

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI
E AMBIENTE

Laurea triennale in Produzioni Biologiche Vegetali

**Opportunità e sfide dei sistemi agroforestali: interazioni tra alberi e
colture in un sistema silvoarabile con orzo e pioppo**

**Opportunities and challenges of agroforestry systems: interactions
between trees and crops in a silvoarable system with barley and
poplar**

Relatore:

Prof.ssa Anna Panozzo

Correlatore:

Prof. Teofilo Vamerali

Laureando:

Riccardo Bordina

Matricola n. 2032815

Anno accademico 2024/2025

INDICE

_ RIASSUNTO e ABSTRACT	pag. 5
_ 1 INTRODUZIONE	pag. 8
_ 1.1 I SISTEMI AGRO-FORESTALI NELL'EPOCA MODERNA.....	pag. 11
_ 1.2 TIPOLOGIE DI SISTEMI AGROFORESTALI.....	pag. 13
_ 1.3 INTERAZIONI TRA ALBERI E COLTURE AGRARIE.....	pag. 17
_ 1.4 INTERAZIONI TRA ALBERI ED ANIMALI.....	pag. 24
_ 1.5 SCELTA DELLE SPECIE ARBOREE.....	pag. 28
_ 1.6 AGROFORESTAZIONE E PAC.....	pag. 32
_ 1.7 AGROFORESTAZIONE E CREDITI CARBONIO.....	pag. 33
_ 1.8 IL PROGETTO DI VENETO AGRICOLTURA.....	pag. 35
_ 2 SCOPO DELLA TESI	pag. 40
_ 3 MATERIALI E METODI	pag. 41
_ 3.1 DESCRIZIONE SITO	pag. 41
_ 3.1.1 INQUADRAMENTO PEDOCLIMATICO.....	pag. 41
_ 3.2 SISTEMI DI COLTIVAZIONE.....	pag. 42
_ 3.3 SCHEMI DEI CAMPIONAMENTI.....	pag. 45
_ 3.4 OPERAZIONI COLTURALI.....	pag.46
_ 3.4.1 PIOPPA.....	pag. 46
_ 3.4.2 ORZO.....	pag. 46
_ 3.5 PARAMETRI MICROCLIMATICI.....	pag. 46
_ 3.6 ACCRESCIMENTO PIOPI.....	pag. 47
_ 3.7 RESA E QUALITÀ DELL'ORZO.....	pag. 47
_ 3.8 ANALISI STATISTICA.....	pag. 47
_ 4 RISULTATI	pag. 47
_ 4.1 PARAMETRI MICROCLIMATICI.....	pag. 48
_ 4.2 ACCRESCIMENTI DEL PIOPPA.....	pag. 48
_ 4.3 RESA E QUALITÀ DELLA GRANELLA DI ORZO.....	pag. 50
_ 5 DISCUSSIONE	pag. 54
_ 6 CONCLUSIONE	pag. 56
_ BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	pag. 57

RIASSUNTO

I sistemi agroforestali combinano sulla stessa superficie la coltivazione di piante legnose con colture erbacee o l'allevamento. In passato erano ampiamente diffusi in Italia e in Europa, ma l'intensificazione agricola del '900 ha favorito sistemi monocolturali specializzati. Oggi l'agroforestazione sta riscuotendo un rinnovato interesse grazie ai benefici ambientali che determina e a politiche europee dedicate. La presenza di alberi in azienda svolge molti ruoli: ombreggiamento parziale delle colture erbacee, aumento della biodiversità, ambiente favorevole per le micorrize, sequestro di CO₂, depurazione di acque inquinate da nitrati ed eventuale produzione di legname da vendere. Le esperienze di agroforestazione presso l'azienda "Sasse-Rami" e l'azienda "Diana" di Veneto Agricoltura offrono risultati molto incoraggianti, sia da un punto di vista produttivo che ambientale. Se da un punto di vista scientifico questi sistemi colturali stanno ricevendo un interesse crescente, gli agricoltori pronti ad accogliere filari di alberi in azienda non risultano ad oggi numerosi.

Il presente lavoro di tesi ha avuto l'obiettivo di studiare la produttività di un sistema silvoarabile con cloni di pioppo a Maggior Sostenibilità Ambientale (MSA) e orzo. Lo studio si è svolto presso l'azienda "Sasse Rami" di Veneto Agricoltura a Ceregnano (RO) e ha inteso analizzare (i) gli accrescimenti in diametro e in altezza di tre cloni di pioppo a Maggior Sostenibilità Ambientali (MSA: Aleramo, Moncalvo e Tucano), coltivati sia in un sistema specializzato che in un sistema *alley-cropping*, e (ii) la resa e la qualità della granella di orzo a diverse distanze dal filare alberato.

Dai risultati è emerso che il sistema agroforestale ha mantenuto durante la stagione un contenuto idrico del suolo maggiore rispetto al pioppeto, insieme a una maggior crescita del diametro del fusto (+30% Aleramo, +32% Moncalvo, +45% Tucano). Per quanto riguarda l'orzo, lo studio ha confermato l'elevata attitudine di questo cereale alla consociazione nei sistemi silvoarabili. L'orzo trae beneficio dall'ombreggiamento dei pioppi aumentando la resa, soprattutto a lato Ovest del filare (+59% a 12m, +71% a 6m e +129% a 3m), e la concentrazione di proteine della granella.

La tesi complessivamente ha dimostrato un'ottima adattabilità e produttività dell'orzo e dei cloni MSA alla coltivazione in *agroforestry*. Sarà necessario in futuro realizzare ulteriori studi per confrontare i risultati ottenuti e ampliare le conoscenze a riguardo, in annate e/o siti caratterizzati da una maggiore carenza idrica, e valutando la risposta di altre colture erbacee.

ABSTRACT

Agroforestry systems combine the cultivation of woody plants with herbaceous crops or livestock on the same surface. In the past they were widely spread in Italy and Europe, but the agricultural intensification of the 20th century favored specialized monoculture systems. Today agroforestry is receiving renewed interest thanks to the environmental benefits it brings and dedicated European policies. The presence of trees on the farm plays many roles: shading, increase in biodiversity, favorable environment for mycorrhizae, CO₂ sequestration, increase of water quality and possible additional income from timber production. The agroforestry experiences at the "Sasse-Rami" and "Diana" pilot farms of Veneto Agricoltura offer very encouraging results, both from a production and environmental point of view. If from a scientific point of view these cultivation systems are receiving growing interest, there are currently not many farmers ready to welcome rows of trees on their farm.

This work had the objective of studying the productivity of a silvoarable system with Higher Environmental Sustainability (HES) poplar clones and barley. The study took place at the "Sasse Rami" farm of Veneto Agricoltura in Ceregnano (RO) and aimed to analyze (i) the growth in diameter and height of three clones of poplar (Aleramo, Moncalvo and Tucano), grown both in a specialized system and in an alley-cropping system, and (ii) the yield and quality of barley at different distances from the tree row. The results showed that the agroforestry system maintained a higher soil water content than the poplar grove, together with a greater growth in trunk diameter (+30% Aleramo, +32% Moncalvo, +45% Tucano). As regards barley, results confirmed the high suitability of this cereal for intercropping in silvoarable systems. Barley benefited from the shade of the poplars, increasing the yield, especially on the west side of the row (+59% at 12m, +71% at 6m and +129% at 3m), and grain proteins concentration. Overall, results demonstrated the adaptability of barley and HES clones to cultivation in agroforestry. In the future, it will be necessary to carry out further studies to corroborate these across years and/or sites characterized by greater water scarcity, and evaluating the response of other herbaceous crops.

1 INTRODUZIONE

I sistemi agroforestali, che oggi fanno da protagonisti a sempre più numerosi articoli scientifici come qualcosa di rivoluzionario, sono ciò che la Natura ha di più antico da offrirci. L'interazione tra piante arboree ed erbacee è qualcosa che la Natura dà per scontato, ma l'estrema antropizzazione che l'uomo ha portato (e che ha creato numerosi aspetti negativi ma, per onestà intellettuale, ha donato anche prosperità e benessere all'essere umano) fa sì che nella tecnica agronomica moderna questo rapporto così normale venga considerato innovativo. Perché di questo si tratta: interazione deliberata tra piante arboree forestali e piante agrarie.

Già i Romani coltivavano filari di vite ed olivo assieme, mentre gli Hanunoo delle Filippine deforestano solo parte dell'area in cui coltivare riso, per mantenere l'ombreggiamento parziale e per utilizzare gli alberi rimasti per la produzione di legna, medicinali, cosmetici ed altro. Presso l'isola di Sumatra (Indonesia) il tabacco coltivato in agroforestazione ottiene prezzi più alti per la qualità più alta, cosa che ha portato gli agricoltori di tabacco del Connecticut a coprire la coltura con sottili teli di lana (International Council for Research in Agroforestry). Nelle nostre campagne, fino a non molti decenni fa, si utilizzavano aceri ed olmi campestri come supporto per la vite (la vite "maritata"), utilizzando gli spazi inter-filari per cereali ed ortaggi.

Successivamente, soprattutto durante la cosiddetta "Rivoluzione Verde" degli anni '50, cavalcando il periodo post-bellico fatto di ricostruzione, boom economico e grandi speranze, si è spinto verso una iper-specializzazione dell'agricoltura, determinata dalla coltivazione di singole specie nei vari appezzamenti (monocoltura) fino addirittura, in molti casi, alla eliminazione della rotazione (monosuccessione). Proprio in questo periodo, infatti, si è svoltato dalla tipica azienda multi-specializzata, con cereali, frutteto, ortaggi ed animali all'azienda iper-specializzata in pochissimi prodotti (solo frutta, solo ortaggi, solo cereali, solo animali e cereali), con conseguente grande specializzazione ed aumento delle produzioni per ettaro (grazie anche alla ricerca scientifica sementiera). Tutto ciò ha

portato ad un grosso incremento demografico, contribuendo a raggiungere gli attuali 8 miliardi circa di esseri umani sul nostro pianeta. Gli scaffali dei supermercati si sono riempiti (perlomeno nei paesi occidentali), la stagionalità dei prodotti si è sbiadita (soprattutto grazie/per colpa dell'avvento delle serre riscaldate) e, grazie anche a questo, l'Italia ha raggiunto per alcuni mesi il traguardo di quarta potenza mondiale. Tutti fattori che hanno aiutato moltissimo a raggiungere l'attuale benessere ma, come qualsiasi cosa, esiste anche un altro lato della medaglia, un lato con molte sfaccettature: erosione dei suoli, inquinamento delle falde acquifere, riduzione della biodiversità, inquinamento atmosferico.

La consapevolezza dei lati negativi del progresso estremo fa entrare in gioco ciò che i nostri antenati davano per scontato, vale a dire l'imitazione dei metodi della Natura, che in termini agronomici viene tradotto in "consociazione" e "sistemi agroforestali". Metodi che, però, vanno saputi usare saggiamente, nella giusta misura. Il rifiuto di ciò che ha portato benessere e progresso non è mai la via migliore ma, anzi, è la via giusta per il declino. Ciò che va assolutamente fatto è prendere ciò che ci ha arricchiti e modellarlo, smussando solamente gli angoli più irregolari e mantenendo ciò che ha funzionato.

I sistemi agroforestali non fanno eccezione: l'obiettivo non è introdurre ovunque e subito questa tipologia di agricoltura, ma renderla accettata socialmente e professionalmente, praticandola molto più di quanto si faccia ora senza però renderla dogma. Piantare alberi (anche al di fuori del mondo agricolo) è sempre un'ottima idea per la collettività, e con questa trattazione si vuole proprio sottolineare come anche un albero in più all'anno per ogni azienda agricola nel mondo sia già un buon traguardo iniziale. I cambiamenti migliori, quelli duraturi nel tempo, sono spesso quelli lenti e gradualmente.

1.1. I SISTEMI AGROFORESTALI NELL'EPOCA MODERNA

L'origine dei sistemi agroforestali si perde nella notte dei tempi. In epoca moderna, dunque, si può parlare solo di “riscoperta” dei sistemi agroforestali. A tal proposito, si può stabilire come principio il 1978, ovvero l'anno in cui si è tornati a riconsiderare l'esistenza di questa pratica agricola nel mondo occidentale (nelle zone tropicali è da sempre e rimane tuttora un diffusissimo metodo di agricoltura di sussistenza, a causa delle limitate porzioni di terreno possedute dai contadini locali), grazie alla nascita del Consiglio Internazionale per la Ricerca Agroforestale (ICRAF, il quale risulta essere l'inventore del termine “agroforestazione”), successivamente agli studi del forestale John Bene del Centro di Ricerca e Sviluppo del Canada. L'ICRAF è un istituto scientifico con sede a Nairobi (Kenya) che si occupa di sensibilizzare istituzioni e governi alla consociazione tra colture agrarie ed alberi. Nel 2011 nasce l'EURAF (EUROpean AgroForestry), l'associazione europea per l'agroforestazione. Nel 2014, come propaggine dell'EURAF nasce l'AIAF (Associazione Italiana AgroForestazione).

