



GIUSEPPE FRISON

**NUTRIZIONE
MINERALE
CONCIMAZIONE
E IRRIGAZIONE DEL**

PIOPPO

**IN FUNZIONE DELLE
CARATTERISTICHE
DEL TERRENO
DELLA SPAZIATURA
E DEL CLONE**

ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI - FIRENZE 2025



Giuseppe Frison

**NUTRIZIONE
MINERALE
CONCIMAZIONE
E IRRIGAZIONE DEL**

PIOPPO

**IN FUNZIONE DELLE
CARATTERISTICHE
DEL TERRENO
DELLA SPAZIATURA
E DEL CLONE**

ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI - FIRENZE 2025



ISBN 978-88-87553-30-7 (online)

© 2025 - Accademia Italiana di Scienze Forestali
Piazza T.A. Edison 11 - 50133 Firenze

INDICE

- Prefazione	5
- Introduzione	7
- Ricerche bibliografiche	9
- Asportazioni minerali e aspetti generali	13
- Diagnostica fogliare: tecnica di campionamento delle foglie	17
- Impostazione delle prove di concimazione	21
- Prove di concimazione dei pioppeti consociati con colture erbacee	25
- Prove di sovescio in pioppeto	33
- Esperienze di concimazione di pioppeti su terreni calcarei nell'Udinese e nel Mantovano	39
- Prove di concimazione del pioppeto su terreni subacidi in Lomellina	49
- Prove di concimazione in terreni sabbiosi profondi	57
- Prova sulla modalità di distribuzione dei concimi nella buca di impianto e in superficie	69
- Risposta alla concimazione del pioppeto coltivato a distanze crescenti	73
- Esperienze di concimazione con parcelle monoalbero	81
- Prove di spaziatura	89
- Irrigazione del pioppeto: concetti generali	97
- Nutrizione minerale del pioppo: variazioni in funzione del clone e della stagione	105
- Caratteristiche dei terreni per il pioppo	115
- Considerazioni agronomiche	121
- Conclusioni sulla concimazione del pioppeto	123
- Bibliografia citata	127
- Bibliografia consigliata	127

Prefazione

La presente monografia raccoglie e organizza in modo sistematico i risultati di una vasta attività sperimentale condotta da Giuseppe Frison, ricercatore presso l'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura di Casale Monferrato, oggi confluito nel CREA - Centro di Ricerca Foreste e Legno. L'indagine si colloca in un contesto storico in cui le conoscenze relative alla concimazione del pioppo risultavano ancora limitate, spesso fondate su osservazioni empiriche e prive di un adeguato fondamento sperimentale.

In risposta a tale lacuna, a partire dalla metà degli anni Sessanta, l'autore ha avviato un'estesa serie di prove pluriennali nelle principali aree pioppicole della pianura padano-veneta, con l'obiettivo di fornire indicazioni attendibili e replicabili sull'efficacia dei fertilizzanti, in relazione alle condizioni pedologiche, idrologiche e alle caratteristiche clonali dei pioppeti specializzati nella produzione legnosa.

Le sperimentazioni, impostate secondo rigorosi criteri statistici, hanno riguardato l'impiego di concimi organici e minerali in differenti dosaggi e modalità di distribuzione, valutandone gli effetti sull'accrescimento, sulla nutrizione minerale e sulla fisiologia delle piante. Particolare attenzione è stata rivolta alla diagnostica fogliare, alla dinamica dell'apparato radicale e all'interazione tra nutrizione e disponibilità idrica. L'approccio metodologico adottato ha permesso di mettere in luce la complessità delle risposte del pioppo alla concimazione, fortemente influenzate dalla variabilità ambientale e dalle peculiarità genetiche dei cloni impiegati.

Oltre al suo valore scientifico, la monografia si distingue per la rilevanza applicativa dei risultati ottenuti, che rappresentano un riferimento fondamentale per la definizione di strategie di concimazione razionali, sostenibili e adattabili alle diverse condizioni colturali. Le indicazioni fornite possono ancora oggi costituire un valido supporto per i pioppicoltori nella scelta dei fertilizzanti, nella pianificazione degli interventi e nell'ottimizzazione dell'impiego delle risorse, contribuendo così a migliorare l'efficienza produttiva e la sostenibilità ambientale delle piantagioni.

In questa prospettiva, il lavoro di Giuseppe Frison rappresenta un contributo di grande valore non solo per la ricerca scientifica, ma anche per l'evoluzione delle pratiche colturali e per l'elaborazione di politiche di gestione sostenibile del territorio.

Pier Mario Chiarabaglio, Piermaria Corona

Introduzione

A scopo propedeutico è stata fatta una ampia ricerca bibliografica nella letteratura specifica di circa un secolo (dal 1878 al 1965) riguardante gli argomenti indicati nel titolo allo scopo di cercare di avere informazioni precise sullo stato dell'arte su tali temi alla fine del periodo considerato, che corrispondeva all'inizio della mia attività di ricercatore presso l'ISP/ENCC a Casale Monferrato, per poter affrontare, con un bagaglio di informazioni utili, un così complesso argomento. Poiché, come ho messo in evidenza nel capitolo sottostante, le notizie disponibili nella letteratura italiana su tutti questi argomenti erano assolutamente carenti o insufficienti e contraddittorie, e quelle reperibili nella letteratura francese non davano certezze, per colmare alcune lacune e per cercare di trovare una soluzione di ordine pratico ai principali e importanti problemi colturali ho avviato, come ricercatore presso l'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura di Casale Monferrato, un'ampia sperimentazione nelle principali aree pioppicole della Padania, con la precisa finalità di ottenere informazioni sufficientemente precise per trarne delle conclusioni con alto grado di attendibilità. La sperimentazione cui si fa riferimento in questa nota è iniziata nella metà degli anni 1960, ed è proseguita per un trentennio, e consta di una quarantina di esperienze riguardanti la nutrizione minerale, la concimazione in particolare, ma anche le spaziatore. Inoltre, per approfondire le ricerche degli effetti della concimazione sullo stato di nutrizione delle piante, è stata messa a punto una tecnica di campionamento delle foglie allo scopo di applicare correttamente la diagnostica fogliare. Dato che la nutrizione minerale non può essere disgiunta dall'alimentazione idrica, una parte del lavoro è stata dedicata all'irrigazione e ai consumi idrici del pioppo. Particolare attenzione è stata consacrata allo studio dell'apparato radicale nei vari ambienti pedologici in cui viene praticata la coltivazione del pioppo. Infine, attraverso l'esame dei dati raccolti in pioppeti sperimentali policlonali, si è cercato di mettere in relazione l'accrescimento delle piante con le caratteristiche fisico-chimiche del terreno e il diverso comportamento dei vari cloni. Di buona parte di tali ricerche sperimentali sono stati resi noti i risultati in precedenti pubblicazioni, elencate nella bibliografia consigliata, di altre se ne parla brevemente in questa nota.

RICERCHE BIBLIOGRAFICHE

Stato dell'arte sulla concimazione del pioppo nei primi anni del 1960, quando è stata avviata la sperimentazione qui illustrata

Verso la metà del 1900 l'allora Direttore dell'ex Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura (ISP) di Casale Monferrato, nel libro *Il pioppo* (Piccarolo, 1952), tra le norme di coltivazione non dedica molto spazio alla concimazione ma si limita a scrivere quanto segue: “non si consigliano speciali concimazioni perché sarà sufficiente abbondare in quelle che si daranno alle colture consociate o che si effettueranno negli appezzamenti costeggiati dalla pioppicoltura di ripa”. Quasi un decennio dopo, in una pubblicazione dello stesso Istituto (Sekawin, 1960), si legge testualmente: “Tolto un esperimento condotto a Modena (Draghetti, 1959) su un filare di pioppo con diverse dosi di scorie Thomas, di solfato ammonico e di solfato potassico, non siamo riusciti a trovare notizia di esperimenti condotti a termine sul pioppo”.

Tale esperimento, avviato nell'autunno 1933 al momento della posa a dimora delle pioppelle, è stato fatto mettendo a confronto sette tesi, delle quali la prima, che fungeva da testimone, prevedeva la concimazione letamica e le altre sei sia la concimazione letamica che l'impegno dei concimi chimici, utilizzati da soli o in combinazione tra di loro. Sia il letame che i concimi minerali sono stati rimescolati intimamente col terreno di riempimento di 2/3 delle buche che avevano le seguenti dimensioni: metri 1,20 x 1,20 x 1. L'esperimento, a causa degli avvenimenti bellici, fu interrotto nel 1939, e nel 1946, al momento dell'abbattimento, le piante del testimone avevano una circonfe-

renza a m 1,50 dal suolo, mediamente di cm 60 e quelle delle 6 tesi con la concimazione completa in media di cm 84. Pertanto, data la mancanza di referti sperimentali probanti, le informazioni che venivano diffuse sulla concimazione del pioppo in quel periodo consistevano di consigli generici, spesso mutuati dalla sperimentazione sulla fertilizzazione delle piante agrarie e in particolare di quelle arboree più coltivate e, quindi, molto discordanti tra di loro.

Ad esempio Draghetti (1959) sostiene che il pioppo è una pianta depauperante mentre Piccarolo (1952) e altri che è una pianta frugale. Alcuni autori sostengono che sia utile concimare abbondantemente nei primi anni dopo la messa a dimora per stimolare la crescita e ottenere piante vigorose sin dall'inizio del turno e chi, invece, suggerisce di concimare nella fase adulta quando gli incremento legnosi annui sono molto più alti. I pareri sono molto diversi anche per quanto riguarda le modalità di distribuzione dei concimi, la scelta tra i diversi tipi di concimi e i rapporti tra i principali elementi nutritivi.

Lavezzini (1957) suggerisce, “come concimazione di pieno campo” di incorporare nel terreno, durante le operazioni di scasso o di aratura, il letame o altri materiali organici come le terricciate e le spazzature dei centri urbani, mentre per le piantagioni di ripa, dove la lavorazione profonda del terreno non è praticamente possibile, ritiene opportuna la letamazione delle buche nella dose di circa 8-10 kg di letame. Consiglia inoltre “di aggiungere al fertilizzante organico, somministrato sia in pieno campo che nelle buche, una miscela per ogni pianta così composta: perfosfato minerale 240 gr, solfato ammonico 60 gr, solfato potassico

gr 60". Negli anni successivi, all'inizio della vegetazione, raccomanda 600 kg/ha di super, 150 kg di solfato ammonico e 150 kg di solfato potassico (o scorie Thomas e calcicocianamide in terreni argillosi acidi), da distribuirsi intorno all'albero a distanze crescenti con l'età. Egli ritiene che, se necessario, i concimi azotati possono essere applicati anche in estate, ma non oltre la metà di agosto. L'autore afferma inoltre che "è proprio la concimazione che può diminuire gli effetti negativi di certi terreni anomali".

Tronco (1964), dopo aver detto che "la sperimentazione non ci offre ancora una somma di prove sufficienti a stabilire una norma", suggerisce "di spargere nel pioppeto specializzato, a partire dal secondo anno d'impianto, e fino al 5° o 6°, il concime ternario 6-10-12 o 4-10-10, in ragione ogni anno dello sviluppo o meglio dell'età; si comincia da 2 quintali per ha per salire 5 ed oltre". E continua affermando che "la concimazione organica è la più gradita al pioppo" e che "si può sopperire, in parte, alla deficienza di letame praticando sovesci primaverili al 2° o 3° anno: si ricorre al trifoglio rosso incarnato e, al di sotto del Rubicone, agli erbai di favino romano".

In altri paesi europei, ad esempio in Francia, la sperimentazione risultava allora un po' più avanzata che in Italia. Tuttavia, i risultati utilizzabili dai pioppicoltori rappresentavano un insieme troppo eterogeneo per poter arrivare ad una conclusione di portata generale.

Chardenon (1957), sperimentando su terreni ricchi di azoto ma poveri di fosforo e di potassio, conclude che gli elementi nutritivi, utilizzati isolatamente, non hanno effetti positivi, mentre favoriscono la crescita se somministrati congiuntamente. L'effetto della concimazione è lento nel pioppeto non lavorato; la crescita è più rapida se il terreno viene lavorato ogni anno.

Pourtet (1957) afferma che la concimazione ha effetti positivi solo nei primi anni

di sviluppo del pioppeto per cui consiglia di utilizzare concimi ad azione piuttosto rapida con rapporti tra N_2 , P_2O_5 e K_2O pari a 1:3:5.

Sempre in Francia, Viart (1965) riferisce di aver ottenuto risultati positivi con la concimazione fosfatica in un terreno povero di P_2O_5 . Secondo l'autore il risultato migliora ulteriormente con l'aggiunta al fosforo di potassio, particolarmente nella forma di solfato e il risultato migliore si ottiene con trattamento di PK o di NPK. Scrive che la concimazione con solo azoto ebbe scarso effetto sulla crescita delle piante ma influì positivamente in aggiunta al PK dando maggior impulso alla crescita nel periodo della ripresa vegetativa, dopo attacchi di *Dothichiza*.

Ma torniamo in Italia. Il ricercatore Sekavin, (1960) sulla base delle esperienze fatte all'estero e dei risultati delle concimazioni praticate empiricamente, ritiene che possa essere confermata la preferenza della concimazione su tutta la superficie rispetto a quella localizzata, che "i risultati migliori si ottengono con una concimazione equilibrata, azoto-fosfo-potassica e che le concimazioni possono avere un'importante influenza sulla resistenza ai parassiti ed alle avversità climatiche". L'Autore sostiene inoltre come sia "senz'altro confermata l'utilità delle consociazioni agrarie che rendono economiche le pratiche colturali atte a migliorare la struttura e la fertilità del suolo. In tal modo il pioppo gode di lavorazioni e di concimazioni nei primi anni dopo l'impianto che rappresentano il periodo più critico del suo sviluppo". Infine Sekawin comunica la notizia che l'I-SP ha dato inizio ad alcune sperimentazioni in collaborazione con coltivatori privati ed industrie di concimi.

La prima prova è stata avviata in collaborazione della Soc. Sali Potassici e col Prof. Ghisleni della Facoltà di Agraria dell'Università di Torino su un pioppeto del clone "I-214" dell'età di 6 anni. La prova prevedeva 3 tesi ripetute 4 volte: A) Testi-

mone non concimato; B) concimazione con nitrato ammonico 20-21% 1,50 q/ha, perfosfato minerale 18-20% 3 q/ha, sale potassico 40-42% 2,25 q/ha; C) la stessa quantità di concimi azotati e fosfatici e 2,25 q/ha di sale potassico.

La seconda prova è stata impostata con la collaborazione della Soc. Edison ed effettuata nel podere Casiglio dell'Ingegnere L. Noè nel comune di Zibido S. Giacomo (MI) su terreno argilloso ferrettizzato, coltivato per molti anni a marcita. La prova, iniziata all'epoca dell'impianto del pioppeto con il clone "I-214", prevedeva 3 tesi ripetute 4 volte. Venivano confrontati concimi ternari con diversi rapporti tra gli elementi nutritivi.

La terza prova, ancora in collaborazione con la Soc. Edison, è stata effettuata presso l'Azienda Ca' Pasta a Taglio di Po (RO) di proprietà Borghesi Domenico, su terreno estremamente sabbioso. La prova comprendeva 12 tesi con 8 replicazioni dove ognuno dei tre elementi: azoto, fosforo e potassio, veniva somministrato in quattro dosi diverse (compresa la dose 0), mantenendo la dose massima per gli altri due elementi.

Purtroppo delle prime due prove non sono state fornite altre informazioni e quindi non si conoscono i risultati finali. Della terza prova, sono stati pubblicati i risultati produttivi del primo quadriennio dalla messa a dimora, effettuata nell'autunno 1958. L'autore della pubblicazione (Giardini 1963) afferma che la concimazione potassica non ha avuto effetti significativi sull'accrescimento (circonferenza del tronco a m 1,30 dal suolo). La concimazione azotata con la dose più alta (150 kg/ha) ha fornito la prestazione massima mentre le dosi inferiori (50 e 100 kg/ha) non hanno avuto effetti superiori al testimone. Buoni risultati sono stati ottenuti con la concimazione azoto-fosfatica e azoto-fosfo-potassica, ma senza scarti significativi attribuibili al potassio.

Tosi C. (1966), pubblica i risultati, ottenuti nei primi 5 anni del turno, di una prova di concimazione fattoriale eseguita presso il Podere Pignatelli a Villafranca Piemonte su un pioppeto messo a dimora nell'autunno 1959 (cloni "I-214" e "I-B2"), con spaziatura di 5 x 9. Alla messa a dimora delle pioppelle la distribuzione dei concimi è stata fatta mettendo metà della dose prevista per ogni tesi nella buca di impianto e spargendo l'altra metà in superficie al piede della pioppella a 50 cm dal tronco. Negli anni successivi e fino al quinto anno dall'impianto la concimazione è stata ripetuta all'inizio di ogni stagione vegetativa con spargimento dei fertilizzanti su tutta l'area di insidenza delle piante interessate alla prova. Dai dati raccolti nel periodo 1959-1964 (circonferenza del tronco a m 1,30 dal suolo) ed elaborati con l'analisi della varianza, risulta scarsa o insignificante l'azione dell'azoto, del fosforo e del potassio somministrati singolarmente e minimo l'effetto della combinazione fosforo-potassio. Positivo in maniera statisticamente significativa è stato l'effetto della combinazione NP, NPK e, ancora maggiore di NK. L'Autore segnala però il fatto che gli incrementi di circonferenza delle piante concimate vanno via via attenuandosi fino ad annullarsi alla fine del quinto anno dall'impianto.

In sintesi, sulla base dei pareri e dei risultati sopra esposti, gli effetti dei fertilizzanti sull'accrescimento del pioppo variano notevolmente da una stazione all'altra e danno forma ad un insieme incoerente che impedisce di formulare un indirizzo pratico preciso, tale da poter essere utile, o almeno orientativo, ai pioppicoltori che operano in terreni molto eterogenei.

Il primo problema che deve risolvere il ricercatore, ed è di non facile soluzione, è quello di trovare per le prove appezzamenti uniformi di ampie superfici. In effetti i terreni alluvionali interessati alla coltivazione del pioppo sono molto eterogenei nelle loro

caratteristiche pedologiche: spesso si tratta di terreni poco evoluti sotto il profilo pedogenetico, con strati a tessitura molto variabile per cui variabili sono anche le costanti idriche che influiscono sulla distribuzione dell'apparato radicale, concentrandolo maggiormente dove le condizioni umidità e di aereazione sono più favorevoli. Ci sono terreni con una falda idrica a livelli accessibili alle radici durante il periodo vegetativo ed altri che ne sono privi. Questo fatto è importante perché la nutrizione minerale non può essere disgiunta dall'alimentazione idrica. Nei terreni destinati al pioppo varia la reazione in pH, che influisce sulla solubilità degli elementi nutritivi; varia la

concentrazione in calcare, in particolare il calcare attivo, la quale oltre un certo limite può provocare fenomeni di clorosi. Un altro fattore importante è la profondità del profilo del terreno che offre condizione di umidità e aereazione allo sviluppo radicale. Il risultato della concimazione su terreni che offrono alle piante, a parità di spaziatura, volumi di suolo molto diversi, non può essere lo stesso, perché diversa è la concentrazione delle radici nel suolo disponibile. Un altro aspetto, non ancora studiato, è rappresentato dalle esigenze dei vari cloni per quanto riguarda la nutrizione minerale e l'adattabilità al variare delle condizioni ecologiche ed edafiche in particolare.

ASPORTAZIONI MINERALI E ASPETTI GENERALI

Indagini storiche

Mi piace qui ricordare uno studio dello scienziato francese Edmond Henry, pubblicato nel 1878, riguardante la determinazione del contenuto delle principali sostanze nutritive (*acide phosphorique, sesquioxide de fer, chaux, potasse, magnésie, soude, acide silicique, acide sulfurique, azote*) nelle varie parti dell'albero (*tige, écorce, branches et feuilles*) di 11 delle principali essenze (*Fagus sylvatica, Quercus robur, Carpinus betulus, Corilus avellana, Fraxinus excelsior, Ulmus montana, Acer campestre, Malus acerba e Populus tremula*) della foresta di Haye che si estende sul vasto alto-piano calcareo ad ovest di Nancy. Henry scrive di aver scelto un'area uniforme e rappresentativa della foresta (Parcella M3 della serie di Grande-Haye), di aver scelto alberi in buone condizioni vegetative, e specifica con quali modalità ha prelevato i campioni di terreno (strato superficiale) e quelli delle varie parti della pianta (*écorce, tige [bois + écorce], branches, feuilles*) e quali metodi ha utilizzato per le analisi chimiche dei campioni prelevati. Lo scopo di questo lavoro era quello di studiare l'impoverimento del suolo dovuto a ciascuna specie, la loro preferenza per certi elementi nutritivi e, di conseguenza, la natura dei principi fertilizzanti da apportare al terreno per cercare di evitare l'impoverimento del suolo.

Dai commenti ai risultati delle analisi si evince quanto segue:

Non si evidenziano grosse differenze tra le specie considerate e il fatto viene spiegato con l'eliminazione dovuta alla lotta per l'esistenza delle piante inadatte all'ambiente;

Per i contenuti di fosforo, zolfo, potassio e magnesio, mediamente, si evidenzia una

progressione decrescente nelle varie parti della pianta, nell'ordine seguente: *feuilles, branches, tige, écorce*; si nota il contrario per il calcio: *écorce* 83%, *tige* e *branches* 71%, *feuilles* 45%.

Ci sarebbero molte altre informazioni interessanti ma, per brevità, mi limito a riportare la sintesi dell'Autore:

Si on range les essences d'après leur faculté épuisante, en donnant le numéro 1 à celle qui exige la moindre quantité de principes considérés, on obtient les résultats suivants:

	Acide phosphorique	Potasse	Chaux
Cerisier	1	1	1
Hêtre	2	3	2
Alisier	3	4	4
Orme	4	5	9
Chêne	5	6	6
Érable	6	11	5
Pommier	7	9	10
Tremble	8	8	8
Charme	9	2	7
Coudrier	10	7	11
Frêne	11	10	3

On voit que les taux d'acide phosphorique et de potasse suivent à peu près le même ordre; il n'y a d'exception que pour l'érable et le charme.

I campioni sono stati prelevati nel giugno 1875 in un bosco di *Populus tremula* nato spontaneamente e da un certo punto in poi governato a ceduo, tagliato l'ultima volta nel 1838 e diradato nel 1863 e nel 1873: i ricacci avevano quindi l'età di 37 anni ed erano cresciuti normalmente utilizzando i nutrienti naturali del suolo e quindi, si presume, assorbiti in quantità adeguate alle loro esigenze.

Tra le piante del bosco ceduo di Haye quella più vicina al pioppo è il Tremolo che si trova all'ottavo gradino della scala di undici di Henry e quindi non viene posto tra le più frugali. Si fa notare che i pioppi coltivati sono stati selezionati dall'uomo e vengono propagati per via vegetativa in pioppeti monoclonali a loro volta posti a dimora in terreni molto eterogenei: in gran parte golenali, composti da strati sovrapposti formati con i depositi di alluvioni successive e ancora poco evoluti, in parte in aree agricole dove hanno ricevuto abbondanti concimazioni le quali possono avere influito sui loro contenuti in elementi nutritivi.

Depauperamento del terreno dovuto al pioppo: un primo tentativo di indagine fatto da Alfonso Draghetti

Nel nostro Paese il primo studioso a interessarsi del depauperamento del terreno dovuto ai pioppi in coltivazioni intensive per la produzione di legname da lavoro è stato Alfonso Draghetti (1959), direttore della Stazione Sperimentale Agraria di Modena, il quale afferma che il pioppo è una delle essenze più depauperanti. E per dimostrarlo utilizza i dati analitici degli elementi nutritivi relativi al Pioppo tremulo, pubblicati in Francia da Henry oltre ottant'anni prima.

Draghetti scrive testualmente: "Per il pioppo tremolo (*Populus tremula*) coltivato sperimentalmente in buon terreno, si conosce un'analisi abbastanza completa (E. Henry 1878) del legno, della corteccia, delle foglie e delle ramaglie minute (diam. da 1 a 2,5 cm)" e riporta tali dati (% di ceneri e % sulla cenere di K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 e li applica alle produzioni stimate, espresse in sostanza secca, di due pioppeti di 'Canadese' di 400 piante/ha, rispettivamente di 12 e di 24 anni. Secondo questi dati, le aspor-

tazioni (Kg/ha), del pioppeto con turno di 12 anni, della massa legnosa con corteccia, risulta di 29 kg di potassio, 11,7 di fosforo, 247, 3 di calcio. Per il pioppeto con turno doppio le cifre sono rispettivamente le seguenti: 82,6, 32,3 e 694,3.

Provaglio G. (1960), utilizza i dati analitici di Henry (senza citarlo) e seguendo un procedimento analogo a quello di Draghetti, calcola le asportazioni annuali di un pioppeto con un investimento di 330 piante/ha, applicando valori da lui stimati per la produzione e la ripartizione percentuale nelle varie parti dell'albero: tronco, ramaglia, legno, corteccia, foglie, ecc. I risultati sono i seguenti: $N = 128$ kg/ha/anno, $P_2O_5 = 44,2$; $K_2O = 102,5$; $CaO = 585,8$.

Morani V. (1961) ha fatto un'ampia ricerca bibliografica sulle asportazioni minerali degli alberi forestali nella quale ricorda i lavori di Henry (1878) per il *Populus tremula*, di Draghetti e di Provaglio, sopracitati, e di diversi altri autori tra cui Rennie (1955) che tratta delle asportazioni minerali di una foresta di latifoglie, di Ovington e Madwick (1959) che valutano i contenuti minerali di tronchi e rami di betulla (*B. verrucosa*) e decide di fare a sua volta dei calcoli sulle "Materie minerali immobilizzate da un pioppeto euro-americano di 10 anni calcolate in base alle analisi su *P. tremula* della foresta naturale di Voronez (URSS) di Remezov e Bykova (1953)".

Morani (1961) sottolinea che molti sperimentatori (tra cui Draghetti, Van Der Maiden (1957), Jobling (1960) ed altri si sono espressi favorevolmente alla concimazione profonda di impianto e continua dicendo che, secondo il canadese Aird (1956), la concimazione profonda è più economica ed è fondamentale per la crescita dell'impianto e conclude affermando che "la concimazione del suolo al pioppeto offre ancora largo adito alla ricerca sperimentale di campo ed alle indagini di laboratorio".

Asportazioni minerali nelle coltivazioni commerciali di pioppo

Per concimare il pioppeto su basi razionali è necessario conoscere le esigenze nutritive della pianta e stabilirne il reale fabbisogno alimentare. Le prime possono essere valutate sulla base delle asportazioni minerali, determinate in funzione della biomassa prodotta, il secondo deve essere calcolato, oltre che sulle asportazioni, anche sulla possibilità delle utilizzazioni da parte della pianta dei singoli principi chimici in relazione alle caratteristiche fisiche e a quelle chimiche del suolo. Il problema delle asportazioni e dei fabbisogni nutrizionali di questa salicacea è stato affrontato anche in Italia (Frison, 1969, 1975; Giulimondi, 1970, 1974) con risultati di un certo interesse. È stata fatta anche una ricerca sulla "Produttività primaria netta del pioppeto" (Rossi Marcelli *et al.*, 1980) con la quale è stata determinata separatamente la biomassa legnosa (epi ed ipogea, quella erbacea (epi ed ipogea) e la lettiera (foglie e rami) ma non i contenuti in elementi nutritivi delle varie parti. Qualche anno dopo (Bernier, 1984) è stata fatta una rassegna bibliografica pregevole nella quale sono stati sintetizzati e rielaborati i dati di lavori degli ultimi decenni.

Per quanto riguarda le asportazioni minerali è stato dimostrato dal sottoscritto che il pioppeto, in un turno di 10-12 anni, sulla base di una produzione, espressa in sostanza secca (si consideri un'umidità media del 60% per il fusto e del 70% per le foglie), di 900 q/ha di tronchi e rami (di cui 70% tronchi e 30% rami), 124 q/ha di ceppaia e radici (di cui 40% ceppaia, 35% radici principali e 25 % radici periferiche) e 215 q/ha di foglie, assorbe le seguenti quantità (kg/ha) di principi nutritivi: azoto (N_2) = 557; fosforo (P_2O_5) = 172; potassio (K_2O) = 625; calcio (CaO) = 1.650. Supponendo che tutte le foglie e le radici rimangano nel terreno

le quantità (kg/ha) effettivamente asportate, relative cioè ai tronchi, alle ramaglie e alle ceppaie, risultano rispettivamente: N_2 = 163; P_2O_5 = 75; K_2O = 239; CaO = 580.

Il terreno non è però un substrato inerte ma è sede di complessi equilibri, legati alle frazioni colloidali, per cui non tutta la quantità di concimi somministrati è a disposizione degli alberi. Cioè non è sufficiente fornire ogni anno un quantitativo di azoto, fosforo e potassio in forma assimilabile, pari a quello asportato. L'entità del bloccaggio e del dilavamento è molto diversa da terreno a terreno ed inoltre i vari elementi non sono soggetti in egual misura a questi fenomeni. Di conseguenza non è possibile stabilire, per la concimazione, norme precise e valide in tutti i casi.

Ad ogni modo se lo studio del bilancio nutritivo è un mezzo idoneo per avere delle informazioni sulle esigenze nutrizionale del pioppo, è attraverso la sperimentazione di campo, di durata pluriennale e condotta sempre sui medesimi alberi, che si può ottenere una verifica di tali informazioni e un approfondimento delle conoscenze necessarie per la scelta dei fertilizzanti e dei rapporti tra gli elementi nutritivi nelle formulazioni da applicare. Le prove sono utili anche per stabilire le epoche e le modalità migliori di distribuzione dei fertilizzanti per ottenere dalle piante risposte soddisfacenti in funzione della loro età. Dato il carattere prettamente agronomico della pioppicoltura, la concimazione, oltre a rispondere a criteri di razionalità, deve anche soddisfare precise esigenze di ordine economico.

Poiché, come ho messo in evidenza nella introduzione, le notizie disponibili nella letteratura italiana su tutti questi argomenti erano assolutamente carenti o insufficienti, per colmare alcune lacune e per cercare di trovare una soluzione di ordine pratico ai principali problemi, è stata avviata dall'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura di Casale Monferrato un'ampia speri-

mentazione, nelle principali aree pioppicole della Padania, con la precisa finalità di ottenere informazioni sufficientemente precise per trarre delle conclusioni con alto grado di attendibilità.

