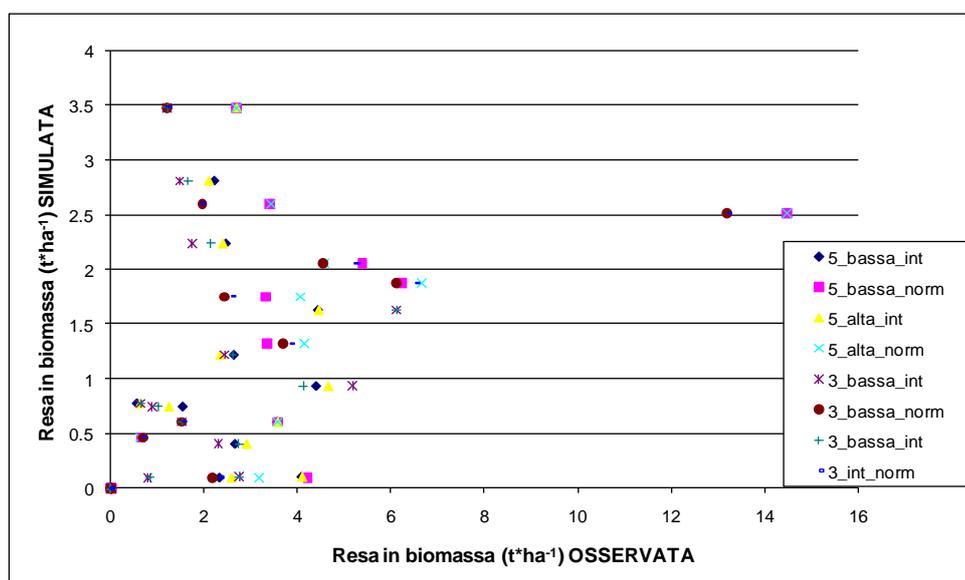


Figura 345: valori stimati e osservati di resa in biomassa totale della prova “Intensificazione culturale di *Melissa officinalis*”.

In realtà i risultati ottenuti non sono stati deludenti. Il modello è stato applicato a questi ultimi dati tal quale, senza apportare nessuna correzione, sebbene, per esempio, fosse stato osservato precedentemente che le piante in produzione e quelle in post-trapianto non hanno lo stesso comportamento in termini di produzione in biomassa (rispettivamente $t \cdot ha^{-1}$ e $g \cdot m^{-2}$ s.s.) e in foglie (rispettivamente $t \cdot ha^{-1}$ e $g \cdot m^{-2}$ s.s.). Interessante quindi notare che, pur non avendo apportato un fattore correttivo di questo andamento, legato all'anno di coltivazione, il modello è stato in grado di trovare dei valori di correlazione tra i dati osservati e i dati stimati.

Nel caso della stima della produzione in foglie (tab. 15), i valori di correlazione tra osservato e stimato sono aumentati rispetto a quelli mostrati nel caso della biomassa (tab. 14).

Tabella 15: Valori di correlazione tra i differenti dati rilevati e osservati in termini di produzione in foglie ($t \cdot ha^{-1}$) (dove: 5 = 5 piante $\cdot m^{-2}$; 3 = 3 piante $\cdot m^{-2}$ - N = fertilizzazione- int = ritmo di sfalcio intensivo e norm = ritmo di sfalcio normale).

		TOTALE							
		0.60157774							
sesto	5				3				
	0.500913207				0.716949978				
N	bassa		alta		bassa		alta		
	0.474940484		0.526198249		0.708063652		0.726277818		
ritmi	int	norm	int	norm	int	norm	int	norm	
	0.01	0.628	-0.02	0.726	0.531	0.789	0.5654493	0.799	

Infatti i coefficienti di correlazione hanno raggiunto dei valori più elevati, risultato visibile anche nel grafico in figura 346. I coefficienti riportati nell'ultima riga della tabella 15, con lo sfondo più scuro, sono risultati tutti significativi all'analisi della varianza ($P < 0.05$).

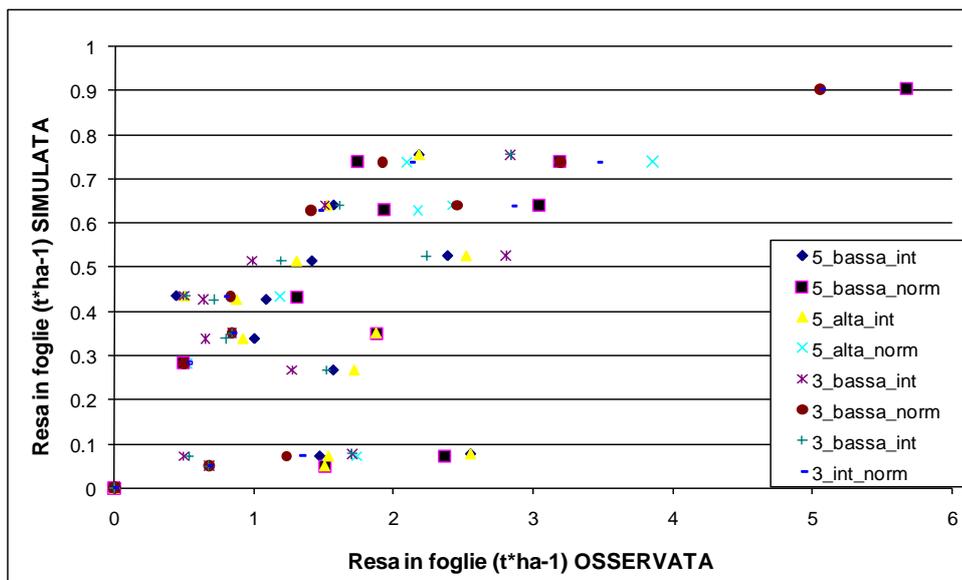


Figura 346: valori stimati e osservati di resa in foglie della prova “Intensificazione colturale di *Melissa officinalis*”.

Nel caso della stima della produzione in foglie ottenuta con la gestione a sfalci normali, si raggiungono dei valori di indice di correlazione superiori allo 0.72 (tab.15). In figura 347 sono riportate le tre combinazioni dei fattori produttivi meglio stimati dal modello:

- 5 piante/m², fertilizzazione alta e gestione degli sfalci normale;
- 3 piante/m², fertilizzazione bassa e gestione degli sfalci normale;
- 3 piante/m², fertilizzazione alta e gestione degli sfalci normale.

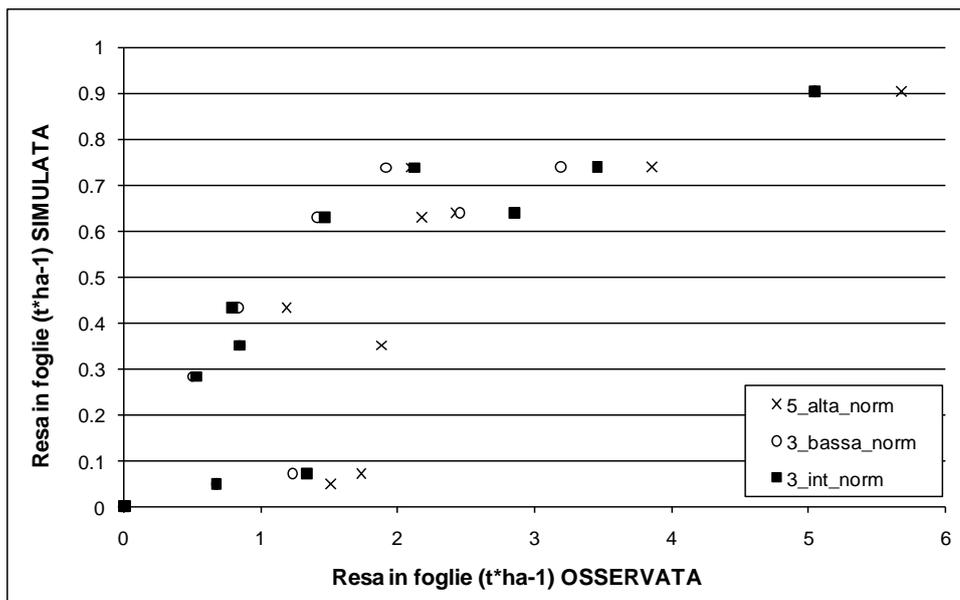


Figura 347: valori stimati e osservati di resa in foglie della prova “Intensificazione colturale di *Melissa officinalis*”.

È importante fare due osservazioni. In primo luogo, il modello è stato costruito e testato su individui allevati con densità pari a 5 piante a m^2 e nonostante questo i risultati migliori sono stati ottenuti dalla stima delle piante coltivate con densità pari a 3 piante* m^{-2} . La spiegazione è data dal fatto che le piante utilizzate per la taratura del modello nel 2009 avevano raggiunto l’età di quattro anni e a questo stadio la pianta ha espanso la sua massa epigea a tal punto da creare un continuum delle piante sulla fila. La stessa situazione si era ottenuta anche per le piante allevate alla densità più bassa (3 piante* m^{-2}). In questa situazione l’accrescimento delle piante non differisce molto fra le due densità dato la coltura nei due casi aveva raggiunto un grado di sviluppo simile. A riprova di ciò si possono osservare i dati relativi a melissa nella prova “Intensificazione colturale di *Melissa officinalis* L.”. La pianta nel quarto anno di sperimentazione non presentava più differenze fra le densità di impianto.

Un’altra importante considerazione consiste nel fatto che il modello è stato creato impiegando i dati di un solo anno e non sono stati inseriti dei fattori di correzione legati all’anno di coltivazione (ossia differente andamento produttivo negli anni d’impianto), nonostante tali premesse, il modello ha stimato bene la produzione in foglie che rappresenta il prodotto più interessante di questa specie.

Infine, normalmente l'indice di raccolta aumenta all'aumentare della somma termica, mentre per la produzione in foglie, l'andamento è risultato opposto (fig. 14 e fig. 15 aggiornando). Questo può essere visto come un corollario alla teoria del Linear increase in harvest index (Spaeth e Sinclair, 1985; Chapman *et al.*, 1993, Bange *et al.*, 1998; Bindi *et al.*, 1999; Moriondo *et al.*, 2005) . Infatti in questo caso si ha una diminuzione dell'indice di raccolta solo perché della pianta in questione si raccoglie un organo diverso dai semi/frutti. Se da un lato aumentano le riserve dedicate agli organi riproduttivi da parte della pianta, dall'altra significa che percentualmente diminuisce la quota in peso del resto della pianta e, nel nostro caso, diminuisce il rapporto foglie/resto della pianta. Questa interessante osservazione costituirà la base per ulteriori espansioni e studi sul fenomeno.

5. CONCLUSIONI

Dalla prova di intensificazione colturale di melissa è stato osservato che la resa ($t \cdot ha^{-1}$) ha mostrato un andamento crescente dal primo al secondo anno d'impianto, sia in termini di biomassa totale che di produzione in foglie, dopo il quale è iniziata gradualmente a diminuire ($t \cdot ha^{-1}$).

Uno dei fattori allo studio è stata la densità e il suo effetto sulla produzione. La densità più elevata ($5 \text{ piante} \cdot m^{-2}$) ha portato a risultati produttivi migliori rispetto all'investimento di $3 \text{ piante} \cdot m^{-2}$. In entrambe le densità, dal momento del trapianto, gli individui (dopo aver attecchito), hanno iniziato ad espandersi lentamente; questo comportamento ha giustificato la produzione più elevata della densità di $5 \text{ piante} \cdot m^{-2}$ riscontrata nei primi anni. Successivamente all'anno d'impianto è stato osservato che le differenze produttive tra i due sesti si sono affievolite pur rimanendo sempre significativamente diverse.