Anche in Veneto il tema dell'agroforestazione viene riscoperta a fine degli anni '80 del secolo scorso quando l'A.R.F. (Azienda Regionale Foreste) avvia il progetto “Campagna per la Campagna” in collaborazione con il W.W.F., che riguarda il tema delle siepi campestri.



Figura 1. Messidoro di Giuseppe Ciardi, quadro del 1883, presso la Galleria Nazionale di Arte Moderna e Contemporanea di Roma. Una rappresentazione di interazione tra specie arboree ed erbacee ante-litteram (foto di Riccardo Bordina).

1.2. TIPOLOGIE DI SISTEMI AGROFORESTALI

I sistemi agroforestali sono l'interazione su superficie agricola tra piante legnose perenni (forestali ma anche frutticole) e colture agrarie. Secondo la classificazione di Mosquera-Losada et al. (2009), si possono individuare tre tipologie differenti di sistemi agroforestali:

- i sistemi silvoarabili: appezzamenti agricoli con specie perenni legnose, forestali e non, consociate a colture agrarie erbacee;
- i sistemi silvopastorali: appezzamenti in cui le specie legnose forestali ed arbusti accompagnano il pascolo degli animali da allevamento;
- i sistemi agrosilvopastorali: appezzamenti in cui le specie legnose forestali accompagnano ed interagiscono sia con l'agricoltura sia con l'allevamento;



Figura 2. Mais coltivato tra filari di alberi di noce pecan (foto di National Agroforestry Center)

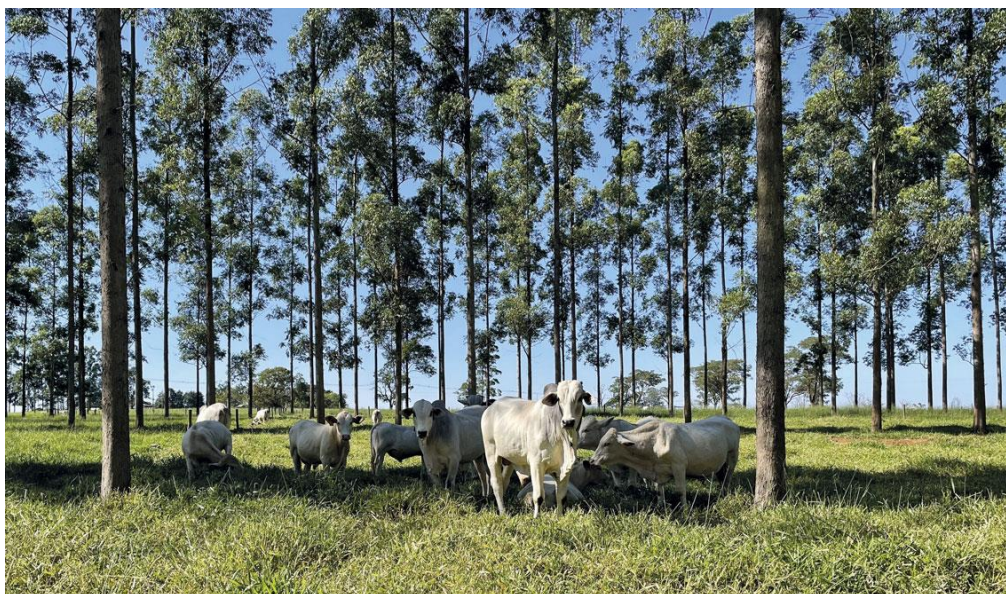


Figura 3. Bovini da allevamento stazionano sotto alcuni alberi in Brasile (foto di Gisele Rosso – Embrapa).



Figura 4. Polli presso l'azienda ISIDE a Sulzano (BS). Questa è una delle realtà più interessanti per quanto riguarda i sistemi agrosilvopastorali in Italia, e da anni l'interazione tra alberi, colture agrarie ed animali da allevamento rappresenta il motore principale di questa azienda (foto di Matteo Mazzola).

Un altro sistema agricolo che integra colture agrarie e arbusti sono le fasce tampone arbustive. Si tratta di un sistema che integra la presenza di siepi ed arbusti alla classica agricoltura. Sicuramente più funzionali della classica agricoltura intensiva senza barriere naturali, ma non altrettanto performanti da un punto di vista sinergico e, soprattutto, ambientale (anche se, sicuramente, più comodo e gestibile per l'agricoltore).



Figura 5. Una fascia arbustiva separa un campo agricolo da una strada. Da notare la dimensione contenuta degli arbusti, che non assicura la protezione tipica di essenze più grandi ma, al contempo, risulta più gestibile da un punto di vista meccanico e più adatta a spazi ristretti. Sicuramente una buona alternativa per chi non si sentisse ancora pronto per la vera agroforestazione (foto de “Il Nuovo Agricoltore”).

Una nota importante: in un sistema agroforestale (od anche agrosilvopastorale), si tende a valorizzare solo i servizi ecosistemici offerti dalla pianta legnosa forestale; ebbene, si può considerare anche come fonte di reddito, tramite la vendita del legname o di altri prodotti non legnosi da esso prodotto.

1.3. INTERAZIONI TRA ALBERI E COLTURE AGRARIE

La protezione della componente erbacea del sistema contribuisce in maniera importante, ovviamente, all'ombreggiamento, non solo da un punto di vista della protezione dalla sovraesposizione solare, ma anche da un punto di vista della limitazione della evapotraspirazione e della eccessiva mineralizzazione della sostanza organica durante il periodo estivo. Quindi, un appezzamento meno ventilato e più ombreggiato corrisponde ad un appezzamento con una riserva idrica maggiore e con una sostanza organica più "protetta", in cui sarà minore l'intervento idrico umano (con un risparmio non solo di acqua dai bacini idrici, ma anche di energia necessaria per l'estrazione idrica).

L'ombreggiamento può rappresentare però, in alcuni casi, un'arma a doppio taglio: secondo Dufour et al. (2013) e Panozzo et al. (2020), un ombreggiamento eccessivo (dipendente dall'età della pianta e da una mancanza di adeguata gestione degli accrescimenti) può portare ad una riduzione della produzione finale, a causa di una sensibile riduzione della fotosintesi clorofiliana, a fronte però di un aumento del contenuto di proteina nelle cariossidi delle piante sotto la chioma degli alberi.

Nella Francia del Sud, per 3 anni, del frumento duro è stato coltivato tra i filari di olivi biologici potati una volta all'anno, un'altra porzione di frumento duro è stata coltivata tra filari di olivi non potati mentre un terzo campione di controllo di frumento è stato seminato fuori dal sistema agro-forestale (in maniera, dunque, convenzionale). Il frumento duro affiancato dagli olivi potati annualmente ha subito una riduzione della produzione del 43% rispetto all'appezzamento di controllo coltivato convenzionalmente; nel caso, invece, del frumento duro affiancato dagli olivi non potati si ha avuto un calo di produzione del 83%. Parallelamente, la densità di piante alla raccolta è risultata maggiore nei sistemi agro-forestali rispettivamente del 22 e del 3%, nonostante una riduzione delle cariossidi per spiga del 37 e del 62%. Il peso di 1000 semi è risultato maggiore nella porzione con gli olivi potati del 12%, mentre nella porzione di olivi non potati si è attestata sul 3% (Panozzo et al. 2020). Questo calo della produzione sotto agli ulivi non potati è da imputare alla riduzione di luce rossa in

proporzione alla luce rossa lontano. In condizioni di eccessivo ombreggiamento del sottobosco la luce rossa viene in larga parte assorbita dalla chioma degli alberi, al contrario della luce rosso lontano, che viene filtrata in maniera minore, obbligando le piante ad adottare strategie di sopravvivenza tipiche delle situazioni di alta competizione, come ad esempio l'aumento della altezza, l'allungamento delle foglie e la riduzione della densità fogliare (il tutto a scapito della produzione commerciale).

Questa situazione di ombreggiamento può, invece, essere ottimale per piante evolutesi in situazioni di bassa luminosità come cacao, banano e ginseng. Va da sé che il sistema agroforestale sia una tipologia di conduzione agricola in cui la manutenzione (es. potatura) e la gestione dell'appezzamento giocano un ruolo di fondamentale importanza, per permettere alle colture erbacee di avere la quantità di PAR adatta alle esigenze di radiazione della coltura e, dunque, massimizzare il processo di fotosintesi.

Altra funzione importantissima della parte epigea delle piante legnose nel sistema agroforestale è sicuramente l'ospitalità di insetti ed uccelli. Nelle chiome delle essenze forestali trovano riparo moltissimi tipi di uccelli, insetti, aracnidi e miriapodi, i quali non solo rivestono un ruolo importante nell'ecosistema, ma possono rivestire un compito interessante in ambito agrario, come testimonia la recente e veloce evoluzione dell'entomologia agraria. Torralba et al. (2016), tramite l'analisi di 53 pubblicazioni scientifiche, hanno riportato come l'agroforestazione porti beneficio per quanto riguarda l'aumento della biodiversità (oltre ad apportare miglioramenti per quanto riguarda l'erosione del suolo e la sua fertilità).

La presenza di strutture ecologiche nell'azienda agraria risulta indispensabile al fine di ospitare entomofauna ed uccelli utili alla predazione di insetti dannosi (anche se non in ogni caso sperimentato) (Chaplin et al, 2011). Si tratta di organismi (nel caso di quelli predatori) utili nel controllo degli insetti dannosi, la cui presenza è sempre più ricercata negli ultimi anni a causa dell'aumento della sensibilità collettiva nei confronti della salvaguardia ambientale e della

produzione di cibo sano. Infatti, la presenza di insetti ed uccelli entomofagi in azienda riduce la presenza di insetti fitofagi dannosi portando, di conseguenza, ad un calo dell'utilizzo di fitofarmaci. Sono addirittura sorte le cosiddette "bio-fabbriche", veri e propri allevamenti di insetti predatori e parassitoidi, destinati alla vendita al fine del controllo degli insetti pericolosi per le colture agrarie e forestali. Nel 2021 Chardonner et al. in 23 vigneti francesi della zona di Bordeaux, tramite analisi delle feci di pipistrello hanno riscontrato un significativo aumento dell'attività predatoria di almeno 10 specie diverse di pipistrello nei confronti della tignoletta della vite (*Lobesia botrana*), con conseguente diminuzione di malattie fungine derivanti dalla perforazione degli acini da parte della larva, come ad esempio il marciume acido e muffa grigia (*Botrytis cinerea*).

Organismi molto importanti sono gli insetti parassitoidi, nella fattispecie *Imenotteri* come le vespe parassitoidi (ad es. la famiglia degli *Ichneumonidae*, *Braconidae* e *Scelionidae*). Questi organismi sono tra i più efficaci nel controllo di insetti fitofagi; infatti, l'adulto depone un uovo dentro l'ospite, e la larva che ne nascerà si nutrirà di esso. Allo stadio adulto, successivamente, cambieranno completamente il loro apparato boccale ed il loro regime alimentare, diventando insetti glicifagi ed impollinatori, dunque la presenza di piante da fiore tra le infrastrutture ecologiche risulterà molto importante al fine di ospitare questa categoria di insetti. Situazione simile per alcune specie appartenenti all'ordine dei *Sirfidi*, che anche se non parassitoidi sono predatori allo stadio larvale, ed impollinatori allo stadio adulto. Specie da fiore sono molto importanti ai fini della sopravvivenza anche di acari utili come i *fitoseidi*, i quali predano acari fitofagi (come ad es. i *tetranychidi*). Nei periodi di carenza di prede, si nutrono del polline (in quanto ricco di proteine), che funge quindi da alimento di riserva.

Più in generale, le fronde degli alberi danno riparo a tutti gli organismi entomofagi, tra cui possiamo citare alcuni *Ditteri* (ad es. la famiglia dei *Tachinidae*, parassitoide della *Nezara viridula*), alcuni Rincoti (ad es. gli *Antocoridi* contro *Cacopsylla pyri*) ed alcuni *Coleotteri* (ad es. *Coccinellidi* contro gli *afidi*). Per quanto riguarda gli uccelli, in alcuni casi risultano utili ma, essendo insettivori polifagi,

non selezionano le prede; dunque, prederanno sia insetti fitofagi che entomofagi. Mayne et al. (2023) lo hanno dimostrato nel New England, tramite coltivazioni coperte e non di *Brassicaceae* e *Cucurbitaceae*, in cui quelle coperte hanno avuti maggiori attacchi di insetti fitofagi. Invece, nel test con le *Solanaceae*, le parcelle coperte hanno avuto meno attacchi. Clarence Glacken nel suo libro “*Traces of Rhodian Shore: Nature and Culture in Western Thought from Ancient Time to the End of Eighteenth Century*” (1967) riportò come la correlazione tra fauna selvatica ed agricoltura fu notata anche da Benjamin Franklin nel 1749, che affermò come proprio nel New England i maiscoltori cominciarono ad eliminare i merli, in quanto divoratori dei germogli delle loro coltivazioni. Di conseguenza, diminuirono i merli, ma aumentò la presenza di un “verme” (con ogni probabilità un lepidottero) che anch’esso divorava le loro piantine.