La sperimentazione cui si fa riferimento in questa nota è iniziata nella metà degli anni 1960, ed è proseguita per un trentennio, e consta di una quarantina di esperienze riguardanti la nutrizione minerale, la concimazione in particolare, ma anche le spaziature. Inoltre, per approfondire le ricerche degli effetti della concimazione sullo stato di nutrizione delle piante, è stata messa a punto una tecnica di campionamento delle foglie allo scopo di applicare correttamente la diagnostica fogliare. Dato

che la nutrizione minerale non può essere disgiunta dall'alimentazione idrica, una parte del lavoro è stata dedicata all'irrigazione e ai consumi idrici del pioppo. Particolare attenzione è stata consacrata allo studio dell'apparato radicale nei vari ambienti pedologici in cui viene praticata la coltivazione del pioppo. Infine, attraverso l'esame dei dati raccolti in pioppeti sperimentali policlonali, si è cercato di mettere in relazione l'accrescimento delle piante con le caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Di buona parte di tali ricerche sperimentali sono stati resi noti i risultati in precedenti pubblicazioni, elencate nella bibliografia consigliata, di altre se ne parla brevemente in questa nota.

DIAGNOSTICA FOGLIARE: TECNICA DI CAMPIONAMENTO DELLE FOGLIE

Dall'insieme dei risultati ottenuti si può affermare che i contenuti minerali delle foglie, in funzione della loro posizione nei macroblasti e nei brachiblasti portati su rami in 4 diverse posizioni della chioma (Figura 1), varia in misura più o meno sensibile e con andamento diverso a seconda degli elementi considerati e dell'epoca di campionamento (Figura 2).

In particolare il contenuto in azoto, mentre presenta valori più elevati nei rami della parte più alta della chioma (più giovani) che in quelli della parte più bassa (R1+R2 vs R3+R4), non manifesta differenze significative tra le foglie dei macroblasti e quelle dei brachiblasti e, nell'ambito di entrambi, tra quelle apicali e quelle basali.

Il tenore in fosforo, analogamente all'azoto, mostra un andamento crescente dai rami della parte più bassa della chioma a quelli della parte più alta (R1+R2 vs R3+R4; R3 vs R4) e presenta anche, a differenza dell'azoto, valori meno elevati, sia a giugno che a luglio, nelle foglie dei macroblasti che in quelle dei brachiplasti.

Il contenuto in potassio, analogamente agli altri due elementi esaminati, aumenta significativamente dai rami della parte più bassa verso quelli della parte più alta della chioma (R1+R2 vs R3+R4) ma non presenta differenze tra le foglie dei macroblasti e quelle dei brachiblasti.

Il contenuto in calcio, contrariamente all'azoto, al fosforo ed al potassio, diminuisce significativamente dai rami della parte più bassa della chioma (più vecchi) a quelli della parte più alta (più giovani), presenta valori più bassi nei macroblasti che nei brachiblasti e, in particolare nei

primi, diminuisce dalle foglie basali a quelle apicali.

Infine, il tenore in sodio presenta un andamento sostanzialmente analogo a quello registrato per il calcio.

Questo gradiente di concentrazione nei macroblasti è senz'altro in gran parte dovuto alla diversa età delle foglie lungo il germoglio. È infatti noto che il calcio si accumula nelle foglie con il loro invecchiamento. Giova a questo punto ripetere che nei macroblasti sono state scartate le foglie terminali più giovani e sono state prelevate quelle basali (F2) e quelle apicali (F1) che avevano completato la loro crescita in distensione e che potevano essere ritenute, salvo la data maggio, fisiologicamente mature. Questo spiega perché a livello dell'azoto, del fosforo e del potassio non sia stato registrato un gradiente di concentrazione lungo il germoglio che certamente sarebbe emerso, ma di segno contrario rispetto a quello del calcio, se si fossero considerate anche le foglie più giovani ancora in accrescimento. Se ne deduce che la concentrazione in calcio è molto più influenzata dal fattore età di quella degli altri elementi considerati.

Circa la variabilità nell'ambito della chioma i risultati di questo lavoro sono in pieno accordo con quelli ottenuti da Van Der Meiden (1964) per quanto riguarda il calcio ma per l'N, il P ed il K detto Autore non aveva rilevato differenze significative.

Per quanto attiene le variazioni dovute alla data di campionamento (Figura 2), il contenuto in azoto, in fosforo ed in potassio decresce fortemente fino al 30 luglio e quello in calcio ed in sodio invece aumenta; successivamente da luglio a settembre,

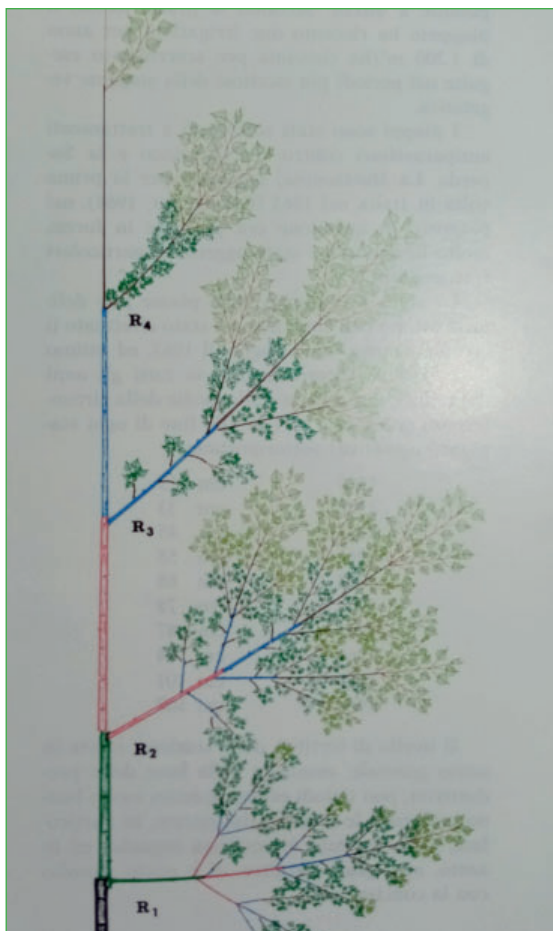


FIGURA 1 - Modello di ramificazione del pioppo 'I-214' al 5° anno di vegetazione dal trapianto effettuato con pioppelle di due anni di vivaio.

In verde chiaro le foglie su macroblasti ed in verde scuro su brachiblasti.

Si noti l'abbondanza di brachiblasti sui rami R1 ed R2 e di macroblasti sui rami R3 ed R4

L'R4 risulta costituito dai germogli dell'anno (1963), colorati in arancione (con foglie verde chiaro i macroblasti e verde scuro i brachiblasti) inseriti sui rami, colorati in marrone, formati nella stagione vegetativa precedente (1962).

L'R3 risulta formato dai germogli dell'anno (1963), sempre colorati in arancione (con foglie verde chiaro i macroblasti e verde scuro i brachiblasti), portati dai rami colorati in marrone formati nel corso della vegetazione precedente (1962), inseriti a loro volta su branche (di colore celeste) la cui formazione è iniziata l'anno avanti (1961).

Nell'R2 si notano ramificazioni analoghe a quelle rilevate nell'R3 ma le branche del 1961 (celeste) sono a loro volta inserite in una branca principale (rosa) la cui formazione è iniziata nell'anno precedente (1960).

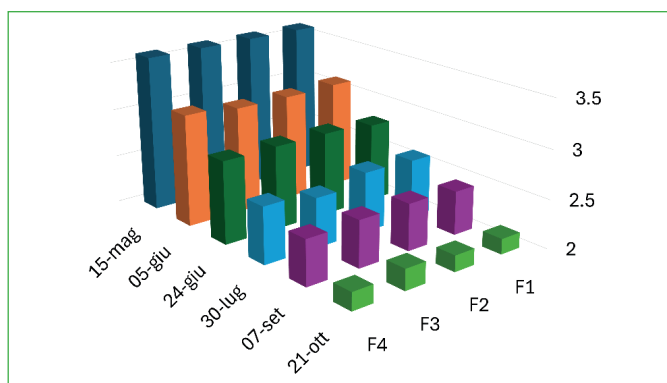
Infine nell'R1 si ripete quanto già rilevato nell'R2 con la differenza che le branche del 1960 (rosa) non sono inserite direttamente sul fusto ma su branche principali formatesi nel 1959 (verde).

mentre continua ad aumentare per il calcio e per il sodio ed a diminuire leggermente per il potassio, non varia significativamente per l'azoto e per il fosforo. Ciò è particolarmente importante ai fini della scelta dell'epoca di prelievo delle foglie che deve essere caratterizzata da livelli di concentrazione di elementi minerali relativamente costanti.

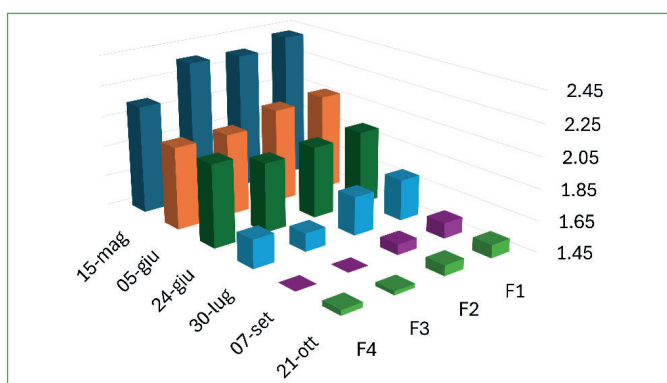
Ai fini del campionamento l'epoca di fine luglio viene pertanto ritenuta la più idonea e viene senz'altro scelta per lo studio della variabilità tra le piante a livello dei vari settori di chioma saggiati. Ciò al duplice scopo di scegliere il settore che presenta le minime variazioni tra pianta e pianta e di ridurre al minimo il numero di campioni per singolo albero.

Dall'insieme delle stime delle possibili soluzioni appare evidente che non vi è una grande convenienza pratica a campionare le foglie sia dei macroblasti sia dei brachiblasti e quindi la raccolta può essere limitata alle foglie degli uni o a quelle degli altri. La scelta verrà fatta tenendo anche conto di considerazioni di ordine pratico e di ordine fisiologico. Sul piano pratico occorre tener presente che i brachiblasti, prevalenti in R1 ed in R2, portano foglie che, in particolare nei cloni sensibili alla *Marssonina brunnea*, cadono precocemente e che quindi sono disponibili per periodi limitati. I macroblasti, prevalenti e molto più vigorosi nei rami R3 ed R4, oltre ad avere una fogliatura che si protrae nel tempo per un periodo più lungo, sono anche sede di una più intensa attività vegetativa e di contenuti più elevati. Sul piano fisiologico, pertanto sono ritenuti più rappresentativi dello stato di nutrizione e più indicati per ricerche di diagnostica fogliare. Infatti nello stabilire, ad esempio, la soglia di carenza per l'N, il P ed il K, appare più logico fare riferimento al contenuto di quelle foglie, fisiologicamente mature, che nella chioma normalmente presentano la concentrazione più alta, essendo portate sui rami più vigorosi.

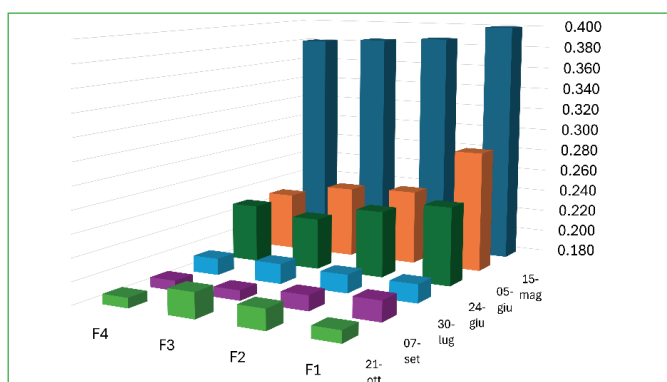
NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO



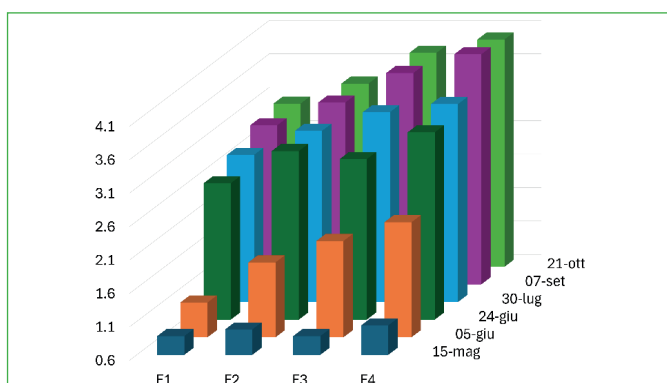
Variazione del contenuto in azoto (% della sostanza secca) delle foglie in funzione della loro posizione nei macroblasti (F_1 , F_2) e nei brachiblasti (F_3 , F_4) del ramo R_4 e dell'epoca di prelevamento dei campioni.



Variazione del contenuto in potassio (% della sostanza secca) delle foglie in funzione della loro posizione nei macroblasti (F_1 , F_2) e nei brachiblasti (F_3 , F_4) del ramo R_4 e dell'epoca di prelevamento dei campioni.



Variazione del contenuto in fosforo (% della sostanza secca) delle foglie in funzione della loro posizione nei macroblasti (F_1 , F_2) e nei brachiblasti (F_3 , F_4) del ramo R_4 e dell'epoca di prelevamento dei campioni.



Variazione del contenuto in calcio (% della sostanza secca) delle foglie in funzione della loro posizione nei macroblasti (F_1 , F_2) e nei brachiblasti (F_3 , F_4) del ramo R_4 e dell'epoca di prelevamento dei campioni.

FIGURA 2 - Variazioni del contenuto in azoto, fosforo, potassio e calcio nelle foglie in funzione della loro posizione nella chioma e dell'epoca di campionamento.

Sulla base di tali considerazioni si è ritenuto conveniente indicare per il campionamento le foglie dei macroblasti dei rami R3 ed R4.

Sulla base della variabilità rilevata tra rami omologhi di alberi diversi si è cercato di determinare il numero minimo di alberi da cui prelevare le foglie. È ovvio che detto numero, a parità di condizioni, decresce al crescere del grado di uniformità tra gli alberi ed è tanto maggiore quanto minore è l'errore probabile (della media aritmetica) che si stima opportuno di non superare. L'errore probabile è espresso dalla relazione:

$$e = t \frac{\text{c. v.}}{\sqrt{n}}$$

dove C.V. indica il coefficiente di variabilità, n il numero di alberi campionati e t è il t di Fisher. La formula consente di scegliere un valore di n per cui il contenuto minerale medio degli alberi è definito con un errore probabile di e . Noto in prima approssimazione il valore del C.V. e fissato il valore dell'errore probabile (e) si ha la formula:

$$n = t^2 \frac{(\text{c. v.})^2}{e^2}$$

che dà una misura del campione con la precisione prescelta.

I risultati della stima dicono che, assumendo una probabilità del 95% ed un er-

rore del 10% del valore medio, il numero di alberi da cui prelevare le foglie è di 2 per l'N, di 2 per il P, di 3 per il K, di 3 per il Ca e di 5 per il Na. Nel caso si volesse ridurre l'errore al 5% del valore medio, per ricerche particolarmente accurate, bisognerebbe aumentare il campionamento da 8 a 20 alberi a seconda degli elementi nutritivi considerati.

In conclusione, tenendo conto della variabilità registrata tra le piante e dei fattori di ordine pratico e fisiologico, per il campionamento delle foglie si può proporre la seguente tecnica: prelevare a fine luglio le foglie, fisiologicamente mature, dei macroblasti portati dai rami R3 ed R4 in 2-5 alberi per parcella omogenea.

Tale numero di alberi può sembrare basso ma bisogna tener presente che, di norma, nella pioppicoltura a scopo industriale le piantagioni vengono fatte con piante dello stesso clone, coetanee ed allevate con le stesse tecniche colturali. Inoltre, nella scelta degli alberi campione, vengono scartati quelli superdominati e quelli superdominanti.

Nell'applicazione pratica del metodo, particolare cura dovrà essere posta nell'accertare le variabilità del terreno ricorrendo eventualmente alla sua divisione in parcelle il più possibile uniformi nelle quali effettuare il campionamento.

IMPOSTAZIONE DELLE PROVE DI CONCIMAZIONE

In pioppeto, nell'arco di oltre un quarto di secolo, ho fatto circa una quarantina di prove di concimazione, utilizzando concimi organici e minerali, in dosi e forme diverse e in situazioni edafiche molto differenti (Figura 3). Applicando l'analisi fogliare ho cercato di mettere in evidenza eventuali differenze clonali nei contenuti minerali di genotipi di varie provenienze e ho studiato gli effetti della concimazione sullo stato di nutrizione delle piante. Ho indagato sulla possibilità della cura della clorosi ferrica di pioppeti stabiliti su terreni calcarei applicando trattamenti con diversi prodotti ferrosi o con il ricorso a mezzi agronomici. Ho cercato di verificare la possibilità di correggere i terreni acidi con la calcitazione e di valutarne gli effetti sulla produzione e sullo stato di nutrizione delle piante, considerandola da sola o abbinata alla concimazione.

Infine ho cercato di correlare l'accrescimento del pioppo con le caratteristiche fisico-chimiche del terreno facendo rilevamenti pedologici e dendrometrici in piop-

peti sperimentali policlonali, nel tentativo di mettere in evidenza eventuali differenze clonali.

Le prove di concimazione in campo, già impegnative in termini sia di tempo sia di denaro, sono rese particolarmente difficili per i possibili rischi di errori di interpretazione.

Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, un'importanza particolare assume la variabilità a livello del terreno e quella biologica che, oltre a essere legata all'irregolarità del suolo, è dovuta anche agli effetti imprevisti e non facilmente identificabili dell'andamento stagionale. Le piogge e le temperature possono alterare lo sviluppo delle radici e la loro funzionalità nell'assorbimento dei sali. Inoltre, la dotazione di azoto può diminuire con il dilavamento e aumentare con l'attività microbiologica e in entrambi i casi è influenzabile dall'andamento stagionale.

Per evitare o per lo meno contenere tali rischi e per mettere in evidenza gli effetti

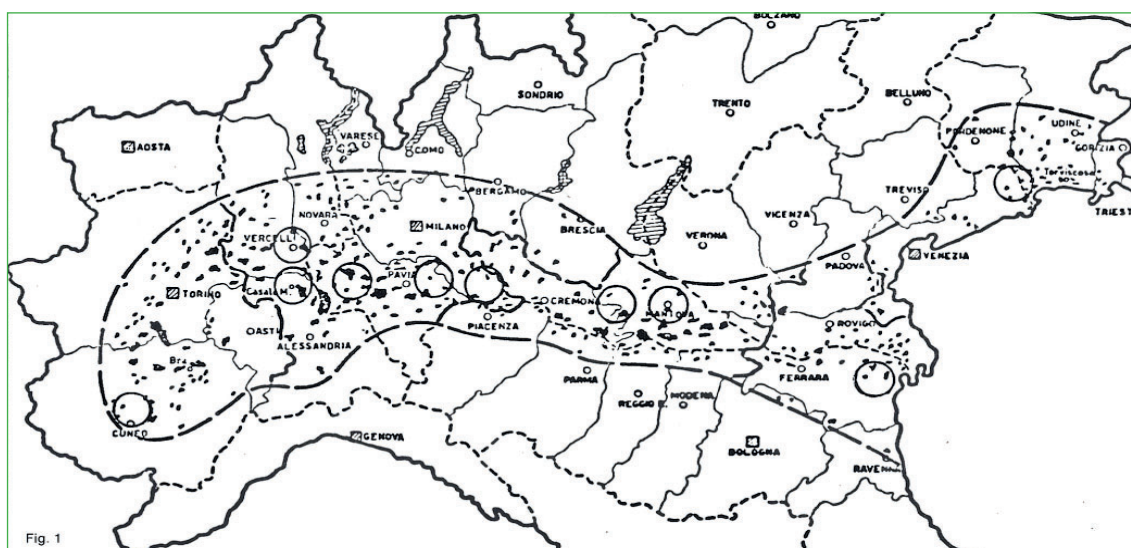


FIGURA 3 - Delimitazione di aree pioppicole della Valle Padana con l'indicazione delle località in cui sono state condotte le prove di concimazione.

realmente attribuibili ai fertilizzanti, si è cercato di scegliere accuratamente il terreno e si sono impostate le prove secondo schemi sperimentali suscettibili di interpretazione statistica, utilizzando parcelle plurialbero e monoalbero.

Nella scelta dell'unità sperimentale è stata data la preferenza alla parcella con più alberi, da 25 a 36, replicata da 4 a 6 volte, avviando la prova sin dal primo anno dall'impianto, quando si avevano a disposizione ampi appezzamenti di terreno di buona uniformità. Con questo tipo di parcella è stata realizzata una serie di 10 esperienze suddivise in due sottogruppi di cui il primo di due prove riguardanti pioppeti consociati nei primi 2 anni con colture erbacee, per indagare sull'influenza della fertilità residua derivante dalla concimazione alle colture erbacee consociate sull'accrescimento dei pioppi, e il secondo sottogruppo di otto prove in pioppeti non consociati.

Si è data invece la preferenza alla parcella monoalbero, ripetuta da 6 a 16 volte, quando l'indagine si prefiggeva di mettere in evidenza l'effetto dei singoli elementi fertilizzanti anche in considerazione delle loro varie forme commercialmente disponibili e la reattività della pianta in funzione

della sua età al momento delle applicazioni. In questo caso i diversi trattamenti sono stati applicati ad alberi tra loro comparabili scegliendoli, dopo accurate valutazioni preventive tra quelli di pari area basimetrica o, comunque, con differenze minime e in ogni caso statisticamente non significative. Sono stati esclusi sia gli alberi deperienti o anomali, sia quelli superdominanti. Tra una parcella monoalbero e la successiva sono stati interposti almeno due alberi di bordo, frequentemente 3 o 4 (Figura 4).

Con parcelle costituite da un solo albero sono state compiute 28 esperienze che possono essere ripartite nelle seguenti quattro classi di età delle piante al momento del primo intervento fertilizzante:

- 1° e 2° anno di vegetazione: 9 esperienze;
- 3° e 4° anno di vegetazione: 7 esperienze;
- 5° e 6° anno di vegetazione: 6 esperienze;
- 7°, 8° e 9° anno di vegetazione: 6 esperienze.

In ogni caso, prima dell'inizio delle prove, o anche nel corso delle medesime, sono stati prelevati dei campioni di terreno e le determinazioni analitiche sono state fatte con i metodi più in uso. Nei profili con evidenti stratificazioni è stato prelevato un campione da ogni "orizzonte" per



FIGURA 4 - Esempio di parcelle monoalbero (a sx) e di parcella plurialbero (a dx).

poter valutare le variazioni in senso verticale granulometriche e degli elementi nutritivi.

I risultati della concimazione sono stati verificati con l'esame dei dati dell'accrescimento in area basimetrica del fusto a m 1,30 dal suolo, rilevati ogni anno. Nei casi in cui è stato possibile è stata esaminata la produzione legnosa all'abbattimento degli alberi ed è stato valutato lo stato di nutrizione minerale delle foglie. Il campionamento delle foglie è stato fatto seguendo le modalità previste dal metodo precedentemente descritto.

L'elaborazione dei dati, relativi all'area basimetrica, è stata fatta mediante l'analisi della varianza.

In questa nota, per brevità, ci si limita a riportare le conclusioni in quanto un esame dettagliato delle singole esperienze richiederebbe troppo spazio e anche troppo tempo.

Se si considera che nella Pianura Padana la coltivazione del pioppo è diffusa innanzitutto all'interno e in prossimità delle goleni del Po e di altri importanti corsi d'acqua, si espande nei territori agricoli solcati da ampi canali come nella Lomellina, per localizzarsi anche in altre zone ex agrarie, come ad esempio nel Mantovano e in Friuli, spesso ricche di acqua, ci si rende conto che i terreni pioppicoli, pur essendo geologicamente affini, agronomicamente risultano piuttosto diversi.

Anche il clima, come appare dai dati rilevati in quasi tutte le stazioni interessate dalle prove e precisamente a Vercelli, Casale, Cuneo, Pavia, Sarmato, Cremona, Gazzo Bigarello, Palazzolo dello Stella

(UD) e Pega (Comacchio), pur presentando nell'insieme caratteristiche generali abbastanza uniformi in tutta la Padania, procedendo da occidente a oriente per alcuni parametri termo-pluviometrici presenta variazioni evidenti. Per esempio, a proposito della temperatura, si distingue nettamente da tutte le altre la stazione di Cuneo per la media annua e quella di luglio più bassa e quella di gennaio più alta; per le altre stazioni, da Vercelli al Delta, si nota un andamento tendenzialmente crescente per la media annua e per quelle di gennaio.

Per quanto riguarda le precipitazioni nel periodo vegetativo si staccano nettamente da tutte le altre la stazione di Cuneo, nella parte occidentale della Padania, e quella di Palazzolo dello Stella, nella parte orientale, con valori più elevati.

Da Casale Monferrato a Comacchio i valori medi non variano di molto non solo nel periodo vegetativo ma nemmeno nei mesi più piovosi (maggio e novembre) o in quelli più asciutti (febbraio e luglio). Il totale annuo presenta invece una diminuzione dei valori per le stazioni di Mantova e di Cremona, conseguente ad un calo delle precipitazioni, marcato nel periodo ottobre-marzo.

Date le variazioni climatiche e soprattutto pedologiche nell'area considerata era logico aspettarsi che la risposta del pioppo alla concimazione variasse da una situazione all'altra. Era quindi di fondamentale importanza estendere le indagini sulla concimazione in vari ambienti nel tentativo di trarne delle informazioni di carattere generale.

PROVE SULLA CONCIMAZIONE DEI PIOPPETI CONSOCIATI CON COLTURE ERBACEE

Lo scopo delle prove è stato quello di verificare, in due terreni da tempo coltivati a pioppeto, ma con caratteristiche fisiche e chimiche e per tecniche di coltivazione diverse, l'efficienza della concimazione sull'accrescimento delle piante che avevano la possibilità di beneficiare della fertilità residua derivante dalla concimazione fatta alle colture consociate.

Le due esperienze di questo gruppo sono state condotte la prima a Belgioioso (PV) in un pioppeto del clone *Populus x canadensis* Moench 302 San Giacomo, all'inizio del 3° anno di vegetazione dall'impianto e la seconda a Candia Lomellina (PV) in un pioppeto del clone *Populus x canadensis* Moench "I-214" all'inizio della quarta stagione vegetativa, entrambi consociati nel primo biennio dalla messa a dimora.

Per un bilancio sommario della fertilità nel periodo della consociazione si è considerato da un lato la concimazione effettuata nel biennio e, dall'altro, le asportazioni minerali del mais o del grano. Queste ultime sono state determinate sulla base della sola produzione in granella dato che gli stocchi con foglie o la paglia sono stati incorporati nel terreno con le lavorazioni. L'entità delle asportazioni è stata determinata attribuendo alla produzione in granella, espressa in sostanza secca, i seguenti contenuti minerali (%): $N_2=1,7$ $P_2O_5=0,7$; $K_2O=0,4$ per il mais e $N_2=2,3$; $P_2O_5=0,9$; $K_2O=0,6$ per il grano. Sono valori medi, reperiti in letteratura (Giardini, 1977).

Prova effettuata a Belgioioso

Confronti tra due livelli dei tre elementi nutritivi

Il pioppeto, costituito nella primavera 1971, con una spaziatura di m 5,50 x 5,50 del clone *Populus x canadensis* Moench 302 San Giacomo, è stato consociato con mais nel 1971 e nel 1972. Negli anni successivi non è mai stato irrigato e non esisteva una falda idrica accessibile alle radici.

Il terreno

Il terreno (Tabella 1) aveva una tessitura franco sabbiosa, reazione in pH subalcalina, ed era povero di azoto e di sostanza organica, ben dotato di potassio e abbastanza di fosforo.

La consociazione

La consociazione è stata fatta con mais nel 1971 (anno dell'impianto, primaverile) e nel 1972, al quale è stata somministrata una concimazione azoto fosfatica in ragione di 185 unità ha /anno di azoto e 100 di P_2O_5 e di K_2O . Tenuto conto che la produzione di granella di mais è stata di q/ha 45 nel primo anno e di 35 nel secondo, con una umidità del 15,5%, l'entità delle asportazioni nel biennio è stata valutata rispettivamente in kg/ha 115 di azoto, 38 di anidride fosforica e 27 di ossido di potassio. Confrontando questi dati con quelli dei fertilizzanti somministrati nei due anni (kg/ha 370 di azoto, 200 di anidride fosforica e 200 di ossido di potassio), si può avere un'idea, sia pure approssimativa, della quota di fosforo e potassio accumulatisi nel suolo (fertilità chimica re-

TABELLA 1 - Belgioioso (PV) - Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm					
	Profilo 1		Profilo 2		Profilo 3	
	0-50	51-100	0-50	51-100	0-45	46-100
Scheletro ($\varnothing > 2\text{mm}$) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria						
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	0,04	0,04	0,20	0,09	2,20	1,00
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	54,85	54,62	64,79	98,81	57,00	60,50
Limo (0,02-0,002 mm) %	32,08	31,50	25,41	0,22	30,30	31,50
Argilla ($< 0,002\text{ mm}$) %	13,03	13,84	9,60	0,88	10,50	7,00
Reazione in pH	8,00	7,90	7,95	8,00	7,56	7,75
Calcare totale %	9,73	11,36	7,27	2,81	8,80	9,10
Calcare attivo %	2,50	2,87	2,63	2,90	2,70	3,10
P ₂ O ₅ totale ‰	1,32	1,26	1,29	0,74	1,25	1,11
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	58,00	30,00	47,00	15,00	54,00	26,00
K ₂ O assimilabile (mg/100g)	2,10	1,40	2,30	0,30	1,90	1,20
N ₂ Kjeldahl ‰	0,09	0,06	0,07	0,01	0,13	0,06
Carbonio organico (C) %	0,56	0,50	0,78	0,09	1,30	0,50
Sostanza organica (C x 1,724) %	0,96	0,86	1,34	0,15	2,24	0,86
C/N	6,20	8,44	11,14	6,92	10,31	8,33

sidua). Non si pretende di stabilire la quota per l'azoto, data la sua estrema mobilità nel terreno.