Questo comportamento è stato notato anche durante la fase di taratura del modello di crescita. Infatti il modello costruito sul sesto d'impianto più denso ($5 \text{ piante} \cdot m^{-2}$) ha dato luogo a coefficienti di correlazione tra i valori stimati e osservati relativamente elevati, anche nel caso di valutazione del modello con piante allevate a densità più basse. Durante lo sviluppo negli anni la pianta espande la propria zona basale ed arriva a colonizzare sempre maggiori porzioni di terreno. Dopo il 3° anno la pianta forma un'unica fila continua e questa situazione si verifica anche in condizioni di differenziata densità di impianto. Infatti per entrambe le densità si è ottenuta una sostanziale omogeneità di distribuzione dei fusti lungo la fila. In questa condizione è difficile distinguere le due densità di impianto. La biomassa e la produzione in foglie sono influenzate dalla densità soprattutto nei primi anni, manifestando un aumento di resa nel sesto più denso. Per quanto riguarda la ripartizione in foglie e fusti, che rappresentano rispettivamente il prodotto utile e lo scarto della coltura, è stato osservato come le piante a densità più elevate si siano accresciute maggiormente sia in biomassa, che in foglie, che in fusti.

Considerando la produzione totale ottenuta nel quadriennio l'impianto più denso ha registrato un incremento di produzione del 20% rispetto all'altra densità oggetto di studio.

Da un punto di vista pratico alla minore densità è corrisposta una minore produzione, quindi a fronte di una spesa iniziale maggiore per la realizzazione dell'impianto (dovuta esclusivamente all'acquisto delle piantine, poiché le lavorazioni sono le medesime in entrambi i casi) corrisponde una maggiore produzione, in accordo con Saglam *et al.* (2004), che si mantiene anche negli anni successivi. Infatti la densità di 5 piante*m⁻² ha prodotto più biomassa e più foglie fino al 2009 rispetto alla densità di 3 piante*m⁻².

È da ricordare come in un impianto più fitto la competizione nei confronti delle malerbe sia più forte e come questo possa giocare un ruolo importante nel contenimento delle spese di scerbatura manuale necessarie per colture officinali per le quali non risulta registrato alcun prodotto diserbante.

Altro fattore allo studio è stata la gestione degli sfalci. Nella prova condotta gli sfalci intensivi, durante il quadriennio di sperimentazione, si sono differenziati dai normali, sia per il numero (maggiore nei primi), sia per la precocità dello sfalcio. La coltura ha risposto a questo tipo di gestione in modo negativo in termini di biomassa (t*ha⁻¹), soprattutto perché la precocità dello sfalcio ha danneggiato la pianta e si è assistito ad un calo di produzione di circa il 25-30% rispetto alla gestione con gli sfalci normali.

Per quanto riguarda la produzione in foglie è stato osservato lo stesso andamento; l'ipotesi di partenza era un atteso incremento della produzione in foglie a scapito della produzione di fusti, situazione che non si è verificata a causa di un eccessivo sfruttamento della coltura che la danneggia e non le consente di esprimere la massima potenzialità produttiva.

La fertilizzazione è avvenuta con prodotti organici perché la prova è stata condotta in regime biologico. Naturalmente le piante hanno risposto positivamente alla fertilizzazione, ma la differenza di produzione, nel quadriennio, in termini di biomassa non è stata molto elevata tra il concimato e non concimato. Solitamente un impianto di melissa ha una durata di otto anni e quindi ci si propone di verificare

il comportamento di questa coltura in regime di differenziata fertilità in modo da evidenziare eventuali effetti sulla sua longevità e produttività. Si tratterebbe di valutare se le piante rispondono alla fertilizzazione dopo il quarto anno per capire se i maggiori costi di gestione per l'apporto di fertilizzanti vengono compensati da una maggior redditività della coltura.

Studiando le interazioni fra i fattori allo studio (densità, gestione degli sfalci e fertilizzazione) sono state osservate delle forti interazioni in termini di biomassa e di produzione in foglie. In base al prodotto desiderato si possono combinare i diversi fattori.

Dall'analisi delle interazioni è stato osservato come questa coltura non abbia una produzione costante nel quadriennio, ma presenti un picco di produzione nel secondo anno, in accordo con Saglam *et al.* (2004). Questo picco produttivo rappresenta una quota rilevante sul totale dei quattro anni, è quindi risulta importante gestire la coltura combinando i fattori che massimizzano questa fase del ciclo produttivo.

In termini qualitativi è stato osservato che il contenuto delle foglie in acido rosmarinico, con cui è titolata la melissa, diminuisce all'aumentare della somma termica, quindi più le foglie sono vecchie minore è il contenuto in acido rosmarinico, in accordo con quanto osservato da del Del Bano *et al.* (2003) per *Rosmarinus officinalis*. Se ne deduce che gli sfalci frequenti potrebbero essere più idonei per la produzione di biomassa ad elevata concentrazione di acido rosmarinico. Da un punto di vista commerciale la "qualità", generalmente, non viene pagata e quindi i coltivatori di melissa preferiscono l'ottenimento di una grande quantità di biomassa che, come visto, si traduce in un incremento della produzione vendibile: la droga è rappresentata dalle foglie.

La prova di intensificazione ha dato delle indicazioni di carattere gestionale evidenziando delle relazioni tra i fattori allo studio e le risposte produttive della coltura. Da questa situazione è nata l'esigenza di tentare di formalizzare a livello matematico le informazioni ottenute, in modo da renderle generalizzabili per gestire al meglio la coltura. Per dare un senso generale a tutte le informazioni si è cercato di costruire un modello molto semplice, facilmente utilizzabile dagli

agricoltori, inserendo pochi input facilmente reperibili. È così stato costruito un modello che tiene conto della somma termica e della radiazione solare. Con solo questi due parametri meteo è stato possibile stimare la produzione della melissa in un'analisi di crescita effettuata nel 2009. Questa analisi ha permesso di stimare la produttività della coltura in funzione dei soli 2 parametri sopra citati.

Prima d'ora non sono mai stati proposti modelli di crescita per le piante officinali. Questo modello vuole essere facilmente applicabile ed utilizzabile dagli agricoltori per stimare le possibili produzioni di un melisseto prima di impiantarli e/o per gestire in maniera più efficiente i propri impianti.

Il modello, definito sulla base di una prova di analisi di accrescimento e basato su poche equazioni, è stato testato, senza alcuna modifica e/o taratura, su i dati di campo ottenuti nel quadriennio della prova di intensificazione colturale di melissa. Nonostante non sia stato introdotto nemmeno un fattore di correzione per tenere in conto, per esempio, delle variazioni relative al picco di produzione osservato durante il secondo anno, dell'effetto dei ritmi di sfalcio, della concimazione azotata *etc.*, i risultati ottenuti sono stati interessanti. Infatti per la stima della produzione in foglie è stata osservata una buona correlazione tra i dati stimati dal modello e i dati reali, anche se la stima si è attestata mediamente su valori inferiori.

Quindi una volta che il modello sarà tarato e saranno opportunamente implementati dei fattori di correzione legati ai principali fattori evidenziatisi nella prova di intensificazione colturale, risulterà molto interessante la sua applicazione pratica dal punto di vista gestionale.

Dato che il primo fattore determinante la resa della coltura è la produttività del secondo anno, che risulta estremamente legata a quella dell'anno di impianto, la prima verifica fatta, per iniziare ad implementare il modello, è stata quella di studiare una fase importante del ciclo produttivo, la fase post-trapianto. I dati ottenuti da questa fase sono stati oggetto del presente lavoro di tesi e saranno utilizzati per comprendere e formalizzare matematicamente il funzionamento della coltura in una fase successiva rispetto al presente elaborato.

La melissa non è stata studiata solo da un punto di vista quantitativo, ma è stata valutata anche da un punto di vista qualitativo insieme ad altre piante (menta

spicata, lippia e monarda) che presentano caratteristiche di utilizzazione analoghe: sono tutte piante infusionali.

La melissa, nella prova effettuata per valutarne la qualità, ha evidenziato dei comportamenti simili a quelli ottenuti con la prova di intensificazione colturale. È stato osservato come la pianta abbia ripartito la biomassa in funzione della gestione degli sfalci. Nello specifico, a sfalci precoci è corrisposta una maggiore produzione in foglie e a sfalci tardivi una maggiore produzione in fusti. Lo sfalcio precoce ha prodotto maggiormente durante il primo anno rispetto allo sfalcio tardivo, ma è stato registrato nel secondo anno un calo di resa a conferma di come questo tipo di gestione stressi eccessivamente le piante; fatto già osservato nella prova di intensificazione colturale. Anche in questo caso è stato riscontrato un decremento della resa delle piante gestite a sfalci precoci (sfalci intensivi) rispetto alle piante gestite a tagli tardivi dovuto ad un eccessivo stress, tradotto in un'importante riduzione di biomassa nelle tesi precoci.

La gestione del primo anno è risultata anche in questo caso molto delicata, infatti se vengono fatti troppi sfalci si rischia di pregiudicare le produzioni negli anni successivi, soprattutto la produzione del secondo anno, che è risultato essere il più produttivo. Quindi è consigliabile effettuare meno sfalci il primo anno ed eventualmente aumentare il numero degli sfalci al secondo. Questo non sempre è effettuabile, nella pratica agricola normale, infatti, spesso le piante vengono attaccate dalla ruggine che rappresenta una problematica notevole nella gestione di questa specie. Nella prassi, per prevenire o per limitare un attacco di ruggine gli agricoltori sfalciano precocemente. Dai risultati ottenuti in questo lavoro, bisogna però tener conto di quanto osservato sulla gestione a sfalci precoci, soprattutto se si effettuano al primo anno, perché la pianta si stressa maggiormente e quindi un sfalcio precoce di difesa può pregiudicare la produzione degli anni successivi.

La melissa è una delle specie meno produttive in termini di olio essenziale, tanto da non essere spesso giustificata la distillazione. È da valutare la convenienza economica in aziende che producono altre specie da destinare alla distillazione perché la bassa concentrazione di olio essenziale sulla biomassa lo rende un olio raro e costoso.

Rispetto a quanto detto per melissa, la menta è risultata meno sensibile agli sfalci precoci. Questa coltura ha evidenziato un andamento più graduale nella produzione sia in biomassa sia in foglie, passando dalla gestione a sfalci precoci alla gestione a sfalci tardivi attraverso gli sfalci intermedi.

In totale è stato osservato che lo sfalcio intermedio ha stressato maggiormente la pianta, che ha risposto negativamente sia in termini di produzione in biomassa sia in termini di ripartizione in foglie e fusti. Inoltre l'effetto di questo svantaggio produttivo si è protratto anche negli anni successivi. La gestione con lo sfalcio precoce, a differenza di melissa, non ha presentato un calo produttivo al secondo anno, in ogni caso, come per melissa, lo sfalcio tardivo è risultato il più adatto alla gestione della coltura. Anche la menta, come la melissa è soggetta agli attacchi della ruggine, che possono danneggiare la coltura tanto da rendere invendibile il prodotto, infatti, molto spesso, nel caso delle infusionali, l'aspetto visivo del prodotto influisce sul prezzo finale. In questo caso (menta) è possibile sfalciare precocemente, ricordando però di evitare gli sfalci nel momento della piena fioritura.

La menta ha evidenziato una buona produzione in olio essenziale, maggiore con gli sfalci tardivi, come già riscontrato da Sellami (2009). Se quindi il prodotto finale sono le foglie per l'infuso la coltura potrà essere gestita sia con gli sfalci precoci sia con gli sfalci tardivi, mentre se il prodotto finale è l'olio essenziale, è più opportuno gestirla con sfalci tardivi.

Rispetto alle altre 2 specie trattate, monarda ha mostrato dei comportamenti differenti. Questa specie è infatti risultata molto sensibile agli sfalci precoci, che hanno stressato le piante tanto da farle deperire. La gestione migliore è risultata quella condotta con sfalci tardivi, che hanno garantito la ripresa vegetativa delle piante al secondo anno. Si è cercato di intensificare la gestione, ovviando al problema dello sfalcio precoce verificatosi durante il primo anno, effettuando sfalci tardivi durante il primo anno e precoci durante il secondo anno, ma anche in questo caso le piante sono deperite. In queste situazioni, è da valutare se gestire la coltura come annuale e sottoporla a sfalci precoci o limitare il numero di sfalci (gestione a sfalci tardivi) e gestirla come poliennale.