Secondo la stazione ornitologica di Sempach (Svizzera) non tutti gli uccelli beneficiano dei sistemi agroforestali: quaglia, allodola cutrettola e pavoncella sono uccelli evolutisi nella prateria e beneficiano, quindi, di spazi molto aperti. In questo momento non sussiste il problema, essendo i sistemi agro-forestali ancora poco diffusi in Europa, ma risulta importante specificare come, in un modello ideale di agricoltura, i sistemi agro-forestali debbano alternarsi con sistemi agricoli formati da colture da reddito erbacee, specie selvatiche arbustive e prati parzialmente e perennemente incolti (zone dove prosperano anche lepri e fagiani, altri animali che beneficiano di zone pianeggianti solo parzialmente alberate).

Questo aiuto dato dall’entomofauna risulta più forte nel caso di sistemi agroforestali o di aziende con infrastrutture ecologiche in cui la coltura principale da reddito è una perenne (come nel precedente caso del vigneto) o, comunque, una poliennale (ad es. erba medica), in quanto nelle colture a ciclo più breve gli interventi antropici sono più concentrati in un periodo più limitato. Da ricordare, però, che gli effetti benefici dell’agro-forestazione da un punto di vista fito-sanitario non sono totali e, purtroppo, non sostituiscono del tutto l’utilizzo di agro-farmaci, in quanto anche gli insetti dannosi hanno un ruolo ecologico, quindi non è prevista la loro totale predazione. Inoltre, tra le fronde degli

alberi trovano riparo anche insetti ed uccelli pericolosi da un punto di vista agrario (come ad es. le cornacchie, che predano le giovani piantine di mais). Quindi, si creerà un equilibrio sicuramente più sano e naturale rispetto ai sistemi convenzionali, ma non si verificherà una totale sparizione di organismi potenzialmente pericolosi per le colture agrarie.



Figura 6. Coccinella con colonia di afidi (una delle prede principali dei coccinellidi) – foto di Flora Toscana.

La grande biomassa verde costituita dalle foglie consente inoltre l'assorbimento di CO₂, che viene utilizzata dal metabolismo della pianta per la produzione di zuccheri e, successivamente, parzialmente espulsa tramite gli essudati radicali. Questo consente di migliorare la qualità dell'aria, rendendo i sistemi agroforestali benefici anche per tutto l'ambiente circostante. Successivamente le foglie morte, una volta depositatesi sul suolo, contribuiscono alla formazione di una pacciamatura vegetale che consente la creazione di sostanza organica. Ovviamente, non in quantità tali da rendere il sistema autonomo da un punto di vista del rifornimento dei nutrienti per la coltura agraria, ma sicuramente

costituisce un contributo interessante al contrasto della erosione del suolo (problema sempre attuale nei terreni sottoposti a lavorazioni agricole).

La maggior parte delle volte, due piante molto vicine tendono a farsi competizione per lo spazio e per le risorse nutritive, sviluppando metodi di lotta come l'*allelopatia*. La competizione radicale all'interno del sistema agroforestale è ovviata in maniera assai efficiente: le radici arboree, avvertendo la presenza di numerosissime radici di piante erbacee, si inoltreranno negli strati più profondi del suolo, in modo da esplorare orizzonti scevri da competizioni radicali. Questa situazione porta, oltre ad evitare competizione nell'assorbimento di acqua e nutrienti, alla creazione di radici profonde, in grado di fornire acqua e sostanze nutritive all'albero anche nei periodi più siccitosi. Inoltre, molto interessante è il meccanismo di espulsione di essudati radicali da parte di ogni specie vegetale. Queste sostanze espulse (aminoacidi, acidi organici, sostanze zuccherine) sono sostanze di scarto del metabolismo della pianta. Esse, una volta espulse, andranno a nutrire batteri e funghi presenti nella rizosfera (tra cui i molto apprezzati PGPR), in grado non solo di rendere disponibili alcuni importanti nutrienti (es il Fe), ma anche di limitare la presenza di quelli patogeni.

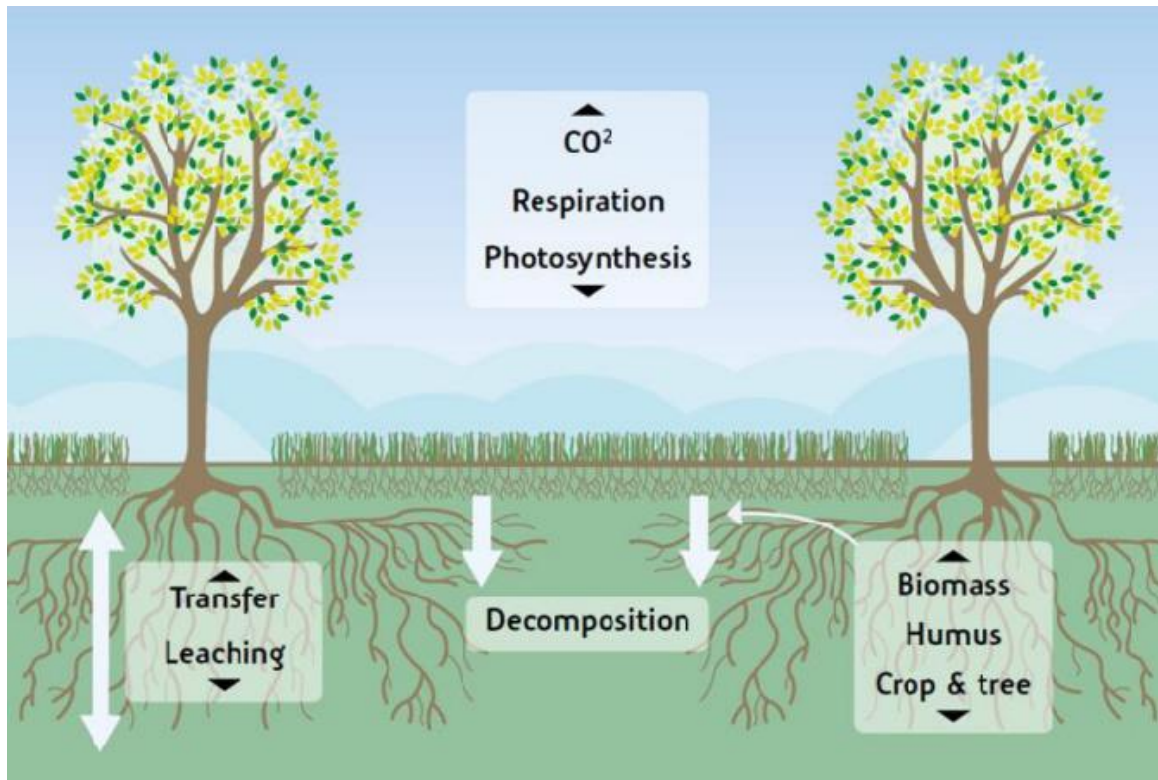


Figura 7. Le radici degli alberi tendono ad evitare la competizione radicale con le colture agrarie adiacenti esplorando, di conseguenza, orizzonti di terreno più profondi e ricchi di acqua (immagine di Venetoagricoltura.org).

Accanto a questo complesso meccanismo, non si può non citare un'altra relazione simbiotica: la *micorriza*. Una *micorriza* è un rapporto simbiotico tra le radici di una pianta ed un fungo. Il fungo riceve carboidrati dalla pianta (la pianta, tramite la *fotosintesi clorofiliana*, è molto ricca di questi fotosintati), ed in cambio il fungo fornisce elementi chimici alla pianta come N e P. Secondo Ingleby et al. (2007), alberi forestali e colture erbacee agrarie condividono le stesse *micorrize arbuscolari* (in questo studio il rapporto simbiotico fungino è avvenuto tra *Calliandra calthotirsus* e coltivazioni di mais e fagiolo), rendendo gli alberi una interessante attrazione per spore di funghi micorrizici.

1.4. INTERAZIONI TRA ALBERI ED ANIMALI

La presenza di alberi forestali nei sistemi agricoli può apportare interessanti vantaggi anche in ambito zootecnico. L'ombra degli alberi in un sistema zootecnico brado o semi-brado consente agli animali un riparo nei momenti più caldi della giornata nel periodo primaverile-estivo, ed una protezione dal vento e dalla pioggia durante tutto l'anno. Le foglie degli alberi rappresentano una fonte integrativa di cibo per gli animali al pascolo (es. *Medicago arborea*, oppure germogli nel caso di allevamento di capre), anche in quei periodi siccitosi in cui le essenze erbacee risultano meno presenti a causa della scarsità di pioggia. Gli animali, inoltre, possono usufruire con piacere anche di eventuali infruttescenze degli alberi (ad esempio le carrube e le ghiande nel caso dei suini, arricchendo così in maniera gratuita la loro dieta). Si noti come il 50 % dell'alimentazione ovina derivi da specie legnose, mentre nel caso dei bovini la percentuale di cibo derivante da vegetali di origine arborea si attesta intorno al 25-30% (Pisseri et al., 2022). Inoltre, le radici degli alberi beneficiano direttamente degli escrementi degli animali allevati, consentendo anche una riduzione della quantità di nitrati destinati a finire in falda acquifera. Il passaggio e, più in generale, il movimento degli animali sul terreno crea una sorta di "pre-lavorazione" del terreno, che non solo verrà arricchito da un punto di vista batterico dalle feci degli animali, ma che verrà quindi anche parzialmente arieggiato, creando le condizioni ideali per una successiva coltivazione.

Sistema silvopastorale può anche essere considerato (seppur non con gli stessi vantaggi per gli animali del sistema silvopastorale "classico") un sistema di pascolo zootecnico associato a frutteto o vigneto. In questo caso l'ombreggiamento sarà sicuramente minore, ma gli animali contribuiranno al contenimento delle erbe spontanee tra i filari, fertilizzando e muovendo al contempo il terreno. Ovviamente si tratta sempre di pascolo, ergo la razione degli alimenti sarà meno precisa e l'esposizione a predatori e parassiti sarà maggiore, ma si tratta sicuramente di una evoluzione rispetto al pascolo tradizionale senza alberi.

Nel caso di sistemi silvopastorali in cui gli alberi sono disposti in maniera molto fitta (imitando, quindi, un sistema boschivo), sarà più difficoltoso il raduno ed il controllo degli animali, per cui la manodopera risulterà maggiore. Anche nel caso dei sistemi silvopastorali, si potrà procedere con l'integrazione del reddito derivante dagli alberi (frutta, miele, legna). La progettazione di un sistema silvopastorale dovrà, però, essere oculata, in quanto risulta indispensabile l'utilizzo di specie arboree poco competitive con le essenze erbacee (ginestra, erica e cisto presentano questa problematica), e considerare che l'ombreggiamento (con tutti i vantaggi che porta) può anche creare diradamenti erbacei nelle zone ombreggiate dalle chiome. Si può, di conseguenza, ricorrere al pascolo "rinforzato", vale a dire la semina di essenze erbacee ottimali per la dieta dell'animale (ad es. erba medica, loietto, festuca, trifoglio, veccia), in modo da avere molta sostanza secca per ettaro, e sopperire al meglio ad eventuali diradamenti dovuti alla competizione radicale ed agli ombreggiamenti, oltre a limitare la crescita delle specie poco appetibili per il bestiame come l'*Avena barbata* e l'*Avena fatua*.

Una grande attenzione dovrà essere prestata alla rusticità degli animali al pascolo: essendo all'aperto e essendo presenti anche alberi, saranno maggiori le probabilità di contatto con animali selvatici. Si dovranno selezionare razze adatte al pascolo, rustiche con un sistema immunitario forte. La presenza di alberi (a filari e, soprattutto, in forma di boschi) farà in modo che animali selvatici vi trovino rifugio, creando possibili complicanze soprattutto per quanto riguarda i suini (possibili incroci con cinghiali). In questo caso, si consiglia di recintare l'intera zona di pascolo. I recinti sono, comunque, consigliati in tutti i tipi di pascolo, per evitare anche l'accesso di predatori (volpi e lupi).