Tesi a confronto

Considerato il totale delle asportazioni effettive e l'esito delle analisi chimiche del terreno, nella prova sono stati confrontati due livelli (1 e 2) per ciascuno dei tre elementi della fertilità, nelle otto possibili combinazioni, oltre al testimone non concimato.

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 5 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di 1089 m², comprendente 36 piante di cui le 16 interne utili per i rilevamenti.

Risultati

In tali condizioni la concimazione non ha sortito effetti positivi statisticamente significativi, nemmeno quella azotata (Tabella 2).

La mancanza di irrigazione, pratica necessaria, ha condizionato la crescita delle piante. La produzione è stata piuttosto modesta potendosi valutare il volume medio per albero in 0,500 m³ per la massa cormometrica (fino a 10 cm di diametri in punta) e in 0,564 m³ per quella dendrometrica o totale (fusti e rami, compresi quelli più minuti). Il numero di alberi per ettaro realmente abbattuti è stato di 320 (contro 330 piantati). La produzione di massa cormometrica in 9 anni è risultata di 160 m³/ha e quella dendrometrica di 180 m³/ha, pari ad un incremento medio annuo di 17,80 e 20 m³/ha rispettivamente (Tabella 3). Il peso specifico della massa cormometrica è risultato di circa 8 q/m³. Di conseguenza il peso medio per albero allo stato fresco si aggirava sui 4 quintali.

Dall'analisi fogliare (Tabella 4) risulta che la concimazione azotata e quella fosfatica non hanno influito sui rispettivi contenuti in azoto e anidride fosforica delle foglie prelevate il 9 agosto 1975. Si è registrato invece un incremento significativo del contenuto

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 2 - Belgioioso. Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (cm) a m 1,30 dal suolo.

Tesi	14.5.73	25.2.74	8.10.74	24.2.76	22.6.77	17.11.77	15.3.79	26.10.79
1) N ₁ P ₁ K ₁	22,17	34,82	43,82	56,68	68,89	72,18	76,01	80,11
2) N ₁ P ₁ K ₂	24,03	37,73	46,84	59,32	72,26	74,04	77,39	81,47
3) N ₁ P ₂ K ₁	25,12	39,42	49,20	61,76	75,00	76,88	80,02	83,87
4) N ₁ P ₂ K ₂	21,81	33,96	42,87	55,99	69,17	71,37	75,11	79,29
5) N ₂ P ₁ K ₁	23,23	36,52	46,01	58,67	71,91	74,17	77,55	81,75
6) N ₂ P ₁ K ₂	22,52	35,66	44,72	57,53	70,63	72,89	76,52	80,82
7) N ₂ P ₂ K ₁	22,11	34,41	43,61	56,43	69,63	71,72	75,40	79,56
8) N ₂ P ₂ K ₂	22,20	34,52	44,86	56,57	69,84	72,63	76,76	81,45
9) N ₀ P ₀ K ₀ (testimone non concimato)	22,71	35,81	45,59	58,24	71,19	73,43	76,68	80,32
Media generale	22,88	35,87	45,28	57,91	71,06	73,26	76,83	81,00
Media per l'azoto								
N ₁	23,28	36,48	45,68	58,44	71,58	73,62	77,13	81,19
N ₂	22,52	35,28	44,80	57,30	70,50	72,85	76,56	80,98
Media per il fosforo								
P ₁	22,99	36,18	45,35	58,05	71,17	73,32	76,87	81,04
P ₂	22,81	35,58	45,14	57,69	70,91	73,15	76,82	81,13
Media per il potassio								
k ₁	22,91	36,29	45,35	58,38	71,61	73,74	77,25	81,04
k ₂	22,64	35,47	45,14	57,35	70,47	72,23	76,45	81,76
Valori di F:								
Trattamenti	1,36 n.s.	1,33 n.s.	1,25 n.s.	1,22 n.s.	1,14 n.s.	1,11 n.s.	1,04 n.s.	0,97 n.s.
Test vs. tesi conc.	0,04 n.s.	0,00 n.s.	0,03 n.s.	0,04 n.s.	0,00 n.s.	0,01 n.s.	1,04 n.s.	0,27 n.s.
Effetto N	1,37 n.s.	1,26 n.s.	0,53 n.s.	0,95 n.s.	0,81 n.s.	0,47 n.s.	0,33 n.s.	0,04 n.s.
Effetto P	0,07 n.s.	0,33 n.s.	0,03 n.s.	0,09 n.s.	0,05 n.s.	0,02 n.s.	0,00 n.s.	0,01 n.s.
Effetto K	0,63 n.s.	0,60 n.s.	0,47 n.s.	0,78 n.s.	0,89 n.s.	0,81 n.s.	0,64 n.s.	0,44 n.s.
n.s. = non significativo.								

in acqua delle foglie delle piante concimate con la dose doppia di potassio.

Prova effettuata a Candia Lomellina

Il pioppeto è stato costituito nell'autunno 1971 con pioppelle di 2 anni del clone "I-214" messe a dimora alla spaziatura di m 6,50 x 5,63 in buche profonde circa un metro. Il pioppeto è stato consociato con mais nel 1972 e con frumento nel 1973 ed è stato irrigato a scorrimento da 2 a 4 volte in ogni

stagione vegetativa. La piantagione oggetto della sperimentazione si trovava in una zona nota per la presenza di terreno con tessitura che rientra nella classe granulometrica di sabbia franca. La reazione in pH è risultata subacida, ed era povero di azoto e di sostanza organica (Tabella 5).

Produzione e asportazioni minerali delle colture consociate

Tenuto conto che la produzione di graminella è stata di 50 q/ha (con un'umidità del 15,5%) e che quella di grano è stata di

TABELLA 3 - Belgioioso. Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (cm) a m 1,30 dal suolo, in altezza (m) ed in volume (m³/albero).

Tesi	Altezza			Volume	
	Circonf.	cormometrica	Totale	cormometrico	Totale
		(Ø fino a cm 10)		(Ø fino a cm 10)	(fusti e rami compresi)
1) N ₁ P ₁ K ₁	80,11	15,78	22,35	0,493	0,533
2) N ₁ P ₁ K ₂	81,47	15,83	22,26	0,508	0,571
3) N ₁ P ₂ K ₁	83,87	15,99	22,40	0,544	0,613
4) N ₁ P ₂ K ₂	79,29	15,72	22,28	0,481	0,541
5) N ₂ P ₁ K ₁	81,75	15,86	22,30	0,511	0,578
6) N ₂ P ₁ K ₂	80,82	15,74	22,16	0,494	0,555
7) N ₂ P ₂ K ₁	79,89	15,64	22,16	0,481	0,541
8) N ₂ P ₂ K ₂	81,45	15,74	22,24	0,498	0,561
9) N ₀ P ₀ K ₀ (testimone)	80,32	15,76	22,26	0,499	0,562
Media generale	81,00	15,78	22,27	0,500	0,564
Media per l'azoto					
N ₁	81,19	15,83	22,32	0,507	0,570
N ₂	80,98	15,75	22,22	0,496	0,559
Media per il fosforo					
P ₁	81,04	15,80	22,27	0,501	0,564
P ₂	81,13	15,77	22,27	0,501	0,564
Media per il potassio					
K ₁	81,41	15,82	22,30	0,507	0,571
K ₂	80,76	15,76	22,24	0,495	0,557
Valori di F:					
Trattamenti	0,97 n.s.	0,77 n.s.	0,95 n.s.	1,00 n.s.	1,08 n.s.
Test vs. tesi conc.	0,27 n.s.	0,05 n.s.	0,01 n.s.	0,01 n.s.	0,01 n.s.
Effetto N	0,04 n.s.	1,11 n.s.	3,53 n.s.	0,60 n.s.	0,53 n.s.
Effetto P	0,01 n.s.	0,14 n.s.	0,00 n.s.	0,00 n.s.	0,00 n.s.
Effetto K	0,44 n.s.	0,56 n.s.	1,28 n.s.	0,78 n.s.	0,70 n.s.
n.s. = non significativo.					

30 q/ha (con un'umidità del 14%), l'entità delle asportazioni nel biennio è stata stimata rispettivamente in kg/ha 131 di azoto, 53 di anidride fosforica e 33 di ossido di potassio. Confrontando questi dati con i quantitativi di fertilizzanti somministrati al mais e al grano (kg/ha 488 di N 176 di P₂O₅ e 391 di K₂O), appare ragionevole dedurre che la fertilità residua abbia rappresentato una quota cospicua.

Tesi a confronto

In questa seconda prova sono stati confrontati tre livelli crescenti di azoto associati a livelli fissi di fosforo e di potassio, due livelli crescenti di fosforo, associati a livelli costanti di azoto e di potassio e due livelli crescenti di potassio associati a dosi costanti di azoto e di fosforo, realizzando 8 combinazioni: N₀P₀K₀ (testimone non concimato), N₀P₂K₁, N₁P₂K₁, N₂P₂K₁, N₃P₁K₁, N₃P₂K₁, N₂P₀K₁, N₂P₂K₂.

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 4 - Belgioioso. Influenza della concimazione sui contenuti idrici e minerali delle foglie prelevate il 5 agosto 1975.

Tesi	Contenuto in acqua		Contenuti minerali	
	(% p.f.)	(% p.s.)	N ₂ (% s.s.)	P ₂ O ₅ (% s.s.)
1) N ₁ P ₁ K ₁	64,86	184,64	2,581	0,492
2) N ₁ P ₁ K ₂	64,87	184,74	2,578	0,486
3) N ₁ P ₂ K ₁	64,53	181,99	2,512	0,518
4) N ₁ P ₂ K ₂	65,42	189,23	2,576	0,477
5) N ₂ P ₁ K ₁	64,75	183,71	2,634	0,493
6) N ₂ P ₁ K ₂	65,76	192,21	2,595	0,457
7) N ₂ P ₂ K ₁	65,07	186,37	2,496	0,486
8) N ₂ P ₂ K ₂	65,10	186,73	2,717	0,446
9) N ₀ P ₀ K ₀ (testimone non concimato)	84,85	184,72	2,562	0,518
Media generale	65,02	186,04	2,584	0,486
Media per l'azoto				
N ₁	64,92	185,15	2,562	0,493
N ₂	65,17	187,26	2,611	0,470
Media per il fosforo				
P ₁	65,06	186,32	2,597	0,482
P ₂	65,03	186,08	2,575	0,482
Media per il potassio				
K ₁	64,80	184,18	2,556	0,497
K ₂	65,29	188,23	2,617	0,467
Valori di F:				
Trattamenti	1,90 n.s.	1,90 n.s.	0,98 n.s.	1,19 n.s.
Test vs. tesi conc.	0,45 n.s.	0,39 n.s.	0,12 n.s.	2,37 n.s.
Effetto N	1,67 n.s.	1,77 n.s.	1,11 n.s.	2,12 n.s.
Effetto P	0,03 n.s.	0,02 n.s.	0,22 n.s.	0,00 n.s.
Effetto K	6,53 *	6,54*	1,71 n.s.	3,84 n.s.
n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,5.				

Risultati

Dall'analisi della varianza dei dati medi relativi alla circonferenza (Tabella 6) risulta che la concimazione effettuata dopo la consociazione non ha influito significativamente sull'accrescimento.

Le differenze tra le tesi registrate all'inizio della prova di concimazione, pur non risultando statisticamente significative, sono andate aumentando nel corso degli anni ma indipendentemente dai trattamenti effettuati.

Le posizioni dendrometriche che si sono stabilite tra le piante sin dai primi anni si sono mantenute per tutto il ciclo con un aumento in senso assoluto ma con una diminuzione delle differenze in senso relativo. Ad esempio, le differenze in area basimetrica tra la tesi 1 e la tesi 6 erano di 22,51 cm² al 13.12.1974 e sono salite a 55,22 cm² al 28.9.1979; le corrispondenti differenze percentuali sono scese dal 9,48 al 7,16%. All'analisi della covarianza, comunque, le differenze riscontrate all'inizio

TABELLA 5 - Candia Lomellina (PV). Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm					
	Profilo 1			Profilo 2		
	5-35	36-70	71-110	5-35	36-70	1 -110
Scheletro ($\varnothing > 2 \text{ mm}$) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria						
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	Determinazioni non effettuate					
Sabbia fine (0,2-0,02) mm %						
Limo (0,02-0,002 mm) %						
Argilla ($< 0,002 \text{ mm}$) %						
Reazione pH	6,72	6,75	6,68	6,64	6,70	6,69
Calcare totale %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Calcare attivo %	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ totale ‰	2,10	1,82	1,96	2,05	2,00	1,99
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	-	-	-	-	-	-
K ₂ O assimilabile (mg/100 mg)	2,18	1,8	-	1,9	1,6	-
N ₂ Kjeldahl ‰	0,63	0,43	0,47	0,79	0,49	0,41
Carbonio organico (C) %	0,47	0,28	0,35	0,68	0,42	0,33
Sostanza organica (C x1,724) %	0,82	0,49	0,61	1,19	0,72	0,56
C/N	7,56	6,72	7,50	8,67	8,41	8,11

TABELLA 6 - Candia Lomellina (PV). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (cm) a m 1,30 da suolo.

Tesi	13.12.74	1.10.75	14.4.77	6.9.77	2.11.78	28.9.79
1) N ₀ P ₀ K ₀	54,72	69,93	79,16	87,23	93,12	98,41
2) N ₀ P ₂ K ₁	55,22	70,89	80,28	88,01	93,38	98,79
3) N ₁ P ₂ K ₁	56,69	72,72	82,50	90,46	95,36	100,61
4) N ₂ P ₂ K ₁	55,30	71,60	81,84	89,92	95,34	100,97
5) N ₂ P ₀ K ₁	56,31	72,71	82,55	90,40	95,82	100,90
6) N ₃ P ₁ K ₁	57,07	73,85	83,75	91,59	96,71	101,90
7) N ₃ P ₂ K ₁	56,76	73,37	83,35	91,27	96,68	102,23
8) N ₂ P ₂ K ₂	55,01	72,11	81,82	90,10	95,73	100,99
Media	55,88	72,15	81,90	89,87	95,27	100,60
Valori di F	0,80 n.s.	1,05 n.s.	1,27 n.s.	1,04 n.s.	0,84 n.s.	0,87 n.s.
n.s. = non significativo.						

TABELLA 7 - Candia Lomellina (PV). Influenza della concimazione sui contenuti idrici e minerali delle foglie prelevate il 21.08.1975.

Tesi	Contenuto in acqua		Contenuti minerali	
			N ₂	P ₂ O ₅
	(% p.f.)	(% p.s.)	(% s.s.)	(% s.s.)
1) N ₀ P ₀ K ₀	64,93	185,36	2,693	0,467
2) N ₀ P ₂ K ₁	66,26	196,78	2,853	0,463
3) N ₁ P ₂ K ₁	66,06	193,94	2,972	0,495
4) N ₂ P ₂ K ₁	66,25	196,52	2,835	0,458
5) N ₂ P ₀ K ₁	65,60	190,95	3,016	0,485
6) N ₃ P ₁ K ₁	65,80	192,42	3,081	0,470
7) N ₃ P ₂ K ₁	65,97	194,12	3,113	0,489
8) N ₂ P ₂ K ₂	65,27	187,99	2,963	0,489
Media generale	65,77	192,96	2,941	0,477
Valori di F:				
Trattamenti	2,27 n.s.	2,25 n.s.	3,07 *	0,72 n.s.
(1+2) vs. (3+4+5+6+7+8)	0,79 n.s.	0,53 n.s.	11,77 **	1,36 n.s.
(1+2) vs. (6+7)	0,84 n.s.	0,68 n.s.	16,49 **	0,74 n.s.
(4+5) vs. (6+7)	0,32 n.s.	0,36 n.s.	4,63 *	0,24 n.s.
n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,5; ** significativo per p = 0,01.				

e alla fine della prova, non sono risultate statisticamente significative.

Dall'analisi fogliare (Tabella 7) risulta che a dosi crescenti di concime azotato corrispondono livelli crescenti del tenore di azoto nelle foglie, con differenze tra le tesi statisticamente significative. Non si registrano invece effetti della concimazione fosfatica sul tenore in P₂O₅ delle foglie. Nulla risultata l'efficacia della concimazione sul contenuto in acqua per tutte le formulazioni applicate.

Considerazioni su entrambe le prove

L'accrescimento degli alberi, e di conseguenza la produzione legnosa, sono risultati decisamente superiore a Candia Lomellina che a Belgioioso, e la ragione va ricercata nel fatto che a Candia il pioppeto è stato irrigato

a scorrimento da 2 a 4 volte per stagione vegetativa mentre quello di Belgioioso ha beneficiato soltanto delle scarse precipitazioni. L'analisi fogliare ha messo in evidenza che la concimazione azotata ha influito positivamente sul contenuto in azoto delle foglie soltanto nel pioppeto di Candia il quale, oltre ad essere meglio dotato di azoto è stato, come già detto, regolarmente irrigato.

Tuttavia, in entrambe le prove la concimazione, nelle dosi e nelle modalità in cui è stata effettuata, non ha influito significativamente sull'accrescimento degli alberi.

Questo dato non stupisce soprattutto se si considera che i terreni erano ben dotati di fosforo e di potassio assimilabili e che le colture consociate sono state lautamente concimate, soprattutto con azoto, elemento di cui il terreno era carente.

Senza entrare qui nel merito dei problemi relativi alla dinamica degli elemen-

ti nutritivi somministrati, in particolare dell'azoto, e all'azione esercitata sul bilancio unico del terreno dall'incorporamento degli stocchi o della paglia, ma limitandoci a considerare le cifre relative all'entità del residuo interrato, sembra ragionevole pensare che nel periodo successivo alla consociazione il pioppo possa aver beneficiato degli elementi nutritivi distribuiti in eccesso rispetto alle asportazioni reali delle colture erbacee.

Va segnalato che nel pioppeto di Candia Lomellina, irrigato, negli anni successivi alla consociazione, è stato rilevato anche un effetto spettacolare della concimazione azotata sullo sviluppo della vegetazione spontanea, a dimostrazione che i concimi azotati sparsi sul terreno sono stati utilizzati anche e soprattutto dal sottobosco erbaceo. Nullo è stato in tal senso l'effetto della concimazione fosfatica e di quella potassica.

PROVE DI SOVESCIO IN PIOPPETO

Scopo delle prove era quello di verificare se la coltivazione a pioppeto di terreni sabbiosi, ottenuti per spianamento di dune in zone del delta del Po di recente bonifica, può contribuire ad un loro miglioramento sul piano agronomico. È infatti opinione diffusa che pur con le sue modeste produzioni il pioppo si presti meglio delle colture erbacee alla utilizzazione di tali terreni, nei quali anzi sembrerebbe indurre un graduale miglioramento che potrebbe, successivamente e in tempi certamente non brevi ma da stabilire, renderli atti a colture erbacee più redditizie e più esigenti.

Lo scarso sviluppo in tali terreni del pioppo, ancor più che a deficienze della loro composizione chimica che in genere denuncia una forte carenza di potassio e di fosforo, sembra essenzialmente attribuibile alla loro tessitura eccessivamente sabbiosa che ostacola l'ascesa per capillarità dell'acqua e determina una netta delimitazione tra lo strato imbevuto della falda freatica e lo strato più superficiale asciutto. Si può pertanto affermare che in tali terreni ogni pratica tendente ad aumentarne il contenuto in humus potrebbe sortire utili risultati.

Si riprospettava pertanto un riesame del ricorso al sovescio.

Data l'importanza del problema e tenuto conto delle difficoltà allora prospettate dai tecnici dell'ex Ente per la Colonizzazione del Delta Padano, che il sovescio avrebbe presentato in tali terreni per la concorrenza con la flora spontanea, le scarse precipitazioni e l'elevato costo dei semi di certe specie di sovescio, si è ritenuto opportuno impostare nei terreni che detto Ente era ben disposto a mettere a disposizione, una apposita sperimentazione vertente in particolare sui seguenti due punti:

- a) confronto di miscugli diversi per sovescio;
- b) effetto di eventuali concimazioni chimiche.

Località: Goro

Fattori studiati

- a) concimazione minerale (testimone, concimato):
- b) concimazione verde (sovescio), nelle seguenti 3 combinazioni:
 1. avena cv angelica kg/ha 81; favino kg/ha 20, veccia cv. S/1889 kg/ha 15 e pisello da foraggio cv. Vittoria kg/20 di seme;
 2. avena kg/ha 75, veccia kg/ha 55 e pisello da foraggio kg/ha 55;
 3. avena kg/ha 70, lupino kg/ha 70 e pisello da foraggio 25;

Preparazione del terreno

Livellamento con rusatura e scasso a 80 cm di profondità.

Data di impianto: primavera 1965.

Tipo di materiale di impianto

Pioppelle di due anni di vivaio del clone "I-214".

Profondità di impianto: all'acqua di falda.

Spaziatura: 6 x 4,50 m.

Modalità di esecuzione della coltivazione del sovescio

Prima della semina degli erbai il terreno è stato arato alla profondità di cm 30 previa concimazione, ovviamente soltanto

sulle parcelle delle tesi che prevedevano la fertilizzazione minerale con: perfosfato minerale 19-21%, 6 q/ha solfato potassico 50-52% 1,50 q/ha e solfato ammonico 20-21% 2,50 q/ha.

La prima semina è stata effettuata nell'ultima decade di ottobre del 1966.

In copertura è stata effettuata la concimazione con nitrato ammonico 25-26% dalla dose di 2 q/ha distribuito in 3 tempi nel periodo di fine inverno e inizio primavera.

Le prove di sovescio sono state ripetute per 3 anni di seguito e precisamente nel 1966, 1967 e 1968 ed è sempre stata ripetuta la medesima sequenza nelle operazioni colturali.

Per valutare la massa prodotta dagli erbai sono stati fatti dei campionamenti falciando l'erba con la falce su superfici campione di m² 20 per parcella e pesandola sul posto, alle date 26.6.1966, 25.5.1967 e 20.5.1968. Su campioni a parte è stata determinata l'umidità per valutare la produzione in sostanza secca. Sempre su campioni a parte è stato rilevato il numero delle piante da sovescio presenti per unità di superficie appartenenti alle varie specie coltivate ed è stato poi calcolato il rapporto tra le medesime in peso secco.

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 4 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di m 1944 contenenti n. 72 piante di cui le 40 centrali utili per i rilevamenti.

Rilevamenti

Circonferenza del fusto a m 1,30 da terra alla fine di ogni vegetazione.

Elaborazione statistica dei dati

Analisi della varianza dei dati relativi alle circonferenze, alle aree basimetriche ed ai pesi di campioni dell'erba destinata al sovescio.

Caratteristiche del terreno

Sabbia, a reazione sub-alcalina, poverissima di azoto e di sostanza organica in particolare oltre i cm 50 di profondità (Tabella 8).

Falda freatica

Oscillante nel periodo vegetativo tra cm 75 e 135 di profondità dalla superficie.

Irrigazione

Data l'estrema permeabilità del terreno e l'abbondante disponibilità idrica l'acqua veniva somministrata mediante subirrigazione per la regolazione della falda. Il livello della superficie freatica veniva così mantenuto intorno a m 1 di profondità, con oscillazioni in più o in meno di una trentina di cm. La profondità della falda veniva misurata in pozzetti piezometrici appositamente installati nel pioppeto.

Lavorazioni del terreno

Le parcelle non coltivate con l'erbaio da sovescio venivano discate per evitare l'inerbimento spontaneo. In occasione dell'interramento dell'erbaio la discatura veniva effettuata su tutta la superficie del pioppeto.

Potature

Di correzione e di pulizia del fusto nella prima metà del ciclo.

Trattamenti antiparassitari

Contro insetti xilofagi e contro la *Marssonina brunnea* (due all'anno).

Risultati

Nella Tabella 9 sono riportati i dati relativi alla quantità di sostanza organica prodotta, espressa in peso fresco, per parcella di m 20 in tutte le tesi con sovescio.

Mentre le differenze di produzione tra i miscugli non sono risultate statisticamente significative, altamente significativo appare invece l'effetto della concimazione sulla quantità di materiale organico prodotto.

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 8 - Goro (FE). Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Campioni prelevati il 27.10.1965			Campioni prelevati il 24.5.1968		
	Profondità di prelevamento (cm)			Profondità di prelevamento (cm)		
	5-55	55-120	120-150	5-55	55-120	120-150
Sabbia grossa (mm 2-0,2) %	0,40	0,39	0,43	0,05	0,04	0,03
Sabbia fine (mm 0,2-0,02) %	95,83	96,56	96,40	97,60	98,44	98,36
Limo (mm 0,02-0,002) %	2,41	2,14	1,95	1,45	0,90	1,10
Argilla (mm < 0,002) %	1,36	0,91	1,22	0,90	0,62	0,51
Reazione in pH	7,87	7,89	7,80	7,92	7,82	7,80
Calcare totale %	8,68	8,86	9,68	9,14	8,74	8,37
Carbonio organico (C) %	0,315	0,151	-	0,340	0,247	-
Sostanza organica (C x 1,724) %	0,543	0,260	-	0,586	0,426	-
Azoto totale (N ₂) (Kjeldahl) ‰	0,30	0,11	-	0,32	0,15	-
C/N	10,50	13,64		10,62	16,47	-
Fosforo totale (P ₂ O ₅) ‰	0,91	0,67	0,745	-	-	-
<i>Ogni dato rappresenta la media di 11 campioni.</i>						

TABELLA 9 - Goro (FE). Produzione annua del sovescio (kg peso fresco parcella di m² 20.)

Tesi	Anno		
	1966	1967	1968
Senza concimazione minerale			
Sovescio formula 1	19,73	26,87	13,13
Sovescio formula 2	12,53	19,75	12,63
Sovescio formula 3	11,97	13,50	10,38
Media	14,74	20,04	12,04
Concimazione minerale			
Sovescio formula 1	21,95	31,25	20,00
Sovescio formula 2	36,65	35,38	25,00
Sovescio formula 3	38,98	37,00	19,00
Media	32,53	34,54	21,33
Media generale	23,63	27,29	16,69
Valori di F:			
Concimazione minerale	9,66**	10,56**	15,66**
Sovescio	0,25 n.s.	0,25 n.s.	1,03 n.s.
F ₁ vs F ₂ +Fa	0,48 n.s.	0,31 n.s.	0,00 n.s.
F ₂ vs Fa	0,01 n.s.	0,18 n.s.	2,06 n.s.
n.s. = non significativo; ** = significativo per p = 0,01.			

TABELLA 10 - Goro (FE). Influenza della concimazione e del sovescio sull'accrescimento del fusto (area basimetrica in cm² a m 1,30 dal suolo).

Tesi	Rilevamenti effettuati a fine stagione vegetativa											
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Senza concimazione minerale												
Testimone	18,95	41,24	79,42	129,61	199,92	304,82	-	-	-	616,88	630,01	665,73
Sovescio formula 1	17,84	37,31	74,78	130,82	208,42	306,50	-	-	-	613,21	633,44	685,99
Sovescio formula 2	18,49	39,27	70,65	116,95	184,42	277,16	-	-	-	573,57	622,69	665,04
Sovescio formula 3	19,27	39,01	73,10	120,53	193,28	284,70	-	-	-	577,49	600,36	648,75
Media	18,64	39,21	74,49	124,47	196,51	293,29	365,10	468,25	534,26	595,28	621,63	666,38
Concimazione minerale												
Testimone	20,85	46,21	87,39	140,39	217,58	315,21	-	-	-	623,56	651,54	699,47
Sovescio formula 1	18,35	35,82	67,03	116,89	183,98	269,81	-	-	-	564,82	594,76	652,41
Sovescio formula 2	19,55	40,47	74,69	127,93	209,77	316,20	-	-	-	650,97	665,80	680,32
Sovescio formula 3	17,72	32,51	61,21	105,79	171,98	264,22	-	-	-	574,62	592,61	625,65
Media	19,12	38,75	72,58	122,75	195,83	291,36	362,64	466,81	534,60	603,49	626,18	664,46
Media generale	18,87	38,98	73,53	123,61	196,17	292,33	363,87	467,53	534,43	599,39	623,90	665,42
Valori di F:												
Concimazione minerale	0,13 n.s.	0,04 n.s.	0,28 n.s.	0,09 n.s.	0,00 n.s.	0,03 n.s.	-	-	-	0,03 n.s.	0,00 n.s.	0,01 n.s.
Sovescio	0,34 n.s.	2,46 n.s.	3,45*	2,51 n.s.	1,81 n.s.	2,19 n.s.	-	-	-	1,84 n.s.	1,95 n.s.	1,55 n.s.
F ₀ vs F ₁ + F ₂ + F ₃	0,78 n.s.	5,61·	9,99**	5,42*	7,35**	4,10 n.s.	-	-	-	2,54 n.s.	2,41 n.s.	1,58 n.s.
F ₁ vs F ₂ + F ₃	0,16 n.s.	0,20 n.s.	0,05 n.s.	0,77 n.s.	0,42 n.s.	0,04 n.s.	-	-	-	0,07 n.s.	0,01 n.s.	0,54 n.s.
F ₂ vs F ₃	0,08 n.s.	1,58 n.s.	1,17 n.s.	1,35 n.s.	1,66 n.s.	0,43 n.s.	-	-	-	2,88 n.s.	3,43 n.s.	2,52 n.s.
n.s.: non significativo; *: significativo per p = 0,05; **: significativo per p = 0,01.												

Complessivamente nei tre anni si può calcolare siano stati interrati circa 234 q/ha di materiale nelle parcelle non concimate e 338 in quelle concimate. Il contenuto in acqua oscillava dall'81 all'83% del peso fresco. Si tratta di quantitativi molto modesti, che non hanno influito significativamente sul contenuto di sostanza organica del terreno.

Dai dati relativi alle aree basimetriche medie per parcella e dalla loro analisi della varianza risulta che l'interramento dell'erba, concimata o non concimata, non ha avuto alcun effetto sull'accrescimento degli alberi. Priva di effetto appare anche la concimazione minerale azoto-fosfo-potassica, rispetto al testimone non concimato (Tabella 10). Appare evidente invece l'effetto de-

pressivo sull'accrescimento dei pioppi della competizione delle piante erbacee da sovescio nei primi 4-5 anni, cioè nel periodo in cui la pratica è stata effettuata, per poi cessare completamente negli anni successivi, nei quali il terreno veniva lavorato con erpice a dischi e la vegetazione spontanea, ormai modesta, veniva interrata.