Durante il biennio di sperimentazione su monarda si è osservata una elevata produzione di seme. Sebbene non supportato da alcun rilievo specifico, si è ipotizzato, vista l'ingente quantità di seme germinato e attecchito, che parte delle fallanze che la pianta presenta dopo il primo inverno possano essere recuperate da queste nuove piantine. La coltura in altri termini potrebbe essere in grado di reintegrare almeno in parte la mortalità invernale. Si utilizzerà questa ipotesi per esperimenti successivi a questa tesi.

Infine è stato osservato come la produzione in olio essenziale sia stata molto elevata e abbia fornito dei quantitativi di gran lunga maggiori rispetto alle altre specie. L'olio essenziale di monarda però, non ha delle caratteristiche organolettiche gradevoli, essendo molto aromatico ed intenso, per cui l'elevata produzione potrebbe essere interessante nel caso della richiesta di determinate molecole (timolo, limonene *etc.*) o del suo utilizzo come antifungino (Bishop e Thornton, 1996).

Per tutte le specie risulta interessante notare che le piante coltivate in alta montagna, a causa della maggiore intensità della radiazione solare, producono oli essenziali più ricchi in esteri di quelle che si trovano ad altitudini minori; ciò è importante perché il pregio di un'essenza è dato proprio dall'elevata presenza di composti ossigenati (Chang, 2008).

Anche le variazioni di temperature tipiche dell'ambiente montano potrebbero avere avuto un effetto sulla composizione degli oli essenziali, come già riportato da differenti autori (Herath e Ormod, 1979; Marocke, 1987; Quinlan *et al.*, 2001).

Anche la lippia è risultata difficile da gestire rispetto alle prime due specie. Innanzi tutto è da ricordare che si tratta di un arbusto e tale caratteristica ha portato a delle difficoltà gestionali. Infatti la specie lignifica alla base rendendo difficile la raccolta delle foglie. Come nel caso di monarda, la coltura è risultata sensibile agli sfalci. È stato inoltre osservato che mal sopporta le basse temperature invernali, tanto da considerare, negli ambienti dov'è stata condotta la sperimentazione, di gestirla come annuale, anche se il costo d'impianto risulterebbe essere più elevato. La produzione in olio essenziale è risultata maggiore con gli sfalci tardivi, come è stato osservato per la produzione in biomassa. Quanto osservato porta ad

affermare che è difficilmente pensabile di poter trattare questa specie come una coltura industriale a causa delle problematiche di gestione.

Le analisi effettuate non hanno approfondito un solo aspetto qualitativo, ma hanno saggiato differenti parametri al fine di capire quanto le pratiche agronomiche possano influenzare il prodotto finale in termini qualitativi.

Nel caso della produzione di piante destinate alla distillazione dell'olio essenziale, è risultato interessante capire se esistevano delle relazioni tra i fattori allo studio e la composizione dell'olio essenziale. Le piante di cui è stata studiata la composizione sono state lippia e menta.

La composizione in termini di singoli composti dell'olio essenziale è risultata molto differente in funzione dell'ambiente di coltivazione, dell'anno di produzione della biomassa da cui è stato estratto l'olio e del momento dello sfalcio. Anche piccole variazioni (pochi giorni) nel momento di sfalcio si sono tradotte in grandi variazioni nella composizione dell'olio essenziale (com'è stato osservato in lippia).

Per entrambe le specie la composizione degli oli essenziali analizzati è risultata molto variabile, tanto da non poter dare delle indicazioni definitive e/o raccomandazioni pratiche per gli agricoltori.

In generale, la qualità dell'olio essenziale, ossia la maggior o minor presenza di alcune componenti, non viene quasi mai pagata, l'olio è venduto tal quale senza nessuna caratterizzazione, salvo casi eccezionali.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti dalla sperimentazione, è stato osservato come a Villiago, località situata in fascia pedemontana, la produzione in olio essenziale sia stata maggiore e come la composizione sia risultata arricchita in alcune componenti non presenti nell'olio essenziale di Legnaro. Nonostante non sia stata fatta un'analisi sensoriale, si può affermare che l'olio essenziale di Villiago ha un aroma più complesso dato appunto dal maggior numero di componenti (Herath e Ormod, 1979; Marocke, 1987; Quinlan *et al.*, 2001).

Un'ultima considerazione merita di essere fatta sul contenuto in fenoli totali e l'attività antiossidante dell'infuso; queste sono caratteristiche che possono essere utilizzate per valorizzare la produzione di piante officinali dando un valore aggiunto al prodotto finale. Si ricorda che tali sostanze esercitano il loro ruolo protettivo e

benefico, non solo nelle piante, ma anche negli animali che le assumono (Benbrook, 2005) e sull'uomo nella prevenzione delle malattie degenerative (Fernandez-Panchon *et al.*, 2008) e cardiovascolari (Erba *et al.*, 2002; Koo e Cho, 2004).

Dai risultati ottenuti, è stato osservato come la produzione in fenoli totali (sostanze ad azione antiossidante) non sempre sia stata indicativa dell'attività antiossidante e come questa misura da sola non sia sufficiente a descrivere l'azione antiossidante dei campioni analizzati. Si è però potuto evidenziare come le specie che contengono una maggiore quantità di fenoli, melissa e menta, siano anche quelle che presentano anche i valori più interessanti di attività antiossidante.

I risultati ottenuti in questa tesi di dottorato hanno permesso di ottenere due livelli di informazioni:

- Scientifiche - consistenti in un approfondimento della conoscenza del funzionamento delle piante officinali e segnatamente di una coltura poliennale di cui si raccoglie la parte aerea, che può essere destinata all'essiccazione o alla distillazione. Le due possibili destinazioni d'uso necessitano di differente gestione per garantire il massimo risultato in termini produttivi.
- Pratiche – si sono ottenute delle indicazioni che possono risultare utili per gli agricoltori per gestire al meglio la coltivazione della melissa (in accordo con quanto riportato da Primavera, 2005). Un esempio deriva dalla scomposizione della produzione totale in singoli sfalci, che può dare delle indicazioni utili sulla gestione dell'essicatoio in un'azienda che produce differenti specie.

Sono state descritte e analizzate anche altre piante infusionali e le indicazioni ottenute sono state sempre rapportate alla melissa in modo da avere come riferimento una coltura, fra le officinali, molto diffusamente coltivata. Interessante notare che le colture confrontate presentano caratteristiche agronomiche molto differenti rispetto alla melissa; anche la menta che, in realtà, dovrebbe comportarsi, secondo la bibliografia corrente in maniera analoga.

6. Bibliografia

- A.A.V.V. (1989) Piante medicinali e aromatiche, coltivazione e utilizzazione. Ed. Reda. Roma. Vol.2
- A.A.V.V. (2001) Classificazione dei preparati a base di erbe officinali e regolamentazione dell'importazione nel mercato dell'Unione Europea. www.iss.it/pubblicazioni (consultato dic-2009)
- A.A.V.V. (2003) Metodi per il controllo della qualità delle sostanze ricavate dalle piante medicinali. Società Italiana di Fitoterapia. <http://whqlibdoc.who.int/publications> (consultato dic-2009)
- A.A.V.V. (2008) Agrimont, agricoltura innovativa nell'area montana transfrontaliera. Pp. 45-46. Tipografia Cortolezzis Paluzza (UD)
- Addie A., Van der Sluis. M., Dekker A., De Jager M.F. (2001) Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest, year and storage conditions. J Agric Food Chem. 49:3606-3613
- Adom K.K e Rh Liu (2002) Antioxidant activity of grain. J Agric Food Chem. 50: 6182-6187
- Afaq F., Adhami Vm., Ahmad N. e Mukhtar H. (2002) Botanical antioxidants for chemoprevention of photocarcinogenesis. Front Biosci. 7: 784-792
- Ali S.S., Kasoju N., Luthra A., Singh A., Sharanabasava H., Sahu A. e Bora U. (2008) Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. Food research international. Vol. 41(1): 1-15
- Alonso A.M., Guillen D.A., Barroso C.G., Puertas B. e Garcia A. (2002) Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. J Agric Food Chem. 50: 5832-5836
- Alzoreky N.S. e Nakahara K. (2003) Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. International Journal of Food Microbiology 80(3): 223-230.
- Amzallag G.N., Larkov O., Ben Hur M. e Dudai N. (2005) Soil microvariations as a source of variability in the wild: the case of secondary metabolism in *Origanum dayi* post. J of Chemical Ecology. V. 31. no 6

- Arai Y., Watanabe S., Rimira M., Shimoi K., Mochizuki R. e Kinase N. (2000) Dietary intakes of flavonols. Flavones and isoflavones by Japanese women and inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *J Nutr.* 130: 2243-2250
- Arino A., Arberas I., Renobales G., Arrianga S. e Dominguel JB. (1999) Essential oil of *Artemisia absintium* from Spanish Pyrenees. *JEOR.* Vol 11. no 2. pp. 182-184
- Arts I.C., Van De P.B. e Hollman P.C. (2000) Catechin content of food commonly consumed in the Netherlands: tea, wine, fruit juice and chocolate milk. *J Agric Food Chem.* 48: 1752-1757
- Asami D.K., Hong Y., Barrett D.M., Mitchell A.E. (2003) Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Agric. Food Chem* 51 (5): 1237–1241
- Assoerbe (2002) Manuale per coltivazione, raccolta, approvvigionamento, lavorazione, distribuzione e vendita delle piante officinali e dei prodotti erboristici. http://www.pianteofficinali.org/main/Info_tec/haccp.htm (consultato dic-2009)
- Aziz A.A., Edward C.A., Lean M.E. e Crozier A. (1998) Absorption and excretion of conjugated flavonols, including quercetin-4'-O-beta-glucoside by human volunteers after the consumption of onions. *Free Radic.Res.* 29: 257-269
- Azizi A., Yan F. e Honermeier B. (2009) Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial crops and products* 2(9): 554–561
- Bagchi D., Sen Ck., Ray Sd., Das Dk., Bagchi M., Preuss Hg. e Vinson J.A. (2003) Molecular mechanisms of cardioprotection by novel grape seed proanthocyanidin extract. *Mutat. Res.* 523-524: 87-97.
- Bange M.P., Hammer G.L. e Rickert K.G. (1998) Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. *Agron J* 90: 324–328

- Baranauskienė R., Venskutonis P.R., Viškelis P. e Dambrauskienė E. (2003) Influence of Nitrogen Fertilizers on the Yield and Composition of Thyme (*Thymus vulgaris*). *J Agric Food Chem* 51(26): 7751–7758
- Barbaste M., Berche B., Dumas M., Soulet S., Delaunay Jc., Castagnino C., Arnaudinaud V., Cheze C. e Vercauteren J. (2002) Dietary antioxidants, peroxidation and cardiovascular risks. *J Nutr Health Anging* 6: 209-223
- Baser K.H.C., Demirci B., Kocak S., Akinci C., Malyer H. e Guleryuz G. (2002) Composition and antimicrobial activity of essential oil of *Achillea multifida*. *Planta medica* 68(10): 941-943
- Benbrook C. Ph.D. (2005) Elevating antioxidant levels in food through organic farming and food processing. www.theorganic-center.org (consultato dic-09)
- Bezzi A., Vender E. e Scartezzini F. (1996) Dati morfologici e produttivi rilevatisi coltivazioni di *Gentiana lutea* L. (1988-1994). In *Atti del Convegno Gentiana e specie amaro-aromatiche. Ricerche ed applicazioni*. Università di Camerino. Camerino.
- Bindi M., Sinclair T.R. e Harrison J. (1999) Analysis of seed growth by linear increase in harvest index. *Crop Sci.* 39: 486–493
- Bishop C.D. e Thornton I.B. (1996) Evaluation of the antifungal activity of the essential oils of *Monarda citriodora* var. *citriodora* and *Melaleuca alternifolia* on post harvest pathogens. *Journal of Essential Oil Research* (9): 77–82.
- Boxin Ou., Huang D., Hampsch-Woodill M., Flanagan J. e Deemer E. (2002) Common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *J Agric Food Chem* 50: 3122-3128
- Burda S., Oleszek W. e Lee C.Y. (2000) Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. *J Agric Food Chem* 38: 945-968
- Calixto J.B. (2000) Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). *Braz J Med Biol Res* 33: 179-189