Figura 8. Bovini da allevamento stazionano presso l'ombra di alcuni alberi (foto di V. Porfirio da Silva)

Nel bacino mediterraneo orientale il sistema silvopastorale ricopre storicamente un ruolo importantissimo nell'economia rurale. *Dehesas* in Spagna, *montados* in Portogallo e *meriagos* in Sardegna costituiscono una antica e diffusissima tipologia di conduzione di terreni più o meno marginali, dove il pascolo di animali si fonde alla coltivazione di leccio, faggio, quercia e sughera per la produzione di legname e sughero. Le *Dehesas* spagnole sono note per essere luogo di allevamento dei famosi tori da Corrida. Si tratta di realtà molto importanti non solo da un punto di vista agricolo e tradizionale, ma anche da un punto di vista ambientale: nel caso della Spagna, ivi trovano rifugio molti animali selvatici come l'avvoltoio grifone, il capovaccaio, l'aquila imperiale spagnola, la lince iberica e la lucertola ocellata. Negli ultimi 30 anni i conduttori di queste realtà lamentano perdite economiche tra i 200 ed i 500 €/ha, a causa del calo dei prezzi dei generi alimentari (dovuto sia alla concorrenza con realtà intensive economicamente più efficienti, sia alla concorrenza con mercati stranieri) e degli effetti della *phythophtora*.

A tal proposito è stato istituito dal 2017 al 2021 il progetto "Life Recyclement", con lo scopo di salvaguardare i sistemi silvopastorali mediterranei in Spagna, Portogallo ed Italia promuovendo

l'ottimizzazione della conduzione agricola (limitazione degli sprechi aziendali tramite l'economia circolare), l'incremento dei prodotti vendibili derivanti dalle aziende (non solo prodotti animali e legna, ma anche tartufi e funghi), la promozione dei propri prodotti (approfittare della crescente popolarità della carne grass-fed), il miglioramento della sostanza organica nel suolo (al fine di combattere la erosione del suolo) e l'aumento della biodiversità (tramite l'aumento del numero delle specie arboree coltivate, al fine di prevenire l'insorgenza di fito-patologie).



Figura 9. Bovini al pascolo presso un meriàgu (foto di Agris - Sardegna Agricoltura). In sardo “meriàgu” indica un luogo ombroso, anche un grande albero con fisionomia tipica (chioma espansa), sotto il quale il bestiame si protegge dal sole estivo (Frau, 2003).

3.4 SCELTA DELLE SPECIE ARBOREE

La scelta delle specie arboree è una delle scelte più importanti nella impostazione di un sistema agroforestale. Possono essere scelti alberi da frutto, alberi forestali, alberi azoto-fissatori, da miele, da legna, da foraggio, officinali. Si consigliano, per quanto riguarda le varietà di alberi da frutto, varietà più resistenti e rustiche possibili: una varietà moderna molto produttiva ma anche molto suscettibile da un punto di vista fito-sanitario renderebbe necessari molti interventi da parte dell'operatore, portando il sistema agroforestale lontano dalla sua naturalezza, rendendo non solo difficoltose le interazioni naturali tra gli alberi, la coltura erbacea e l'ambiente circostante (radici corte, pochissimo ombreggiamento, barriera frangi-vento ridotta e biodiversità scarsa), ma anche disturbando la coltura erbacea affiancata agli alberi con continui passaggi di macchinari, e rischiando di contaminarla con prodotti fito-sanitari. La scelta di varietà da frutto rustiche senza porta-innesti nanizzanti e/o l'utilizzo di specie forestali (da adattare alla zona, ad es. in Veneto pioppi, paulownie, salici, farnie ecc...) consente interazioni naturali e protezione migliore. La manutenzione sarà indispensabile, ma sicuramente minore rispetto all'utilizzo di varietà da frutto commerciali.

Ecco una lista di possibili specie arboree da integrare in un sistema agroforestale nel contesto della pianura padano-veneta:

- **Pioppo** (*Populus* sp.): pianta da legno di buona qualità, ampiamente utilizzata in contesto agroforestale per accostare alla produzione agricola erbacea la produzione di legno. Dimensioni non eccessive (altezza circa 25 m dopo 10 anni), le operazioni di contenimento non risultano problematiche;
- **Paulownia** (*Paulownia*): pianta di origine asiatica, utilizzata per la produzione di legno, è dotata di crescita molto veloce e dimensioni notevoli (fino a 15 m. in tre anni, motivo per cui va contenuta tramite potature, anche per poter ottimizzare l'induzione a legno a fini

commerciali). E' anche una pianta molto apprezzata da un punto di vista mellifero. Sono ancora in corso, però, le sperimentazioni per trovare varietà adatte alle esigenze industriali;

- **Robinia** (*Robinia pseudoacacia* L.): albero molto rustico, tipico delle zone rurali del Nord-Italia, ma originario dell'America Meridionale e Centrale. Possiede legno molto resistente, ma tende ad essere molto invasiva, motivo per cui richiede molto contenimento. È una Fabacea (azoto-fissatrice), dunque contribuisce all'arricchimento di azoto al terreno;
- **Noce** (*Juglans* L.): albero largamente coltivato per la produzione di noci, può anche essere utilizzato per la produzione di legno pregiato;
- **Farnia** (*Quercus robur* L.) e **salice** (*Salix* L.): entrambe specie forestali, rustiche e di dimensioni notevoli, motivo per cui vanno contenute con potature. Anche queste specie possono essere utilizzate per la produzione di legno;
- **Rosa canina** (*Rosa canina* L.) e **ginestra** (*Ginestae* (Bronn.) Dumort): arbusti di dimensioni molto contenute (dai 2 ai 7 m circa), facili da contenere ma con ridotti effetto frangivento ed ombreggiamento. Grandissima rusticità, la ginestra è anche molto utile ai fini melliferi;
- **Erba medica arborea** (*Medicago arborea* L.): fabacea azoto-fissatrice, è un arbusto delle stesse dimensioni della ginestra; le foglie sono molto apprezzate dal bestiame.
- **Gelso bianco** (*Morus alba* L.) e **frassino** (*Fraxinus* L.): piante di dimensioni grandi, molto ombrosi, possiedono foglie molto nutrienti per le vacche in lattazione, in quanto aventi buona digeribilità e degradazione azotata;
- **Olmo** (*Ulmus* L.) ed **ontano napoletano** (*Alnus cordata* (Loisel.) Duby): alberi anch'essi grandi, con foglie adatte a bovini con minori esigenze, come ad esempio vitelli e vacche in asciutta.



Figura 10. Una vacca al pascolo mangia dalla fronda di un albero (foto di K-State.edu).

Il pioppo è la pianta che in Italia sta avendo più successo tra i coltivatori di sistemi agroforestali, in particolare nel Nord Italia. La sua velocità di crescita, la buona qualità del suo legno, la sua grande adattabilità a terreni marginali come quelli golenali, un mercato alla ricerca di questa tipologia di legno, la recente introduzione di cloni “MSA” (Maggior Sostenibilità Ambientale – vale a dire cloni resistenti a varie avversità come l’afide lanigero, bronzatura e defogliazione primaverile, con conseguente minor utilizzo di agro-farmaci) ed una grande varietà di areali vocati per la sua coltivazione (tutta l’Europa, le Americhe e l’Estremo Oriente) l’hanno reso una coltivazione ormai assolutamente tipica del Nord-Italia (e di vari paesi europei come Spagna, Francia e Romania). Da notare, infatti, che il pioppo è un albero tipico europeo, che trova anche in Italia il suo originale areale di sviluppo.

Secondo Giuseppe Nervo del Crea Foreste e Legno, la produzione e la trasformazione del legno da pioppo in Italia occupano circa 77000 imprese e 320000 addetti, con un fatturato di circa 42 miliardi

di €. Le imprese agricole impiegate in questa coltura sono circa 10000, e coltivano una superficie di circa 46100 ha (da notare come negli anni '80 la superficie italiana fosse di circa 110000 ha). Circa il 70% della pioppicoltura italiana si trova in Lombardia e Piemonte. Fuori dall'Europa, il Canada svetta con 30,3 milioni di ha, seguito da Russia (24,7 milioni di ha), U.S.A. (17,7 milioni di ha) e Cina (2,5 milioni di ha) (propopulus.eu). Alla luce di ciò che la FAO afferma, cioè che entro il 2050 circa la metà della richiesta di legno proverrà da foreste a ciclo breve (ad es. coltivazioni di pioppi), le precedenti enormi estensioni non dovrebbero sorprendere. Sempre secondo il CREA Foreste e Legno, l'industria del legno italiana risulta fortemente dipendente dall'estero, con oltre il 50% del legno di pioppo lavorato proveniente da altri paesi. Da questo si deduce come il mercato nazionale italiano richieda a gran voce pioppo *Made in Italy*, richiesta che anche i sistemi agroforestali possono contribuire a soddisfare. Da un punto di vista economico, Giuseppe Nervo del CREA Foreste e Legno afferma come la redditività possa essere discreta: in un pioppeto sono presenti tra le 270 e le 300 piante, le quali verranno vendute a fine ciclo (10 anni circa) intorno ai 100 €. Ipotizzando una presenza di 300 piante, il ricavo lordo per ettaro arriva ai 30 000 €. Le spese colturali si aggirano attorno agli 8000 €/ha, portando il ricavo netto a 22000 €/ha circa (2200 €/ha all'anno). Gli interventi colturali sono pochi (si tratta di piante che chiedono solo P e K in terreni poco dotati, mentre per quanto riguarda il lato fitosanitario i cloni MSA hanno dato buone soddisfazioni), quindi questo può essere un incentivo a considerare questa coltura, ma sussiste un problema: la lunghezza del ciclo colturale. Se in questo momento una pianta viene venduta a 100 € circa, tra 10 anni non sappiamo come sarà il mercato. Ad esempio, in passato le aziende trasformatrici compravano legno di pioppo straniero a 70 € (ben 30 € in meno a pianta, ma con un calo della qualità del legno). Ciò che può aiutare gli agricoltori sono contratti di filiera e (probabilmente, in quanto si tratta ancora di un mercato in fase embrionale di cui si sa ben poco) l'integrazione con contributi derivanti dalla vendita di quote di CO2 stoccata.

3.5 AGROFORESTAZIONE E PAC

In Italia sono presenti circa 106100 ha di sistemi agroforestali, mentre in Europa circa 12 milioni di ha (dato AGFORWARD). Se da un punto di vista sperimentale l'agroforestazione sta trovando sempre più spazio nei terreni di tutto il mondo, da un punto di vista contributivo le misure di finanziamento non sono ancora attraenti. La misura europea 222 (PAC 2007-2013) co-finanziava il 70% del progetto agroforestale (Cesaro et al., 2009), che doveva avere una densità arborea compresa tra i 50 ed i 100 alberi ad ettaro. A Giugno 2015 erano solo 168 le domande finanziate, cioè solo il 10% dei beneficiari previsti, vale a dire 2300 ha. Il motivo principale del fallimento di questa misura è consistito nel mancato finanziamento delle entrate perse con la riduzione della superficie e dei quintali prodotti, oltre ad una farraginosità della burocrazia attorno ai contributi europei ed alla ancora scarsa conoscenza da parte degli operatori di questa tipologia di agricoltura. In Italia, solo Lazio, Marche, Sicilia, Umbria e Veneto hanno inizialmente considerato questa misura, ma solo il Veneto ha poi realizzato un, seppur piccolo, risultato (24 ha).

Tramite la sottomisura 8.2 (PAC 2014-2020), si è cercato di prevedere la copertura anche delle spese ad ettaro per 5 anni (Marongiu et al., 2017). In Italia, anche questa misura è risultata poco attuata, in quanto solo Veneto e Puglia hanno aperto un bando, di cui quello veneto non ha avuto richieste, mentre quello pugliese 80, corrispondente a metà della somma messa a bilancio dalla Regione.

Più recentemente, le misure europee SRD05.3 e SRA28 (PAC 2023-2027) continuano il lavoro della vecchia misura 222; in questo caso vengono erogati 5000 €/ha per i sistemi silvoarabili, 4000 €/ha per i sistemi silvopastorali. Inoltre, per i primi 5 anni, gli impianti vengono finanziati con un importo tra gli 800 ed i 1500 €/ha per il loro mantenimento. Gli alberi per ettaro devono obbligatoriamente essere tra i 50 ed i 150, e devono per forza essere essenze forestali. La misura è disponibile solo in alcune regioni: Puglia, Veneto, Umbria, Toscana e Piemonte.

3.6 AGROFORESTAZIONE E CREDITI DI CARBONIO

Negli ultimi anni, politica ed istituzioni europee hanno cominciato a perseguire in maniera sempre più imponente una politica di riduzione della CO₂ nell'atmosfera, col fine dichiarato di contrastare il cambiamento climatico. Tra i progetti potenzialmente interessanti si può citare quello basato sull'acquisto di "crediti carbonio". Iniziativa in fase ancora giovanile, ma già praticata da alcuni pionieri, si basa sulla vendita di CO₂ risparmiata e stoccata nel terreno a grandi compagnie industriali, le quali compensano i loro consumi pagando chi sequestra CO₂.