La produzione del pioppeto, che al dodicesimo anno presentava piante con un'area basimetrica media di cm^2 665, può essere valutata sui 230 m^3/ha , corrispondenti ad un incremento medio per ha e per anno di 19 m^3 in volume dendrometrico (fusto e rami svettati a cm 10 di diametro in punta). Produzione molto vicina alla media della Valle padana (intorno ai 20 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{anno}$).

PROVE DI CONCIMAZIONE DI PIOPPETI SU TERRENI CALCAREI NELL'UDINESE E NEL MANTOVANO

Concimazione letamica e minerale con due livelli (0 ed 1) di azoto, di fosforo e di potassio

Località: Palazzolo dello Stella (UD)

Caratteristiche del terreno

- nei primi 50 cm: tessitura franca, reazione neutra, mediamente dotato di sostanza organica e di azoto, modesto apporto fornito di fosforo e ricco di potassio assimilabile (Tabella 11);
- negli strati sottostanti (da circa 70 cm): calcareo, a reazione subalcalina, povero di sostanza organica, di azoto e di fosforo;
- in profondità (da 70 cm ad oltre 1 m): presenza di uno spesso pancone calcareo che rallenta il drenaggio dell'acqua di pioggia, abbondante nel periodo autunnale (Figura 5).

Clima

Nel periodo dal 1971 al 1982 la temperatura media annua ha oscillato intorno ai 13°C; il mese più freddo è risultato gennaio con 4,28°C e quello più caldo agosto con 22,14°C, la media mensile minima si è avuta a gennaio nel 1980 con 2,2 e quella massima a luglio nel 1982 con 24,2°C. Nel semestre aprile-settembre la temperatura media è risultata di 18,6°C, con punte minime di 16,7 nel 1973 e massime di 19,8°C nel 1975. Le precipitazioni annue, per il dodicennio considerato, in media sono risultate di mm 1185,5, con un minimo di 840 mm nel 1973 e con un massimo di 1584 mm nel 1978. La distribuzione delle precipitazioni è stata caratterizzata da due massimi di cui uno di 118 mm in giugno ed uno

di 136 mm in ottobre e da due minimi di cui quello invernale (febbraio) più basso di quello estivo (luglio).

Preparazione del terreno

Scasso di cm 60-70 di profondità effettuato nella prima decade di settembre del 1970.

Colture precedenti

Pioppeto (abbattuto all'età di 11 anni, tra novembre 1969 e maggio 1970).

Clone

Populus x canadensis Moench "I-214".

Tipo di materiale di impianto

Pioppelle di due anni di vivaio con circonferenza di 12-14,5 cm a 1 m da terra.

Metodo di impianto

Collocamento degli astoni in buche profonde 70 cm aperte con spuntone di 8 cm di diametro.

Spaziatura: 6 x 5 m.

Data di impianto: marzo 1971.

Fattori studiati

Concimazioni organica (letame a due livelli: con e senza), e concimazione minerale (azoto, fosforo e potassio, ciascuno a due livelli: con e senza), in combinazione fattoriale.

Disegno sperimentale

Parcella suddivisa (letame nei parcelloni e concimi minerali nelle parcelle), con 5 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di 900 m² comprendente 30 piante (6 file di 5 piante) di cui 12 utili per i rilevamenti.

Modalità di distribuzione dei concimi

I concimi fosfatici e potassici sono stati sparsi su tutta la superficie della parcella ad essi destinata ed interrati in occasione dell'aratura pre-impianto alla prima somministrazione (sett. 1970) e con discatura alla seconda (sett. 1975). L'urea è stata localizzata intorno al piede dell'albero in un raggio di m 1,50 nei primi due anni ed è stata sparsa su tutta la superficie della parcella in quelli successivi. L'interramento è stato fatto mediante discatura. Le stesse modalità sono state seguite per l'unica applicazione del nitrato ammonico.

Date di distribuzione, tipi di concimi e dosi applicate (kg/albero)

Date	Urea 46%	Nitrato ammonico 26-28%	Perfosfato minerale 19-21%	Superfosfato triplo 46-48%	Solfato potassico 50-52%
9-9-1970	-	-	5,000	-	3,330
12-5-1971	0,833	-	-	-	-
6-6-1972	0,833	-	-	-	-
23-5-1973	0,833	-	-	-	-
15-5-1974	0,833	-	-	-	-
5-6-1975	1,667	-	-	-	-
2-9-1975	-	-	-	1,667	1,667
26-4-1977	1,667	-	-	-	-
22-5-1979	-	1,667	-	-	-

Modalità di distribuzione

Il letame è stato distribuito alla dose di 500 q/ha ed è stato interrato in occasione dell'aratura pre-impianto.

Cure colturali

Due o tre discature annuali e trattamenti antiparassitari contro insetti xilofagi e *Marssonina brunnea*.

Risultati

All'abbattimento, effettuato a 12 anni dalla messa a dimora, le piante concimate con letame hanno presentato un'area basimetrica superiore di circa il 4% a quelle non letamate, ma le differenze non sono risultate statisticamente significative. Non sono stati rilevati dati sui componenti del letame, tipo il rapporto C/N e i contenuti minerali, per cui non si può conoscere l'entità del suo contributo all'incremento del tenore in humus e alla fertilità chimica del terreno.

Statisticamente significativo è stato invece l'effetto della concimazione minerale sull'accrescimento del fusto in circonferenza a m 1,30 dal suolo (Tabella 12).

L'efficacia dell'azoto è emersa sin dall'inizio del primo anno; le piante concimate, rispetto a quelle del testimone, presentano un incremento di circa l'8% nel giugno 1972 e addirittura del 20% alla fine dello stesso anno. Le differenze in area basimetrica si mantengono intorno al 14% nei due anni successivi, scendono al 12% nel 1975, calano progressivamente riducendosi al di sotto del limite di significatività ($P = 0,05$) alla fine del 1980 e annullandosi completamente nel biennio successivo. È probabile che, in questo periodo, le piante, avendo ormai colonizzato un maggior volume di terreno, possano aver beneficiato dell'azoto derivante dalla mineralizzazione della sostanza organica, presente in buona quantità anche nelle parcelle del testimone.

L'efficacia del fosforo si manifesta in maniera nettamente significativa alla fine

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 11 - Palazzolo dello Stella (UD). Caratteristiche fisico chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm								
	Profilo 1			Profilo 2			Profilo 3		
	0-51	56-65	66-120	0-50	51-70	71-140	0-50	51-70	71-120
Scheletro ($\varnothing > 2 \text{ mm}$) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria									
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	0,51	0,81	0,21	0,21	0,33	0,40	0,58	1,59	0,31
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	44,00	33,20	35,00	34,80	27,70	47,60	42,40	48,90	66,70
Limo (0,02-0,002 mm) %	28,30	26,00	48,50	39,00	33,00	32,00	33,00	24,00	22,00
Argilla ($< 0,002 \text{ mm}$) %	27,00	40,00	16,00	26,00	39,00	20,00	24,00	25,50	11,00
Reazione in pH	7,35	7,88	8,30	7,30	7,90	8,25	7,10	7,65	8,25
Calcare totale %	0,43	1,88	29,82	0,58	3,34	62,41	0,43	2,47	68,21
Calcare attivo %	1,25	1,88	1,24	1,30	2,50	11,56	1,25	2,25	12,04
P ₂ O ₅ totale ‰	1,25	0,84	0,75	1,10	0,83	0,78	0,98	0,78	0,70
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	38,00	27,00	-	36,00	28,00	-	41,00	25,00	-
K ₂ O assimilabile (mg/100g)	6,00	3,50	1,95	5,50	3,35	2,00	4,85	3,45	2,15
N ₂ Kjeldahl ‰	2,00	1,20	0,30	1,90	1,10	0,20	2,10	1,10	0,30
Carbonio organico (C) %	1,62	0,51	-	1,60	0,55	-	2,03	0,50	-
Sostanza organica (C x 1,724) %	2,79	0,88	-	2,76	0,95	-	3,45	0,86	-
C/N	8,10	4,25	-	8,42	5,00	-	9,67	4,55	-



FIGURA 5 - Palazzolo dello Stella (UD). Dall'esame del profilo il terreno risulta poco profondo, al massimo una settantina di cm, ed è adagiato su uno strato calcareo compatto.

del biennio successivo alla seconda applicazione (2.9.1975), con un incremento di oltre il 7% dell'area basimetrica alla fine del 1977 e di oltre il 10% alla fine del 1982.

Il mancato effetto della prima applicazione potrebbe essere attribuito, almeno in parte, al noto fenomeno della fissazione del fosforo da parte del terreno, risultato alle analisi calcareo e assai povero di P₂O₅ sia totale che assimilabile. La dose sommini-

strata, pari a 16,5 q/ha, ha certamente svolto la funzione di arricchimento di tutto il profilo interessato dall'aratura di scasso elevando il contenuto in P₂O₅ totale del terreno senza probabilmente influire sulla quota disponibile in misura tale da provocare una risposta favorevole del pioppo alla concimazione fosfatica. L'ipotesi non appare infondata soprattutto se si considera che la presenza del pancone calcareo ha creato difficoltà di

TABELLA 12 - Palazzolo della Stella (UD). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (cm) a m 1,30 dal suolo.

Tesi	Primavera	Date dei rilevamenti											
	1971	8.6.72	15.3.73	24.10.73	14.10.74	25.11.75	28.4.77	13.12.77	10.10.78	10.4.80	10.3.81	9.2.82	16.11.82
Con letame	9,91	15,31	19,31	28,83	39,41	50,11	59,33	67,01	71,83	76,20	81,38	85,75	89,21
Senza letame	9,93	15,99	20,48	31,98	41,83	50,89	60,35	67,48	71,54	75,48	79,86	83,45	86,88
1) N ₀ P ₀ K ₀	9,94	15,16	18,82	29,21	39,74	47,99	57,65	65,14	69,50	73,65	78,59	82,71	86,48
2) N ₀ P ₀ K ₁	9,93	15,36	18,48	28,74	38,40	47,57	57,36	64,59	68,84	73,36	78,54	83,08	87,58
3) N ₀ P ₁ K ₀	9,91	15,77	19,74	30,71	40,50	50,94	60,84	68,57	72,77	77,26	82,57	86,75	90,86
4) N ₀ P ₁ K ₁	9,92	15,06	18,32	28,36	37,64	47,83	57,62	65,34	69,54	74,54	80,05	84,34	88,70
5) N ₁ P ₀ K ₀	9,93	16,11	21,55	32,46	42,60	51,95	60,88	67,55	71,76	74,78	78,66	81,01	83,95
6) N ₁ P ₀ K ₁	9,90	15,98	20,97	30,85	41,15	50,08	59,91	66,59	71,29	74,87	79,01	81,73	84,73
7) N ₁ P ₁ K ₀	9,89	16,11	21,14	30,46	42,67	52,80	62,29	70,26	74,96	79,02	83,71	87,16	90,38
8) N ₁ P ₁ K ₁	9,95	15,63	20,14	30,46	42,26	54,82	62,16	69,93	74,81	79,27	83,85	88,05	91,71
Media generale	9,90	15,65	19,90	30,41	40,62	50,50	69,84	67,25	71,68	75,84	80,62	84,35	88,05
Media per l'N													
N ₀	9,93	15,35	18,84	29,26	39,07	48,58	58,37	65,91	70,16	74,70	79,94	84,22	88,41
N ₁	9,92	15,96	20,95	31,06	42,17	52,41	61,31	68,58	73,21	76,99	81,31	84,49	87,69
Media per il P													
P ₀	9,93	15,65	19,96	30,32	40,47	49,40.	58,95	65,97	70,35	74,17	78,70	82,13	85,69
P ₁	9,92	15,64	19,84	30,00	40,76	51,60	60,73	68,53	73,02	77,52	82,55	86,58	90,41
Media per K													
K ₀	9,92	15,79	20,31	30,71	41,38	50,92	60,42	67,88	72,25	76,18	80,88	84,41	87,92
K ₁	9,93	15,51	19,48	29,60	39,66	50,08	59,26	66,61	71,12	75,51	80,36	84,30	88,18
Valori di F:													
Trattamenti	0,08 n.s.	1,21 n.s.	2,99**	2,21 *	2,83 *	3,82**	3,57**	4,10**	5,29**	5,44**	5,09**	6,11**	6,23**
Effetto letame	0,29 n.s.	1,03 n.s.	0,94 n.s.	3 07 n.s	1,55 n.s.	0,29 n.s.	0,21 n.s.	0,05 n.s.	0,02 n.s.	0,20 n.s.	1,10 n.s.	1,53 n.s.	2,03 n.s
Effetto N	0,02 n.s.	2,96 n.s.	9,59**	5,47*	7,60**	10,84**	7,05**	5,49*	7,95**	4,97*	1,92 n.s.	0,07 n.s.	0,47 n.s.
Effetto P	0,03 n.s.	0,00 n.s.	0,0 3n.s.	0,03 n.s.	0,07 n.s.	3,56 n.s.	2,58 n.s.	5,04*	6,12*	10,71**	15,15**	18,87**	20,73**
Effetto K	0,01 n.s.	0,56 n.s.	1,49 n.s.	2,67 n.s.	1,82 n.s.	0,53 n.s.	1,09 n.s.	1,23 n.s.	1,09 n.s.	0,42 n.s.	0,2 n.s.	0,01 n.s.	0,06 n.s.

s.s.: non significativo; *: significativo per p = 0,05; **: significativo per p = 0,01.

n.s.: non significativo; *: significativo per p = 0,05; **: significativo per p = 0,01.

drenaggio con conseguenze sullo sviluppo dell'apparato radicale. In questa situazione le piante hanno tratto vantaggio dalla concimazione azotata distribuita in copertura e dalla seconda applicazione fosfatica, somministrata in superficie.

La concimazione fatta con solfato potassico ha avuto un effetto leggermente depressivo nella prima metà del ciclo ed è stata complessivamente ininfluente nella seconda.

Come risulta dalla bassa produzione, mediamente di 16/m³/ha/anno, la stazione è da considerarsi di scarsa fertilità e tra i fattori limitanti bisogna ricordare soprattutto la difficoltà di drenaggio per la presenza del pancone calcareo a 60-70 cm di profondità, che limita il volume di terreno a disposizione delle radici, in un'area a clima piovoso.

Concimazione azoto fosfatica e azoto fosfo-potassica

Località: Porto Mantovano (MN)

Terreno

Lo strato superficiale (*top soil*) presenta tessitura da sabbia franca a franco sabbiosa, è calcareo, a reazione subalcalina, povero di sostanza organica, modestamente dotato di N₂, mediamente fornito di P₂O₅ e di K₂O assimilabile e totale; nello strato sottostante, oltre i 45 cm, aumenta notevolmente la percentuale di calcare e diminuisce la disponibilità di elementi nutritivi (Tabella 13, Figura 6).

Clima

Dall'esame del regime termico medio ed annuo risulta che le temperature medie minime si verificano in gennaio (2,5°C),

TABELLA 13 - Porto Mantovano (MN). Caratteristiche fisico chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento								
	Profilo 1			Profilo 2			Profilo 3		
	0-15	16- 45	46-80	0-15	16- 45	46-80	0-15	16- 45	46-80
Scheletro (Ø > 2 mm) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria									
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	3,06	2,89	7,97	2,42	2,20	0,97	2,39	2,39	1,45
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	69,92	71,82	64,06	57,45	57,82	49,22	60,66	56,36	76,35
Limo (0,02-0,002 mm) %	17,39	15,90	15,35	25,06	23,76	27,05	22,66	21,01	13,26
Argilla (< 0,002 mm) %	9,63	9,38	12,59	15,07	16,21	22,76	14,32	20,24	8,92
Reazione in pH	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Calcare totale%	9,37	34,71	46,83	3,14	23,23	35,28	21,05	22,79	42,48
Calcare attivo%	1,00	6,13	10,00	0,82	5,70	8,12	3,12	5,12	9,13
P ₂ O ₅ totale ‰	1,45	-	-	1,50	-	-	1,40	-	-
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	15,00	8,00	-	25,00	10,00	-	14,00	7,00	-
K ₂ O assimilabile (mg/100 g)	1,50	1,12	-	1,55	1,13	-	1,45	1,00	-
N ₂ Kjeldahal ‰	1,00	0,82	-	1,10	0,87	-	0,80	0,71	-
Carbonio organico (C) %	0,93	0,99	0,13	1,01	0,79	0,45	0,85	0,75	0,32
Sostanza organica (C x 1,724) %	1,60	1,70	0,23	1,74	1,36	0,78	1,47	1,29	0,55
C/N	9,30	12,07	-	9,18	9,08	-	10,63	10,56	-



FIGURA 6 - Porto Mantovano (MN). Dall'esame del profilo il terreno risulta poco profondo, essendo adagiato ad uno spesso strato calcareo.

salgono gradatamente raggiungendo 21,7°C a giugno ed il massimo a luglio (23,90°C), si mantengono su valori analoghi ad agosto (23,60°C), scendono di qualche grado a settembre (19,4°C) e diminuiscono nei mesi successivi fino a toccare a dicembre valori (3°C) poco diversi da quelli di gennaio.

Il regime pluviometrico risulta caratterizzato da un minimo in aprile (37,6 mm) e da due massimi di cui uno ad ottobre (92,2 mm) ed uno a gennaio (89,4 mm). Da maggio a settembre le precipitazioni mensili oscillano da 60 a 75 mm, risultando sempre superiori al doppio della temperatura media dell'aria per cui non si verificano condizioni di aridità.

Data dell'impianto: 22 marzo 1969.

Clone

Populus x canadensis Moench "I-214".

Tipo di materiale d'impianto

Pioppelle da vivaio di due anni.

Spaziatura: 6 x 5 m.

Data di inizio della prova: primavera 1970.

Tesi a confronto

1. testimone non concimato;
2. concimazione azoto-fosfatica (NP);
3. concimazione azoto-fosfo-potassica (NPK).

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 6 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di 1260 m² contenente n. 42 piante di cui le 20 interne utili per i rilevamenti.

Date di distribuzione, tipi di concimi e dosi applicate (kg/albero)

Date	Nitrato ammonico 26-28%	Solfato ammonico 26-27%	Perfosfato minerale 19-21%	Cloruro potassico 60-62%	Solfato potassico 50-52%
22.4.1970	-	2,400	3,000	1,800	-
9.5.1972	-	2,400	3,000	1,800	-
27.5.1974	1,800	-	3,000	-	1,800

Modalità di distribuzione

Il concime è sempre stato distribuito a spaglio, su tutta la superficie delle parcelle interessate, ed interrato con aratura profonda circa cm 20 nel 1970 e con fresature nel 1972 e nel 1974.

Cure colturali

Due o tre discature all'anno, trattamenti antiparassitari contro insetti xilofagi e *Marssonina brunnea*.

Risultati

I dati relativi alla circonferenza e all'area basimetrica, rilevati a fine anno, e

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 14 - Porto Mantovano. Influenza della concimazione sull'accrescimento delle piante in circonferenza (a m 1,30 dal suolo), area basimetrica (cm²) e incrementi in area basimetrica.

Tesi	Date dei rilevamenti							
	14.2.70	21.10.70	1.3.72	27.11.72	30.10.73	1.10.74	16.10.75	2.8.76
1) Testimone non concimato	18,47	30,18	45,76	60,68	71,82	80,34	89,06	94,53
2) NP	18,38	31,77	47,96	64,02	75,26	84,04	92,89	97,99
3) NPK	19,01	34,68	51,38	67,56	77,89	86,56	95,32	100,66
Media	18,62	32,21	48,37	64,09	74,99	83,65	92,42	97,73
Valori di F								
Trattamenti	1,51 n.s.	12,99**	11,13**	11,37**	10,56**	11,97**	15,28**	15,62*
Test. vs NP+NPK	0,43 n.s.	15,42**	14,13**	16,72**	17,17**	20,06**	26,02**	25,34*
NP vs NPK	2,58 n.s.	10,57**	8,13**	6,02*	3,95 n.s.	3,88 n.s.	4,53 n.s.	5,90*
Area basimetrica								
1) Testimone non concimato	27,70	74,93	170,71	296,47	417,91	522,77	641,14	717,31
2) NP	26,91	82,52	187,27	328,66	455,96	568,10	694,11	770,31
3) NPK	29,12	97,34	213,23	364,41	487,54	600,98	729,59	811,82
Media	27,91	84,93	190,55	329,85	453,80	563,92	688,28	766,48
Valori di F								
Trattamenti	1,79 n.s.	14,64**	10,71**	11,24**	12,06**	15,11**	18,29**	15,27**
Test. vs NP+NPK	0,09 n.s.	16,81**	13,57**	16,26**	23,64*	24,95**	30,77**	24,67**
NP vs NPK	3,49 n.s.	12,46*	7,86*	6,22*	4,95*	5,28*	5,81*	5,86*
Incremento annuo in area basimetrica								
1) Testimone non concimato	-	47,23	95,78	125,76	121,44	104,86	118,37	76,34
2) NP	-	55,61	104,75	141,39	127,30	112,14	126,01	76,20
3) NPK	-	68,22	115,89	151,18	123,13	113,34	128,71	82,23
Media	-	57,02	105,47	139,44	123,96	110,11	124,36	78,26
Valori di F								
Trattamenti	-	18,53**	4,73*	3,23 n.s.	1,22 n.s.	3,76 n.s.	1,75 n.s.	0,78 n.s.
Test. vs NP+NPK	-	23,86**	6,57*	5,52*	1,28 n.s.	7,40*	3,28*	0,36 n.s.
NP vs NPK	-	13,19**	2,89 n.s.	0,94 n.s.	1,17 n.s.	0,13 n.s.	0,22 n.s.	1,19 n.s.
n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.								

quelli degli incrementi correnti sono riportati nella Tabella 14. I dati medi dell'area basimetrica sono illustrati anche nella Figura 7.

Dall'esame statistico dei dati relativi agli accrescimenti in area basimetrica si nota quanto segue:

- rispetto al testimone, la concimazione è sempre risultata efficace con differenze altamente significative;

- rispetto all'apporto di NP, la concimazione con NPK ha avuto esito positivo con differenze tra le medie altamente significative nel 1970 e significative in tutte le altre annate (per il 1973 il valore di F è risultato di 4,948 contro 4,96 di quello tabulare).

L'esame statistico dei dati relativi all'incremento corrente in area basimetrica consente di dedurre quanto segue:

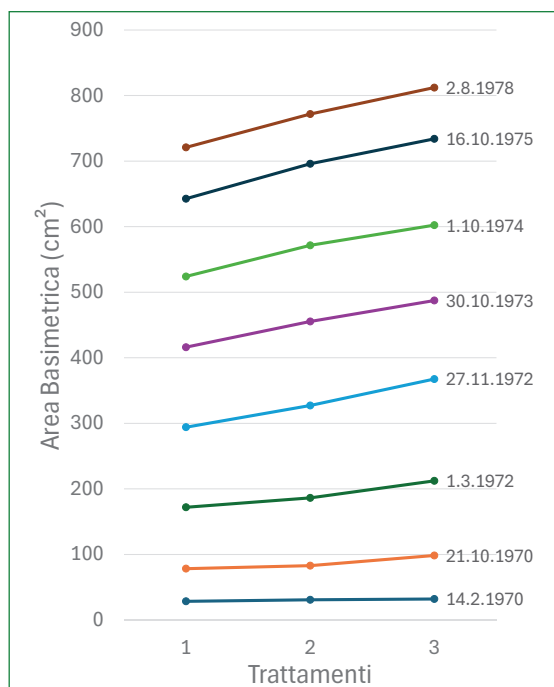


FIGURA 7 - Porto Mantovano (MN). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in area basimetrica (cm²) a m 1,30 dal suolo. 1 = testimone; 2 = NP; 3 = NPK.

- rispetto al testimone, la concimazione ha avuto esito altamente significativo nel 1970, significativo nel 1971, 1972, 1974 e 1975 e non significativo nel 1973 e nel 1976; essa cioè è risultata efficace sempre nell'anno di applicazione del fertilizzante ed ha manifestato un effetto residuo l'anno dopo in occasione della prima e della terza somministrazione;
- l'apporto di potassio, in aggiunta a NP, ha ulteriormente esaltato la crescita delle piante soltanto nel 1970, in corrispondenza cioè della prima applicazione di concimi.

L'analisi dei dati relativi agli incrementi fornisce informazioni più particolareggiate e che sarebbero sfuggite all'attenzione se ci si fosse limitati ad elaborare solo i valori degli accrescimenti totali. Così, ad esempio, è stato possibile appurare che, pur risultando le differenze tra gli accrescimenti totali delle piante concimate e di quelle del testimone significative alla fine di ciascun anno considerato, in al-

cune annate, e precisamente nel 1973 e nel 1976, in termini di incremento corrente, l'effetto dovuto alla concimazione è risultato troppo modesto per raggiungere il livello di significatività. Così, ancora, la maggior efficacia della concimazione con NPK, rispetto a quella con NP, è risultata sempre significativa alla elaborazione degli accrescimenti totali, mentre in base agli incrementi essa viene confermata soltanto per il 1970. Ciò si spiega anche con il fatto che, sin dal momento in cui si è iniziata la prova, tra le piante delle tesi NP ed NPK esistevano, seppure non significative, delle differenze che, con l'elaborazione degli accrescimenti totali, non sono state sceverate da quelle realmente provocate dai fertilizzanti ma, al contrario, ad essi attribuite.

All'abbattimento (Tabella 15), realizzato alla fine dell'ottavo anno dalla messa a dimora, il diametro a m 1,30, l'altezza (dendrometrica e cormometrica) ed il volume (dendrometrico, cormometrico e blastometrico) delle piante concimate, rispetto a quelle del testimone, sono risultati più elevati in maniera altamente significativa. In termini di volume la maggior produzione delle piante concimate è dell'ordine del 15%. La produzione media è risultata eccellente (34 m³/ha/anno), esattamente il doppio di quella ottenuta a Palazzolo dello Stella, dove la piovosità, soprattutto in giugno, era stata molto più elevata e il drenaggio più lento.

La concimazione azoto-fosfo-potassica, rispetto alla concimazione azoto-fosfatica, mentre ha esaltato l'accrescimento in altezza delle piante (circa mezzo metro) non ha sortito effetti positivi significativi sul diametro o sul volume. L'aggiunta del potassio agli altri due elementi risulta quindi di scarso interesse pratico.

TABELLA 15 - Porto Mantovano (MN). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (a cm 1,30 dal suolo), in altezza (m) e in volume (m³/albero).

Tesi	Circonfe- renza	Altezza		dendrom.	Volume					
		cormometrica			cormometrico			dendrometrico		
		h ₇	h ₁₀		H ₀	f ₀	f ₇	f ₁₀	(f+r) ₀	(f+r) ₇
1) Testimone non concimato	94,53	19,96	18,30	25,36	0,743	0,736	0,723	0,857	0,785	0,747
2) NP	97,99	20,49	18,81	25,98	0,853	0,839	0,830	0,977	0,906	0,859
3) NPK	100,66	20,83	19,32	26,24	0,873	0,866	0,857	1,027	0,940	0,890
Media	97,73	20,43	18,81	25,86	0,823	0,814	0,803	0,954	0,877	0,832
Valori di F:										
Trattamenti	15,62**	19,93**	21,41**	26,32**	17,68**	16,13**	16,96**	14,79**	15,40**	16,96**
Test. V _s NP+NPK	25,34**	38,32**	32,08**	48,17**	34,61**	31,01**	32,66**	27,13**	29,45**	32,66**
NP vs. NPK	5,90*	6,52**	10,74**	4,47**	0,75 n.s.	1,24 n.s.	1,26 n.s.	2,45 n.s.	1,35 n.s.	1,26 n.s.

n.s. = non significativo, * = significativo per p = 0,05, ** = significativo per p = 0,01.

n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

Confronto tra le due prove di concimazione su terreni calcarei con profilo di ridotta potenza

In entrambe le stazioni la concimazione ha avuto esito positivo ma le produzioni sono risultate molto diverse: di appena 16 m³/ha/anno a Palazzolo dello Stella e addirittura il doppio (34 m³/ha/anno) a Porto Mantovano. La stazione di Palazzolo dello Stella è da considerarsi di scarsa fertilità e tra i fattori limitanti bisogna ricordare soprattutto la difficoltà di drenaggio per la presenza del pancone calcareo compatto a 60-70 cm di profondità, che limita il volume di terreno a disposizione delle radici e rende più lento il drenaggio in un'area a clima piovoso. Sulla base della produzione la stazione di Porto Mantovano è da considerarsi molto fertile perché, pur presentando il terreno un profilo di potenza pari a quello di Palazzolo, lo strato calcareo è meno compatto e non provoca ristagni idrici.

PROVE DI CONCIMAZIONE DEL PIOPPETO SU TERRENI SUBACIDI IN LOMELLINA

Concimazione azotata, azoto-fosfatica e azoto-fosfo-potassica, con due dosi e con distribuzione frazionata per l'azoto

Località: Cernago (PV)

Caratteristiche del terreno

Sabbioso, a reazione subacida, povero di sostanza organica e di elementi nutritivi (Figure 8 e 9). Pioppeto sito in zona risicola con falda a profondità oscillante tra 70 e 80 cm durante la stagione vegetativa.

Clima

In assenza di una capannina meteorologica nei pressi della piantagione sperimentale, per dare un'idea delle temperature e delle precipitazioni che caratterizzano la zona, si fa riferimento ai dati rilevati presso la Stazione meteorologica di Pavia che in linea d'aria dista una ventina di km.

Le temperature medie minime si verificano in gennaio ($0,5^{\circ}\text{C}$) e quelle massime a luglio ($23,5^{\circ}\text{C}$). La media annua è di $12,6^{\circ}\text{C}$. Il regime pluviometrico risulta caratterizzato da due massimi di cui uno in maggio (82 mm) ed uno in novembre (88 mm) e da due minimi di cui uno estivo a luglio (51 mm) ed uno a febbraio (48 mm). Le precipitazioni medie annue sono di 784 mm.

Data dell'impianto: primavera 1979.

Clone

Populus x canadensis Moench "BL Costanzo".

Tipo di materiale d'impianto

Pioppelle da vivaio di due anni.