- Carbonaro M., Mattera M., Nicoli S., Bergamo P. e Cappelloni M. (2002) Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (peach *Prunus persica* L. and pear *Pyrus communis* L.). *J Agric Food Chem* 50: 5458-5462
- Carlen C., Neyroud J.A., Carron C.A. e Rey Ch. (2004) Effets de différents engrais azotés organiques sur le rendement de plantes aromatiques et médicinales. www.racchangins.ch (consultato dic-09)
- Catizone P., Marotti M., Toderi G. e Tetenyi P. (1986) Coltivazione delle piante aromatiche. Patron Editore. Bologna.
- Chang X., Alderson P.G., Hollowood T.A., Hewson L. e Wright C.J. (2007) Flavour and aroma of fresh basil are affected by temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(7): 1381-1385
- Chang X., Alderson G. e Wright J.C. (2008) Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany* 63: 216–223
- Chapman, S.C., Hammer G.L. e Meinke H. (1993) A sunflower simulation model. I. Model development. *Agron J* 85: 725–735
- Cornioli M. (2009) Incontro tecnico: piante officinali e aromatiche, dalla raccolta al prodotto finito. Centro interdipartimentale di ricerche agro-ambientali “Enrico Avanzi”, San Pietro a Grado (PI)
- De Sousa A.C., Alviano D.S., Blank A.F., Alves P.B., Alviano C.S. e Gattass C.R. (2004) *Melissa officinalis* L. essential oil: antitumoral and antioxidant activities. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 56(5): 677-681(5)
- Del Bano M.J., Lorente J., Castillo J.N., Benavente-Garcia O., Del Riao J.A., Ortun A., Quirin K.W., Gerard D. (2003) Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers, stems and roots of *Rosmarinus officinalis*. *Antioxidant Activity. J. Agric. Food Chem.* (51): 4247-4253
- Della Loggia R. (1993) Piante officinali per infusi e tisane. OEMF, Milano.
- Dewich P. D. eds (2002) Medicinal Natural Products - A biosynthetic approach. Snd Ed. John Wiley e Sons, LTD, England. pp 507

- Di Cesare L.F., Nani R., Viscardi D., Fusari E.L. e Vitale R. (2001) The influence of blanching - drying and storage on the volatile fraction of the sage leaves. *Industrie alimentari* 40(406): 881-885
- Dragsted LO. (2003) Antioxidant actions of polyphenols in humans. *Int. J Vitam Nutr Res* 73: 112-119
- Dvaranauskaite A., Venskutonis P.R., Raynaud C., Talou T., Viškelis P. e Sasnauskas C. (2009) Variations in the essential oil composition in buds of six blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) cultivars at various development phases. *Food Chem* 114: 671-679
- Elementi S., Moretti A., Neri R. e D'Antuono L.F. (2002) Seasonal variation of *Salvia officinalis* L. Quality as affected by genotype and utilisation system (Emilia Romagna). *Atti VI giornate scientifiche SOI (Italy)*. 23-25 April. V.2: 581-582
- Erba D., Grass L., Josephy D., Goldberg D.M. e Diamandis E.P. (2002) A comparison of the anticarcinogenic properties of four red wine polyphenols. *Clin Biochem* 35: 119-124
- Fernandez-Panchon M.S., Villano D., Troncoso A.M. e Garcia Parilla M.C. (2008) Antioxidant activity of phenolic compounds: from in vitro results to in vivo evidence. *Crit Rev Food Sci Nutr* 48(7): 649-71
- Fernández-Pola J. (2001) *Cultivo de plantas medicinales, aromáticas y condimenticias*. Ediciones Omega.
- Figueiredo C.A., Barroso J. Pedro L. G., Scheffer J.J.C. (2008) Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*. 23(12): 213 - 226
- Fleisher Z., Fleisher A. e Nachbar R.D. (2002) The chemiovariation of *Artemisia herba alba* Asso. Aromatic plants of the Holy land and the Sinai. Par XVI. *JEOR* 14(3): 156-160
- Gabel B., Thiery D., Suchy V., Marion-Poll F., Hradsky P. e Farkas P. (1992) Floral of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* Den. Et Schiff. females. *J of chemical ecology* 18(5): 693-701

- Giorgi A., Bonomi M., Tateo F. e Cocucci M. (2005) Yarrow (*Achillea millefolium* L.) growth at different altitudes in central Italian Alps: biomass yield, oil content and quality. *Journal of Herbs spices and medicinal plants* 11(3): 47-58
- Gross M., Lewinsohn E., Tadmor Y., Bar E., Dudai N., Cohen Y. e Friedman J. (2009) The inheritance of volatile phenylpropenes in bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *vulgare*, Apiaceae) chemotypes and their distribution within the plant. *Biochemical Systematics and Ecology* 37: 308–316
- Hafidh R.R., Abas F., Abdulmir A.S., Jahanshiri F., Abu Bakar F. e Sekawi. Z. (2009) A review: cancer research of natural products in Asia. *International Journal of Cancer Research* 5(2): 69-82
- Hammer G.L., Kropff M.J., Sinclair T.R. e Porter J.R. (2002) Future Contributions of crop modelling—from heuristics and supporting decision making to understanding genetic regulation and aiding crop improvement. *European Journal of Agronomy* 18: 15-31
- Harborne J.B. e Williams C.A. (2000) Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55(6): 481-504
- Harborne J.B. eds (1982) Introduction to ecological biochemistry. 2nd. Ed. Academic Press. New York. Pp. 318
- Harbournea N., Jacquier J.C., O’Riordana D. (2008) Optimisation of the extraction and processing conditions of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) for incorporation into a beverage. *Food Chemistry* 115(1): 15-19
- Hay R. e Waterman P.G. eds (1993) Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production. Longman Scientific e Technical, Essex, UK
- Herath H.M.W. e Ormod D.P. (1979) Photosynthetic rates of citronella and lemongrass. *Plant Physiol* 63: 406-408
- Hernández N., Soto F. e Caballero A. (2003) Modelos de simulación de cultivos. Características y usos. *Cultivos tropicales* 30(1): 73-82
- Jordan M.J., Martínez R.M., Goodner K.L., Baldwin E.A. e Sotomayor J.A. (2006) Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. *Industrial Crops and Products* 24: 253-263

- Juteau F., Jerkovic I., Masotti V., Milos M., Mastelic J., Bessiere J.M. e Viano J. (2003) Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Artemisia absinthium* from Croatia and France. *Planta medica* 69(2): 158-61
- Katalinic V., Milos M., Kulisic T. e Jukic M. (2006). Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chemistry* 94: 550-557
- Kennedy D.O., Scholey A.B., Wesnes K.A. (2000) The dose dependent cognitive effects of acute administration of *Ginkgo biloba* to healthy young volunteers. *Psychopharmacology* 151:416– 23
- Khalil M.Y., Moustafa A.A. e Naguid N.Y. (2007) Growth, phenolic compound and antioxidant activity of some medicinal plants grown under organic farming condition. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(4): 451-57
- Khazaiea H.R., Nadjafib F., Bannayana M. (2008) Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (*Thymus vulgaris*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Industrial Crops and Products* 27(3): 315-321
- Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliovaara M., Reunanen A., Hakulinen T. e Aro A. (2002) Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *Am J Clin Nutr* 76: 560-568
- Koleva I.I., Niederlander H.A.G., van Beek T.A. (2000) An on-line HPLC method for detection of radical scavenging compounds in complex mixtures. *Anal Chem* 72: 2323–2328
- Koo M.W. e Cho C.H. (2004) Pharmacological effects of green tea on the gastrointestinal system. *Eur J Pharmacol* 500: 177–185
- Kordali S., Cakir A., Mavi A., Kilic H. e Yildirim A. (2005) Screening of chemical composition and antifungal and antioxidant activities of essential oils from three Turkish *Artemisia* species. *J Agric Food Chem* 53(5): 1408-1416.
- Kumar S., Gupta S.K., Singh P., Bajpai P., Gupta M.M., Singh D., Gupta A.K., Ram G., Shasany A.K., Sharma S. (2004) High yields of artemisinin by multi-harvest of *Artemisia annua* crops. *Industrial Crops and Products* 19: 77-90

- Lee S.K., Zakaria H., Chung H., Luyengi L., Gamez E.J.C., Mehta R.J. (1998) Evaluation of the antioxidant potential of natural products. *Combinatorial Chemistry and High Throughput screening* 1: 35–46.
- Leto C. (1996) Esperienza di un quinquennio di coltivazione dell'origano negli ambienti mediterranei. In *Atti del Convegno Coltivazione e Miglioramento di Piante Officinali*. ISAFA. Trento. 119-131
- Lewinsohn, E., Dudai N., Tadmor Y., Katzir I., Ravid U. e Putievsky E. (1998) Localization of citral accumulation in lemongrass leaves (*C. citratus* DC Stapf Poaceae). *Ann. Bot.* 81:85-89
- Lugani V. (1985) Coltivazione delle piante officinali. CLESAV. Milano.
- Marocke R. (1987) Influenza dell'altitudine sulle potenzialità delle piante medicinali ed aromatiche. In *Atti del Convegno sulla Coltivazione delle Piante Officinali. Comunicazioni della 2° giornata in Economia Trentina n° 3*. Trento. 12-19
- Marzi V. (1996) Risultati di un quinquennio di prove sulla coltivazione della Liquirizia in differenti condizioni pedoclimatiche. In *Atti del convegno Coltivazione e miglioramento delle piante officinali*. ISAFA. Trento. 73-95
- Marzi. V. (2003) Problematiche delle colture officinali in Italia. *Italus Hortus*. 10(3): 188-192
- Marzi V. e De Mastro G. (2008) Piante officinali. Giuseppe Maria Ricchiuto Editore, Bussolengo, Verona. 48-54
- Mazzanti G., Battinelli L., Pompeo C., Serrilli, A. M., Rossi R., Sauzullo I., Mengoni F. e Vullo V. (2008) Inhibitory activity of *Melissa officinalis* L. extract on *Herpes simplex* virus type 2 replication. *Natural Product Research* 22(16): 1433-1440(8)
- Mensor L.L., Menezes F.S., Leitao G.G., Reis A.S., Santos T.C., Coube C.S. e Leitao S.G. (2001) Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Reserch* 15: 127-130
- Milesi Ferretti G. e Milesi Ferretti L. (2001) Coltivazione delle piante aromatiche e medicinali. Ed. Edagricole, Milano.

- Mirjalili H.M., Salehi P., Sonboli A. e Vala M.M. (2006) Essential oil variation of *Salvia officinalis* aerial parts during its phenological cycle. *Chemistry of Natural Compounds* 42(1): 19-23
- Mirjalili M.H., Salehi P., Sonboli A., Vala M.M. (2006) Essential oil variation of *Salvia officinalis* aerial parts during its phenological cycle. *Chem. Nat. Compd.* 42: 19–23
- Moon J.K. e Shibamoto T. (2009) Antioxidant assays for plant and food components. *J Agric Food Chem* 57: 1655–1666
- Morelli I. (1982) I principi attivi delle piante medicinali. Edagricole. Bologna.
- Morelli I., Flamini G. e Pistelli L. (2005) Manuale dell'erborista. Edizioni Tecniche Nuove, Milano. Pp.248-253
- Moriondo M., Bindi M. e Sinclair T. (2005) Analysis of Solanaceae species harvest organ growth by linear increase in harvest index and harvest-organ growth rate *J. Am. Soc. Hortic. Sci* 130: 799–805
- Mucciarelli M., Caramiello R., Maffei M. e Chialva P. (1995). Essential oils from *Artemisia* species growing spontaneously in north west Italy. *Flavour and Fragrance Journal* 10(1): 25-32
- Nejad Ebrahimi S., Hadian J., Mirjalili M.H., Sonboli A., Yousefzadi M. (2008) Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Food Chemistry* 110: 927–931
- Nin S., Arfaioli P. e Bosetto M. (1995) Quantitative determination of essential oil components of selected *Artemisia absinthium* plants. *JEOR.* 7(3): 271-277
- Nseyo U., Kim A., Stavropoulos N.E., Skalkos D. e Chung T.D. (2005) Differences of response of human bladder cancer cells to photodynamic therapy (PDT) with *Hypericum perforatum* L. extract and photofrin. *Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering.* 5689(1): 97-105
- Okigbo R.N., Anuagasi C.L. e Amadi J.E. (2009) Advances in selected medicinal and aromatic plants indigenous to Africa. *Journal of Medicinal Plants Research* 3(2): 86-95