Il metodo con cui si immagazzina nel terreno la CO₂ è, ovviamente, la fotosintesi clorofiliana. Tramite la piantumazione di specie arboree, l'agricoltore avrà la possibilità di guadagnare dall'assorbimento dell'anidride carbonica da parte delle piante, che poi la utilizzeranno per i loro processi metabolici, e che verrà parzialmente espulsa tramite respirazione cellulare ed essudati radicali con un netto bilancio positivo a favore della CO₂ sequestrata. Un credito carbonio equivale ad 1 tonnellata di anidride carbonica stoccata nel legno e nel terreno, e ad Agosto 2024 un credito carbonio oscillava tra i 15 ed i 39 € presso il mercato volontario dei crediti carbonio, che però non è ancora regolamentato (Frigerio, 2024; radarmagazine.net).

Una opportunità che, di conseguenza, potrebbe prospettarsi interessante per i coltivatori di sistemi agroforestali, i quali potrebbero beneficiare di una ulteriore entrata. Da evidenziare che il legno prodotto da piantagioni coltivate in cambio di crediti carbonio deve essere destinato a prodotti che durano nel tempo, in modo da non disperdere la CO₂ stoccata in maniera eccessivamente veloce (es. mobili, e non spazzolini o pannelli in compensato). Per dare una idea del carbonio stoccato dalle specie arboree, un ettaro di bosco con specie comuni italiane assorbe in un anno circa 7,74 tonnellate/ha, un pioppeto 24 tonnellate/ha mentre un ettaro di bambù addirittura 275 tonnellate circa (Frigerio, 2024; radarmagazine.net). Di certo non un modo per arricchirsi, ma un'azienda di alcune decine di ettari coltivati a sistemi agroforestali (magari, perché no, associati a *no tillage*) potrebbe

avere una ulteriore entrata economica e, quindi, affrontare le numerose spese (aumentate negli ultimi anni a causa del conflitto in Ucraina e della speculazione economica) con più serenità.

La piantumazione di alberi ai fini della vendita di crediti carbonio deve essere fatta in maniera molto oculata. Già si parla di *colonialismo carbonico*, in quanto in Estonia sono già sorte foreste monoculturali di betulle, in Portogallo di Eucalipti ed in Italia di Bambù. La monocultura assorbe anidride carbonica, ma necessita di manutenzione che poi la CO₂ la rilascia. La soluzione ottimale rimane la consociazione tra specie diverse per periodi di tempo lunghi (possibilmente dai 30 anni in su), ed i sistemi agro-silvo-pastorali potrebbero risultare ottimali a tal riguardo. Da ricordare come la riforestazione non sia utile solo all'assorbimento di CO₂, ma anche come preservazione della biodiversità vegetale ed animale.

1.8 IL PROGETTO DI VENETO AGRICOLTURA

Dal 1999 Veneto Agricoltura conduce e studia il metodo agroforestale, dedicando parte dei suoi terreni (sparsi in varie zone del Veneto) a questo tipo di agricoltura consociativa. Qui verranno prese in considerazione soprattutto l'esperienza agroforestale dell'azienda pilota di Veneto Agricoltura "Sasse-Rami", locata a Ceregnano (RO), e quella del progetto "Nicolas", dell'azienda pilota Diana di Mogliano Veneto (TV). Per quanto riguarda i progetti in questione, l'azienda Sasse-Rami dispone di 5400 metri lineari di cloni di pioppo e 1000 metri di cloni cinesi di Paulownia in agroforestazione, in questo particolare caso consociati con seminativi, mentre l'azienda Diana di 6 ha di fasce boscate a fini depurativi.

L'azienda Sasse-Rami si trova a Ceregnano (RO), nel Medio-Polesine, e comprende vari indirizzi colturali: 177,6 ha sono destinati a seminativi (di cui 8 col sistema biologico), 7,9 ha a frutticoltura, 3,5 ha a pioppicoltura ed 1 ha a paulownia. È presente anche un allevamento a terra all'aperto di varie razze avicole locali. La tessitura dei terreni è a medio-impasto, tipici dei terreni del Medio-Polesine. Essendo una azienda pilota regionale, le attività aziendali sono soprattutto finalizzate alla ricerca in ambito agricolo; un esempio tra i tanti è il progetto "A.C.F.O." (Agricoltura Conservativa Flessibile Olistica), che consiste nell'adozione di tecniche di non-inversione degli strati del suolo e di copertura vegetale dello stesso, adottata nel 50% dei suoli aziendali, da confrontare con il restante 50% dei suoli lavorati con inversione degli strati e senza colture di copertura.

Presso l'azienda pilota Sasse-Rami sono stati valutati gli accrescimenti e la produttività di cloni di pioppo a Maggior Sostenibilità Ambientale (MSA), coltivati sia in sistema agroforestale con orientamento N-S e 40 m tra un filare e l'altro (35 piante/ha) sia in sistema specializzato con sesto d'impianto 6x6 (277 piante/ha) (Piotto et al., 2024)¹. Lo studio in questione ha preso in considerazione il clone Moncalvo. Nel sistema agroforestale i pioppi hanno avuto una crescita del tronco in diametro del 16% maggiore rispetto all'impianto specializzato, ed una altezza minore

dell'8%. La minor densità per ha innescato una minor competizione radicale, e le colture erbacee hanno “spinto” in profondità le radici dei pioppi, assicurando a quest'ultimi l'accesso ad orizzonti di terreno sempre riforniti di acqua, soprattutto durante il periodo estivo. Per quanto riguarda l'altezza, la minor competizione tra piante non ha portato i cloni di pioppo a competere per la luce solare, motivo per cui i cloni mostrano altezze inferiori rispetto all'impianto specializzato. Una minore altezza ed un maggior diametro del tronco rendono le piante più gestibili per quanto riguarda le potature, con un recupero della mancata altezza standard nel diametro maggiore del tronco.

Su questi impianti agroforestali di Veneto Agricoltura è stato condotto nel 2022 uno studio riguardo la consociazione tra due varietà di frumento tenero ed alcune varietà di pioppo al quinto anno di età (Panozzo et al., 2022). I cloni di pioppo presi in considerazione sono stati Moncalvo e Mella, mentre le due varietà di frumento tenero messe a confronto sono state Arkeos (CGS Sementi, Terni, Italia) ed LG Ayrton (Limagrain Italia, Parma, Italia). I punti di campionamento sono stati tre per ogni distanza dal filare: H (altezza dell'albero, cioè 12 m), 1/2H (quindi 6 m) e C (centro del campo, in questo caso 20 m dai filari). Ebbene, allo stadio di spigatura (20 Aprile) l'umidità del suolo presso le distanze 1/2H ed H è risultata minore dello 0,5%, a causa probabilmente della competizione radicale (minore umidità del suolo è stata riscontrata nel lato est di filari, a causa dell'ombreggiamento pomeridiano). L'indice NDVI (contenuto di clorofilla) è risultato maggiore presso le distanze H e 1/2H rispetto a C (rispettivamente +12% e +3%). La resa non ha subito particolari variazioni, attestandosi al +4% per Arkeos, ed al +13% per LG Ayrton. Peso di 1000 semi ed indice di raccolta non hanno subito variazioni significative. Soddisfacenti, invece, i risultati nel contenuto proteico (dal +0,3% al + 3,8%), e fino al + 3,1% di aumento del glutine umido.



Figura 11. Soia tra i filari di pioppo presso l'azienda Sasse-Rami (foto di Simone Piotto)

Esperienza diversa ma altrettanto interessante quella portata avanti dall'azienda Diana. L'azienda pilota Diana, a Mogliano Veneto (TV). Essa possiede 117,5 ha, di cui 35 per l'arboricoltura da legno, 6 per le fasce boscate depurative, 70 per i seminativi (mais, colza e frumento) e 6,6 di vigneto. Presso questa azienda pilota e dimostrativa sono stati impiantati 30 ha di fasce tampone a blocchi formati da due fasce di 0,35 ha ognuno (15 x 200 m) ed uno da 5 x 200 m presso la località Bosiolo, lungo il corso del fiume Zero. Questo fiume risulta contenere molti inquinanti di origine azotata (nitrati ed azoto ammoniacale) derivanti dalle attività agricole della zona. Ogni appezzamento di fasce tampone contiene salice bianco, salice da ceste, ontano nero, farnia, orniello, frangola, biancospino, nocciolo ed acero campestre. La differenza di larghezza tra fasce tampone è servita per confrontare il filtraggio di composti azotati tra fasce larghe e fasce strette.

Il risultato è stato molto soddisfacente: le piante, a due anni di impianto (4-5 anni di età) hanno filtrato fino al 60% dell'azoto proveniente dal fiume Zero (168 Kg/ha/anno), mentre fasce di 5 metri e di 15

metri di larghezza hanno sortito lo stesso risultato, evidenziando come le fasce di 5 m di larghezza risultino ugualmente filtranti e, quindi, più efficienti in quanto meno spaziose. Il motivo di questo filtraggio di inquinanti azotati (che possono finire in falda acquifera causando inquinamento delle acque e successiva eutrofizzazione) consiste sia nell'assorbimento radicale di nitrati ed azoto ammoniacale, sia nella trasformazione da parte di alcuni batteri nitrofilo della rizosfera delle piante in azoto atmosferico (N₂).



Figura 12. Scorcio dell'area boschiva depurativa "Nicolas", a Mogliano Veneto (TV) (foto di Consorzio di Bonifica "Acque Risorgive").

Come scritto in precedenza, il sistema agroforestale imita le interazioni naturali tra le specie vegetali ma, allo stesso tempo, va ricordato che esso è inserito in un contesto agricolo antropizzato, ergo necessita di manutenzione se si vogliono apprezzare tutti i lati vantaggiosi di questa agricoltura. Potature e decespugliazioni sono indispensabili non solo per assicurare la sicurezza all'operatore agricolo (es. per evitare cadute accidentali di rami pesanti), ma anche per limitare l'eccessivo

ombreggiamento che le fronde causerebbero se non gestiti, causando eccessive perdite di produzione. Volendo incrementare l'utilità dei sistemi agro-forestali, i rami tagliati possono essere utilizzati sia come legna da ardere, sia come compost per il miglioramento della struttura del suolo (triturazione in cippato della legna, e successivo mescolamento con materiale organico azotato, per la formazione di un compost equilibrato).

5 SCOPO DELLA TESI

Le relazioni che si creano nei sistemi agroforestali, in particolare nei sistemi silvoarabili, non sono ancora state studiate completamente. La scarsità di dati sul tema scoraggia ancora molti agricoltori che sono frenati dall'incertezza degli effetti degli alberi sulle rese delle colture erbacee consociate..

In questo contesto, il presente lavoro di tesi ha avuto l'obiettivo di analizzare il microclima e la produttività di cloni di pioppo a Maggior Sostenibilità Ambientale (MSA) e dell'orzo coltivati in un sistema silvoarabile, e compararle rispetto a sistemi monocolturali.

3 MATERIALI E METODI

3.1 DESCRIZIONE DELSITO

3.1.1 INQUADRAMENTO PEDOCLIMATICO

La prova sperimentale è stata eseguita presso l’Azienda pilota e dimostrativa “Sasse Rami” di Veneto Agricoltura, situata nel Comune di Ceregnano, in provincia di Rovigo.

Sulle superfici aziendali ogni anno vengono alternati seminativi, gestiti con tecniche conservative.

L’orografia è pianeggiante e l’altitudine dell’area varia intorno ad 1 m.s.l.m. Il terreno del sito oggetto di studio è di tipo alluvionale, la tessitura è argillosa-limosa (22% sabbia; 47% limo; 31% argilla) e il pH è alcalino (8,0). La falda ha una profondità più o meno variabile.

Il clima della zona è temperato, quello tipico della pianura padana, gli inverni sono freddi e umidi mentre le estati sono calde e secche. La temperatura media annua è di 13,7 °C, l’umidità dell’aria è molto elevata e la precipitazione cumulata media annua è pari a 727 mm.

Di seguito viene riportata la temperatura media mensile (figura 13) e la precipitazione cumulata mensile (figura 14), da novembre 2023 a settembre 2024, a confronto con l’andamento storico dei due parametri (ARPAV, stazione di Villadose).

Le temperature medie mensili seguano l’andamento storico del periodo 2013-2023. Nel 2024 le precipitazioni mensili sono state superiori all’andamento medio degli ultimi 10 anni per la maggior parte dei mesi, salvo che per i mesi di novembre 2023, dicembre 2023 e maggio che sono stati più secchi rispetto all’andamento storico. In particolare, nel 2024 a giugno (152,4 mm) e settembre (138,8 mm) è piovuto più del doppio rispetto alla media degli ultimi 10 anni (53,5 mm per giugno e 58,4 mm per settembre).