Spaziatura: 6 x 5 m.

Data di inizio della prova: primavera 1979.

Tesi a confronto

1. Testimone non concimato;
2. Concimazione azotata (N_1);
3. Concimazione azoto-fosfatica (N_1P_1);
4. Concimazione azoto-fosfo-potassica ($N_1P_1K_1$);
5. Concimazione azoto-fosfo-potassica ($N_2P_1K_1$);
6. Concimazione azoto-fosfo-potassica con distribuzione azotata frazionata in due tempi ($N_1+N_1P_1K_1$).



FIGURA 8 - Cernago (PV). Pioppeto del clone "BL Costanzo", nel corso della terza vegetazione.



FIGURA 9 - Il terreno è stato livellato prima dell'impianto del pioppeto per cui vi è stato un rimescolamento degli strati superficiali del terreno, come risulta dal profilo della Figura 8.

Schema sperimentale

Blocchi randomizzati con 4 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di 25 piante di cui le 9 centrali utili per rilevamenti.

Date di distribuzione, tipi di concimi e dosi applicate (kg/albero)

Date	Nitrato ammonico 26-27%		Perfosfato minerale 19-21%	Superfosfato triplo 46-48%	Solfato potassico 50-52%
	dose 1+1	dose 2			
10.5.1979	1,000	2,000	1,000	-	0,500
18.6.1979	1,000	-	-	-	-
15.4.1980	1,000	2,000	-	1,000	0,500
18.6.1980	1,000	-	-	-	-
12.5.1981	1,500	3,000	-	1,000	0,750
09.6.1981	1,500	-	-	-	-
11.5.1982	1,500	3,000	-	1,000	0,750
25.6.1982	1,500	-	-	-	-
Per la dose 1 di N valgono i valori indicati per la prima data di ogni anno della dose 1+1					

Modalità di distribuzione dei concimi

Spargimento manuale intorno all'albero in un raggio di 1,50 m alla prima distribuzione, di 2 m alla seconda e su tutta la superficie alla terza e alla quarta.

Analisi fogliare

Il 25.7.1980, da 7 delle 9 piante interne di ogni parcella, scelte a caso, è stato tagliato un ramo inserito nel verticillo dell'anno precedente. Le foglie sono state scelte tra quelle sane e fisiologicamente mature inserite nella porzione mediana dei germogli dell'anno.

Risultati

Come risulta dai dati esposti nella Tabella 16 e rappresentati graficamente nella Figura 10, la concimazione minerale ha esercitato un'azione favorevole sull'accrescimento degli alberi.

La concimazione azotata, rispetto al testimone non concimato, ha determinato un incremento in area basimetrica che è risultato dell'ordine del 28% alla fine del 1979, di circa il 40% nel 1980, del 27% nel 1983 e del 14% nel 1984.

Rispetto alla concimazione azotata (N_1), l'aggiunta di fosforo (N_1P_1) ha determinato un incremento in area basimetrica che è risultato dell'ordine del 6,4% nel 1979, del 16,7% nel 1980, del 20% nel 1981, del 24% circa nel 1982, del 22% nel 1983 e del 19,5% nel 1984.

Rispetto alla concimazione azoto-fosfatica (N_1P_1), l'aggiunta di potassio ($N_1P_1K_1$) ha determinato mediamente un incremento del 5-6% a partire dalla fine del secondo anno. Le differenze però non sono risultate statisticamente significative. La formulazione con dose doppia di azoto ($N_2P_1K_1$), rispetto a quella con dose singola ($N_1P_1K_1$), ha avuto un notevole effetto depressivo sull'accrescimento che si è andato accumulando negli anni a cominciare dal 1980, cioè dal secondo anno dalla messa a dimora delle pioppelle. Viceversa il frazionamento della dose doppia in due quote (tesi 6) non ha provocato effetti depressivi ma nemmeno ulteriori incrementi rispetto alla concimazione azoto-fosfo-potassica con la dose 1 di azoto ($N_1P_1K_1$). Questo dato è molto importante e mette in guardia dall'impiegare dosi eccessive di azoto, soprattutto nitrato ammonico, per le possibili conseguenze negative, specialmente nei terreni subacidi e che difettano di fosforo. La concimazione ha influito sui contenuti minerali delle foglie prelevate il 25.7.1980 (Tabella 17 e Figura 11).

Le piante che hanno ricevuto la concimazione azotata, in tutte le formulazioni,

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 16 - Cernago (PV). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (cm) a m 1,30 dal suolo.

Tesi	Date dei rilevamenti						
	all'impianto	4.10.79	9.12.80	14.10.81	28.10.82	13.9.83	17.12.84
1) Testimone non concimato	14,01	17,71	27,51	38,82	47,15	55,08	63,54
2) N ₁	14,19	20,02	32,61	43,80	54,27	60,85	67,93
3) N ₁ P ₁	13,94	20,67	35,24	47,96	60,36	67,18	74,10
4) N ₁ P ₁ K ₁	13,85	20,39	36,27	49,59	62,25	69,55	76,15
5) N ₂ P ₁ K ₁	13,98	20,42	34,07	45,05	56,09	62,22	68,69
6) N ₍₁₊₁₎ P ₁ K ₁	14,13	21,01	37,18	50,85	64,02	71,39	77,65
Media	14,02	20,04	33,81	46,01	57,35	64,38	71,34
Valore di F	1, 28 n.s.	19,23 **	13,67 **	8,53 **	7,91 **	6,52 **	4,82 **

n.s. = non significativo; ** = significativo per p = 0,01.

TABELLA 17 - Cernago (PV). Influenza della concimazione sui contenuti in sostanze nutritive delle foglie prelevate il 25 luglio 1980.

Tesi	Contenuto in acqua (% p.s.)	Contenuti minerali				
		N ₂ (% s.s.)	P ₂ O ₅ (% s.s.)	K ₂ O (% s.s.)	CaO (% s.s.)	MgO (% s.s.)
1) Testimone non concimato	193,43	2,877	0,482	1,510	1,132	0,400
2) N ₁	190,10	3,415	0,461	1,320	1,080	0,475
3) N ₁ P ₁	196,26	3,265	0,475	1,587	1,167	0,425
4) N ₁ P ₁ K ₁	203,46	3,330	0,506	1,760	1,065	0,370
5) N ₂ P ₁ K ₁	198,62	3,487	0,482	1,525	0,915	0,445
6) N ₍₁₊₁₎ P ₁ K ₁	196,84	3,358	0,468	1,423	1,270	0,275
Media	196,45	3,289	0,479	1,521	1,105	0,398
Valore di F	2,99 n.s.	12,31 **	0,74 n.s.	1,31 n.s.	3,19*	4,97**

n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

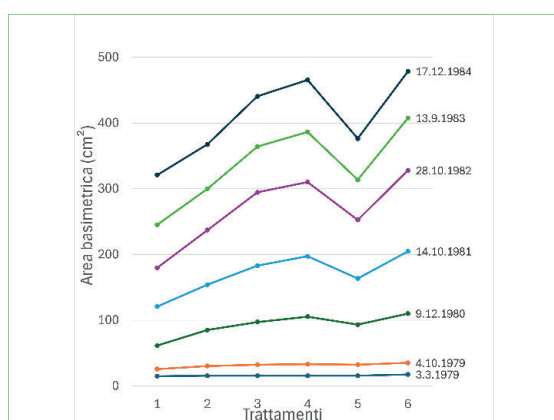


FIGURA 10 - Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in area basimetrica (cm²) a m 1,30 del suolo (1 = Testimone non concimato; 2 = N₁; 3 = N₁P₁; 4 = N₁P₁K₁; 5 = N₂P₁K₁; 6 = N₍₁₊₁₎P₁K₁).

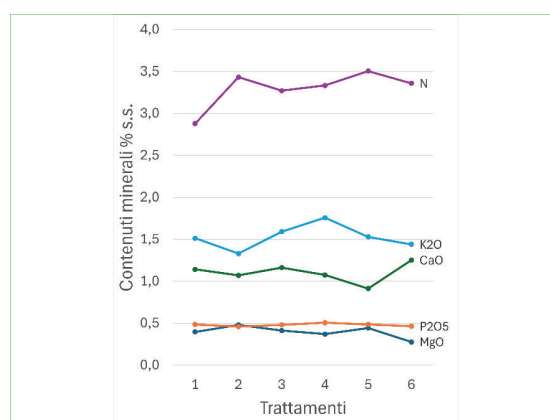


FIGURA 11 - Influenza della concimazione sui contenuti delle foglie in sostanze nutritive.

nelle foglie hanno mostrato tenori in azoto più elevati di quelle del testimone non concimato. La dose doppia di azoto, rispetto alle dosi singole, non ha esercitato alcuna azione in tal senso.

La concimazione fosfatica non ha influito sui tenori in P_2O_5 delle foglie. Anche la concimazione potassica è stata ininfluenta sul contenuto in K_2O delle foglie ma, mediamente, ha provocato un abbassamento significativo del contenuto in magnesio.

Concimazione con due livelli (0 e 1) di azoto, di fosforo e di potassio

Località: Mortara (PV)

La prova è stata effettuata in un pioppeto del clone "I-214" messo a dimora nel febbraio 1975, utilizzando pioppelle di due anni di vivaio e disponendole in campo con sesto a settonce e spaziatura di 6,25 x 5,35 m. Anche questa piantagione si trovava in zona risicola e poteva utilizzare la presenza della falda a circa 80 cm di profondità per tutta la stagione vegetativa, comunque fino alla raccolta del riso.

Caratteristiche del terreno

Il terreno presenta tessitura appartenente alla classe Sabbia, reazione in pH subacida, dotazione in elementi nutritivi abbastanza buone nello strato superficiale e molto più scarsa in quelli sottostanti (Tabella 18 e Figura 12).

Clima

Clima: sulla base dei dati rilevati a Pavia dal 1926 al 1955 la temperatura media annua ha oscillato intorno a 12,7°C e quella del semestre giugno-settembre è risultata di 19,5°C. Il mese più freddo è risultato gennaio con 0,6°C (max di 3,7°C, min di -2,6°C) e quello più caldo luglio con 23,6°C (max 30,5°C e min 16,6°C).

Il regime pluviometrico nel periodo dal 1921 al 1970 ha presentato due minimi e due massimi con il massimo autunnale più elevate di quello primaverile (novembre 98 mm contro 78 mm di maggio) ed il minimo invernale leggermente più basso di quello estivo (gennaio 55 mm e febbraio 52 mm contro 57 mm di luglio e 60 mm di agosto). Nel semestre aprile-settembre le precipitazioni medie mensili sono risultate di 79 mm con una media di 60 mm per il trimestre giugno-agosto.

Date di distribuzione, tipi di concimi e dosi applicate (kg/albero)

Date	Urea 46%	Phospa1 32%	Perfostato minerale 19-21%	Cloruro potassico 60-62%
27.2.1975	-	2,083	-	1,667
13.5.1975	0,833	-	-	-
1.4.1976	0,833	-	-	-
10.5.1977	1,667	-	-	-
9.5.1978	1,667	-	3,333	1,667

Modalità di distribuzione dei concimi

Nei primi due anni l'urea è stata localizzata al piede dell'albero in un raggio di 2 m ed in quelli successivi è stata sparsa su tutta la superficie. I concimi fosfatici e quello potassico sono stati distribuiti su tutta la superficie. L'interramento dei concimi è stato effettuato con discatura.

Fattori studiati

Concimazione azotata con due livelli (NO e N_1), fosfatica a due livelli (P_0 e P_1) e potassica a due livelli (K_0 e K_1).

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 4 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di 1000 m² contenente 30 piante di cui le 12 centrali utili per i rilevamenti.

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 18 - Mortara (PV). Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm					
	Profilo 1			Profilo 2		
	0-30	31-60	61-85	0-40	41-80	81-120
Scheletro ($\varnothing > 2$ mm) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria						
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	45,57	48,80	57,88	54,33	49,55	51,33
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	47,09	42,65	40,47	40,27	48,55	45,92
Limo (0,02-0,002 mm) %	5,60	6,10	0,85	4,00	1,40	1,85
Argilla ($< 0,002$ mm) %	1,75	2,45	0,80	1,40	0,60	0,90
Reazione in pH	6,63	6,57	6,66	6,57	6,64	6,33
Calcare totale %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calcare attivo %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅ totale ‰	1,76	1,36	1,10	1,49	1,49	1,05
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	80,00	40,00	-	100,00	30,00	-
K ₂ O assimilabile (mg/100g)	2,70	1,82	0,67	3,45	0,55	0,35
N ₂ Kjeldahl ‰	1,10	0,50	-	1,10	0,30	-
Carbonio organico (C) %	0,75	0,27	0,15	0,66	0,24	0,15
Sostanza organica (C x 1,724) %	1,29	0,46	0,26	1,14	0,41	0,26
C/N	6,82	5,40	-	6,00	8,00	-



FIGURA 12 - Mortara (PV). Pioppeto in cui è stata fatta la sperimentazione e profilo del terreno.

Cure culturali

Frequenti discature e tre irrigazioni annuali durante l'estate e trattamenti antiparassitari contro insetti xilofagi e *Marssonina brunnea*.

È stata fatta l'irrigazione malgrado la falda risultasse superficiale.

Analisi fogliare

Le foglie sono state campionate il 28.7.1975 seguendo le modalità sottoindicate:

- sono state scelte a caso 6 piante tra le 12 interne di ogni parcella dalle quali è stato tagliato un ramo, il 6° o il 7° dall'alto, mediamente tra i più vigorosi;
- da ogni ramo, partendo dall'11ª dall'api-

TABELLA 19 - Mortara (PV). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (cm) a m 1,30 dal suolo.

Tesi	Impianto	Date dei rilevamenti								
	10.6.75	29.9.75	14.4.77	13.10.77	2.11.78	25.3.80	3.11.80	2.9.81	27.9.82	13.9.83
1) N ₀ P ₀ K ₀	14,66	21,59	39,33	49,23	61,00	74,52	83,69	89,09	94,85	97,82
2) N ₀ P ₀ K ₁	14,40	20,25	36,69	46,89	58,86	72,40	81,70	87,00	92,46	95,49
3) N ₀ P ₁ K ₀	15,29	21,65	38,59	48,67	60,38	73,79	82,98	88,35	94,06	96,60
4) N ₀ P ₁ K ₁	13,72	19,80	36,31	46,05	57,93	71,33	81,73	85,40	90,28	93,06
5) N ₁ P ₀ K ₀	14,72	22,74	40,52	50,97	62,63	75,73	83,86	89,36	94,85	97,91
6) N ₁ P ₀ K ₁	14,56	22,05	39,22	49,88	61,63	75,44	84,94	90,34	95,69	99,04
7) N ₁ P ₁ K ₀	14,31	22,39	40,61	51,22	63,15	75,95	85,26	89,71	94,55	97,30
8) N ₁ P ₁ K ₁	14,48	22,27	40,12	50,66	62,18	75,13	84,14	89,10	94,32	97,25
Media generale	14,52	21,59	38,92	49,20	61,03	74,31	85,54	88,54	93,88	96,80
Media per l'azoto										
N ₀	14,52	20,82	37,73	47,71	59,54	73,01	82,52	87,46	92,92	95,73
N ₁	14,52	22,36	40,12	50,68	62,40	75,56	84,55	89,63	94,85	97,88
Media per il fosforo										
P ₀	14,58	21,66	38,94	49,24	61,03	74,52	83,55	88,95	94,46	97,56
P ₁	14,45	21,53	38,91	49,15	60,91	74,05	83,53	88,14	93,31	96,04
Media per il potassio										
K ₀	14,75	22,09	39,76	50,02	61,79	75,00	83,95	89,13	94,58	97,41
K ₁	14,29	21,09	38,08	48,37	60,15	73,58	83,13	87,96	93,19	96,20
Valori di F:										
Trattamenti	2,30 n.s.	4,85**	5,16**	6,18**	4,10**	2,79*	1,33 n.s.	2,40 n.s.	2,19 n.s.	2,18 n.s.
Effetto N	0,00 n.s.	21,17**	21,64**	30,51**	22,56**	14,91**	6,95*	9,91**	5,53*	5,87*
Effetto P	0,46 n.s.	0,15 n.s.	0,00 n.s.	0,01 n.s.	0,04 n.s.	0,50 n.s.	0,00 n.s.	1,37 n.s.	1,97 n.s.	2,99 n.s.
Effetto K	4,91*	8,80**	10,69**	9,28**	7,44**	4,63*	1,15 n.s.	2,89 n.s.	2,85 n.s.	1,87 n.s.
n.s.: non significativo; *: significativo per p = 0,05; **: significativo per p = 0,01.										

ce, sono state prelevate una decina di foglie che avevano finito di accrescersi per distensione e che quindi potevano essere ritenute fisiologicamente mature.

Risultati

I dati medi relativi agli accrescimenti, espressi in circonferenza del tronco a 1,30 m dal suolo, sono esposti rispettivamente nelle Tabella 19 e nella Figura 13.

Dall'analisi statistica risulta che le piante hanno risposto positivamente alla concimazione azotata, non hanno reagito alla concimazione fosfatica mentre hanno subito un

leggero effetto depressivo dalla concimazione potassica nella prima parte del turno. Se si considerano gli incrementi correnti in area basimetrica si nota che l'efficacia della somministrazione azotata è limitata al primo triennio ma che i vantaggi conseguiti in quel periodo persistono anche negli anni successivi. Anche il minor accrescimento delle piante che hanno ricevuto il cloruro potassico, rispetto a quelle che non l'hanno avuto, risulta limitato ai primi anni. Tale minor accrescimento va però in parte attribuito alle minori dimensioni iniziali delle piante, anche se le differenze non erano significative.

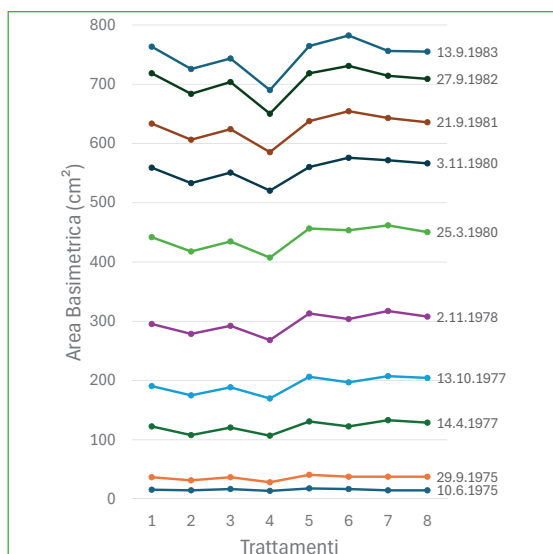


FIGURA 13 - Mortara (PV). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in area basimetrica (cm^2 a 1,30 m dal suolo).

Per una più corretta valutazione dell'effetto depressivo del potassio sarebbe stato necessario ricorrere all'analisi della covarianza ma, data la modesta entità delle differenze sul piano pratico, si è rinunciato, in questa sede, a tale esame. L'inefficacia del fosforo va correlata al buon livello di anidride fosforica assimilabile presente nel terreno, oscillando nei primi 30-40 cm dalle 80 alle 100 p.p.m. (Tabella 18).

Dall'analisi fogliare (Tabella 20) risulta che, mentre la concimazione azotata ha esercitato una influenza positiva sul contenuto in azoto delle foglie e su quello in acqua, la concimazione fosfatica non ha avuto alcun effetto sulla concentrazione in P_2O_5 e sul tenore idrico.

TABELLA 20 - Mortara (PV). Influenza della concimazione sui contenuti idrici e in sostanze nutritive delle foglie prelevate il 28 luglio 1975.

Tesi	Contenuto in acqua		Contenuti minerali	
			N_2	P_2O_5
	(% p.f.)	(% p.s.)	(% s.s.)	(% s.s.)
1) $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	65,12	186,80	3,018	0,492
2) $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_1$	65,37	188,94	3,051	0,490
3) $\text{N}_0\text{P}_1\text{K}_0$	65,49	190,00	3,148	0,525
4) $\text{N}_0\text{P}_1\text{K}_1$	65,22	187,83	3,119	0,493
5) $\text{N}_1\text{P}_0\text{K}_0$	65,95	193,66	3,318	0,520
6) $\text{N}_1\text{P}_0\text{K}_1$	66,08	194,90	3,289	0,505
7) $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_0$	65,89	193,30	3,399	0,514
8) $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	66,02	194,33	3,311	0,528
Media generale	65,64	191,22	3,207	0,508
Media per l'azoto				
N_0	65,30	188,39	3,084	0,500
N_1	65,98	194,05	3,329	0,517
Media per il fosforo				
P_0	65,63	191,07	3,169	0,502
P_1	65,65	191,36	3,244	0,515
Media per il potassio				
K_0	65,61	190,94	3,221	0,513
K_1	65,67	191,50	3,193	0,504
Valori di F:				
Trattamenti	1,49 n.s.	1,46 n.s.	2,14 n.s.	0,76 n.s.
Effetto N	9,40**	9,16*	13,03**	1,78 n.s.
Effetto P	0,01 n.s.	0,02 n.s.	1,23 n.s.	1,13 n.s.
Effetto K	0,08 n.s.	0,09 n.s.	0,17 n.s.	0,48 n.s.
n.s.: non significativo; * = significativo per $p = 0,05$; ** = significativo per $p = 0,01$.				

Confronto tra le prove di Cernago e Mortara

Queste due prove sono state condotte in situazioni pedoclimatiche molto simili e hanno dato risultati corrispondenti, sia per quanto riguarda l'influenza della concimazione sull'accrescimento che sullo stato di nutrizione delle piante. Entrambe le stazioni sono caratterizzate da terreni dello stesso tipo e con profilo di ridotta potenza dovuta dalla presenza di una falda superficiale durante la stagione vegetativa. L'unica differenza è data dal clone utilizzato: il "BL Costanzo" a Cernago e l'"I-214" a Mortara, entrambi diffusamente coltivati nell'area delle indagini, con risultati produttivi non molto diversi.

Confronto tra le prove di Palazzolo e Porto mantovano e quelle di Cernago e Mortara

Senza scendere nei particolari, in estrema sintesi si può dire che le prove di concimazione, pur essendo state condotte in condizioni pedoclimatiche molto diverse, tutte e quattro hanno dato risultati positivi. L'unico fattore che le accomuna, di solito poco considerato, è la ridotta potenza del profilo che, alla spaziatura adottata, mette a disposizione dell'apparato radicale un volume di terreno di circa 20 m³ per pianta. In un volume di terreno limitato le radici si concentrano maggiormente e si avvantaggiano dell'aggiunta di fertilizzanti.

PROVE DI CONCIMAZIONE IN TERRENI SABBIOSI PROFONDI

Concimazione con due livelli (1 e 2) di azoto, di fosforo e di potassio

Località: Gerro (Belgioioso) (PV)

Caratteristiche del terreno

Sabbioso (da sabbia a sabbia franca), a reazione subalcalina, molto povero di azoto e di sostanza organica, discretamente dotato di potassio e di fosforo in superficie ma poverissimo in profondità (Tabella 21).

Preparazione del terreno per l'impianto

Scasso a 80-90 cm di profondità.

Data di impianto

27.1.1973, inizio della prova febbraio 1973.

Clone

Populus x canadensis Moench "302 San Giacomo".

Tipo di materiale di impianto

Pioppelle di due anni di vivaio (in 4 repliche) e ricacci di un anno (F_1R_1) di vivaio (in una sola replicazione).

Metodo di impianto

Messa a dimora in buche profonde 2,80 m aperte con trivella Ellettari con diametro di 12 cm.

Spaziatura: 5,50 x 5,50 m.

Cure colturali

Frequenti discature, ma nessuna irrigazione.

Fattori studiati

Concimazione azotata a due livelli (N_1 ed N_2), fosfatica a due livelli (P_1 e P_2) e po-

tassica a due livelli (K_1 e K_2), nelle 8 possibili combinazioni, oltre al testimone non concimato ($N_0P_0K_0$).

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 5 repliche.

Unità sperimentale

Parcella di 1089 m² comprendente n. 36 piante (6 file di 6 piante) di cui le 16 interne utili per i rilevamenti.

Modalità di distribuzione dei concimi

Spargimento a mano su tutta la superficie della parcella e interrimento con discatura.

Date di distribuzione, tipi di concimi e dosi applicate (kg/albero)

Date		Solfato ammonico 20-21%	Perfosfato minerale 19-21%	Iperfosfato 26-28%	Cloruro potassico 60-62%
7-11.05.1973	dose 1	0,909	1,515	-	0,758
	dose 2	1,818	3,030	-	1,515
11.12.1974	dose 1	-	-	1,135	0,758
	dose 2	-	-	2,270	1,515
26.03.1975	dose 1	0,909	-	-	-
	dose 2	1,818	-	-	-
6-9.06.1978	dose 1	0,909	1,515	-	0,758
	dose 2	1,818	3,030	-	1,515

TABELLA 21 - Belgioioso (PV). Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm					
	Profilo 1		Profilo 2		Profilo 3	
	0-50	51-100	0-50	51-100	0-50	51-100
Scheletro ($\varnothing > 2$ mm) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria						
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	24,43	28,53	2,42	7,27	1,05	5,88
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	65,74	61,33	65,37	91,10	49,71	90,10
Limo (0,02-0,002 mm) %	5,66	6,61	20,19	1,10	33,74	2,81
Argilla ($< 0,002$ mm) %	4,17	3,53	11,02	0,53	15,50	1,21
Reazione in pH	7,80	8,00	7,85	7,95	7,85	8,00
Calcare totale %	2,55	1,96	6,93	2,93	8,80	3,15
Calcare attivo %	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ totale ‰	0,68	0,58	1,04	0,62	1,30	0,57
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	-	-	-	-	-	-
K ₂ O assimilabile (mg/100 g)	0,70	0,60	1,20	0,50	2,10	0,70
N ₂ Kjeldahl ‰	0,02	0,02	0,05	0,00	0,06	0,01
Carbonio organico (C) %	0,17	0,15	0,50	0,09	0,80	0,15
Sostanza organica (C x 1,724) %	0,30	0,26	0,86	0,15	1,39	0,26
C/N	6,96	7,14	10,60	15,00	12,56	10,71

Analisi fogliare

Sono state scelte a caso 6 delle 16 piante interne di ogni parcella e da ciascuna di esse è stato tagliato un ramo turionale del verticillo dell'anno; da ogni ramo, a partire dall'11^a dall'apice, sono state raccolte 8 foglie fisiologicamente adulte e quindi ritenute adatte allo scopo. La prova è iniziata sin dal primo anno dall'impianto del pioppeto ed i rilevamenti, fatti con cadenza annuale, sono proseguiti fino all'abbattimento delle piante.

Risultati

I dati relativi alla circonferenza dimostrano che le piante non hanno reagito alla concimazione (Tabella 22). Le medie delle tesi che hanno ricevuto le dosi N₁, P₁ e K₁ sono estremamente uniformi e quasi identiche a quelle che hanno ricevuto le dosi N₂, P₂ e K₂. Tutte sono leggermente inferiori a quelle del testimone non concimato, ma con differenze statisticamente non significative.

Dall'analisi fogliare (Tabella 23) risulta che la dose più elevata di azoto ha provocato un incremento del tenore di tale elemento nelle foglie e che la concimazione fosfatica è stata ininfluenza sul contenuto in P₂O₅, mentre la concimazione con la dose doppia di potassio ha provocato un abbassamento significativo del tenore in fosforo. Il contenuto in acqua non è stato influenzato dalla concimazione. Ad un maggior contenuto nelle foglie non ha corrisposto una crescita maggiore del tronco. Va notato che in 10 anni le piante hanno raggiunto una circonferenza media di 67,63 cm a petto d'uomo, valore estremamente basso che si spiega in larga misura con la insufficiente disponibilità idrica rispetto al fabbisogno delle piante. I risultati della prova insegnano, ancora una volta che, prima di pensare alla fertilizzazione chimica, occorre assicurare condizioni idriche del terreno adeguate alle esigenze delle piante durante il loro periodo vegetativo.

TABELLA 22 - Belgioioso (PV). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in circonferenza (in cm) a 1,30 m dal suolo.

Tesi	Date dei rilevamenti										
	21.5.73	13.5.74	8.10.74	25.2.76	21.6.77	8.11.77	22.3.79	26.10.79	22.10.80	18.10.81	1.10.82
1) N ₁ P ₁ K ₁	8,71	13,30	19,01	28,69	39,01	41,42	48,20	53,11	58,13	62,40	64,64
2) N ₁ P ₁ K ₂	8,74	12,60	17,78	28,09	39,23	42,36	49,76	55,22	61,06	65,26	67,49
3) N ₁ P ₂ K ₂	8,95	13,82	19,70	30,20	41,05	43,65	50,93	56,25	61,99	65,84	68,35
4) N ₁ P ₂ K ₂	8,68	13,33	19,28	29,62	40,67	43,92	51,17	56,88	62,94	67,17	69,50
5) N ₂ P ₁ K ₁	8,91	13,64	19,96	30,04	40,86	43,63	50,58	56,31	62,67	66,92	69,35
6) N ₂ P ₁ K ₂	8,90	13,09	19,24	29,02	39,54	42,10	49,28	54,49	60,37	64,45	66,52
7) N ₂ P ₂ K ₁	8,80	13,17	18,64	29,19	39,89	42,66	49,86	55,40	61,42	65,43	67,87
8) N ₂ P ₂ K ₂	9,02	12,60	17,67	27,48	38,03	40,97	48,34	53,52	59,37	63,80	66,03
9)N ₀ P ₀ K ₀ (Testimone non concimato)	9,03	14,30	20,98	31,57	42,83	45,99	52,63	57,40	62,93	66,76	68,90
Media generale	8,86	13,32	19,14	29,32	40,12	42,97	50,08	55,40	61,21	65,34	67,63
Media per l'azoto											
N ₁	8,77	13,26	18,94	39,15	39,99	42,84	50,01	55,36	61,03	65,17	67,49
N ₂	8,91	13,13	18,88	28,93	39,58	42,34	49,52	54,93	60,96	65,15	67,44
Media per il fosforo											
P ₁	8,82	13,16	19,00	28,96	39,66	42,38	49,46	54,78	60,55	64,76	67,00
P ₂	8,86	13,23	18,82	29,12	39,91	48,80	50,08	55,51	61,43	65,56	67,94
Media per il potassio											
K ₁	8,84	13,48	19,33	29,53	40,20	42,84	49,89	55,27	61,05	65,15	67,55
K ₂	8,84	12,91	18,49	28,55	39,37	42,34	49,64	55,03	60,94	65,17	67,39
Valori di F:											
Trattamenti	0,50 n.s.	1,36 n.s.	1,82 n.s.	1,43 n.s.	1,37 n.s.	1,40 n.s.	0,91 n.s.	0,79 n.s.	0,72 n.s.	0,62 n.s.	0,61 n.s.
Test vs. test conc.	0,95 n.s.	4,90**	6,36**	5,50**	5,72**	6,23**	1,80 n.s.	2,14 n.s.	2,77 n.s.	0,57 n.s.	0,41 n.s.
Effetto N	1,11 n.s.	0,16 n.s.	0,02 n.s.	0,09 n.s.	0,23 n.s.	0,30 n.s.	0,12 n.s.	0,04 n.s.	0,01 n.s.	0,00 n.s.	0,00 n.s.
Effetto P	0,12 n.s.	0,05 n.s.	0,10 n.s.	0,05 n.s.	0,09 n.s.	0,21 n.s.	0,00 n.s.	0,21 n.s.	0,38 n.s.	0,32 n.s.	0,40 n.s.
Effetto K	0,00 n.s.	2,95 n.s.	2,33 n.s.	1,83 n.s.	0,96 n.s.	0,31 n.s.	2,34 n.s.	1,65 n.s.	0,84 n.s.	0,00 n.s.	0,01 n.s.

n.s.: non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

TABELLA 23 - Belgioioso (PV). Influenza della concimazione sui contenuti in acqua e sostanze nutritive delle foglie prelevate il 29 luglio 1975.