- Oliveira C., Ferreira A.C.S., Pinto M.M. e Hogg T. (2003). Carotenoid compounds in grapes and their relationship to plant water status. *J Agric Food Chem* 51(20): 5967–5971
- Osakabe N., Yasuda A., Natsume M. e Yoshikawa T. (2004) Rosmarinic acid inhibits epidermal inflammatory responses: anticarcinogenic effect of *Perilla frutescens* extract in the murine two-stage skin model. *Carcinogenesis* 25(4): 549-557
- Park S.U., Uddin M.R., Xu H., Kim Y.K. e Lee S.Y. (2008) Biotechnological applications for rosmarinic acid production in plant. *African Journal of Biotechnology* 7(25): 4959-4965
- Petersen M., Simmonds M.S.J. (2003) Rosmarinic acid. *Phytochemistry* 62(2): 121-125
- Petropoulos S.A., Daferera D., Polissiou M.G., Passam H.C. (2009) Effect of nitrogen-application rate on the biomass, concentration, and composition of essential oils in the leaves and roots of three types of parsley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172(2): 210 – 215
- Piccaglia R., Marotti M. e Dellececca V. (1997) Effect of planting density and harvest date on yield and chemical composition of sage oil. *JEOR* 9(2): 187-191
- Primavera A. (2005) Prospettive di mercato e commercializzazione della materia prima derivata dalle piante officinali. Convegno quintessenza. Savigliano. 8 maggio
- Primavera A. (2009) Introduzione seminari SANA. 11 settembre 2009, Bologna. (Comunicazione orale)
- Quinlan M.B., Quinlan R. e Nolan J.M. (2002) Ethnopharmacology and herbal treatments of intestinal worms in Dominica. West Indies. *J of Ethnopharmacology* 80(1): 75-83
- Ragaei S., Abdel-Aal E.S.M. e Noaman M. (2006) Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* 98(1) 32-38
- Raven P.H. (2002) *Biologia delle piante*. 6° Edizione. Zanichelli. Bologna.

- Ren H., Endo H. e Hayashi T. (2001) Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated green vegetables using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. *J Sci Food and Agric* 81: 1426-1432
- Rohloff J., Dragland S., Mordal R., Henning Iversen T. (2005). Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *J Agric Food Chem* 53: 4143-4148
- Rossetto M., Lante A., Vanzani P., Spettoli P., Scarpa M. e Rigo A. (2005) Red chicories as potent scavengers of highly reactive radicals: a study on their phenolic composition and peroxy radical trapping capacity and efficiency. *J Agric Food Chem* 53: 8169-8175
- Russo M., Galletti G.C., Bocchini P. e Carnacini A. (1998) Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Letswart): a preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. *J Agric Food Chem* 46(9): 3741–3746
- Saglam C., Atakisi I., Thurhan H., Keba S., Arslanoglu F., Onemli F. (2004) Effect of propagation method, plant density, and age on lemon balm (*Melissa officinalis*) herb and oil yield. *New Zealand journal of crop and horticultural science* 32(4): 419-423
- Saim N., Osman R., Azriza Hirmir W. e Hamid D. (2008) Subcritical water extraction of essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12(1): 35-41
- Sangwan N.S., Farooqi A.H.A., Shabih F., Sangwan R.S. (2001) Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation* (34): 3–21.
- Santos-Gomes P.C. e Fernandes-Ferreira M. (2001) Organ and season dependent variation in the essential oil composition of *Salvia officinalis* L. cultivated at two different sites. *J Agric Food Chem* 49(6): 2908-2916
- Schieber A., Hilt P., Streker P., Endreß H.U., Rentschler C. e Reinhold C. (2003) A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food science and Emerging Technologies* 4: 99-107

- Sellami I.H., Maamourib E., Chaheda T., Wannesa W., Kchouka M.E. Marzouka B. (2009) Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). *Industrial Crops and Products* 30(3): 395-402
- Setzer W.N., Vogler B., Schimdt J.M., Leany J.G. e River R. (2004) Antimicrobial activity of *Artemisia douglasiana* leaf essential oil. *Fitoterapia*. 75(2): 192-200
- Shoji Y., Nakashima H. (2004) Nutraceuticals and Delivery Systems. *Journal of Drug Targeting*. 12(6): 385-391
- Slinkard K. and V.L. Singleton (1977) Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49–55
- Spaeth S.C. e Sinclair T.R. (1985) Linear increase in soybean harvest index during seed-filling. *Agron J.* 77: 207–211
- Surveswaran S., Cai Y.Z., Corke H e Sun M. (2007). Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chemistry* 102: 938–953.
- Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J.O., Dommes J. (2009) Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food chemistry* 113: 1226-1233
- Tabatabaei S.J. (2008) Effects of cultivation systems on the growth. and essential oil content and composition of valerian. *Journal of Herbs. Spices & Medicinal Plants* 14(1): 54-67
- Telci I. e Hişil Y. (2008) Biomass yield and herb essential oil characters at different harvest stages of spring and autumn sown *Coriandrum sativum* Eur. J. Hort. Sci. 73: 267–272
- Thornley J.H.M. e France J. (2007) Crop models. In “Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences”, 2nd edition, 385-449
- Tóth J., Mrlianová M., Tekel’ová D. e Korenova M. (2003) Rosamrinic acid – An important phenolic active compound of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Acta*

Facultatis Pharmaceuticae Universitatis Comenianae, Bratislava, Slovacchia.
50: 136-146

- Tram N.L., Hazama C., Shimoyamada M., Ando H., Kato K. e Yamauchi R. (2005) Antioxidative compounds from the outer scales of onion. *J Agric Food Chem* 53: 8183-8189
- Valussi, M. (2005) *Il grande manuale dell'aromaterapia, fondamenti di scienza degli oli essenziali*. Ed. Tecniche nuove, Milano.
- Van der Sluis A.A., Dekker M., De Jagger A. e Jongen W.M. (2001) Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year and storage. *J Agric Food Chem*. 49: 3606-3613
- Vender C. (2000) Indagine sulle piante medicinali e aromatiche in Italia. *Agricoltura Mediterranea*. 134(1): 1-7
- Verpoorte R. (1998) Metabolic engineering as a strategy to improve the production of secondary metabolites in plants or plant cell cultures. *Acta Hort. (ISHS)* 457: 403-410
- Wang J. e Mazza G. (2002) Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compound on nitric oxide production in LPS/IFN- γ -activated raw 264.7 macrophages. *J Agric Food Chem* 50(4): 850–857
- Williams C.A., J.B. Harborne, H. Geiger and J.R.S. Houtt, The flavonoids of *Tanacetum parthenium* and *T. vulgare* and their anti-inflammatory properties, *Phytochemistry* 51: 417–423
- Woese K., Lange D., Boess C. e Werner Bogl K. (1997) A comparison of organically and conventionally grown food-results of a review of the relevant literature. *J Sci Food Agric* 74: 281-293

7. ALLEGATI

7.1 Allegato 1

Schede tecniche e descrittive delle piante oggetto della presente trattazione

Allo scopo di rendere più agevole la comprensione del testo della tesi sono state riportate delle schede tecniche di coltivazione delle piante trattate nel testo stesso. Queste sono le informazioni che si trovano a disposizione per chi intenda coltivare le specie in oggetto e da queste siamo partiti per impostare le prove di campo inserite nella tesi.

7.1.1 Melissa

FAMIGLIA

Lamiaceae

DESCRIZIONE

Pianta erbacea, rustica, perenne, di fusto eretto, quadrangolare molto ramificato (30-80 cm di diametro), di 50-90 cm di altezza e anche 180; foglie opposte picciolate, ovali, con le nervature in risalto nella parte inferiore della foglia, coperta di peluria e con margine seghettato, leggermente rugosa, verde scuro nella pagina superiore della foglia e chiaro in quella inferiore; fiori irregolari, bianchi, bianco-gialli, o rosa, riuniti in piccole infiorescenze all'ascella della foglia verso lo stesso lato; il frutto è un tetraquenio con piccoli semi di colore scuro. La pianta emana un penetrante odore di limone. La parte aerea muore in inverno. E' una pianta mellifera.



Figura 1: *Melissa officinalis*.

DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Centro, sud e sud-est Europa, Mediterraneo orientale, Africa del nord, Asia occidentale, America del nord. Zone temperate.

ORIGINE

Asia, sud dell'Europa e Mediterraneo.

HABITAT

Campi, ripe, torrenti, luoghi ombreggiati sia freschi sia caldi, ai margini del bosco, sugli argini dei canali, luoghi umidi, incolti, prati, vigneti. Frequentemente selvatica, molto frequente coltivata.

ALTITUDINE

0-1000 m s.l.m. Prospera in tutto il piano basale. All'aumentare dell'altitudine diminuisce il rendimento in olio essenziale.

CLIMA

Temperato o temperato-caldo. Pieno sole o meglio semi-ombra, orientata a mezzogiorno ma non troppo esposta. Vulnerabile alle gelate; sensibile al freddo e agli ambienti secchi. Proteggere le radici durante gli inverni rigidi. Piovosità 550-600 mm annui.

SUOLO

E' poco esigente in tipo di suolo però preferisce suoli ricchi di sostanza organica, freschi, umidi ma non eccessivamente e drenati (sensibile agli stress idrici), profondi, permeabili, alluvionali, argillosi, sabbiosi, di media consistenza. In suoli leggeri e secchi le foglie ingialliscono e la resa si riduce. In terreni irrigui la droga è meno profumata.

PROPAGAZIONE

Normalmente per seme, in serra riscaldata o semenzaio, in febbraio-marzo, secondo le regioni, anche a metà primavera. Trapianto verso marzo-aprile, quando le piante sono alte 8-10 cm e 5-6 foglie. Con i cassoni riscaldati si può anticipare la semina di 45-60 giorni. Si semina anche nei cassoni all'aperto, in marzo aprile con trapianto in autunno (anche settembre) o meglio all'inizio della primavera dell'anno seguente, piantare direttamente in aprile. Nei cassoni con rete ombreggiante si può seminare in giugno-agosto e trapiantare in autunno (verso ottobre) o anche

nella primavera seguente. Si può anche seminare in autunno (settembre) proteggendo con un basso telaio e trapiantando in aprile-maggio. La semina diretta è proibitiva per il costo e le ridotte dimensioni della semente.

ALCUNE CARATTERISTICHE

- Peso di 1 l di seme: 550 g
- Semi contenuti in un g: 1950 – 2000
- Peso 1000 semi: 0.5 g
- Tempo di germinazione: 15-35 giorni
- Germinabilità al buio, a 20-30 °C, in 24 giorni: 25%
- Durata della semente: 4-7 anni, meglio utilizzare la semente dell'anno
- Densità di semina in vivaio: 2 g m⁻² che normalmente producono 500-1000 piantine (germinabilità di circa il 25%)

Si moltiplica anche per talea, il trapianto si fa in autunno o in febbraio-aprile, a volte si tiene nel cassone, o per divisione del cespo, o per stoloni in autunno (novembre-dicembre), quando la pianta si trova in riposo vegetativo all'inizio della primavera (febbraio-marzo), coprendo l'apparato radicale con sabbia e trapiantando in aprile.

DENSITÀ D'IMPIANTO

L'ottimale è di 40.000-45.000 piante ad ettaro.

FERTILIZZAZIONE

Prima del trapianto il terreno deve essere lavorato profondamente, concimando 20-30 t/ha di concime maturo e 70 kg di P₂O₅ (350-670 kg/ha di superfosfato calcico) e 150-180 kg di K₂O (285-380 kg/ha di solfato potassico). Dopo un anno 100-150 kg di N distribuito tra la ripresa vegetativa (primi di maggio) e il primo sfalcio. Questo per favorire la crescita della pianta intera, mentre per la produzione di seme si deve ridurre l'azoto e apportare con continuità P e K. Per la produzione di olio essenziale necessita di una grande quantità di zolfo. E' necessario un apporto di N (in forma di nitrato) dopo il primo sfalcio, a partire dal secondo anno di vegetazione, in dosi di 30 kg. La melissa è sensibile alle concimazioni in copertura, perciò si deve fare attenzione a non distribuire i fertilizzanti sulle foglie. Le concimazioni azotate aumentano la produzione di biomassa.