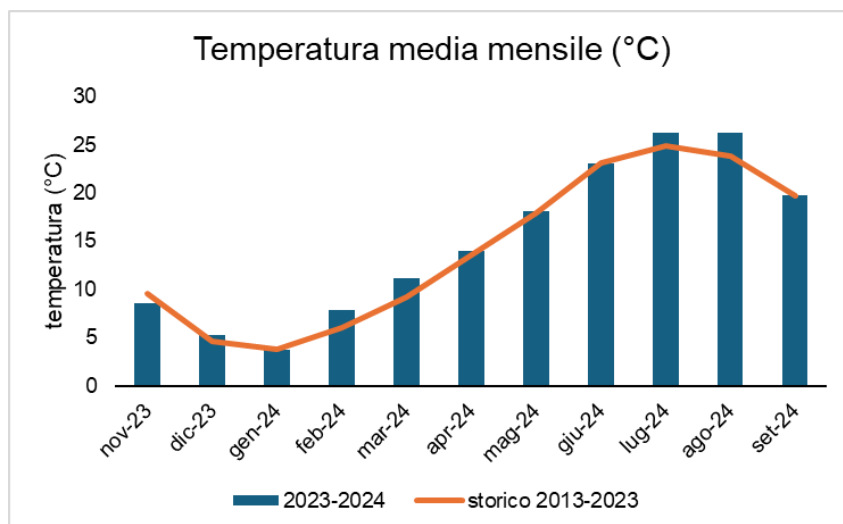


Figura 13: Andamento temperature, stazione Villadose (Arpav)

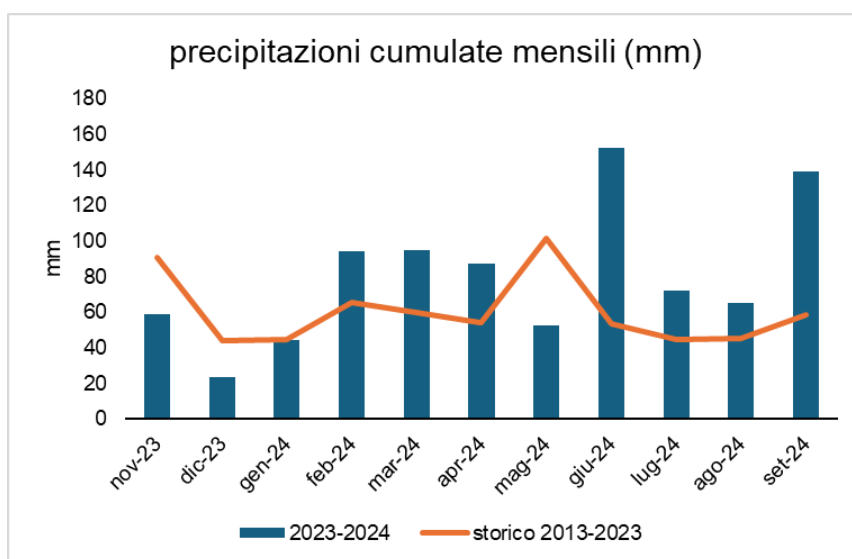


Figura 14: Andamento pluviometrico, stazione Villadose (Arpav)

3.2 SISTEMI DI COLTIVAZIONE

Per quanto riguarda la coltivazione del pioppo nell'azienda sperimentale i cloni MSA (Maggior Sostenibilità Ambientale) sono stati piantati nel febbraio del 2018. I 14 cloni messi a dimora sono stati selezionati dal CREA (Centro di ricerca Foreste e Legno di casale Monferrato). I cloni a

In totale gli alberi in questo sistema sono 243, con una densità di 35 piante a ettaro. Tra i filari di pioppo ogni anno vengono effettuate diverse prove con vari seminativi a rotazione. Quest'anno il seminativo consociato è stato l'orzo, con una coltura di copertura seminata successivamente alla raccolta. Nel 2023 invece sono stati coltivati frumento e mais.

I filari sono disposti in direzione Nord-Sud e hanno lunghezza variabile. I cloni utilizzati sono gli stessi del pioppeto specializzato, ogni filare ha massimo due cloni MSA. In totale il sistema copre una superficie di circa 8 ettari. Di seguito in figura 16 si riporta l'elenco dei cloni presenti nel sistema agroforestale e la relativa disposizione nei filari.



LEGENDA		
<i>Fila</i>	<i>Cloni</i>	<i>Lunghezza totale filare (metri)</i>
1	Tucano (16 pt) + Lena (16 pt)	192
2	Taro (16 pt) + Lux (16 pt)	192
3	Brenta (21 pt) + Soligo (21)	252
4	Mombello (15 pt) + Moletto (15 pt)	180
5	Mella (21 pt) + Lena (6 pt)	162
6	Aleramo (19 pt) + Lena (6 pt)	150
7	Moncalvo (23 pt)	138
8	Dvina (15 pt) + Soligo (1 pt)	96
9	Soligo (17 pt)	102

Figura 16: elenco e disposizione cloni nel sistema silvoarabile

3.3 SCHEMA DEI CAMPIONAMENTI

I campionamenti per svolgere le analisi di questo lavoro di tesi sono stati eseguiti sia nel pioppeto specializzato (figura 17) che nel sistema silvoarabile (figura 18). Tra i vari cloni presenti ne sono stati scelti tre: Tucano, Aleramo e Moncalvo. Sono cloni MSA con rese produttive interessanti, ma soprattutto sono contraddistinti da epoche di fogliazione diverse che determinano possibili effetti differenti sulla coltura erbacea. In particolare, Aleramo ha una germogliazione precoce, Moncalvo medio-precoce e Tucano medio-tardiva.

Sono stati scelti in totale 18 piante oggetto di misurazioni, di cui 9 nel pioppeto specializzato e 9 nel sistema alley-cropping, con 3 repliche per clone in entrambi i sistemi.



Figura 17 Pioppi dell'azienda "Sasse-Rami" campionati (foto di Bongiovanni)



Figura 18 Scorci dei sistemi silvoarabili presso la stessa azienda (foto di Bongiovanni)

L'orzo è stato invece campionato sia ad Est e ad Ovest del filare di pioppo del clone Moncalvo. I campioni di orzo sono stati raccolti lungo transetti ortogonali a quattro diverse distanze dal filare (+3m, +6m, +12m, +20m) nelle due direzioni. Per ogni distanza si sono eseguite 3 repliche, per un totale di 24 punti di campionamento.

I punti di campionamento a distanza +20m dal filare, in entrambe le direzioni, sono stati utilizzati come controllo perché si assume che a questa distanza l'effetto dell'albero sulla coltura sia pressoché nullo, ovvero le condizioni sono simili a quelle dell'orzo coltivato in pieno campo. Quindi i dati raccolti a questa distanza sono stati confrontati con i dati raccolti alle altre distanze, dove l'albero ha un'influenza maggiore sulla coltura erbacea.

3.4 OPERAZIONI COLTURALI

3.4.1 PIOPPO

In entrambi i sistemi sono state svolte due potature l'anno, una in inverno e una a fine luglio/inizio agosto per la gestione degli accrescimenti.

3.4.2 ORZO

Per quanto riguarda le operazioni colturali dell'orzo è stata effettuata una concimazione presemina di 200 kg/ha (8-24-24) il 31/10/2023. Il 09/11/2023 il terreno è stato lavorato con un dissodatore.

La semina è stata eseguita mediante una seminatrice combinata con erpice rotante il 17/11/2023, nello specifico con 180 kg/ha di seme "Rafaela" e 150 kg/ha di seme "Mochina".

Sono state eseguite due concimazioni di copertura, una in data 06/02/2024 con 170 kg/ha di Nitrato ammonico (27) e l'altra in data 05/04/2024 con 100 kg/ha di Urea (46). In data 25/03/2024 è stato eseguito un diserbo/trattamento con 50 g/ha di Granstar ultra sx e 0,8 l/ha di Amnistar.

La raccolta è avvenuta il 21/06/2024.

3.5 PARAMETRI MICROCLIMATICI

Nei due sistemi di coltivazione a confronto, sono stati misurati i seguenti parametri microclimatici:

- Il **contenuto idrico** dei primi 30 cm di suolo (volume water content VWC in m^3/m^3) mediante rifrattometro (TDR CS 650).
- La **temperatura dell'aria** a 2 m di altezza (T°).
- La **radiazione luminosa** utilizzabile (*Photosynthetic Active Radiation* PAR).

Nel pioppeto specializzato i sensori sono stati collocati all'interno di due stazioni posizionate tra le piante dei cloni oggetto di studio. Nel sistema silvoarabile i sensori si trovano sia lungo i tre

filari con i cloni di Aleramo, Moncalvo e Tucano, per misurare i parametri relativi alle condizioni stazionali degli alberi, sia lungo il transetto di campionamento dell'orzo, nelle quattro distanze +3m, +6m, +12m e +20m.

3.6 ACCRESCIMENTI DEL PIOPPO

Per determinare l'accrescimento dei cloni di pioppo oggetto di studio sono stati misurati i diametri a petto d'uomo (DBH) e le altezze nel sistema specializzato e nel sistema silvoarabile. Le misurazioni sono state effettuate durante la stagione vegetativa. Nello specifico il diametro a petto d'uomo è stato misurato con un cavalletto forestale e le altezze attraverso un ipsometro Blume-Leiss.

3.7 RESA E QUALITÀ DELL'ORZO

Il 21 giugno è stata eseguita la raccolta dell'orzo mediante campionamento di tutte le piante su un'area di 1 m² in corrispondenza dei punti di campionamento. Le piante sono state successivamente trebbiate presso i lavoratori dell'azienda L. Toniolo per determinare la resa.

Per quanto riguarda la qualità della granella, è stato determinato il contenuto di proteine in % sulla sostanza secca, attraverso strumentazione NIRS.

3.8 ANALISI STATISTICA

L'analisi statistica è stata svolta utilizzando il test "ANOVA". Questo test permette di individuare le differenze tra le medie campionarie, tramite l'analisi delle varianze.

Il test ANOVA evidenzia la presenza di differenze significative.

4 RISULTATI

4.1 PARAMETRI MICROCLIMATICI

Il grafico sottostante indica la differenza di PAR tra i mesi di Aprile, Maggio e Giugno. La PAR ad Aprile alle varie distanze dai filari di pioppo risulta simile a quella del punto di controllo al centro dell'intefilare, mentre a Maggio ed a Giugno le variazioni crescono. Da notare come le differenze, seppur ovviamente presenti, non siano particolarmente grandi, fino ad un massimo di -10% della PAR (Figura 19).

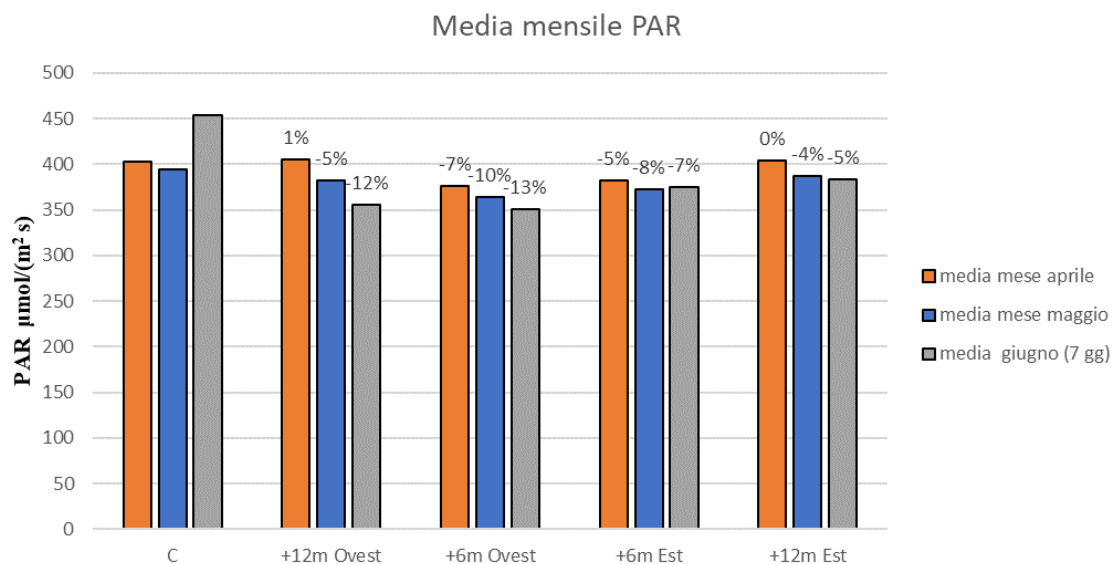


Figura 19. Indice PAR (radiazione fotosinteticamente attiva) nel sistema silvoarabile di frumento in funzione della media mensile. Misurazione svolta a 1.5m dal suolo al di sopra della coltura.

Nel seguente grafico, invece, si può notare come il contenuto idrico del suolo sia nettamente maggiore nel settore agroforestale rispetto al pioppeto specializzato (Figura 20).