Tesi	Contenuto in acqua		Contenuti minerali	
	(% p.f.)	(% p.s.)	N ₂ (% s.s.)	P ₂ O ₅ (% s.s.)
1) N ₁ P ₁ K ₁	66,43	198,02	2,563	0,505
2) N ₁ P ₁ K ₂	67,38	207,87	2,616	0,497
3) N ₁ P ₂ K ₁	66,65	199,98	2,694	0,536
4) N ₁ P ₂ K ₂	66,90	202,49	2,615	0,489
5) N ₂ P ₁ K ₁	66,89	202,04	2,876	0,509
6) N ₂ P ₁ K ₂	66,65	199,96	2,771	0,475
7) N ₂ P ₁ K ₁	66,55	199,15	2,787	0,509
8) N ₂ P ₂ K ₁	66,16	195,73	2,681	0,460
9) N ₀ P ₀ K ₀ (testimone)	66,68	200,27	2,764	0,534
Media generale	66,70	200,61	2,700	0,502
Media per l'azoto				
N ₁	66,84	202,09	2,622	0,507
N ₂	66,56	199,22	2,779	0,488
Media per il fosforo				
P ₁	66,84	201,97	2,707	0,497
P ₂	66,57	199,34	2,694	0,499
Media per il potassio				
K ₁	66,63	199,80	2,730	0,515
K ₂	66,77	201,51	2,671	0,480
Valori di F:				
Trattamenti	0,91 n.s.	0,97 n.s.	1,58 n.s.	1,15 n.s.
Test vs. test conc.	0,00 n.s.	0,01 n.s.	0,56 n.s.	2,15 n.s.
Effetto N	1,24 n.s.	1,40 n.s.	7,71*	1,26 n.s.
Effetto P	1,13 n.s.	1,18 n.s.	0,05 n.s.	0,02 n.s.
Effetto K	0,32 n.s.	0,50 n.s.	1,11 n.s.	4,48*

n.s.: non significativo; *: significativo per p = 0,05.

Prova di concimazione azotata (N₀, N₁), fosfatica (P₀, P₁) e potassica (K₀, K₁) nelle otto possibili combinazioni

Località: Pomposa (FE)

Caratteristiche del terreno

Tessitura della classe sabbia, reazione subalcalina, scarsa dotazione di elementi nutritivi, in particolare di azoto e di sostanza organica (Tabella 24).

Coltura precedente

Pioppeto, seguito da una coltura di cereali.

Preparazione del terreno per l'impianto

Scasso a 80 cm di profondità.

Data di impianto: febbraio 1975.

Spaziatura: 6 x 5 m.

Tipo di materiale di impianto

Pioppelle di due anni di vivaio con circonferenza media di 17 cm a 1 m dal suolo in vivaio.

Clone

Populus x canadensis Moench "I-214".

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 24 - Pomposa (FE). Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm				
	Profilo 1		Profilo 2		
	0-50	50-100	0-50	50-100	100-120
Scheletro ($\varnothing > 2$ mm) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria					
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	0,04	0,09	0,03	0,02	0,01
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	97,46	97,49	97,22	97,53	99,09
Limo (0,02-0,002 mm) %	1,50	1,00	1,75	1,20	0,55
Argilla (<0,002 mm) %	1,00	1,50	1,00	1,25	0,35
Reazione in pH	7,30	7,20	7,30	7,20	7,20
Calcare totale %	4,64	5,51	4,36	5,66	7,12
Calcare attivo %	0,38	0,38	0,34	0,33	0,38
P ₂ O ₅ totale ‰	2,50	2,40	2,50	2,32	2,40
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	4,00	6,00	4,00	5,00	3,00
K ₂ O assimilabile (mg/100)	0,43	0,53	0,37	0,60	0,50
N ₂ Kjeldahl ‰	0,30	0,30	0,50	0,27	0,02
Carbonio organico (C) %	0,27	0,20	0,24	0,00	0,00
Sostanza organica (C x 1,724) %	0,47	0,34	0,41	0,00	0,00
C/N	9,00	13,30	4,80	-	-

Metodo di impianto

A palo, con pioppelle senza apparato radicale, poste in buche profonde 2,50 m e con diametro di 18 cm.

Fattori studiati

Concimazione azotata (N₀, N₁), fosfatica (P₀, P₁) e potassica (K₀, K₁) nelle otto possibili combinazioni.

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 5 replicazioni.

Unità sperimentale

Parcella di 900 m², contenente 30 piante, di cui le 12 centrali utili per i rilevamenti.

Date di distribuzione e dosi dei concimi

16 aprile 1975

- Concimazione fosfatica con Iperfos 26-27% (90 kg per parcella, pari a 23,85 kg di P₂O₅);
- concimazione potassica con fosfato

potassico 50-52% (45 kg per parcella, pari a 22,95 kg di K₂O);

- concimazione azotata con urea 46% (27 kg per parcella, pari a 12,42 kg di N₂).

21 aprile 1976

- Concimazione azotata con urea 46% (27 kg per parcella, pari a 12,42 kg di N₂);

19 aprile 1977

- Concimazione fosfatica con perforsfato minerale 19-21% (90 kg per parcella, pari a 18 kg di P₂O₅);
- concimazione potassica con solfato potassico 50-52% (45 kg per parcella, pari a 22,95 kg di K₂O);
- concimazione azotata con urea 46% (27 kg per parcella, pari a 12,42 kg di N₂).

5 aprile 1978

- Concimazione azotata con urea 46% alla solita dose di 27 kg per parcella.

8 maggio 1979

- Concimazione fosfatica con perforsfa-

to minerale 19-21% (90 kg per parcella, pari a 18 kg di P_2O_5).

- concimazione potassica con solfato potassico 50-52% (45 kg per parcella, pari a 22,95 kg di K_2O);
- concimazione azotata con urea 46% (27 kg per parcella, pari a 12,42 kg di N_2).

5 aprile 1980

- Concimazione azotata con urea 46% alla dose di 1 kg per albero.

5 maggio 1981

- Concimazione azotata come nell'anno precedente.

Complessivamente, in 6 anni, e precisamente dal 1975 al 1980, le parcelle, ciascuna di 900 m², destinate alla concimazione azotata hanno ricevuto 89,70 kg di N_2 , quelle destinate alla concimazione fosfatica 59,58 kg di P_2O_5 e quelle riservate alla concimazione potassica 68,85 kg di K_2O , con rapporti tra $N_2P_2O_5:K_2O$ di 1:0,67:0,76.

I rapporti tra le unità fertilizzanti nelle tesi a concimazione azoto-fosfatica erano di 1:1,5, in quelle a concimazione azoto-potassica di 1,50:1,15 e, infine, in quelle a concimazione azoto-fosfo-potassica di 1,50:1:1,15. Le dosi totali, impiegate in sei anni, sono state quindi di 996 kg/ha di N_2 , 665 kg/ha di P_2O_5 e di 765 kg/ha di K_2O .

Modalità di distribuzione dei concimi

Nei primi due anni l'urea è stata localizzata al piede dell'albero in un raggio di 2 m ed in quelli successivi è stata sparsa su tutta la superficie. I concimi fosfatici e quello potassico sono stati distribuiti su tutta la superficie. L'interramento dei concimi è avvenuto con le discature.

Lavorazioni del terreno

Quattro discature all'anno.

Irrigazione

Da giugno ad agosto per sub-irrigazione con regolazione di falda.

Potature

Di correzione e di formazione nei primi 5-6 anni dall'impianto.

Rilevamenti

Circonferenza del fusto a 1,30 m dal suolo all'impianto e alla fine di ogni stagione vegetativa.

Trattamenti antiparassitari

Tre all'anno contro la *Marssonina* al 2° ed al 3° anno contro il *Crittorrinco*, al 3°, al 4° e al 5° anno contro la *Saperda*.

Elaborazione statistica dei dati

Analisi della varianza delle medie per parcella relative alla circonferenza e all'area basimetrica.

Analisi fogliare

Il 31 luglio 1975 è stato fatto un campionamento di foglie seguendo le modalità sottoindicate:

- sono state scelte a caso 6 piante tra le 12 centrali di ogni parcella dalle quali sono stati recisi 2 rami per pianta, il 7° e 1° dall'apice della pianta, mediamente tra i più vigorosi;
- da ogni ramo sono state staccate 6-7 foglie, dalla 12° alla 17-18° dall'apice che avevano finito di accrescersi per distensione e quindi potevano essere ritenute fisiologicamente mature.

Risultati

I dati relativi all'area basimetrica, rilevati all'impianto e alla fine di ogni stagione vegetativa, sono riportati nella Tabella 25. Le differenze tra le tesi non lasciano intravedere alcuna tendenza né durante gli anni della somministrazione né dal 1975 al 1980, né, tanto meno, in quelli successivi. Dall'analisi della varianza l'effetto dovuto ai trattamenti non risulta significativo. La concimazione azotata, quella fosfatica e quella potassica, singolarmente o combinate nei

TABELLA 25 - Pomposa (FE). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto a 1,30 m dal suolo.

Tesi		Rilevamenti effettuati a fine stagione vegetativa									
		Primavera 1975 (impianto)	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
N ₀ P ₀ K ₀		11,70	37,34	104,19	156,78	198,68	267,58	325,71	380,80	452,61	495,72
N ₀ P ₀ K ₁		11,48	38,14	102,98	163,10	214,62	293,18	362,61	427,28	505,15	556,78
N ₀ P ₁ K ₀		10,89	35,36	94,17	138,26	175,98	238,17	292,66	343,87	409,65	454,84
N ₀ P ₁ K ₁		12,04	39,67	107,56	166,33	215,83	290,31	354,22	420,30	492,77	543,20
N ₁ P ₀ K ₀		12,26	39,78	102,52	151,52	189,37	250,08	305,87	355,62	418,80	461,14
N ₁ P ₀ K ₁		11,37	37,88	102,06	155,99	199,13	269,14	331,53	388,11	455,26	504,54
N ₁ P ₁ K ₀		11,46	37,47	97,08	146,07	185,94	250,89	309,53	361,25	375,04	463,35
N ₁ P ₁ K ₁		11,06	36,55	95,84	141,99	175,89	239,47	294,97	347,15	405,16	445,17
Media generale		11,53	37,80	100,87	152,50	194,43	262,35	322,14	378,05	439,31	490,59
Media conc. azotata											
N ₀		11,62	37,68	102,36	156,12	201,28	272,31	333,80	393,06	465,05	512,64
N ₁		11,54	37,92	99,38	148,89	187,58	252,40	310,48	363,03	413,57	468,55
Media conc. fosfatata											
P ₀		11,70	38,34	102,94	156,85	200,45	270,00	331,43	387,95	457,96	504,55
P ₁		11,36	37,26	98,80	148,16	188,41	254,71	312,85	368,14	420,66	483,45
Medie conc. potassica											
K ₀		11,58	37,34	99,63	148,16	187,49	251,68	308,44	360,39	414,03	468,76
K ₁		11,49	38,08	102,11	156,85	201,37	273,03	335,83	395,71	464,59	490,33
Valore di F:											
Trattamenti		1,13 n.s.	0,67 n.s.	0,49 n.s.	0,60 n.s.	0,73 n.s.	0,68 n.s.	0,62 n.s.	0,67 n.s.	1,38 n.s.	0,92 n.s.
N		0,003 n.s.	0,03 n.s.	0,43 n.s.	0,64 n.s.	1,14 n.s.	1,18 n.s.	0,99 n.s.	1,18 n.s.	3,59 n.s.	2,03 n.s.
P		1,33 n.s.	0,71 n.s.	0,83 n.s.	0,92 n.s.	0,87 n.s.	0,70 n.s.	0,63 n.s.	0,51 n.s.	1,89 n.s.	0,81 n.s.
K		0,11 n.s.	0,17 n.s.	0,30 n.s.	0,92 n.s.	1,17 n.s.	1,36 n.s.	1,36 n.s.	1,63 n.s.	3,46 n.s.	1,99 n.s.
n.s. = non significativo.											

modi consentiti dai due livelli, non hanno avuto effetti statisticamente significativi sull'accrescimento delle piante. L'analisi fogliare, effettuata su 40 campioni di foglie (un campione per parcella), limitatamente per l'azoto e per il fosforo, mette in evidenza quanto segue (Tabella 26):

- il livello degli elementi nutritivi, considerata l'età delle foglie e l'epoca di prelievo dei campioni, può essere ritenuto ottimo, essendo risultato mediamente del 3,395% per l' N_2 e del 5,70% per il P_2O_5 ;
- la concimazione azotata non ha influito sul contenuto in azoto delle foglie ma ha provocato una riduzione significativa del contenuto in fosforo;
- la concimazione fosfatica non ha influito sul contenuto in fosforo delle foglie.

Prova di concimazione con azoto, azoto e fosforo e azoto, fosforo e potassio

Località: Caprile - Pomposa (FE)

Fattori studiati

Concimazione minerale (Testimone N_1 , N_1P_1 , $N_1P_1K_1$, $N_2P_1K_1$).

Cloni

Populus x canadensis Moench "1-214" e "Pan", coltivati separatamente in due appezzamenti attigui.

Disegno sperimentale

Blocchi randomizzati con 4 replicazioni per ciascun clone.

Unità sperimentale

Parcella di 735 m contenente n. 25 pioppelle di cui le 9 centrali utili per i rilevamenti e le altre di bordo.

Rilevamenti

Circonferenza del tronco a 1,30 m dal

TABELLA 26 - Pomposa (FE). Contenuto in azoto ed in fosforo nelle foglie prelevate il 31 luglio 1975 da 6 piante di ciascuna delle 40 parcelle.

Tesi	Contenuto sulla sostanza secca	
	$N_2\%$	$P_2O_5\%$
$N_0P_0K_0$	3,344	6,088
$N_0P_0K_1$	3,434	5,779
$N_0P_1K_0$	3,354	5,744
$N_0P_1K_1$	3,450	5,890
$N_1P_0K_0$	3,418	5,212
$N_1P_0K_1$	3,429	5,604
$N_1P_1K_0$	3,264	5,629
$N_1P_1K_1$	3,466	5,686
Media generale	3,395	5,704
Medie conc. azotata		
N_0	3,395	5,876
N_1	3,394	5,533
Medie conc. fosfatica		
P_0	3,406	5,671
P_1	3,384	5,737
Medie conc. potassica		
K_0	3,345	5,668
K_1	3,444	5,740
Valori di F:		
Trattamenti	0,38 n.s.	1,27 n.s.
N	0,00 n.s.	5,42 *
P	0,08 n.s.	0,20 n.s.
K	1,62 n.s.	0,23 n.s.
n.s. = non significativo; * = significativo per $p = 0,05$.		

suolo all'impianto e alla fine di ogni stagione vegetativa.

Elaborazione statistica dei dati

Analisi della varianza dei dati medi per parcella relativi alle circonferenze e alle aree basimetriche.

Caratteristiche del terreno

Sabbia, a reazione sub-alcalina, povera di elementi nutritivi, in particolare di azoto, e di sostanza organica (Tabella 27).

Falda freatica

Non accessibile alle radici nel periodo di più intensa attività vegetativa.

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 27 - Caprile - Pomposa. Caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm					
	Profilo 1			Profilo 2		
	5-50	50-100	100-120	5-50	50-90	90-120
Scheletro ($\varnothing > 2$ mm) %	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
Granulometria						
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	0,01	0,02	0,00	0,01	0,07	0,02
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	97,49	97,72	98,60	96,49	96,93	99,53
Limo (0,02-0,002 mm) %	2,10	1,70	1,20	2,00	2,00	0,30
Argilla ($< 0,002$ mm) %	0,40	0,56	0,20	1,50	1,00	0,15
Reazione in pH	7,30	7,05	7,10	7,20	7,20	7,25
Calcare totale %	6,24	4,21	7,98	6,28	6,97	13,36
Calcare attivo %	0,25	0,37	0,37	0,50	0,50	0,62
P ₂ O ₅ totale ‰	1,60	1,40	2,10	1,74	1,63	1,57
P ₂ O ₅ assimilabile p.p.m.	4,00	5,00	4,00	6,00	3,00	7,00
K ₂ O assimilabile (mg/100)	0,43	0,45	0,45	0,38	0,65	0,48
N ₂ Kjeldahl ‰	0,40	0,27	0,30	0,30	0,30	0,10
Carbonio organico (C) %	0,135	0,150	0,00	0,195	0,135	0,00
Sostanza organica (C x 1,724) %	0,233	0,259	0,00	0,340	0,233	0,00
C/N	3,38	5,56	-	6,50	4,50	-

Preparazione del terreno per l'impianto

Scasso alla profondità di 80 cm.

Data di impianto: gennaio 1978.

Tipo di materiale d'impianto

Pioppelle di due anni di vivaio prodotte nell'azienda sperimentale "Mezzi" di Casale Monferrato.

Modalità di impianto

Le pioppelle sono state poste in buche profonde circa 2 metri.

Spaziatura: 5,5 x 5,35 m.

Lavorazione del terreno

Quattro discature all'anno.

Irrigazione: nessuna.

Potatura

Di correzione e di formazione nei primi 5-6 anni dalla messa a dimora.

Trattamenti antiparassitari

Contro insetti xilofagi e contro la *Marssonina* (3 all'anno).

Tesi a confronto per ciascun clone

Testimone, concimazione azotata, concimazione azoto-fosfatica, concimazione azoto-fosfo-potassica (con azoto dose 1) e concimazione azoto-fosfo-potassica (con azoto dose 2).

Tipi di concimi impiegati

Perfosfato minerale 19-21%, solfato potassico 50-52% e nitrato ammonico 25-26%.

TABELLA 28 - Caprile - Pomposa. Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto area basimetrica (cm² a 1,30 m dal suolo).

Temi	Rilevamenti effettuati a fine stagione					
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Clone "I-214"						
Testimone	22,93	53,08	81,97	106,40	140,78	160,20
N ₁	21,42	52,10	79,03	99,36	127,25	143,06
N ₁ P ₁	20,60	48,50	73,98	95,60	124,72	142,85
N ₁ P ₁ K ₁	19,95	47,75	74,16	96,10	128,17	147,20
N ₂ P ₁ K ₁	21,96	51,45	81,94	110,75	145,74	170,25
Media	21,37	50,58	78,21	101,64	133,33	152,71
Valori di F	1,60 n.s.	0,67 n.s.	0,55 n.s.	0,57 n.s.	0,54 n.s.	0,56 n.s.
Clone "Pan"						
Testimone	25,58	71,23	110,38	146,70	191,12	221,77
N ₁	24,47	66,22	103,24	134,31	172,12	196,60
N ₁ P ₁	23,61	69,12	104,64	141,86	178,82	206,73
N ₁ P ₁ K ₁	22,85	65,48	103,75	140,30	181,45	220,20
N ₂ P ₁ K ₁	23,31	60,36	95,02	128,64	158,15	179,37
Media	23,96	66,48	103,42	138,36	176,33	204,94
Valori di F	0,89 n.s.	1,02 n.s.	0,62 n.s.	0,40 n.s.	0,64 n.s.	0,82 n.s.
Confronto tra cloni						
Media generale	22,67	58,53	90,82	120,00	154,83	178,82
Valori di F	11,37**	28,08**	23,60**	18,44**	12,71**	11,75**
n.s. = non significativo; ** = significativo per p = 0,01.						

Quantità di fertilizzante distribuite per parcella

- 10 aprile 1978: perfosfato minerale 37 kg, solfato potassico 22 kg e nitrato ammonico 22 kg per la dose 1 e il doppio per la dose 2;
- 18 maggio 1978: nitrato ammonico 22 kg per la dose 1 e il doppio per la dose 2;
- 12 giugno 1978: nitrato ammonico 22 kg per la dose 1 e il doppio per la dose 2;
- 10 maggio 1979: nitrato ammonico 33 kg per la dose 1 e il doppio per la dose 2, perfosfato minerale 37 kg, solfato potassico 22 kg;
- 7 giugno 1979: nitrato ammonico 33 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂;
- 11 aprile 1980: nitrato ammonico 25 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂.
- 7 maggio 1980: nitrato ammonico 25 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂;

- 9 giugno 1980: nitrato ammonico 25 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂;
- 8 aprile 1981: perfosfato minerale 37 kg, solfato ammonico 25 kg e nitrato ammonico 22 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂;
- 8 maggio 1981: nitrato ammonico 22 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂;
- 15 giugno 1981: nitrato ammonico 22 kg per la dose N₁, il doppio per la N₂.

Complessivamente nel periodo dal 1978 al 1981 la tesi con solo azoto ha ricevuto in ragione di 978 kg/ha di N₂, la tesi con azoto e fosforo ha ricevuto in ragione di 978 kg/ha di N₂ e 300 di P₂O₅, secondo un rapporto di 3,27:1, la tesi con azoto (dose N₂), fosforo e potassio ha ricevuto in ragione di 978 kg/ha di N₂, 300 kg/ha di P₂O₅ e 458 kg/ha di K₂O, secondo un rapporto di 3,27:1:1,53 e, infine, la tesi con azoto (dose N₂), fosforo

e potassio ha ricevuto in ragione di 1.956 kg/ha di N_2 , 300 kg/ha di P_2O_5 , e 458 kg/ha di K_2O , secondo un rapporto di 6,53:1:1,54.

Modalità di distribuzione dei concimi

Sparsi a mano su tutta la superficie parcellare.

Interramento dei concimi

Con discatura subito dopo la distribuzione.

Trattamenti antiparassitari

Contro gli insetti xilofagi e contro la *Marssonina* (3 all'anno).

Caratteristiche del terreno

Come risulta dalle analisi (Tabella 27) il terreno è costituito da sabbia ed è piuttosto povero, ma i fattori che ha limitato la crescita delle piante, le cui circonferenze in sei anni hanno raggiunto in media appena 43 cm per l'“I-214” e 49,82 cm per il “Pan”, va ricercata soprattutto nella scarsa disponibilità idrica. Il terreno infatti, ol-

tre ad avere una bassa capacità di ritenuta, mancava di una falda a profondità accessibile alle radici nel periodo estivo e in tale periodo la piovosità mediamente è risultata piuttosto bassa.

Risultati

Nella Tabella 28 sono riportate le medie delle aree basimetriche.

Dall'analisi della varianza dei dati risulta che le differenze tra le tesi non sono significative.

Per il clone “I-214” le aree basimetriche medie variano da un minimo di 142,85 cm² per la tesi N_1P_1 ad un massimo di 170,25 cm² per la tesi $N_2P_1K_1$ con valori di 160,20 cm² per il testimone. Per il clone “Pan”, il cui l'accrescimento risulta significativamente superiore a quello dell'“I-214”, l'area basimetrica del testimone e addirittura più elevata di quella delle tesi che hanno ricevuto i concimi anche se con differenze non significative. Sembra proprio che in simili condizioni la somministrazione di concimi sia ininfluenza sull'accrescimento delle piante.

PROVA SULLA MODALITÀ DI DISTRIBUZIONE DEI CONCIMI NELLA BUCA DI IMPIANTO E IN SUPERFICIE

Questa prova è stata effettuata a Torricella del Pizzo (CR) in un terreno con tessitura sabbia franca nei primi 100 cm (sabbia 80%, limo 15% e argilla 5%) e sabbia nello sottostante tra 1 e 2 m di profondità. Nel primo strato il terreno ha reazione subalcalina (pH 8 nel primo strato e 7,7 in quello sottostante), è ben dotato di potassio assimilabile, discretamente di fosforo totale ma povero di azoto e di sostanza organica. La sabbia dello strato più profondo è povera di elementi nutritivi. Il pioppeto (clone "I-214", pioppelle di 2 anni di vivaio) è stato messo a dimora nel febbraio 1968, con sesto a settonce (spaziatura di m 6,50 x 5,62). Le pioppelle sono state messe a dimora alla profondità di 2 m in buche aperte fino alla profondità di 1m con trivella di 50 cm di diametro azionata dal trattore e nello strato sottostante con trivella di 10 cm di diametro, azionata a mano.

Le tesi a confronto erano 5: testimone non concimato e piante concimate con ternario 20-10-10 alla dose di 1,66 kg/pianta e alla dose di 3,32 kg/pianta, entrambe con due modalità di distribuzione con localizzazione nella buca e spargimento in superficie: Nel caso della distribuzione localizzata il fertilizzante è stato accuratamente mescolato con una ventina di kg di terreno e tale miscuglio è stato calato nella buca d'impianto cercando, per quanto possibile, di non addossarlo al fusto della pioppella e di sistemarlo tra i 15 e i 65 cm di profondità dalla superficie.

È stato adottato uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con 5 repliche. L'unità sperimentale era una parcella di 35 piante di cui le 15 interne utili per i rilevamenti.

A fine di ogni stagione vegetativa sono state misurate le circonferenze a m 1,30 dal suolo dei singoli alberi e, sui valori della corrispondente area basimetrica, è stata fatta l'analisi della varianza.

Il 27 agosto del 1968 sono stati prelevati dei rametti da 7 piante per ogni parcella per determinare l'influenza della concimazione sui contenuti in sostanze nutritive.

Risultati

Limitatamente al primo anno di vegetazione si è manifestato un effetto negativo sull'accrescimento in area basimetrica del fusto delle piante concimate nella buca con la dose più elevata (3,32 kg/pianta contro 1,66) (Tabella 29). La concimazione localizzata, rispetto a quella fatta in superficie, ha avuto effetti positivi sull'area basimetrica statisticamente significativi nel 1970, nel 1971 e 1972. All'abbattimento delle piante, effettuato nell'ottobre 1977 (alla fine della decima vegetazione), le differenze tra le tesi non erano più statisticamente significative ma le piante concimate nella buca hanno mantenuto valori più elevati sia delle piante del testimone non concimate che delle piante concimate spargendo il concime in superficie. Col passare degli anni la percentuale dell'incremento annuo sull'accrescimento totale è diminuita per cui alla fine le differenze non sono più risultate statisticamente significative (Tabella 29).

I rametti prelevati a fine agosto della prima vegetazione dalle piante concimate nella buca, rispetto a quelli prelevati dalle piante concimate in superficie, presentano un più elevato contenuto, statisticamente altamente significativo, in azoto, in fosforo ed in potassio (Tabella 30). La localiz-

TABELLA 29 - Torricella del Pizzo (CR). Influenza della concimazione sull'area basimetrica del fusto (cm²/albero a 1,30 m dal suolo).

Parametri	Test	Trattamenti (kg/albero di 20-10-10)				
		Conc. nella buca		Conc. in superficie		Media generale
		1,66	3,32	1,66	3,32	
Area basimetrica (cm²/albero)						
1968 (all’impianto)	15,42	15,08	14,46	15,02	15,09	15,014
1968 (a fine anno)	34,32	34,61	29,68	34,36	34,25	33,444
1969	117,68	123,96	110,12	112,82	109,13	114,742
1970	196,17	216,75	196,43	191,51	180,04	196,180
1971	303,50	336,76	307,00	294,42	280,26	304,388
1972	413,96	451,96	426,40	406,46	392,72	418,300
1975	668,35	712,13	680,35	662,52	647,70	674,210
1977	771,07	831,51	790,90	776,22	763,98	786,736
Valori dell’“F” relativi ai dati riportati nella parte sovrastante						
Parametri		Confronti ortogonali				
	Trattamento	Test vs concimazione	Concimaz. loc. vs concimaz. in superficie		1,66 kg vs 3,32 kg	
1968 (all’impianto)	0,7438 n.s.	1,2803 n.s.	0,4982 n.s.		0,4570 n.s.	
1968 (a fine anno)	3,1356*	0,6762 n.s.	3,2816 n.s.		4,4903*	
1969	0,9872 n.s.	0,2838 n.s.	0,9666 n.s.		2,0212 n.s.	
1970	1,7912 n.s.	0,0000 n.s.	4,4012*		2,5651 n.s.	
1971	1,6538 n.s.	0,0038 n.s.	4,5441*		1,8359 n.s.	
1972	1,3847 n.s.	0,0647 n.s.	4,3146*		1,0631 n.s.	
1975	1,1423 n.s.	0,0835 n.s.	3,2897 n.s.		1,0560 n.s.	
1977	1,0969 n.s.	0,4649 n.s.	2,5597 n.s.		1,0579 n.s.	
n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05.						

zazione del concime ha quindi favorito un maggiore assorbimento di elementi nutritivi, senza differenze significative tra le due dosi. Inoltre va notato però che i rametti prelevati da piante concimate nella buca con la dose doppia risultano, rispetto a tutti gli altri, di dimensioni leggermente minori e di minor peso secco. Se ne deduce che la dose doppia in buca pur avendo aumentato il tenore di nutrienti nella sostanza secca dei rametti non ha influito sulla loro crescita. In sintesi la concimazione in profondità nella

buca di impianto ha dato risultati positivi sulla crescita, come già era stato dimostrato in passato da diversi studiosi (Draghetti, 1959; Tosi, 1966), ma non ha influito significativamente sulla produzione finale, analogamente a quanto ottenuto dal predetto Tosi.