LAVORAZIONI E CURE COLTURALI

Richiede poche cure. Aratura a 30-35 cm di profondità (o 40-45) con interrimento del fertilizzante. Potrebbe risultare necessaria una seconda aratura per favorire la pianta dato il suo ciclo poliennale. In questo caso il fertilizzante è da interrare alla seconda aratura. L'irrigazione non deve essere troppo abbondante, 2-3 all'anno; utili in periodo di siccità e dopo il primo sfalcio; ripetute soprattutto dopo il trapianto per eliminare la crosta. In autunno si sfalcia e si copre con compost o humus. Tutti gli anni è necessaria una lavorazione invernale, con interrimento di letame maturo e concimazione chimica completa.

PARTI UTILIZZATE

Foglie e sommità fiorali.

EPOCA DI FIORITURA

In maggio-settembre, molto intensa, in luglio e agosto.

RACCOLTA

La raccolta si effettua in condizioni di bel tempo, per evitare l'imbrunimento della pianta durante l'essiccazione. Si sfalcia 2-3 volte l'anno: una immediatamente prima che fiorisca (maggio-giugno) e l'altra in autunno (settembre-ottobre). Nell'anno d'impianto generalmente si effettua un solo sfalcio ad agosto. Si sfalcia a 10-15 cm. Per il prodotto destinato all'erboristeria (taglio tisana) si sfalcia quando le foglie raggiungono il loro massimo sviluppo, per cui si fanno 2 raccolte prima della fioritura.

ESSICCAZIONE

Conviene effettuare la raccolta in giornate secche, la mattina dopo che si è asciugata la rugiada per evitare che le foglie bagnate si imbruniscano evitando di mettere le piante in cumuli troppo grandi per evitare il riscaldamento (fermentazione). La temperatura di essiccazione non dovrebbe superare i 40 °C. Il prodotto va rivoltato minuziosamente perché può essere soggetto ad ammuffimento. Le piante si sfogliano dopo l'essiccazione.

MALATTIE

Prestare attenzione alle lumache e alle limacce. La malattia più temuta è l'oidio, soprattutto in ambiente umido. Un parassita specifico della melissa è la *Septoria melissae*. Anche il coleottero *Criptocephalus ocellatus* e l' *Ocenthus pellucens*.

DURATA DI UNA COLTIVAZIONE

5-10 anni, per ottenere una resa remunerativa non conviene superare i 3-5 anni.

RESA

Il primo anno 3-4 t/ha di pianta fresca; negli anni successivi, 8-12 t/ha di pianta fresca per sfalcio. 3 sfalci possono dare più di 20 t/ha di prodotto fresco. L'essiccazione riduce il peso fresco del 35%; se si tratta di sole foglie fresche si riduce al 20-25% del peso iniziale.

COMPOSIZIONE

Foglie e Sommità fiorite - Olio essenziale (0.1 - 0.2 %) composto soprattutto da composti ossigenati: citrale a e b, citronellale, eugenolo acetato, geraniolo e piccole quantità di idrocarburi terpenici quali α -cubebene, copaene, β -burbonene. Polifenoli: acido caffeico, protocatechico. Flavonoidi: luteolin-7-glucoside e ramnazina. Acido rosmarinico. Triterpenoidi: acido ursolico.

USI

Fitoterapia ("Acqua dei Carmelitani" o "Melissana"), industria farmaceutica, liquoristica (Chartreuse, liquore Benedettino e altri), profumeria e cucina (condimenti e insalate) cosmesi e come pianta ornamentale.

7.1.2 *Mentha spicata*

FAMIGLIA

Lamiaceae

DESCRIZIONE

Ibrido tra la *Mentha aquatica* e *Mentha viridis* o acquatica, erbacea, perenne, di 30-60 cm di altezza fino a 100 cm con rizoma legnoso, ramificato dal quale si formano numerosi stoloni; fusto eretto, quadrangolare generalmente ramificato nella parte apicale; alla base è di color violetto; foglie opposte, picciolate di colore verde scuro nella pagina superiore, più chiaro nella pagina inferiore, lanceolate, glabre o poco pelose, fiore viola rossiccio; calice e peduncolo florale leggermente glabro; infiorescenza oblunga di 3.5-6 mm; frutti in tetrachenio, senza semi o con semi sterili; rizoma invadente. Pianta molto aromatica e mellifera.

DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Europa meridionale e Africa del nord. Zone temperate. Ubiquitaria o cosmopolita.



Figura 2: *Mentha spicata*.

HABITAT

Raramente spontanea in terreni incolti terrapieni, margini di fiumiciattoli; coltivata negli orti. Naturalizzata.

ALTITUDINE

0-2100 m s.l.m. Ottime le coltivazioni a 1000 m s.l.m. All'aumentare dell'altitudine diminuisce la resa in olio essenziale.

CLIMA

Si adatta a tutti i climi, preferendo i temperati con elevata luminosità. Pieno sole o ombra parziale. Resistente alle gelate (tollera fino a -15°C). Gradisce la primavera fresca e umida e l'inverno non troppo freddo, ma non secco (susceptibile agli stress idrici). L'intensità luminosa e le giornate lunghe aumentano la resa in olio essenziale, mentre le giornate calde e secche la riducono. Deve essere difesa dai venti forti e caldi, con filari alberati.

TERRENO

Si accresce in una gran varietà di terreni, sabbioso-argilloso, calcareo, argilloso-calcareo o argilloso-siliceo, di pH prossimo alla neutralità (6.6-7.5); per pH inferiori a 6.6 la crescita rallenta. Preferisce terreni umidi, ma ben drenati (è pericoloso il ristagno idrico, in terreni molto umidi è facilmente attaccata dalla ruggine che la danneggia enormemente), ricchi in humus, fertili, sciolti, alluvionali di valle; leggeri, soffici, profondi e sostanziosi, sempre freschi, drenati. La pianta è sensibile alla salinità. Si può coltivare in terreni di media consistenza ma si deve concimare abbondantemente e irrigare durante la stagione calda.

PROPAGAZIONE

Per divisione del cespo o per stoloni, in terreno molto fresco o irrigato abbondantemente a fine inverno o in primavera (verso aprile), in zone temperate in autunno. Per la coltivazione a base di stoloni si deve lasciare un po' più dell'1% della superficie come vivaio e si deve trapiantare in primavera. Tagliare la parte aerea e disporre i germogli in porche a 40-70 cm di distanza, spaziando a 40-70 cm di distanza e nelle porche a 15-40 cm. Il trapianto si effettua dopo che è passato il rischio di gelate. Dopo il trapianto è opportuno irrigare. Il trapianto si effettua a fine inverno o inizio primavera, assicurandosi che il suolo sia in tempera. La propagazione per stoloni viene effettuata in autunno (settembre) e primavera (marzo-aprile) all'ombra. E' molto pratico, gli stoloni si dispongono orizzontalmente sul fondo del solco di 5-10 cm di profondità, distanziandoli 30-70 cm fra loro. Per

rizoma di 8-12 cm di lunghezza nel periodo di riposo vegetativo, in autunno o in primavera inoltrata; i rizomi per le nuove coltivazioni si prelevano in ottobre-novembre e si collocano in primavera orizzontalmente nei solchi superficiali a 8 cm di profondità. Per i germogli ottenuti da divisione del cespo, di preferenza giovani, in primavera o in autunno, in ampi solchi, poco profondi a 25-60 cm di distanza. Si facilita l'attecchimento per mezzo di abbondanti irrigazioni. Quando le giovani piante raggiungono 10-15 cm, si comincia a sarchiare e si continua finché non è più possibile per le dimensioni della pianta.

DENSITA' D'IMPIANTO

La corretta varia in una gamma molto ampia di valori da 5 a 15 piante per m².

FERTILIZZAZIONE

La menta è molto esigente in concime-fertilizzante. Solitamente si apportano 20-30 t/ha di fertilizzante organico con la prima lavorazione del suolo.

Con le lavorazioni secondarie si apportano circa 100 unità di N, 2/3 ai primi di marzo e 1/3 in copertura, dopo il primo sfalcio; se il terreno risulta scarsamente dotato di zolfo è opportuno utilizzare il solfato ammonico; circa 100 unità ad ettaro di P e altrettanti di K. Come pianta da olio essenziale richiede una grande quantità di zolfo. Dopo il primo sfalcio bisogna distribuire 100 kg di N. Le concimazioni azotate aumentano la percentuale di olio essenziale. La menta necessita molto di Mg e non deve mancare il Mn. Se il terreno risulta povero calcare, calcitare. L'azione del nitrato sodico aumenta la resa della pianta e la concentrazione in olio essenziale, però non la sua qualità, perché diminuisce il mentolo.

LAVORAZIONI E CURE COLTURALI

La lavorazione principale è normalmente un'aratura a media profondità (30-35 cm), interrando letame. Particolare attenzione deve essere prestata alla pulizia dalle infestanti; quest'operazione è molto difficoltosa, per questo la coltura deve essere sarchiata ma la struttura della pianta che emette stoloni e occupa precocemente l'interfila non consente un'agevole gestione delle sarchiature. La pianta si avvantaggia della disponibilità idrica che deve essere gestita con irrigazioni frequenti a piccole dosi dato che l'apparato radicale rimane piuttosto superficiale; si può arrivare fino a 10-13 irrigazioni per stagione. Le sarchiature frequenti facilitano

la crescita della pianta. Quando la pianta si espande eccessivamente nell'interfile è opportuno sarchiare. Quando la coltivazione dura vari anni, in inverno si copre il suolo di materiale organico o terra miscelata a letame dopo aver tagliato la pianta a a 10 cm.

PARTI UTILI

Foglie e sommità fiorite. Per l'erboristeria: pianta con foglie e foglie mondate.

EPOCA DI FIORITURA

In giugno-settembre.

RACCOLTA

Si effettua prima della fioritura (metà estate, giugno-agosto) o poco prima, comunque le foglie fresche si possono sfalciare in qualsiasi momento; in ambiente meridionale tra la fine di maggio e di luglio si effettua il primo sfalcio, il secondo ad inizio autunno. Si dovrebbe sfalciare al mattino presto in una bella giornata ventilata appena si è asciugata la rugiada. Per la produzione di foglie è opportuno sfalciare prima che la pianta fiorisca (fine giugno - primi di luglio) e una seconda volta in settembre. Per la produzione di olio essenziale si sfalcia in piena fioritura (a metà o fine luglio o agosto), momento in cui è più ricca di olio essenziale e mentolo libero (45% di mentolo totale = mentolo libero + mentolo combinato). I tempi balsamici sono tra agosto e ottobre. Se la situazione è favorevole, dopo il primo sfalcio di agosto si può sfalciare a ottobre.

Per tagliare le sommità fiorite effettuare i tagli un po' più alti.

ESSICCAZIONE

All'ombra per preservare il colore delle foglie e dei fiori, in luogo ventilato, evitando di mettere in cumuli troppo grandi per non danneggiare la droga né eccedere con la temperatura. Prima dell'essiccazione è opportuno separare le foglie dal fusto se la lavorazione viene fatta a mano o dopo l'essiccazione se meccanica. Si deve evitare l'essiccazione completa per non ottenere un materiale troppo fragile e quindi non lavorabile. Per la distillazione, una volta effettuato il sfalcio, si porta immediatamente al distillatore. In alcuni casi si lascia il prodotto per uno due giorni ad essiccare sul campo ma in questo caso vengono eprsi parte delle componenti più volatili degli aromi.

MALATTIE

Il nemico principale è il bruco *Spodoptera littoralis*. La attacca anche la ruggine (*Puccinia menthae*); anche la *Phyllosticta menthae*, un *Fusarium*. Contro la ruggine si raccomanda di tagliare la pianta appena si manifestano i sintomi della malattia. Anche: il *Verticillium alboatrum*, può essere molto dannoso; lotta con criteri preventivi. Anche afidi e cicaline possono essere particolarmente pericolosi. Altri nemici: i nematodi *Pratylenchus*, *Meloydogine*, *Longidorus* e *Xiphinema* attaccano i rizomi. Per combatterlo acquistare materiale di propagazione sano. Bruciare tutta la zona attaccata, inclusi i rizomi e quelli nelle vicinanze.