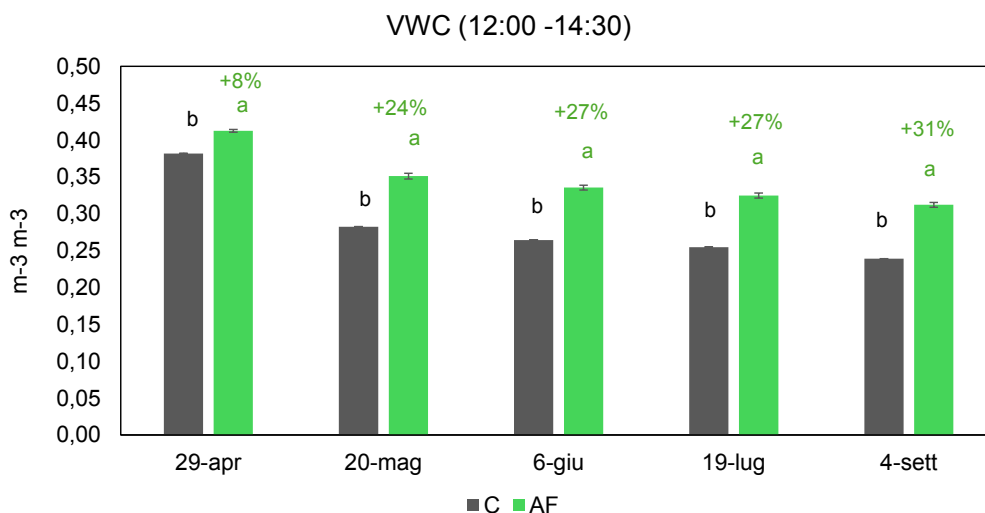


Figura 20: Contenuto idrico del suolo (volumetric water content, VWC) a mezzogiorno nel sistema agroforestale (AF) e nel pioppeto specializzato (C).

Anche la posizione nel campo influisce nei parametri. Ad Ovest le differenze nel contenuto idrico del suolo alle varie distanze risultano tra il 29 Aprile ed il 20 Maggio significativamente maggiori rispetto ad Est, con anche dei contenuti in m³ maggiori. Dunque, la riserva idrica del suolo nel settore Est risulta maggiormente conservata rispetto a quella del settore Ovest (Figura 21).

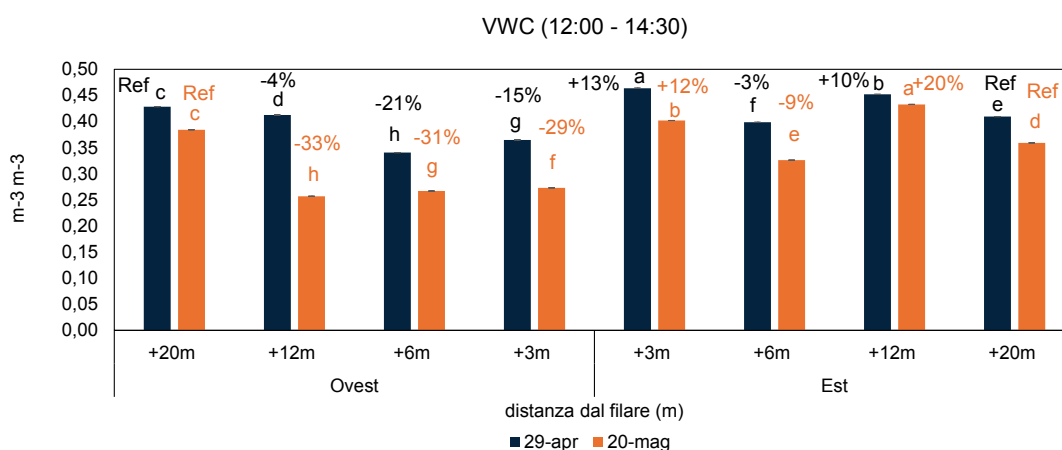


Figura 21: Contenuto idrico del suolo (volume water content, VWC) a mezzogiorno (12:00 – 14:30) nel sistema AF a distanza +20m, +12m, +6m e +3m dal filare in direzione Est ed Ovest, con significatività e variazioni % rispetto al riferimento (Ref).

4.2 ACCRESCIMENTI DEL PIOPPO

Osservando i valori di diametro medio misurato a petto d'uomo si può notare che tutti e tre i cloni hanno diametri maggiori nel sistema agroforestale (AF) rispetto al pioppeto specializzato (C). In particolare, il clone Aleramo nel sistema AF ha sviluppato diametri maggiori del 30%, il clone Moncalvo del 32% e il clone Tucano addirittura del 45%.

Per tutti e tre i cloni nel sistema AF è stato raggiunto il diametro commerciale di 30-35 cm; quindi, potenzialmente tutti e tre i cloni in questo sistema si trovano a fine turno. Il clone Tucano ha sviluppato un diametro significativamente maggiore rispetto a quelli di Aleramo e Moncalvo, precisamente $36,5 \pm 2,65$ cm rispetto a $32,8 \pm 0,43$ e $32,1 \pm 0,75$ cm.

Per quanto riguarda i cloni del sistema C i diametri non hanno ancora raggiunto ancora il diametro di recidibilità. I diametri medi dei tre cloni non mostrano differenze significative: Aleramo $24,8 \pm 0,70$ cm, Moncalvo $24,9 \pm 0,23$ cm e Tucano $25,2 \pm 0,35$ cm.

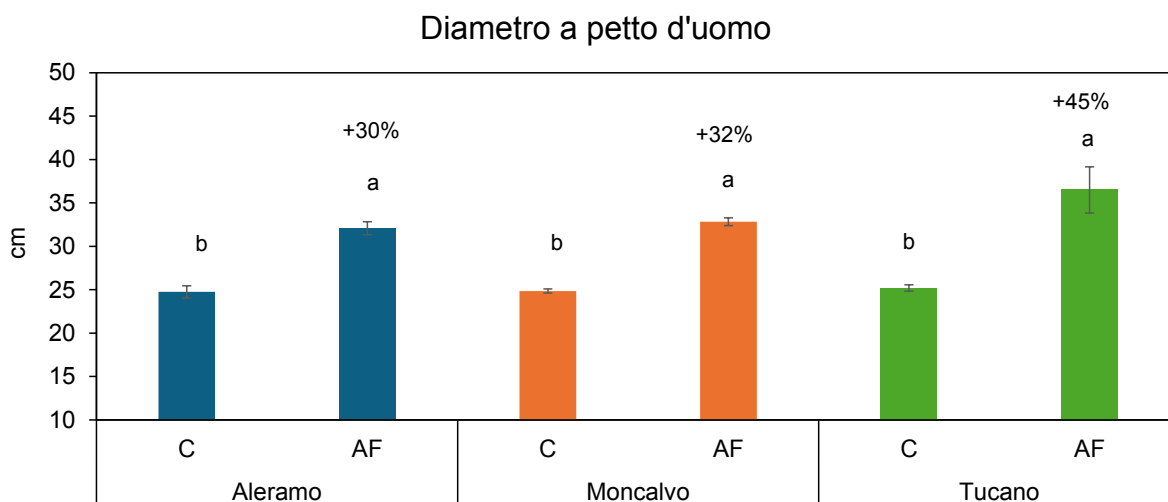


Figura 22: Diametri a petto d'uomo (cm) dei cloni Aleramo, Moncalvo e Tucano nel sistema agroforestale (AF) e nel pioppeto specializzato (C).

Per quanto riguarda le altezze medie dei tre cloni misurate nei due sistemi non vi è una differenza così marcata come nel caso dei diametri. Aleramo e Moncalvo del sistema AF mostrano altezze leggermente superiori a quelle del sistema C, rispettivamente +3% e +1% (Figura 23).

In entrambi i sistemi il clone Tucano mostra le altezze maggiori, rispettivamente $19,8 \pm 0,406$ m nel sistema C e $19,9 \pm 0,557$ m nel sistema AF. I cloni Aleramo e Moncalvo sono alti $18,7 \pm 0,29$ m e $19,0 \pm 0,42$ m nel sistema C, mentre nel sistema AF $19,4 \pm 0,16$ m e $19,2 \pm 0,03$ m.

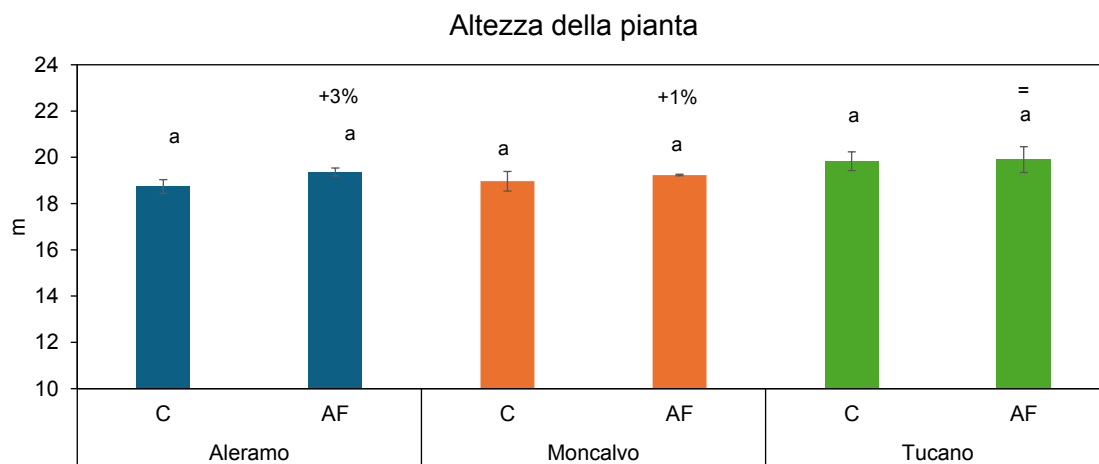


Figura 23: Altezze (m) dei cloni Aleramo, Moncalvo e Tucano nel sistema agroforestale (AF) e nel pioppeto specializzato sistema C, con significatività ed errore standard

4.3 RESA E QUALITÀ DELLA GRANELLA DI ORZO

In figura 24 sono riportate le rese in granella dell'orzo alle diverse distanze dal filare in direzione Est ed Ovest. I valori a +20m Est e +20m Ovest sono stati presi come riferimento perché le condizioni sono simili a quelle di controllo. In direzione Ovest le rese sono maggiori a tutte le distanze, soprattutto in prossimità del filare. Nello specifico +59% a +12m, +71% a +6m e +129%

a +3m. In direzione Est si è registrata una resa leggermente maggiore solo a +3m rispetto al riferimento (+3%), mentre a +6m e +12m le rese sono inferiori, rispettivamente di -19% e -17%.

Per quanto riguarda la qualità della granella è stato utilizzato come parametro il contenuto di proteine (Figura 26). Alle distanze +12m Est e +12m Ovest è stato misurato un contenuto di proteine maggiore rispetto al riferimento, rispettivamente +0,2% e +1,5%. In prossimità del filare a +6m e +3m, in entrambe le direzioni, sono stati misurati contenuti di proteine inferiori rispetto al riferimento (-3% e -3,5% ad Ovest; -2,5% e -4,2% ad Est).

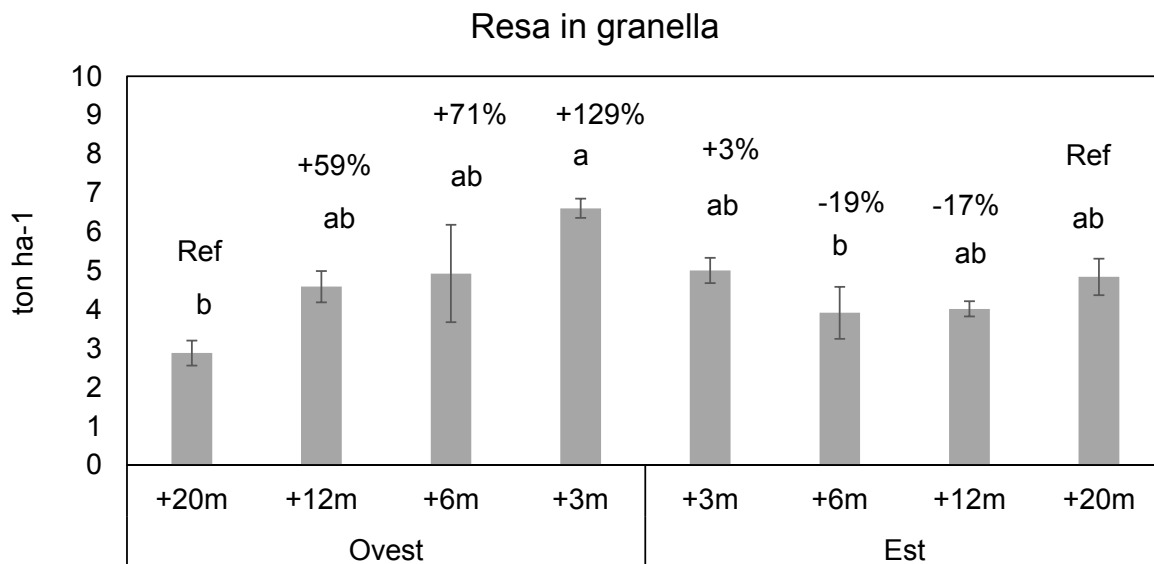


Figura 24: Resa in granella dell'orzo nel sistema AF a distanza +20m, +12m, +6m e +3m dal filare in direzione Est ed Ovest, con significatività e variazioni % rispetto al riferimento (Ref).