Tra l'altro oggi tale tecnica non si può più applicare con le stesse modalità dato che non si aprono più a mano buche di grandi dimensioni ma di diametro minimo (10-12 cm), e con trivelle azionate meccanicamente, per aprire buche profonde, da 1,50 a 3 m. Oggi

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 30 - Torricella del Pizzo (CR). Lunghezza, peso secco e contenuti in N_2 , P_2O_5 e K_2O dei rametti prelevati dalle piante il 27 agosto 1968.

Parametri	Trattamenti (kg/albero di 20-10-10)					
	Test	Concimazione nella buca		Concimazione in superficie		Media generale
		1,66	3,32	1,66	3,32	
Lunghezza (m)	1,51	1,48	1,39	1,50	1,60	1,514
Peso secco (g)	34,46	31,60	28,16	37,94	37,08	33,848
Contenuto in % sulla sostanza secca						
N_2	0,768	0,787	0,808	0,714	0,720	0,759
P_2O_5	0,268	0,276	0,287	0,262	0,260	0,271
K_2O	0,852	0,893	0,956	0,808	0,801	0,862
Valori dell'“F” relativi ai dati nella parte sovrastante						
Parametri	Trattamenti	Test vs concimato	Confronti ortogonali			
			Concimato nella buca vs Concimato in superficie	Concimato con kg 1,66 vs concimato con kg 3,32		
Lunghezza	2,941*	0,002 n.s.	10,180**	0,644 n.s.		
Sostanza secca	2,147 n.s.	0,063 n.s.	7,693**	0,611 n.s.		
Contenuto in % sulla sostanza secca						
N_2	3,051*	0,157 n.s.	11,615**	0,327 n.s.		
P_2O_5	1,489 n.s.	0,067 n.s.	5,196*	0,220 n.s.		
K_2O	8,924**	0,250 n.s.	31,142**	1,651 n.s.		

n.s. = non significativo; *: significativo per $p = 0,05$; **: significativo per $p = 0,01$.

si può invece applicare la concimazione in profondità (una quarantina di cm) utilizzando la subirrigazione a goccia con erogatori localizzati in prossimità delle piante. Con

quest'ultima tecnica si potrà meglio verificare sia l'efficacia della fertilizzazione localizzata in profondità e ripetuta nei primi anni, che la sua convenienza economica.

RISPOSTA ALLA CONCIMAZIONE DEL PIOppo COLTIVATO A DISTANZE CRESCENTI

Un argomento che non era ancora stato esaminato, ma che ha una importanza particolare per le implicazioni che comporta con la competizione tra gli alberi, è quello dell'influenza della concimazione sull'accrescimento delle piante in funzione della spaziatura. Per esaminare anche questo aspetto è stata condotta una apposita ricerca nella Azienda sperimentale "Mezzi" dell'Istituto di Sperimentazione per la pioppicoltura a Casale Monferrato, adottando lo schema di Melder.

La sperimentazione è stata condotta con pioppelle di un anno (F1R1) del clone "Boccalari" di *Populus x canadensis* Moench. La messa a dimora delle pioppelle è stata fatta nel febbraio 1980 disponendole in campo secondo lo schema di Nelder con le seguenti caratteristiche: $r = 7,423$; $a =$ circa 1,126; archi n. 15; aree in $m^2/albero$: 0,81; 1,02; 1,28; 1,60; 2,00; 2,56; 3,22; 4,00; 5,12; 6,45; 8,13; 10,24; 12,51; 16,27; 20,05 (Figura 14).

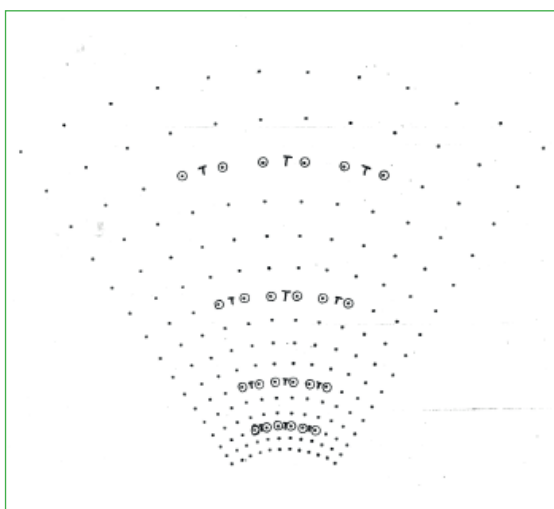


FIGURA 14 - Schema di Nelder: rappresentazione grafica della disposizione delle piante in campo su 15 archi di 12 pioppelle ciascuno.

Lo schema, formato da 15 archi di 12 piante ciascuno, è stato ripetuto 12 volte. Le 12 raggere, orientate in coppie ortogonali, sono state disposte in 2 gruppi di 6 e in ciascuna di esse sono state distribuite a caso le tesi di concimazione messe a confronto.

Le tesi erano le seguenti: testimone non concimato; 2) testimone non concimato nel quale il pioppo è stato consociato con sorgo allo scopo di impoverire il terreno; 3) concimazione azotata; 4) concimazione azoto-fosfatica; 5) concimazione azoto-fosfo-potassica; 6) concimazione organico minerale con agrobios K558 contenente anche microelementi.

Le date, le dosi e le modalità di distribuzione dei concimi sono state le seguenti:

1980 - I concimi sono stati distribuiti intorno alla pianta in un raggio di 50-70 cm:

- 15 marzo - distribuzione del nitrato ammonico 25-26% alla dose di 0,600 kg/pianta;
- 16 marzo - distribuzione del superfosfato minerale 19-21% alla dose di 0,750 kg/pianta;
- 19 marzo - distribuzione di solfato potassico-magnesiaco (28-30% K_2O e 8% MgO), 0,500 kg/pianta;
- 15 maggio - distribuzione di agrobios K558 alla dose di 3 kg/pianta.

1981 - Distribuzione intorno al piede dell'albero in un raggio di 1,70-1,80 m:

- 15-17 aprile - distribuzione dei concimi alle stesse dosi dell'anno precedente.

1982 - Distribuzione intorno al piede dell'albero in un raggio di 2 m (su tutta la superficie per le spaziature più strette):

- 18 maggio - stesse dosi degli anni precedenti.

Caratteristiche del terreno

Topsoil : tessitura appartenente alla classe “sabbia franca” (sabbia grossa 6,80%; sabbia fine 70,44%; limo 17,0%; argilla 5,76%). Reazione subalcalina (pH 7,9), calcare totale 5-6%, povero di sostanza organica e di azoto, sufficientemente dotato di fosforo assimilabile e di potassio scambiabile. Subsoil : tende ad aumentare la percentuale di sabbia e a diminuire la sostanza organica e gli elementi nutritivi. La falda freatica non era raggiungibile dalle radici ma il profilo presentava un’ottima potenza (Figura 15).

Clima

Durante il periodo aprile-settembre le precipitazioni sono risultate di 308 mm nel 1980, di 481,6 nel 1981, di 308,8 nel 1982 e di 315 nel 1983.

Irrigazione

È stata effettuata due volte nel 1980 (5-6 maggio e 19 luglio), 2 volte nel 1981 (16-17 giugno e 21 agosto), 2 volte nel 1982 (26 giugno e 15 agosto) e 3 volte nel 1983 (17 giugno, 15 luglio e 21 agosto).

Rilevamenti

L'accrescimento è stato valutato sulla base dell'area basimetrica calcolata dalla circonferenza rilevata a m 1,30 dal suolo alla fine di ogni stagione vegetativa (1980, 1981, 1982 e 1983). La determinazione del tenore in elementi nutritivi è stata fatta su campioni di foglie e di terreno prelevati il 5 agosto 1982, cioè nel corso della terza stagione vegetativa, in tutte le e 12 raggere e per le 4 spaziatore seguenti (m²/albero): 1,28; 2,56; 6,45; 16,27. Le foglie sono state prelevate dalla parte mediana dei germogli turionali dell'anno di 6 alberi di ciascuna delle spaziatore prescelte.

Risultati

La ricerca ha confermato che la densità delle piante influisce negativamente sull'ac-

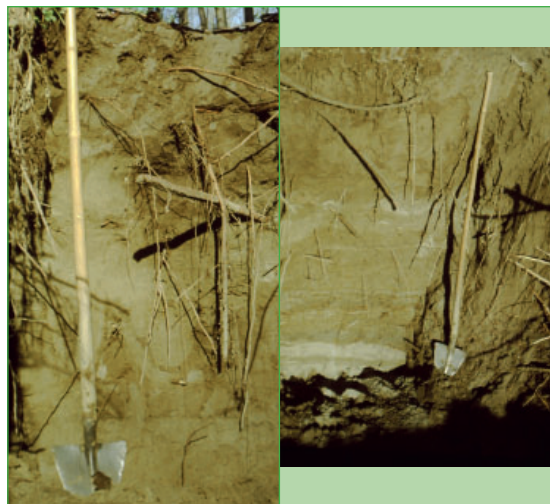


FIGURA 15 - Profili del terreno in due punti della parte centrale del pioppeto oggetto della prova.

crescimento del diametro del tronco tanto più precocemente e in maniera più intensa quanto più forte è la diminuzione dello spazio disponibile.

Dal confronto delle curve relative ai dati dell'accrescimento nei primi 4 anni dall'impianto (1980, 1981, 1982 e 1983) e ai relativi incrementi annui in area basimetrica dei fusti delle piante delle 6 tesi a confronto (Figura 16) emergono dati interessanti. A parte l'effetto di bordo sulle piante delle prime 2-3 spaziatore (da 0,81 a 1,28 m²/piede), per quelle alle spaziatore successive (da 2 m²/piede a 6 m² circa) i due parametri considerati presentano un andamento nettamente crescente già nel primo anno di vegetazione a dimora, mentre quelle da 8 a 20 m²/piede non risentono dell'effetto delle spaziatore più ampie. Nel secondo anno (1981) l'influenza delle spaziatore più ampie diventa molto evidente fino a circa 12 m²/pianta. Negli anni terzo e quarto le curve risultano crescenti dalla spaziatore minima a quella massima (da 2 a 20 m²/pianta).

Gli accrescimenti delle piante poste nelle parcelle consociate nel primo anno e non concimate risultano molto più bassi per la concorrenza del sorgo, graminacea depauperante, ma le differenze rispetto alle piante

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

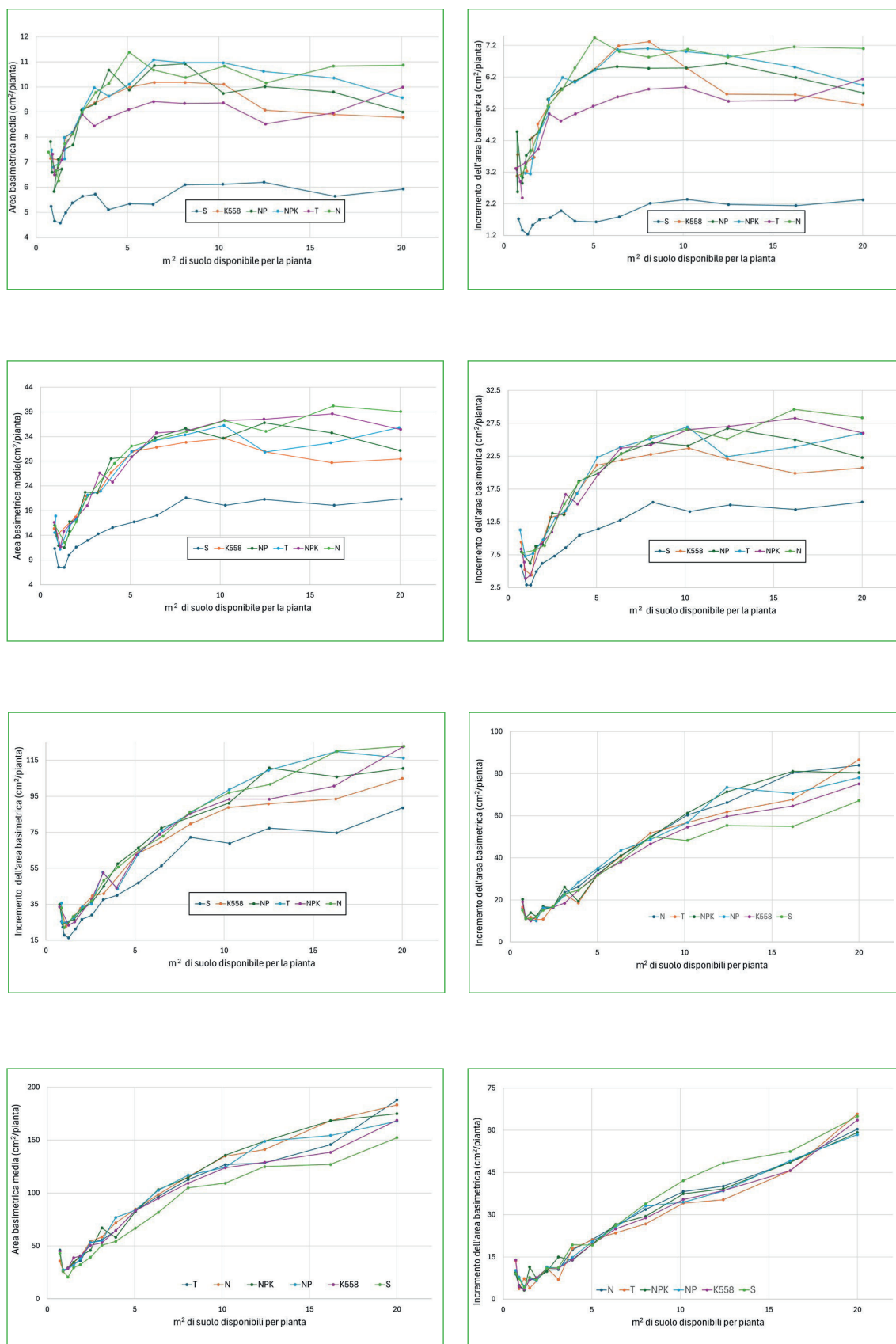


FIGURA 16 - Influenza della concimazione sull'accrescimento del tronco in funzione della spaziatura nei primi 4 anni dalla messa a dimora. A sx accrescimento rilevato a fine stagione vegetativa 1980, 1981, 1982 e 1983; a dx incremento annuo.

delle altre si vanno rapidamente riducendo negli anni successivi, in particolare nel corso del terzo e del quarto anno. Il recupero è stato possibile grazie alla ottima potenza del profilo del terreno. Le piante concimate con azoto delle spaziatore più ampie presentano valori leggermente più elevati rispetto a quelli di tutte le altre tesi (Figura 16).

La relazione tra accrescimento e spaziatura degli alberi può essere espressa da una funzione lineare che prende in considerazione il numero di alberi per unità di superficie e l'inverso dell'area basimetrica per piede (Figura 17). In sintesi si può dire che la densità deprime l'accrescimento del diametro individuale degli alberi in maniera tanto più precoce e intensa quanto più forte è la diminuzione dello spazio a disposizione. Dallo studio del rapporto tra accrescimento in diametro degli alberi e spazio a loro disposizione, espresso dalla formula di Kira (Figura 17) viene conferma che anche per il pioppo esiste una correlazione lineare tra numero di alberi per unità di superficie e l'inverso dell'area basimetrica media per albero.

La distribuzione dei concimi nel terreno ha aumentato in maniera statisticamente significativa la disponibilità del fosforo e del potassio ma non ha influito sul tenore in azoto, che è notoriamente molto mobile nel terreno, né sulla disponibilità di microele-

menti (Tabella 31). Il tenore di tali elementi risulta decrescente dalle densità maggiori verso quelle minori perché è stata distribuita la stessa dose di concime per pianta indipendentemente dalla spaziatura.

L'effetto della spaziatura si è rivelato in maniera molto evidente sul contenuto in elementi nutritivi delle foglie (Tabella 32). Con l'aumentare delle distanze tra le piante si ha un aumento significativo del tenore in azoto, fosforo e potassio e una diminuzione del tenore in calcio, magnesio e manganese. Ciò può significare che le varie funzioni fisiologiche, fotosintesi compresa, sono più efficienti nelle chiome di piante più rade e quindi più esposte al sole.

L'influenza della concimazione sui contenuti minerali delle foglie è risultata positiva per il tenore in azoto e in potassio (solo la tesi NPK) e nulla per il fosforo. Se si considera che il campionamento delle foglie per la determinazione degli elementi nutritivi è stato fatto nel corso della terza stagione vegetativa, quando l'effetto dei concimi sull'accrescimento poteva essersi accumulato nell'arco di tre vegetazioni, si deve concludere che a una più forte concentrazione di azoto e di potassio nelle foglie non ha corrisposto un incremento significativo di crescita (Figura 16). È interessante osservare che l'impoverimento del terreno delle parcelle consociate con sorgo, che ha rallentato la crescita nel corso delle prime

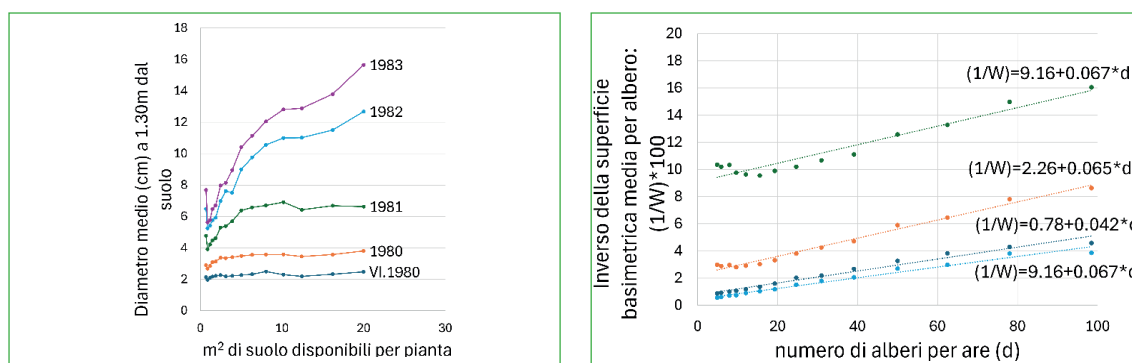


FIGURA 17 - Accrescimento medio in diametro del tronco (sx) rilevato alla fine di ogni stagione vegetativa (nel primo anno anche a giugno). Studio della relazione (dx) tra accrescimento in area basimetrica e densità di impianto (equazione di Kira: $1/W = ad + b$).

TABELLA 31 - Analisi chimiche dei campioni di terreno prelevati il 5 agosto 1982 dalle parcelle di 4 spaziatore di ciascuno dei trattamenti a confronto.

Concime	Spaziatura m ² /albero	Reazione pH	Tasso di C %	N ₂ %	P ₂ O ₅ p.p.m.	K ₂ O p.p.m.	CaO p.p.m.	MgO p.p.m.	Fe p.p.m.	Mn p.p.m.	Cu %	Bo %	Zn %	Mo %
Testimone	1,28	7,52	0,645	0,064	83,5	89,0	1734,5	72,0	111,7	4,7	1,90	0,430	2,40	0,16
	2,56	7,45	0,685	0,067	91,5	90,0	1848,0	86,0	108,7	8,2	1,75	0,325	1,85	0,23
	6,45	7,49	0,750	0,069	93,0	104,0	1862,0	77,0	87,7	8,1	1,90	0,340	2,55	0,31
	16,27	7,54	0,680	0,068	92,0	91,5	1795,5	72,0	88,2	6,4	1,85	0,580	2,60	0,19
Testimone (sorgo)	1,28	7,45	0,655	0,058	128,5	70,0	1773,0	76,5	92,0	5,6	1,65	0,560	1,95	0,12
	2,56	7,48	0,690	0,062	122,0	72,5	1850,5	77,5	90,7	9,6	1,65	0,305	1,80	0,12
	6,45	7,38	0,720	0,068	118,5	69,5	1949,5	82,0	90,7	4,2	1,80	0,465	2,20	0,33
	16,27	7,45	0,640	0,055	132,0	70,5	1705,0	65,5	88,2	5,7	1,85	0,680	2,10	0,21
N ₂	1,28	7,23	0,645	0,071	75,0	92,0	2025,0	59,0	102,2	4,6	1,75	0,370	1,85	0,15
	2,56	7,23	0,670	0,071	87,0	90,0	2023,0	82,5	101,0	11,6	1,60	0,530	1,60	0,22
	6,45	7,38	0,670	0,063	99,0	87,0	1890,0	78,0	101,5	7,0	1,80	0,270	2,35	0,39
	16,27	7,52	0,790	0,076	108,0	102,0	1946,5	79,5	80,2	3,5	1,75	0,415	2,55	0,27
NP	1,28	7,15	0,685	0,072	278,5	96,5	1896,0	78,5	65,5	5,6	1,45	0,510	2,65	0,25
	2,56	7,18	0,695	0,070	210,5	99,0	1814,0	71,0	81,7	8,9	1,50	0,445	1,65	0,23
	6,45	7,46	0,595	0,058	115,0	87,0	1596,0	58,5	95,0	5,5	1,30	0,315	2,35	0,38
	16,27	7,51	0,645	0,060	94,0	120,5	1678,0	69,5	85,5	7,5	1,55	0,420	2,15	0,21
NPK	1,28	7,21	0,790	0,078	280,5	277,0	1825,5	177,5	61,0	5,1	1,45	0,800	2,65	0,24
	2,56	7,27	0,770	0,067	228,0	151,5	1938,0	123,5	81,7	10,5	1,55	0,380	2,25	0,19
	6,45	7,37	0,630	0,060	121,0	72,5	1757,5	85,0	102,7	12,9	1,70	0,250	1,90	0,29
	16,27	7,48	0,600	0,051	90,0	82,0	1617,0	63,5	103,2	9,0	1,45	0,665	2,20	0,16
K558	1,28	7,23	0,595	0,060	175,5	398,0	1296,5	67,5	93,0	7,0	1,35	0,510	2,70	0,14
	2,56	7,32	0,620	0,061	131,5	206,0	1471,0	67,5	102,2	12,1	1,40	0,380	1,40	0,21
	6,45	7,42	0,645	0,061	103,0	99,0	1634,5	63,0	111,5	9,3	1,80	0,305	2,50	0,34
	16,27	7,55	0,600	0,059	87,5	91,0	1605,0	59,0	98,2	6,7	1,55	0,330	2,40	0,29
Media per la concimazione														
Testimone		7,50	0,690	0,067	90,0	93,6	1810,0	76,7	99,1	6,8	1,85	0,419	2,35	0,22
Testimone (sorgo)		7,44	0,676	0,061	125,2	70,62	1819,5	75,4	90,4	6,3	1,74	0,502	2,01	0,19
N ₂		7,34	0,694	0,070	92,2	92,7	1971,1	74,7	95,2	6,7	1,73	0,396	2,09	0,26
NP		7,33	0,655	0,065	174,5	100,7	1746,0	69,4	81,9	6,9	1,45	0,423	2,20	0,27
NPK		7,33	0,697	0,064	179,9	145,7	1784,5	112,4	87,2	9,4	1,54	0,524	2,25	0,22
K558		7,38	0,615	0,060	124,4	198,5	1501,7	64,2	101,2	8,8	1,53	0,381	2,25	0,25
Media per la spaziatura														
	1,26	7,30	0,669	0,067	170,2	170,4	1758,4	88,5	87,6	5,4	1,59	0,530	2,37	0,18
	2,56	7,32	0,688	0,066	145,1	118,2	1824,1	84,7	94,4	10,2	1,58	0,394	1,76	0,20
	6,45	7,42	0,668	0,063	108,2	86,5	1781,6	73,9	98,2	7,8	1,72	0,324	2,31	0,34
	16,27	7,51	0,659	0,062	100,6	92,92	1724,5	68,2	90,6	6,5	1,62	0,515	2,33	0,22
Media generale		7,39	0,671	0,065	131,0	117,0	1772,1	78,8	92,7	7,5	1,64	0,041	2,19	0,24
Valori di F:														
Concimazione (f)		5,30 **	0,92 n.s.	1,39 n.s.	3,31 *	30,6 **	2,27 n.s.	7,52 **	2,46 n.s.	2,32 n.s.	1,85 n.s.	0,90 n.s.	0,89 n.s.	1,47 n.s.
Spaziatura (e)		14,51 **	0,21 n.s.	0,98 n.s.	3,49 *	30,3 **	0,25 n.s.	3,42 *	1,41 n.s.	8,86 **	0,50 n.s.	3,84 *	7,52 *	13,70 *
Interazione (f x e)		1,81 n.s.	0,85 n.s.	0,98 n.s.	1,18 n.s.	14,5 **	0,33 n.s.	2,91 **	1,71 n.s.	1,11 n.s.	0,24 n.s.	0,93 n.s.	1,33 n.s.	0,88 n.s.

n.s. = non significativo ; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

TABELLA 32 - Analisi chimiche dei campioni di foglie prelevate il 5 agosto 1982 dalle piante appartenenti a 4 spaziatore di ciascuno dei trattamenti a confronto.

			% sostanza secca							p.p.m. sostanza secca						
Concime	Spaziatura m ² /albero	Contenuto in acqua		Ceneri % p.s.	N ₂	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Bo	Mo	
		% p.f.	% p.s.													
Testimone	1,28	63,10	171,04	8,805	2,02	0,154	1,240	2,165	0,260	123,0	51,0	10,70	111,0	26,5	0,095	
	2,56	63,27	172,24	10,800	2,08	0,153	1,085	2,415	0,295	128,5	61,0	8,15	96,0	29,0	0,095	
	6,45	63,93	177,50	10,320	2,25	0,196	1,380	2,145	0,250	127,5	58,5	8,60	70,5	27,0	0,115	
	16,27	62,89	170,18	8,215	2,745	0,192	1,735	1,260	0,190	137,5	54,0	5,90	42,0	27,5	0,115	
Testimone (sorgo)	1,28	59,07	144,37	9,015	2,305	0,186	1,545	1,700	0,230	149,5	65,5	8,25	74,5	24,0	0,230	
	2,56	62,83	169,01	8,415	2,585	0,213	1,715	1,345	0,215	138,5	49,0	8,90	101,5	24,0	0,445	
	6,45	63,25	172,43	7,795	2,840	0,234	1,970	1,080	0,185	132,0	43,5	9,55	64,0	26,5	0,050	
	16,27	63,48	174,05	7,485	2,745	0,220	1,785	0,970	0,170	107,5	40,5	8,15	55,5	26,5	0,105	
N ₂	1,28	61,96	162,96	10,525	2,330	0,120	1,160	2,875	0,300	159,5	65,0	8,00	29,5	28,5	0,140	
	2,56	63,12	171,12	10,300	2,530	0,135	1,315	2,290	0,255	171,0	57,5	7,65	32,8	32,0	0,050	
	6,45	63,39	173,19	10,005	2,470	0,138	1,500	2,050	0,210	146,0	53,0	7,30	33,0	26,0	0,215	
	16,27	64,53	181,93	8,785	2,675	0,188	1,705	1,450	0,170	173,5	51,5	6,90	32,0	30,0	0,035	
NP	1,28	64,25	179,74	9,880	2,475	0,141	1,350	2,750	0,275	213,5	73,5	6,65	24,5	27,0	0,110	
	2,56	65,12	187,16	11,305	2,635	0,131	1,455	2,300	0,285	344,0	62,5	7,00	27,0	22,5	0,095	
	6,45	64,15	179,37	11,070	2,400	0,143	1,515	2,200	0,215	304,5	62,0	7,15	26,5	31,0	0,095	
	16,27	63,34	174,84	9,090	2,655	0,183	1,735	1,425	0,150	277,0	50,0	6,80	32,5	25,5	0,020	
NPK	1,28	63,79	176,34	9,505	2,815	0,151	1,725	2,030	0,255	149,5	61,5	5,85	26,5	20,5	0,110	
	2,56	63,17	174,64	9,545	2,790	0,146	1,730	1,850	0,220	143,0	54,0	5,95	27,5	19,5	0,120	
	6,45	63,36	173,09	9,200	2,705	0,195	1,570	1,715	0,210	137,0	50,5	7,85	31,0	21,5	0,135	
	16,27	63,55	175,66	7,990	2,780	0,196	1,870	1,100	0,160	130,0	47,5	4,90	36,0	28,0	0,090	
K558	1,28	63,70	176,30	9,480	2,335	0,124	1,905	2,190	0,170	101,0	66,5	6,70	20,5	29,0	0,475	
	2,56	63,01	176,69	10,255	2,475	0,147	1,810	1,935	0,185	147,5	50,0	8,10	28,0	32,5	0,275	
	6,45	64,02	178,32	10,750	2,395	0,172	1,660	2,090	0,175	152,5	58,0	7,05	38,0	29,0	0,160	
	16,27	62,61	168,37	8,770	2,645	0,181	1,715	1,405	0,140	142,5	52,5	7,05	40,5	27,5	0,045	
Media per la concimazione																
Testimone		63,30	172,74	9,535	2,274	0,173	1,360	1,996	0,249	129,1	56,1	8,34	79,9	27,5	0,105	
Testimone (sorgo)		62,16	164,97	8,177	2,619	0,213	1,754	1,274	0,200	131,8	49,6	8,71	73,9	22,2	0,320	
N ₂		63,25	172,30	9,904	2,501	0,145	1,420	2,166	0,234	162,5	56,7	7,46	31,8	29,1	0,110	
NP		64,21	180,28	10,336	2,541	0,149	1,514	2,169	0,231	284,7	64,0	6,90	27,6	26,5	0,080	
NPK		63,47	174,18	9,060	2,772	0,172	1,724	1,674	0,211	140,4	53,4	6,14	30,2	23,9	0,114	
K558		63,54	171,92	9,811	2,463	0,156	1,773	1,905	0,168	135,9	56,7	7,23	31,7	29,5	0,239	
Moyenne pour la spaziatore																
1,28		62,64	168,46	9,535	2,380	0,146	1,487	2,285	0,248	149,3	63,8	7,69	47,7	26,9	0,193	
2,56		63,55	171,61	10,103	2,516	0,154	1,518	2,022	0,243	179,1	55,7	7,63	52,1	26,6	0,180	
6,45		63,58	175,65	9,857	2,510	0,179	1,599	1,880	0,208	166,5	54,2	7,92	43,8	25,8	0,203	
16,27		63,40	174,17	8,389	2,708	0,193	1,757	1,268	0,163	161,3	50,7	6,62	39,7	26,5	0,068	
Media generale		63,32	173,23	9,471	2,528	0,168	1,591	1,864	0,215	164,1	56,1	7,46	45,8	26,5	0,161	
Valori di F:																
Concimazione (f)		0,97 n.s.	0,95 n.s.	3,44*	2,58 n.s.	6,02**	4,36*	4,36*	5,46*	4,33**	3,09*	4,29**	33,38**	23,10**	2,45 n.s.	
Spaziatura (e)		0,71 n.s.	0,61 n.s.	5,11**	2,55 n.s.	7,07**	2,88*	10,97**	14,74**	0,27 n.s.	6,37**	2,41 n.s.	2,40 n.s.	5,08**	1,57 n.s.	
Interazione (f x e)		0,58 n.s.	0,48 n.s.	0,11 n.s.	0,51 n.s.	0,51 n.s.	0,42 n.s.	0,36 n.s.	0,78 n.s.	0,19 n.s.	0,89 n.s.	1,08 n.s.	3,66**	0,55 n.s.	0,71 n.s.	

n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

TABELLA 33 - Risultati dello studio della correlazione multipla del tenore in nutrienti delle foglie (y) con la spaziatura (X_1) e con il tenore in elementi nutritivi del terreno (X_2). Elaborazione effettuata sui dati analitici considerati globalmente (Tabelle 31 e 32).