DURATA DI UNA COLTIVAZIONE

Generalmente, l'impianto si distrugge dopo 2 anni, si può anche tenerlo per 4 o 6 anni, però la resa si riduce molto. In alcune zone e per coltivazioni di tipo "industriale" non dura più di un anno.

RESA

10-12 t ha⁻¹ di foglie fresche in ogni sfalcio; in totale 3 tagli all'anno, 30-36 t ha⁻¹; l'essiccazione riduce il peso delle foglie a un 12-15% dell'iniziale. In genere il primo sfalcio è il più produttivo. La menta essiccata intera è costituita da un 60 % di fusti e un 40% di foglie, il che conduce ad una resa in foglie secche di 1.2-1.6 t ha⁻¹ anno⁻¹. In olio essenziale nella pianta fresca il contenuto è di 0.3-0.5 %, che può far ricavare per anno fino a 60 l ha⁻¹.

COMPOSIZIONE

Foglie e Sommità - Olio essenziale (0.1-1 %) composto da mentolo (29-48 %), mentone (20-31 %), mentil-acetato (3-10%), con piccole quantità di mentofurano (1-7 %), e limonene; altri costituenti presenti nell'olio sono: viridiflorolo, pulegone (1-11%), 1,8 cineolo (6-7.5 %), piperitone, cariofillene, bisabolene, isomentone, isomentolo, α-pinene, β-pinene, neomentolo, ledolo, D-trans-sabinene idrato, bicicloelemene. Flavonoidi: mentoside, isoroifolina, esperetina, rutina. Fitolo. Tocoferoli. Carotenoidi. Betaina. Colina. Azuleni. Acido rosmarinico. Tannini.

USI

Fitoterapia, industria farmaceutica, industria di liquori, alimentare (aromatizzante, insaporitore), culinaria, pasticceria, profumeria, cosmetica.

OSSERVAZIONI

Non deve essere eccessivamente sfruttata durante la prima estate. Maggiore è l'altitudine minore è lo sviluppo. L'essenza di menta è molto richiesta ma il mercato risente le oscillazioni in base alla produzione. La menta è una pianta invasiva perciò si deve limitare la sua espansione. L'essenza può provocare qualche reazione allergica.

7.1.3 *Lippia citriodora*

FAMIGLIA

Verbenaceae

DESCRIZIONE

Arbusto con fusto striato di 1,5 m di altezza e più, di portamento leggero; foglie verticillate, di 3 in tre per ogni nodo, ellittiche quasi sessili, con una nervatura centrale molto sporgente nella lamina inferiore; fiori piccoli a stella di 4 punte, raccolti in un infiorescenza terminale a pannocchia, violacei o di colore lilla pallido, frutto secco con semi piccoli e nerastri. Le foglie emanano un gradevole odore di limone.

DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Zone con inverni miti, Europa, Messico, America del sud, Antille, Stati Uniti.



Figura 3: *Lippia citriodora*.

ORIGINE E HABITAT

Perù e Cile. E' coltivata nei giardini, si acclimata facilmente.

ALTITUDINE

0-800 m s.l.m.

CLIMA

Pieno sole, è una specie termofila. Nelle zone fredde posizionarla di fronte ad una protezione esposta a sud o est. La danneggiano le nebbie. Relativamente poco resistente alle gelate anche se alcune accessioni tollerano fino a -7 °C. Preferisce un clima temperato, temperato-caldo, resistendo male ai rigori dell'inverno.

SUOLO

Profondo, leggero, permeabile, soffice, fresco; terra ricca, fertile, di consistenza media. L'umidità eccessiva produce il marciume delle radici. In estate il suolo deve essere umido, la siccità fa cadere le foglie.

PROPAGAZIONE

Si può riprodurre per semente seminata sotto una campana di vetro ad inizio primavera, o per talea con materiale verde dello stesso anno, utilizzando le ramificazioni del fusto principale, in agosto o a fine estate, provenienti da individui adulti, di 10-30 cm di lunghezza, si piantano a 5-6 cm di profondità privandoli delle foglie, in luogo fresco e mantentendoli ben irrigati. Le piante attecchiscono, al massimo, nei 2 mesi seguenti. Per aumentare la percentuale di radicazione si possono trattare le talee con un prodotto radicante. Quando si usano germogli verdi erbacei, si può raggiungere l'affrancamento piantandoli in marzo in terra con abbondante sostanza organica, sotto una campana di vetro o utilizzando un letto caldo. Il trapianto definitivo in campo avviene in marzo. La moltiplicazione per divisione del cespo si effettua fine inverno. Si divide il cespo vecchio in più parti, ciascuna costituita da una porzione fusto e di radici, si piantano in primavera, verso marzo. La radice principale deve essere posta a 5-10 cm di profondità. Il sesto d'impianto più idoneo ha come interfila di 100-200 cm e come distanza lungo la fila 60-80 cm; nelle più nelle zone calde si possono aumentare le distanze. Meno frequentemente si ricorre alla riproduzione per propaggine a causa della scarsa percentuale di radicamento. Si effettua in marzo, consiste nell'interrare a 15-20 cm i rami basali di 3-5 anni curvandoli e ricoprendoli di terra.

La divisione della pianta madre si effettua in autunno e si trapianta alla fine dell'inverno o in primavera in pieno campo. E' necessario mantenere il terreno ben umido.

DENSITA' D'IMPIANTO

L'ottimale è 10.000-14.000 piante/ha.

FERTILIZZAZIONE

È opportuno fertilizzare all'inizio dell'impianto con 25-30 t/ha di letame maturo. Alla ripresa vegetativa si apportano 30 kg di N, 40 kg di P₂O₅ e 50 kg di K₂O. Durante giugno, luglio e agosto si apportano ogni mese circa 30-40 kg di N. Se la pianta viene utilizzata per la produzione di olio essenziale richiede una grande quantità di zolfo.

LAVORAZIONI E CURE COLTURALI

Si effettua una sarchiatura a fine inverno, si ricalza la parte basale e si interrano i concimi. In estate è opportuno cercare di non far soffrire la pianta per carenza di acqua in quanto la pianta perde le foglie; è quindi opportuno irrigare dopo i tagli e dopo le fertilizzazioni. All'arrivo dell'inverno si deve pacciamare intorno al fusto con paglia o foglie secche, smuovere il terreno nell'interfila secondo la naturale pendenza del suolo per facilitare lo scolo delle acque piovane. E' necessaria la sarchiatura durante il ciclo, così come le irrigazioni nel momento del trapianto, prima dello sfalcio e quando le foglie lo segnalano, manifestando l'avvizzimento.

PARTI UTILIZZATE

Foglie e sommità fiorite.

EPOCA DI FIORITURA

In giugno-settembre.

RACCOLTA

La raccolta delle foglie si effettua a pieno sviluppo, poco prima della fioritura, si possono tagliare i rami e sospenderli sotto una tettoia; si tolgono subito le foglie secche. Si eseguono 2 tagli l'anno: giugno-luglio e settembre-ottobre. Durante il primo anno di coltivazione si effettua un solo sfalcio. Se la pianta cresce bene si possono effettuare 3 tagli: alla fine di giugno, di agosto e di ottobre. L'ultimo sfalcio non va ritardato troppo per permettere alla pianta di riprendersi prima dell'inverno. Il secondo sfalcio si fa più basso del primo. Le foglie tagliate la mattina possiedono più olio essenziale di quelle tagliate in tardo pomeriggio.

ESSICCAZIONE

Essiccare all'ombra.

MALATTIE

L'eccessiva umidità produce il marciume delle radici. Le irrigazioni non devono essere eccessive e il suolo deve avere un buon drenaggio. La ruggine può presentarsi in settembre, si combatte con preparati a base di Maneb (trattamento 3 settimane prima della raccolta), in dosi di 2 kg ha⁻¹ di prodotto commerciale.

DURATA DI UNA COLTIVAZIONE

Più di 15 anni se non viene danneggiata dai freddi invernali.

RESA

Dal secondo anno 9-12 t ha⁻¹ di prodotto fresco; con l'essiccazione si ha una riduzione del 55.5% e dopo la mondatura del 20-25% rispetto al peso iniziale.

COMPOSIZIONE

Le foglie e le sommità fresche contengono lo 0.2-0.25% di olio essenziale.

Gli oli essenziali consistono in una complessa miscela omogenea di idrocarburi mono e sequiterpenici e di composti ossigenati (Agyropoulou *et al.*, 2007).

Qui di seguito (Tab. 1) sono riportati i componenti che caratterizzano l'olio essenziale di *Lippia citriodora* ottenuti mediante analisi gascromatografica utilizzando una colonna apolare; i tempi di ritenzione sono stati ricavati utilizzando l'indice di Kovats.

Nonostante la varietà di sostanze, in un olio spesso sono poche le componenti che risultano quantitativamente significative.

Chemical composition of the essential oil of *L. citriodora* in May and in September

Compounds	KI ^a	Composition (%) ^b in May	Composition (%) ^b in September
<i>α</i> -Pinene ^d	876	0.4 ± 0	1.0 ± 0.1
Sabinene ^d	910	0.7 ± 0	1.8 ± 0
6-Methyl-5-hepten-2-one ^d	921	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0
Myrcene ^d	925	0.6 ± 0	0.7 ± 0
Limonene^d	961	5.8 ± 0.1	17.7 ± 0.5
(<i>Z</i>)- <i>β</i> -Ocimene ^d	982	1.3 ± 0.1	1.9 ± 0.1
<i>γ</i> -Terpinene	994	–	0.1 ± 0
<i>cis</i> -Sabinene hydrate ^d	1003	0.2 ± 0	0.4 ± 0
Linalool ^d	1039	0.3 ± 0	0.4 ± 0
<i>trans</i> -Sabinene hydrate ^d	1044	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
<i>trans</i> -Chrysanthemal ^d	1096	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0
<i>cis</i> -Chrysanthenol	1113	0.5 ± 0	0.6 ± 0
Terpinen-4-ol ^d	1130	–	0.2 ± 0
<i>trans</i> -Chrysanthenol	1135	0.6 ± 0	1.0 ± 0
<i>α</i> -Terpineol ^d	1146	0.9 ± 0	1.8 ± 0
Nerol ^d	1184	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.3
Neral^d	1206	24.5 ± 5.5	21.8 ± 0.6
Geraniol ^d	1239	6.0 ± 5.5	0.8 ± 0.1
Geranial^d	1249	38.7 ± 0.4	26.8 ± 0.1
<i>δ</i> -Elemene ^d	1327	0.3 ± 0	0.2 ± 0
<i>α</i> -Cubebene	1345	tr ^c	–
<i>α</i> -Copaene	1370	0.1 ± 0	tr ^c
Geranyl acetate ^d	1379	1.1 ± 0	0.8 ± 0
<i>β</i> -Cubebene	1388	0.1 ± 0	0.2 ± 0
<i>cis</i> - <i>α</i> -Bergamotene	1403	0.1 ± 0	–
<i>α</i> -Cedrene	1413	0.2 ± 0	0.3 ± 0
<i>β</i> -Caryophyllene ^d	1422	1.8 ± 0	1.6 ± 0
<i>β</i> -Copaene	1433	0.1 ± 0	tr ^c
<i>β</i> -Gurjunene	1450	tr ^c	–
<i>α</i> -Caryophyllene	1458	–	0.1 ± 0
Aromadendrene ^d	1469	0.1 ± 0	–
«Allo»-aromadendrene	1473	0.2 ± 0	0.1 ± 0
<i>β</i> -Acoradiene	1482	0.2 ± 0	–
Geranyl propanoate ^d	1485	0.2 ± 0	0.1 ± 0
Germacrene D ^{d+}			
<i>α</i> -Curcumene ^d	1493	3.1 ± 0	2.5 ± 0
<i>α</i> -Zingiberene	1508	0.6 ± 0	0.3 ± 0
Bicyclogermacrene ^d	1511	2.4 ± 0	1.2 ± 0
<i>δ</i> -Cadinene	1539	0.3 ± 0	0.2 ± 0
<i>trans</i> -Cadina-1(2)-4-diene	1548	0.1 ± 0	tr ^c
<i>α</i> -Cadinene ^d	1555	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1
(<i>E</i>)-Nerolidol ^d	1583	0.9 ± 0.2	0.9 ± 0.1
Germacrene-D-4-ol ^d	1597	1.0 ± 0.1	2.0 ± 0.2
Spathulenol ^d	1597	0.9 ± 0	3.1 ± 1.2
Caryophyllene oxide ^d	1611	0.8 ± 0.1	0.9 ± 1.2
<i>epi</i> - <i>α</i> -Cadinol ^d	1665	0.7 ± 0	0.8 ± 0.1
<i>α</i> -Cadinol	1680	–	0.5 ± 0
Total		97.8	95.1

The significance of bold in compounds limonene, geranial and neral is to emphasise that these are the main compounds and also the ones that the major quantitative differences were observed.