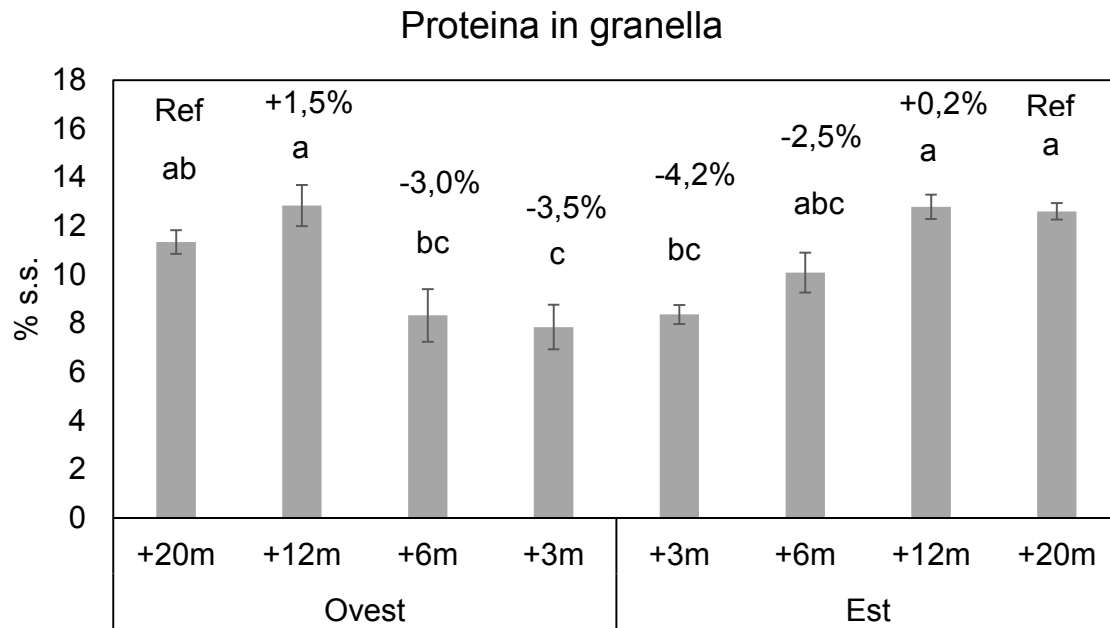


Figura 26. Qualità della granella dell'orzo come contenuto di proteina nel sistema AF a distanza +20m, +12m, +6m e +3m dal filare in direzione Est ed Ovest, con significatività e variazioni % rispetto al riferimento (Ref)

5 DISCUSSIONE

Da questo studio si è evinto che nell'appezzamento condotto ad agroforestazione l'accrescimento dei diametri dei fusti di pioppo è stato maggiore, rispettivamente del 30% in Aleramo, 32% Moncalvo e 45% in Tucano. Questo fenomeno si può spiegare tramite una chiusura stomatica maggiore dei pioppi nell'impianto specializzato, a causa della maggior competizione per la risorsa idrica, in accordo con i risultati di Piotto et al., 2024. Per quanto riguarda la quantità di granella di orzo, in direzione Ovest sono avvenute le produzioni migliori, con +59% a 12 m dal filare, +71% a 6 m e +129% a 3 m (rispetto al campione C, inteso come +20 m dal filare). A Est la situazione è stata ben diversa, con un -17% a 12 m, -19% a 6 m ed un +3% a 3 m. Per quanto riguarda la qualità della granella, misurata come contenuto proteico, a +12 m ad Est si è trovato un +0,2%, mentre a +12 m un +1,5%. Contenuti proteici inferiori si sono riscontrati, invece, a +6 m e +3 m (Est -2,5 e -4,2%. Ovest -3% e -3,5%).

Lo studio condotto da Panozzo et al. nel 2020 nel Sud della Francia, come riportato in precedenza, ha invece mostrato un calo delle produzioni in prossimità dell'ombreggiamento. Questo evidenzia come gli studi riguardo questo fenomeno non siano concordi, sottolineando come siano necessari ulteriori ricerche a riguardo. Per quanto riguarda la produzione di frumento, orzo e pioppo, nel rodigino (e, presumibilmente di conseguenza, in molte zone della Pianura Padana, per motivi di similitudine climatica e pedologica) l'agroforestazione può invece risultare una scelta vincente. Le produzioni risultano mediamente simili, se non leggermente superiori, a quelle dei sistemi agricoli convenzionali per quanto riguarda i cereali, decisamente migliori per quanto riguarda il pioppo (da ricordare, però, che la densità di piante nei sistemi agroforestali è, ovviamente, molto minore rispetto ai pioppeti specializzati. Sarebbe necessario svolgere un calcolo economico aziendale specifico per capire quale sistema di coltivazione del pioppo, specializzato o agroforestale, sia più conveniente economicamente. In più, le fasce alberate possono avere anche un effetto depurativo nei confronti delle acque inquinate da nitrati. Da tutto ciò si deduce come la consociazione con alberi possa essere molto promettente sia da un punto di vista economico, sia da un punto di vista ambientale. Urge però

comprendere se questi vantaggi dell'agroforestazione possano essere replicabili in diverse aree geografiche, con climi diversi da quello della pianura padana.

Questi risultati ci indicano come sia assolutamente possibile coltivare grano in un sistema consociato con alberi (in questo caso con pioppi), senza alterare le produzioni di granella e aumentando la qualità del prodotto. Ovviamente, si ribadisce la necessità della manutenzione alle essenze arboree, al fine di evitare eccessivi fenomeni di ombreggiamento. Sicuramente, da un punto di vista ambientale e da un punto di vista della conservazione dei suoli la presenza di alberi adiacenti alle coltivazioni può portare numerosi benefici, in quanto grandi produttori di ossigeno, grandi sequestratori di CO₂ e grandi attrattivi per funghi e batteri positivi del suolo. Non solo, ma gli apparati radicali risultano anche ottimi sistemi filtro nel caso di acque contaminate da nitrati.

6 CONCLUSIONE

Il grande interesse suscitato dall'agroforestazione e gli incoraggianti risultati ottenuti presso gli appezzamenti di Veneto Agricoltura affermano chiaramente che la cerealicoltura può essere attuata senza perdite di resa in consociazione con alberi. Le produzioni non risultano alterate, e la qualità appare perfino aumentata. Certamente la conversione dei sistemi agricoli monocolturali in sistemi agroforestali non sarà un cambiamento rapido. Ma, dopotutto, va bene così: i cambiamenti migliori, quelli duraturi, sono sempre gradualmente. Ad oggi, nonostante i risultati degli studi condotti dai numerosi ricercatori impiegati in questo settore non siano sempre univoci, possiamo trasmettere agli agricoltori un moderato ottimismo riguardo la consociazione tra colture ed alberi.

BIBLIOGRAFIA

Bacci L., e Marzialetti P. Elementi di agrometeorologia. Vol. Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: l'acqua. Capitolo 3 voll. QUADERNO ARSIA, 2004.

Barion, G., Panozzo, A., Dal Cortivo, C., Ferrari, M., Di Stefano, A., & Vameralli, T. (2021). Effects of shading orientation on soybean isoflavone concentration to predict the influence of trees in agroforestry systems. In Book of Abstracts, Agroforestry for the transition towards sustainability and bioeconomy (pp. 298-299).

Bongiovanni G. Analisi delle relazioni idriche e della produttività in un sistema silvoarabile con orzo e cloni di pioppo a Maggior Sostenibilità Ambientale, 2024 – tesi di laurea.

Cesaro, L., & Romano, R. (2009). Politiche forestali e sviluppo rurale. Situazione, prospettive e buone prassi. Quaderno-Istituto Nazionale di Economia Italiana (Italy) ita.

Chaplin-Kramer, R., & Kremen, C. (2012). Pest control experiments show benefits of complexity at landscape and local scales. *Ecological Applications*, 22(7), 1936-1948.

Charbonnier, Y., Papura, D., Touzot, O., Rhouy, N., Sentenac, G., & Rusch, A. (2021). Pest control services provided by bats in vineyard landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 306, 107207.

Dufour, L., Metay, A., Talbot, G., & Dupraz, C. (2013). Assessing light competition for cereal production in temperate agroforestry systems using experimentation and crop modelling. *Journal of agronomy and crop science*, 199(3), 217-227.

Gomiero B., Boz B. e Cornelio P. IL SITO SPERIMENTALE “NICOLAS” - Efficacia delle fasce tampone arboree nella riduzione dei carichi di azoto. Monitoraggio e sperimentazione presso l'azienda pilota e dimostrativa “Diana” di Veneto Agricoltura – Veneto Agricoltura.

Ingleby, K., Wilson, J., Munro, R. C., & Cavers, S. (2007). Mycorrhizas in agroforestry: spread and sharing of arbuscular mycorrhizal fungi between trees and crops: complementary use of molecular and microscopic approaches. *Plant and soil*, 294, 125-136.

Marongiu S. (a cura di), 2017. Interventi programmati, Priorità e Focus Area delle misure forestali nei Piani di Sviluppo Rurale 2014-2020. Analisi sulla Misura 8 e Misura 15. Rete Rurale Nazionale - MiPAAF, Roma

- Mayne, S. J., King, D. I., Andersen, J. C., & Elkinton, J. S. (2023). Crop-specific effectiveness of birds as agents of pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 348, 108395.
- Mosquera-Losada, M. R., McAdam, J. H., Romero-Franco, R., Santiago-Freijanes, J. J., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2009). Definitions and components of agroforestry practices in Europe. *Agroforestry in Europe: current status and future prospects*, 3-19.
- Panozzo, A., Huang, H., Bernazeau, B., Vamerali, T., Samson, M. F., & Desclaux, D. (2020). Morphology, phenology, yield, and quality of durum wheat cultivated within organic olive orchards of the Mediterranean area. *Agronomy*, 10(11), 1789.
- Panozzo, A., Piotto, S., Barion, G., Stoppa, M., Correale, F., Furlan, L., ... & Vamerali, T. (2022). Promising growth and yield results in two contrasting wheat varieties within a poplar alley-cropping system: effects of distance from the tree row. In *Book of abstracts of the 6th European Agroforestry Conference* (pp. 282-283).
- Piotto, S., Panozzo, A., Pasqualotto, G., Carraro, V., Barion, G., Mezzalana, G., ... & Vamerali, T. (2024). Phenology and radial growth of poplars in wide alley agroforestry systems and the effect on yield of annual intercrops in the first four years of tree age. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 361, 108814.
- Pisseri F., 2022. *Agroforestazione: principi, tecniche ed esperienze - I sistemi silvo-pastorali (ruminanti)*, Veneto Agricoltura
- Puxeddu, M., Pintus, A., & Pulina, G. (2008). *I Meriagos: il confine tra prateria e foresta*.
- Reifsnyder, W. S., Reifsnyder, W. E., & Darnhofer, T. (Eds.). (1989). *Meteorology and Agroforestry: Proceedings of an International Workshop on the Application of Meteorology to Agroforestry Systems Planning and Management, Nairobi, 9-13 February 1987*. World Agroforestry Centre.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, ecosystems & environment*, 230, 150-161.

SITOGRAFIA

<https://www.ksre.k-state.edu/news/stories/2022/06/cattle-chat-tree-leaves.html>

https://www.confagricolturave.it/attachments/article/426/Pioppo_Rovigo_14_luglio_2017_Giusepp_e_Nervo_CREA.pdf;

<https://propopulus.eu/wp-content/uploads/2018/07/Argumentaire-IT-web.pdf>;

<https://creafuturo.crea.gov.it/12467/>;

<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/difesa-e-diserbo/2021/12/17/insetti-utili-contro-i-fitofagile-specie-piu-importanti/73553>;

<https://www.radarmagazine.net/come-funziona-il-mercato-volontario-dei-crediti-di-carbonio/>;

<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agronomia/2023/01/09/produzione-di-biomassa-miele-frutti-e-fissazione-dell-azoto/77996>;

<https://euraf.isa.utl.pt/files/pub/it45.pdf>

<https://www.ilsole24ore.com/art/nuovi-materiali-e-piu-alberi-citta-sfidano-isole-calore-AFjLppAC>

<https://www.vogelwarte.ch/it/news/agroforestazione-opportunita-e-rischi/>