^a Kovats index on non-polar HP-5MS column in reference to *n*-alkanes.

^b Relative percentages of the compounds were obtained electronically from FID area percent data.

^c Trace ≤ 0.06%.

^d Compounds identified also in the analysis by the polar column.

Tabella 1: Composizione dell'olio essenziale di *Lippia citriodora* (Agyropoulou, 2007).

USI

Fitoterapia, industria farmaceutica e profumeria.

PROPRIETA' E INDICAZIONI TERAPEUTICHE

Lassativo, antidepressivo, antidispeptico, antispasmodico, antistatico, antinervoso, aperitivo, stanchezza fisica, carminativo, digestivo, dispepsia con cefalea, distonia neurovegetativa, mal di denti, mal di pancia, enteriti acute, esplenomegalia,

stimolante stomachico, stress per lavoro eccessivo, gastralgia, gastriti, gastroenteriti, alitosi, emicrania, nausea, palpitazioni per lesioni di stomaco, pesantezza gastrica, tonico, vertigini.

7.1.4 Monarda citriodora

FAMIGLIA Lamiaceae

DESCRIZIONE

La *Monarda citriodora* è una pianta erbacea, perenne, rizomatosa; in Italia si trova soltanto coltivata per scopi officinali ed ornamentali.

I fusti sono quadrangolari, spesso striati da venature rossastre e raggiungono un'altezza massima di 150 cm. I fiori sono di media grandezza, di colore lilla, riuniti in capolini con un diametro di 6-7mm, sbocciano da metà giugno a fine agosto e richiamano gli insetti. Si osserva una riduzione degli stami a 2, assumendo la forma a bilanciere per la trasformazione di una loggia in un'appendice sterile che funziona da braccio di leva, mentre il fulcro è rappresentato dall'inserzione del filamento sul connettivo allargato. Le foglie sono opposte, ovato-lanceolate, tormentose e dentellate. La radice è robusta e di tipo fascicolato.

DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Diffusa anche in Europa, Asia, sud Europa e Mediterraneo.

ORIGINE

È originaria degli Stati Uniti orientali e centrali.

CLIMA

Negli ambienti di origine, vive nel sottobosco ed in prossimità dei corsi d'acqua.

TERRENO

In coltivazione preferisce i terreni profondi, ricchi di nutrienti e di humus e dotati di una buona capacità idrica. È in grado di sfruttare bene le precedenti coltivazioni. Predilige la coltivazione a sole pieno. Le cultivar sono selezionate in base al differente colore dei fiori, che va dal bianco al rosa e dal rosso scuro al porpora.

PROPAGAZIONE

La propagazione avviene per divisione dei cespi; si utilizzano porzioni di radice lunghe 15 cm, con almeno uno stelo, ottenuti per divisione dei cespi di precedenti coltivazioni, in marzo - aprile oppure in ottobre, prelevando le porzioni esterne e scartando quella centrale. Le nuove piante vengono trapiantate in terreno fresco, al sole od in posizione parzialmente ombreggiata. La semina non viene praticata perché dà luogo a piante con caratteristiche variabili rispetto ai genitori.

ALCUNE CARATTERISTICHE

I semi sono tondi e di colore marrone scuro; il peso di 1000 semi è di circa 0.6-0.8 g.

DENSITA' D'IMPIANTO

L'investimento consigliato si aggira su 4-5 piante m⁻². Le piante possono essere messe a 40 cm sulla fila su file distanti 50 cm.

LAVORAZIONI E CURE COLTURALI

Si procede con sarchiature meccaniche nelle interfile per controllare sia le malerbe che gli stoloni emessi dalla *Monarda*, che si espandono e possono diventare infestanti.

A settembre, poi, gli steli vanno tagliati e tolti dal campo e possono essere usati per produrre *compost*.

FERTILIZZAZIONE

Viene effettuata l'aratura autunnale e l'interramento di 30-40 q di letame maturo. In primavera si procede con la fresatura o l'erpatura e l'interramento dei concimi minerali o organici in modo da apportare per ettaro:

- 140-180 kg di N
- 60-80 kg di P₂O₅
- 160-200 kg di K₂O

PARTI UTILIZZATE

Foglie e fiori.

EPOCA DI FIORITURA

In maggio-settembre, molto intensa, in luglio e agosto.

RACCOLTA

Da metà giugno a fine agosto si può eseguire la raccolta manuale dei fiori singoli: prima una sola volta, poi due o tre volte alla settimana. La massima fioritura si verifica a luglio.

ESSICCAZIONE

La temperatura consigliata per l'essiccazione è di 35° C.

È fondamentale che i fiori siano conservati in ambienti secchi ed in contenitori sigillati, perché sono molto igroscopici.

MALATTIE

La Monarda è soggetta all'oidio (*Erysiphe monardae*) ed in misura minore all'avvizzimento (*Phyllosticta monardicola*). Per quanto riguarda i parassiti, in coltivazione può essere attaccata dai bruchi, mentre se l'essiccazione si fa in ambienti aperti, può essere attaccata da una tignola (*Plodia interpunctella*) che depone le uova sui fiori. La principale malattia della Monarda è la ruggine, *Puccinia menthae*, che causa defogliazione, strozzatura del fusto e degenerazione delle piante. La malattia si propaga dalle spore aeree della ruggine in condizioni di umidità elevata. Le malerbe non costituiscono un problema particolarmente importante nella produzione della Monarda. Gli erbicidi, come trifluralin, paraquat, solan e terbacil, usati insieme a buone pratiche colturali, permettono di mantenere una coltura libera di malerbe.

DURATA DI UNA COLTIVAZIONE

La coltura può durare 3-4 anni al massimo, è consigliabile però trapiantarla ogni anno, o almeno ogni due anni, non tanto per contrastare le malerbe, verso le quali possiede buone capacità competitive, ma perché è una pianta molto esigente nei confronti degli elementi minerali e delle sostanze organiche presenti nel terreno.

RESA

La resa in fiori singoli freschi oscilla dai 400 ai 600 kg ha⁻¹. La resa in prodotto secco, invece, è molto bassa: da 700-900g di fiori freschi si ottengono soltanto 100g di fiori secchi. Per ottenere 1 kg di fiori secchi occorrono 8-10 ore di lavoro.

Se oltre ai fiori ci interessa raccogliere anche gli spicasteri e le foglie apicali, il primo sfalcio si esegue a metà luglio, quando la pianta è in piena fioritura, il secondo sfalcio a metà settembre, se nel frattempo le piante non sono state colpite dall'oidio.

COMPOSIZIONE

La composizione chimica degli oli essenziali è molto varia, possono infatti contenere: idrocarburi (alifatici saturi, aromatici, terpenici), alcoli (aromatici o terpenici), acidi (alifatici o aromatici), aldeidi, chetoni, esteri, eteri, fenoli. I componenti principali sono timolo, p-cymene e terpinene (tab.2).

Tabella 2: composizione dell'olio essenziale (Collins, 1994).

Component	Leaves	Flowers
α -pinene	0.91	1.13
β -pinene	0.72	t
myrcene	0.22	2.06
α -terpinene	1.68	3.22
limonene	0.49	0.40
1,8-cineole	0.57	0.21
γ -terpinene	t	13.30
p-cymene	22.82	4.19
β -caryophyllene	0.70	0.52
terpinen-4-ol	2.09	0.73
α -terpineol	t	0.54
thymol	50.69	61.77
carvacrol	3.58	3.83
Total	84.47	91.90
Yield of oil based on fresh weight	0.70 (v/w)	1.00 (v/w)

t = trace

USI

La Monarda è una pianta officinale molto interessante, ma poco citata nei testi di fitoterapia, infatti è più nota come pianta ornamentale. I fiori sono un'ottima fonte di attrazione per le api, da qui il nome di "*Bee balm*", balsamo di api.

Le foglie e i fiori sono ottimi anche per produrre potpourri.

Viene impiegata in omeopatia, per aromatizzare bevande rinfrescanti, per abbassare la febbre, come digestivo e, grazie al suo colore vivo, per conferire una nota colorata alle tisane. Dai fiori si può ricavare anche uno sciroppo dissetante e molto saporito, adatto ai bambini.

7.2 Allegato 2

Glossario

Droga Vegetale: corpo vegetale o parte di questo che contiene insieme ad altri componenti inattivi o di scarso interesse farmacologico. una o più sostanze farmacologicamente attive dette principi attivi della droga (Farmacognosia ed. Sprinter).

Principi Attivi: sostanze chimiche coinvolte nel metabolismo secondario delle piante. mediano le relazioni tra loro e l'ambiente. sono dotate di specifica funzione terapeutica.

Tempo Balsamico: Fase fenologica in cui il contenuto in principi attivi della droga è massimo.

Ogni pianta ha un suo tempo balsamico di raccolta che varia in base alla parte interessata (fiori. radici. foglie). all'ambiente di coltivazione e al tipo genetico.

Qualche indicazione per individuare il tempo balsamico:

- Radici. rizomi. tuberi e bulbi si raccolgono durante il riposo vegetativo della pianta. dall'autunno all'inizio della primavera. Le cortecce si raccolgono in primavera. Le foglie si raccolgono in primavera inoltrata. prima che la pianta fiorisca. In realtà viene sfalciata la parte aerea e una volta essiccata si staccano le foglie. Le gemme si raccolgono ad inizio primavera. prima che si schiudano. Le erbe (sommità) si raccolgono prima o durante la fioritura. I fiori si raccolgono prima che siano completamente sbocciati. I frutti si raccolgono a completa maturazione. I semi si raccolgono prima della caduta spontanea (deiscenza).
- Infuso:** si ottiene versando acqua bollente sulla droga. in un contenitore. di vetro o porcellana. coperto per 10-15 minuti e successivamente si filtra. Metodo idoneo all'estrazione di sostanze attive da foglie e fiori.

Decotto: si ottiene unendo la quantità di droga prescritta all'acqua a temperatura ambiente. la si fa bollire per 5-10 minuti e successivamente riposare per 10-15 minuti. poi si filtra. E' la preparazione più adatta per cortecce e radici.

Macerato: si ottiene lasciando riposare la droga in acqua a temperatura ambiente per alcune ore. Metodo adatto all'estrazione delle mucillagini (radice di Altea per azione lenitiva sulla mucosa dello stomaco).

Estratto Fluido: preparazione liquida e densa che si ottiene facendo macerare la pianta essiccata in un solvente, generalmente alcool etilico, e concentrandola successivamente per evaporazione.

Estratto Secco: ottenuto dall'estratto fluido per evaporazione totale del solvente a temperatura inferiore a 50°C.

Tintura Madre: è un estratto alcolico (60-70°) ottenuto da pianta fresca.

Olio Essenziale: miscela di sostanze aromatiche di varia natura chimica estratte per distillazione in corrente di vapore.

Macerato Glicerinato: ottenuto per azione di un solvente derivante dalla miscelazione di acqua, glicerina e alcool su gemme fresche e giovani germogli.

Succo: preparazione ottenuta per spremitura o centrifugazione contenente tutti i costituenti della pianta fresca, non concentrati e senza solventi.