Elemento	Regressione	Valori di F		Coefficiente di correlazione			
		X_1	X_2	Multiplo	X_1 vs X_2	X_1 vs Y	X_2 vs Y
Azoto	4,07*	6,94*	1,21 n.s.	0,2796 n.s.	- 0,328 n.s.	0,488*	0,032 n.s.
Fosforo	5,02*	0,86**	0,18 n.s.	0,3235 n.s.	- 0,406 n.s.	0,564*	- 0,299 n.s.
Potassio	8,38**	7,52*	9,24**	0,4440 n.s.	- 0,296 n.s.	0,446*	0,341 n.s.
Calcio	11,49**	22,85**	0,14 n.s.	0,5226*	- 0,149 n.s.	- 0,721**	0,162 n.s.
Magnesio	11,42**	22,75**	0,10 n.s.	0,5210*	- 0,310 n.s.	- 0,720**	0,268 n.s.
Ferro	0,96 n.s.	0,00 n.s.	1,92 n.s.	0,0837 n.s.	- 0,002 n.s.	- 0,006 n.s.	- 0,289 n.s.
Manganese	4,82*	8,01**	1,63 n.s.	0,3147 n.s.	- 0,163 n.s.	-0,511*	- 0,144 n.s.
Rame	7,76**	4,36 *	11,15**	0,4249 n.s.	0,206 n.s.	- 0,346 n.s.	0,469*
Boro	0,06 n.s.	0,03 n.s.	0,10 n.s.	0,0056 n.s.	0,139 n.s.	- 0,029 n.s.	- 0,072 n.s.
Zinco	0,36 n.s.	0,52 n.s.	0,19 n.s.	0,0329 n.s.	0,255 n.s.	- 0,155 n.s.	- 0,131 n.s.
Molibdeno	1,57 n.s.	3,06 n.s.	0,09 n.s.	0,1302 n.s.	0,257 n.s.	- 0,356 n.s.	- 0,150 n.s.
n.s. = non significativo ; * = significativo per $p = 0,05$; ** = significativo per $p = 0,01$.							

stagioni vegetative, non ha invece influito negativamente sul contenuto in azoto, fosforo e potassio delle foglie; soltanto il tenore di calcio e di magnesio ha subito un abbassamento (Tabella 32).

Lo studio dei rapporti tra il tenore in elementi nutritivi delle foglie con il tenore dei nutrienti del terreno e con le spaziature dimostra che non c'è nessuna correlazione tra i contenuti del terreno e le spaziature, tra contenuti delle foglie e del terreno, mentre risulta significativa la correlazione tra le spaziature e i contenuti dei nutrienti delle foglie, positiva per l'azoto, il fosforo e il potassio e negativa per il calcio e il magnesio

(Tabella 33). Ciò significa che il contenuto in azoto, fosforo e potassio delle foglie aumenta con l'aumentare delle distanze tra le piante mentre diminuisce per il calcio e il magnesio (Tabella 32), malgrado nel terreno, al contrario, i contenuti in fosforo e potassio diminuiscano con l'aumentare delle distanze (Tabella 31). È evidente che la pianta singola nel pioppeto fitto cresce meno di quella posta nel pioppeto rado per motivi che non riguardano la scarsa disponibilità di elementi nutritivi ma la competizione per le ridotte disponibilità di spazio aereo che condiziona i rapporti tra chioma e atmosfera.

ESPERIENZE DI CONCIMAZIONE CON PARCELLE MONALBERO

Con le prove di questo gruppo ci si è prefissi di indagare sulla influenza della concimazione in funzione dell'età delle piante. A tale scopo sono state considerate quattro classi di età includendo nella prima pioppeti nel corso del 1° e del 2° anno di vegetazione, nella seconda pioppeti nel corso del 3° e del 4° anno di vegetazione, nella terza pioppeti al 5° e 6° anno e, infine, nella quarta classe pioppeti nel corso del 7°, 8° e 9° anno dall'impianto.

I pioppeti dell'ultima classe di età sono stati inclusi in considerazione del fatto che, secondo una opinione abbastanza diffusa tra i pioppicoltori, "è conveniente dare agli alberi prossimi alla maturazione una vigorosa sferzata per stimolarne o sostenerne la crescita" proprio nel periodo in cui gli incrementi correnti sono ancora piuttosto sostenuti ma spesso ormai in fase decrescente.

I pioppeti, costituiti con pioppelle di due anni di vivaio del clone "I- 214" (in pochissimi casi, che verranno precisati, sono stati impiegati altri cloni), sono stati coltivati adottando le cure normalmente in uso, consistenti in lotta alle malerbe con discature, potature e trattamenti antiparassitari contro insetti xilofagi e *Marssonina brunnea*.

Pioppeti giovanissimi (1° e 2° anno di vegetazione)

Per i 9 pioppeti di questo gruppo le indagini vertono:

- sulla efficacia dell'urea 46% (a Monticelli Pavese: prova n. 1, n. 2 e n. 3);
- sul confronto tra urea 46% con applicazioni annuali o biennali, e altri concimi azotati: nitrato di calcio 15%, nitrato

- ammonico 26-27%, solfato ammonico 20-21% e concimazione azoto-fosfo potassica con fosfato biammonico 18-46% addizionato di solfato potassico 50-52% (a Caresanablot, prova n. 4);
- sul confronto tra urea, concimazione azoto-fosfo-potassico (fosfato biammonico e solfato potassico), concimazione con ternari 20-10-10 e 10-10-10 e, infine, concimazione con nitrato potassico 38-62% (a Frascarolo, prova n. 5);
- sul confronto tra diverse forme di concimi azotati: nitrato di calcio 15%, nitrato potassico 13-46%, nitrato ammonico 26-27%, solfato ammonico 20-21%, urea 46% e ternario 10-10-10 (a Prarolo, prova n. 6).
- sul confronto tra concimi ternari: 20-10-10 e 10-10-10 (a Prarolo, prova n. 7);
- sul confronto tra concimazione con urea 46%, concimazione NPK (fosfato biammonico 18-46% e solfato potassico 50-52%), concimazione con ternari: 12-18-12, 20-10-10 e 12-12-12 (a Prarolo, prova n. 8);
- sul confronto tra cloruro potassico 60-62%, solfato potassico 50-52%, Gesso e ternario 20-10-10 (a Bordighino, prova n. 9).

Risultati

Dall'insieme dei dati raccolti risulta che la risposta delle piante alla concimazione è stata pressoché irrilevante in due prove (la n. 6 e la n. 9), modesta in altre quattro (prove n. 1, 3, 7 e 8) e, infine, evidente e statisticamente significativa in altre tre esperienze (n. 2, 4 e 5).

La concimazione è risultata ininfluenza a Bordighino (Pomposa) su sabbia a reazione

TABELLA 34 - Caresanablot (VC). Influenza della concimazione sull'accrescimento del tronco in circonferenza (cm a 1,30 m dal suolo).

Tesi		Date dei rilevamenti									
		3.5.76	20.7.76	4.4.77	7.11.77	5.10.78	25.10.79	4.3.81	1.9.81	7.9.83	25.9.84
1	Testimone non concimato	16,49	18,69	21,16	27,29	36,83	51,26	64,82	73,44	90,21	94,65
2	Urea (ogni anno)	16,41	19,91	21,96	28,70	38,17	53,35	66,92	74,89	91,25	95,12
3	Urea (ogni 2 anni)	16,57	19,06	22,29	28,03	37,72	53,1	66,74	74,68	90,77	94,67
4	Nitrato di calcio	16,38	19,24	22,82	29,69	39,66	55,50	68,88	76,97	93,12	97,48
5	Nitrato ammonico	16,18	19,23	22,70	29. 62	40,24	56,42	70,33	78,65	95,32	99,21
6	Solfato ammonico	16,45	19,08	22,70	29,74	39,54	55,61	69,27	77,51	93,74	98,04
7	Fosfato biamm. + K ₂ SO ₄	16,32	18,27	22,60	29,63	39,35	55,29	68,90	76,77	93,78	98,00
Media		16,40	18,93	22,32	28,96	38,79	54,37	67,98	76,13	92,60	96,74
Valore dell'F		0,16 n.s.	0,39 n.s.	1,88 n.s.	3,32**	3,66**	4,75**	3,52**	2,71*	1,42 n.s.	1,07 n.s.
n.s.: non significativo; *: significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.											

subalcalina, povera di elementi nutritivi, non irrigata e con falda inaccessibile alle radici nel periodo vegetativo, non soltanto per quanto riguarda i concimi potassici (solfato e cloruro) ma anche il ternario ad alto titolo di azoto (20-10-10), e a Prarolo su terreno sabbioso, a reazione neutra, modestamente dotato di azoto, mediamente fornito di fosforo e di potassio e non irrigato, non soltanto con l'impiego dei concimi azotati (nitrato di calcio, nitrato ammonico, solfato ammonico e urea) ma anche con l'impiego del ternario 10-10-10.

La concimazione ha avuto esito incerto, statisticamente non significativo, in due pioppeti a Monticelli Pavese su terreno sabbioso, irrigato con interventi di soccorso e concimato con urea, e in due pioppeti a Prarolo (VC), sempre su terreno sabbioso, non irrigati e concimati con ternari.

L'efficacia della concimazione è risultata statisticamente significativa in un pioppeto

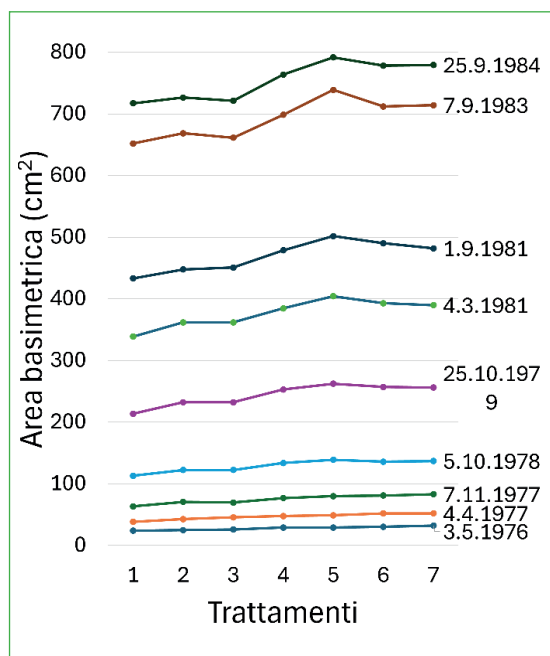


FIGURA 18 - Caresanablot (VC) - Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in area basimetrica (cm²/albero) a 1,30 m dal suolo. 1 = testimone non concimato; 2 = urea 46% (ogni anno); 3 = urea (ogni due anni); 4 = nitrato di calcio; 5 = nitrato ammonico; 6 = solfato ammonico; 7 = fosfato biammonico e solfato potassico.

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 35 - Frascarolo. Influenza della concimazione azotata, azoto-fosfatica e azoto-fosfo-potassica sull'accrescimento del tronco in circonferenza (cm a 1,30 m dal suolo).

Tesi		Date dei rilevamenti									
		17.05.76	19.08.76	06.04.77	07.03.78	06.10.78	31.03.80	23.10.80	20.10.81	06.09.83	24.09.84
1	Testimone non concimato	9,08	11,57	12,20	15,51	23,43	34,48	45,37	51,95	66,28	70,98
2	Fosfato biammonico + solfato potassico	9,29	12,51	13,22	19,46	29,77	41,15	52,95	58,99	75,95	81,53
3	Urea	9,19	12,13	12,81	19,32	29,80	41,70	54,14	58,98	76,54	82,17
4	20-10-10	8,94	11,59	12,27	18,19	28,94	41,50	53,97	60,27	78,21	84,04
5	10-10-10	8,87	11,97	12,69	18,90	30,34	42,08	54,20	59,65	77,20	83,12
6	Nitrato potassico	9,20	12,09	12,74	19,23	29,54	41,26	53,05	58,49	75,08	80,77
Media		9,09	11,98	12,65	18,44	28,64	40,36	52,28	58,09	74,89	80,44
Valori di F		0,55 n.s.	0,94 n.s.	0,95 n.s.	5,57**	9,43**	9,49**	5,90**	5,88**	6,50**	6,54**

n.s. = non significativo; ** = significativo per p = 0,01.

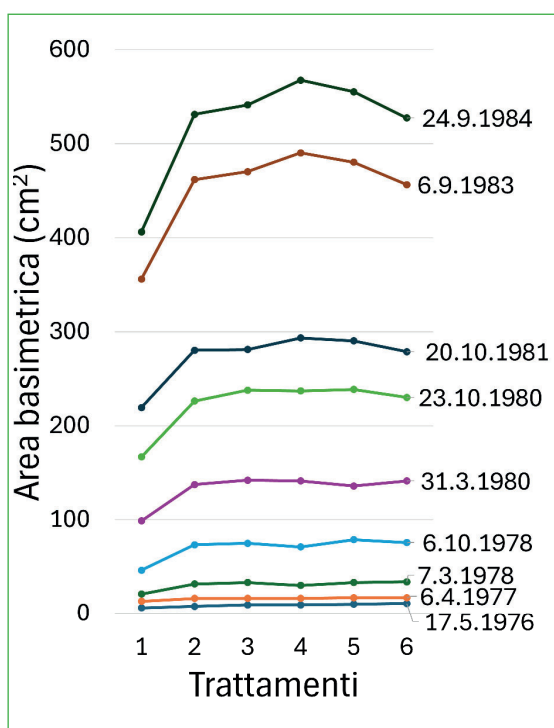


FIGURA 19 - Frascarolo (PV). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in area basimetrica (cm²/albero) a 1,30 m dal suolo. 1 = testimone non concimato; 2 = fosfato biammonico e solfato potassico; 3 = urea 46%; 4 = 20-10-10; 5 = 10-10-10; 6 = nitrato potassico.



FIGURA 20 - Frascarolo - Profilo del terreno con falda accessibile alle radici nel periodo vegetativo.

a Monticelli Pavese, concimato con urea, su terreno con caratteristiche analoghe a quello delle altre prove di questa località, nel pioppeto di Caresanablot (Tabella 34 e Figura 18) concimato con azotati (nitrici, ammoniacali e ureici) e con fosfato biammonico addizionato di solfato potassico e, infine, in quello di Frascarolo, concimato con ternari in confronto al fosfato biammonico integrato con solfato potassico, e in confronto all'urea. A Caresanablot l'urea risulta ininfluente mentre sono risultati efficaci gli altri concimi azotati (nitrato di calcio, nitrato ammonico e solfato ammonico). Le differenze tra le tesi appaiono altamente significative dalla fine del secondo alla fine del quarto anno, significativo al quinto e non più significative negli anni successivi.

A Frascarolo risulta efficace anche l'urea (Tabella 35, Figure 19 e 20).

I terreni degli ultimi due pioppeti hanno entrambi goduto di una buona disponibilità idrica durante il periodo vegetativo, per la presenza di una falda accessibile alle radici.

In conclusione i risultati dimostrano che le piante rispondono alla concimazione quando le condizioni ambientali sono tali da garantire una corretta alimentazione idrica.

Prove di concimazione in pioppeti giovani (3° e 4° anno di vegetazione)

Nei pioppeti di questa seconda classe di età sono state effettuate esperienze per indagare:

- sull'efficacia dell'urea in dose unica in terreni a reazione subalcalina (Monticelli Pavese, Prove n. 1. n. 2 e n. 3) e a reazione subacida (Candia, prova n. 4);
- sull'effetto di dose crescenti di urea, con somministrazioni sia annuali che biennali, in confronto alla concimazione completa (NPK) con concimi semplici

in terreni sabbiosi a reazione subalcalina a Casale Monferrato;

- sul confronto tra concimazione azotata con urea e concimazione azoto-fosfo-potassica con fosfatobiammonico 18-46% e solfato potassico 50-52% a Sant'Anselmo;
- sull'effetto della concimazione con ternari (15-5-5, 17-8-9, 10-10-10, su sabbia grossolana a reazione subalcalina e molto poveri in elementi nutritivi (Gussola, CR).

Nei pioppeti oggetto della sperimentazione, nel biennio precedente il periodo delle prove non erano stati somministrati dei concimi e non erano state effettuate consociazioni.

Risultati e considerazioni

Nei sette pioppeti giovani, nei quali le esperienze sono state avviate all'inizio del terzo e del quarto anno dalla messa a dimora, l'influenza della concimazione è stata pressoché nulla a Casale Monferrato (AL) e a Monticelli Pavese (in due prove), tendenzialmente positiva - anche se con differenze statisticamente non significative - a Gussola (CR), a Sant'Anselmo (CN) e a Candia Lomellina (PV) e statisticamente significativa in una delle tre prove a Monticelli Pavese.

La concimazione non è risultata efficace nei terreni di Casale Monferrato - concimati con dosi crescenti di urea e con NPK - e di Monticelli Pavese - concimati soltanto con urea -, peraltro molto simili per caratteristiche fisico-chimiche (profondità del terreno, tessitura, reazione e contenuti minerali), ed entrambi con un basso contenuto di azoto e di sostanza organica.

Nelle due stazioni mancava una falda accessibile alle radici nel periodo vegetativo ma venivano effettuate irrigazioni a scorrimento con interventi di soccorso sia a Casale Monferrato che a Monticelli Pavese.

La concimazione ha avuto effetti positivi, anche se non confermati statisticamen-

te a Gussola (NPK) e a Sant'Anselmo (N e NPK) su terreni sabbiosi, entrambi poveri di azoto e modestamente dotati di fosforo e di potassio, e a Candia Lomellina su terreno sabbioso povero di azoto.

Nei tre pioppeti l'irrigazione veniva effettuata, almeno con interventi di soccorso e, spesso, nei primi due la falda si manteneva a livelli accessibili alle radici nel periodo vegetativo.

Infine la concimazione è risultata efficace, in maniera statisticamente significativa, nel secondo pioppeto di Monticelli Pavese, concimato soltanto con urea e costituito con piante di un clone "Canadese". Poiché negli altri due pioppeti a Monticelli, dove non si è avuta risposta positiva, le piante appartenevano al clone "I-214", si potrebbe anche pensare ad una maggiore capacità di questo clone di sfruttare il potenziale di fertilità naturale del terreno.

Prove di concimazione in pioppeti di media età (5° e 6° anno di vegetazione)

Come è noto, nei pioppeti di media età gli incrementi correnti legnosi sono molto elevati e questo fatto induce a pensare che anche l'assorbimento di elementi nutritivi sia piuttosto sostenuto. Parrebbe pertanto logico attendersi da parte delle piante una risposta positiva all'apporto di fertilizzanti. Per una verifica sperimentale di questa ipotesi nei 6 pioppeti della classe di età in questione sono state effettuate altrettante esperienze volte ad accertare l'influenza che può avere sull'accrescimento:

- la concimazione azotata con dosi crescenti di urea (prova n. 1 a Caresanablot (VC);
- la concimazione azotata e quella azoto-fosfatica in terreno sabbioso con reazione subalcalina - prova n. 2 a Frassineto Po (AL);
- la concimazione azotata, quella azo-

to-fosfatica e quella azoto-fosfo-potassica, in un pioppeto all'inizio della sesta vegetazione dall'impianto, sito in terreno sabbioso a reazione subacida (prova n. 3 a Caresanablot - VC);

- la concimazione azotata e quella azoto-fosfo-potassica con diversi rapporti N:P:K (prova n. 4 a Prarolo - VC);
- la concimazione con ternari, somministrati in epoca autunnale o primaverile (prova n. 5 a Terrasa - PV);
- la concimazione con pollina (prova n. 6 a Casale Monferrato).

Prima dell'inizio delle prove i pioppeti, secondo i proprietari, non sono stati concimati né vi sono state effettuate delle consociazioni.

Risultati

Dalle sei esperienze avviate in pioppeti all'inizio del quinto o del sesto anno dalla messa a dimora e proseguite in genere per un quadriennio, risulta che la concimazione, nelle varie formulazioni adottate, non ha avuto effetti statisticamente significativi sull'accrescimento del fusto in area basimetrica ($\text{cm}^2/\text{albero}$). Soltanto nella prova n. 3 del secondo pioppeto a Caresanablot, in terreno a reazione subacida (reazione in pH da 5,85 a 6,25, (Tabella 36), poco profondo (topsoil con uno spessore di una quarantina di cm) e con falda accessibile alle radici nel periodo vegetativo (Figura 21), si può cogliere una leggera tendenza al maggior accrescimento delle piante concimate rispetto a quelle del testimone (Tabella 37 e Figura 22).

Prove di concimazione in pioppeti adulti (7°, 8° e 9° anno di vegetazione)

Nei 6 pioppeti di questa classe di età le indagini sono state incentrate in particolare sullo studio della concimazione azotata, considerata la necessità di ottenere, da pian-

TABELLA 36 - Caresanablot (VC). Caratteristiche fisicochimiche del terreno.

Caratteristiche	Profondità di prelevamento in cm					
	Profilo 1			Profilo 2		
	0 - 40	41-80	81 - 130	0-45	46-80	81-120
Scheletro ($\varnothing > 2 \text{ mm}$) %	6,20	2,00	5,00	0,00	3,00	4,00
Granulometria						
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	52,00	20,12	7,15	48,00	23,00	12,00
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	38,00	56,00	75,00	35,90	58,00	72,10
Limo (0,02-0,002 mm) %	7,00	19,00	15,00	11,30	15,00	13,00
Argilla $< 0,002 \text{ mm}$ %	3,00	4,88	2,85	4,80	4,00	2,90
Reazione in pH	5,85	6,05	6,30	5,90	6,15	6,25
Calcare totale %	-	-	-	-	-	-
Calcare attivo %	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ totale ‰	1,43	1,38	1,43	1,35	1,27	1,47
K ₂ O assimilabile (mg/100g)	0,70	0,58	0,42	0,68	0,60	0,35
N ₂ Kjeldahl ‰	1,10	0,80	0,40	1,05	0,68	0,27
Carbonio organico (C) %	0,96	0,65	-	0,88	0,40	-
Sostanza organica (C x 1,724) %	1,65	1,12	-	1,52	0,69	-
C/N	8,72	8,12	-	8,38	5,88	-



FIGURA 21 - Caresanablot (VC). Pioppeto all'inizio della quinta vegetazione con falda alla profondità di 120 cm.

TABELLA 37 - Caresanablot (VC). Influenza della concimazione sull'accrescimento del tronco in circonferenza (cm a 1,30 m dal suolo).

Tesi		Date dei rilevamenti								
		25.3.76	3.6.76	6.4.77	12.9.77	12.10.78	2.4.80	4.3.81	15.10.81	6.9.83
1	Testimone non concimato	48,15	52,57	59,13	64,29	72,46	80,45	87,16	90,02	97,82
2	N	48,11	52,59	58,43	64,47	73,31	82,61	90,32	93,21	101,93
3	NP	47,95	52,45	59,75	65,71	74,99	84,49	91,84	94,45	101,73
4	NPK	48,80	53,26	60,44	66,57	75,71	84,73	92,19	94,88	102,61
Media		48,26	52,72	59,44	65,26	74,12	83,07	90,38	93,14	101,02
Valore di F		0,31 n.s.	0,29 n.s.	0,72 n.s.	1,11 n.s.	1,27 n.s.	1,85 n.s.	1,73 n.s.	1,42 n.s.	0,77 n.s.
n.s. = non significativo.										

te ormai vicine all'abbattimento, una risposta immediata o, comunque, molto rapida.

Le prove sono state quindi impostate per accertare l'effetto sull'accrescimento:

- della concimazione azotata in un pioppeto di 9 anni con dosi crescenti di urea 46% e con urea integrata con perfosfato minerale 19-21% e solfato potassico 50-52% (Casale Monferrato, Azienda Mezzi, prova n. 1);
- della concimazione azotata in un pioppeto di 7 anni con dosi crescenti di urea 46% integrate con una dose unica di fosforo, o di fosforo e potassio, in confronto alla concimazione completa NPK; la concimazione avviata nell'aprile 1976 è stata ripetuta nel 1977 e nel 1978 (Casale Monferrato, Azienda Mezzi, prova n. 2);
- della concimazione azotata, con somministrazioni annuali o biennali, in confronto alla concimazione azoto-fosforo-potassica, con diversi rapporti N:P:K (Brema - PV, prova n. 3);
- della concimazione azotata in un pioppeto di 7 anni con urea 46%, azoto-fosfatica (urea e perfosfato minerale) e azoto-fosfo-potassica (urea, perfosfato minerale e

solfato potassico) (Corteolona - PV, prova n. 4);

- della concimazione azotata con urea, con urea e perfosfato minerale e con urea, perfosfato minerale e solfato potassico; la prova è iniziata nel 1976, ripetuta nei tre anni successivi (Caresanablot - VC, prova n. 5);
- della concimazione con ternario (18-12-12) distribuito in autunno o in primavera (Candia Lomellina -PV, prova n. 6).

I pioppeti, non consociati nei primi anni del turno, sono stati coltivati secondo le tecniche ormai note e consistenti in discaiture, potature, trattamenti antiparassitari e irrigazioni di soccorso.

Considerazioni

In nessuna delle sei prove, avviate in pioppeti dal 7° al 9° anno dall'impianto e proseguite per tre o più anni, si può cogliere una risposta positiva delle piante, in termini di incremento del tronco in area basimetrica, alla somministrazione di concimi, compresi quelli azotati. In un solo caso,

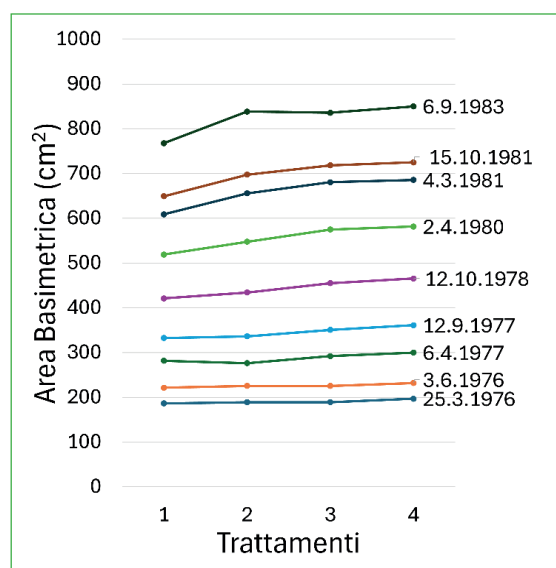


FIGURA 22 - Caresanablot. Influenza della concimazione sull'accrescimento del tronco in area basimetrica (cm²/albero).

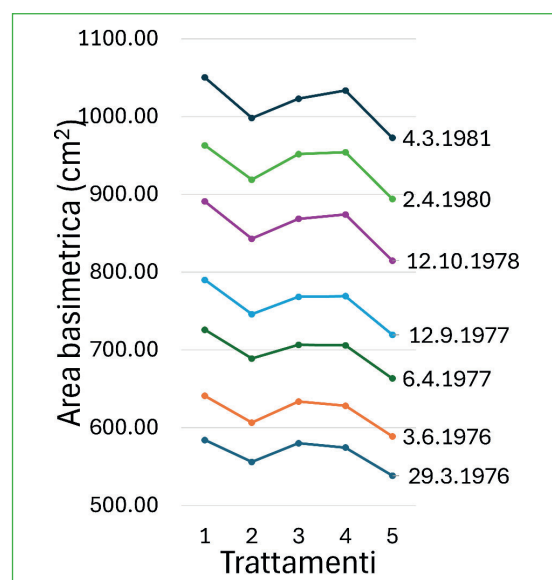


FIGURA 23 - Caresanablot (VC). Influenza della concimazione sull'accrescimento del fusto in area basimetrica (cm²/albero). Tesi a confronto: 1 = Testimone non concimato, 2 = concimazione azotata; 3 = concimazione azoto-fosfatica; 4 = concimazione azoto-fosforo-potassica; 5 = concimazione azotata (distribuzione biennale).



FIGURA 24 - Caresanablot (VC). Pioppeto nel corso della settima vegetazione e buca pedologica con presenza dell'acqua di falda a 60 cm di profondità.

a Corteolona, in terreno con falda freatica accessibile alle radici, si nota una leggera tendenza ad un maggior incremento delle piante concimate rispetto a quelle del testimone, ma le differenze non sono risultate statisticamente significative.

Si era puntato soprattutto sui concimi azotati, e per essi sull'urea, proprio perché sono ritenuti i più efficaci per stimolare la crescita di piante adulte, non solo per motivi fisiologici ma anche per la loro maggiore mobilità nel suolo.

I risultati di queste prove, che confermano quelli delle esperienze condotte sui

pioppeti della classe di età immediatamente inferiore, anche se non hanno dato esito positivo sulla crescita delle piante, sono di estremo interesse per le conseguenze di ordine pratico ed economico che ne derivano.

Interessante notare che non rispondono alla somministrazione di fertilizzanti, in maniera statisticamente significativa, nemmeno i due pioppeti a Caresanablot, su terreno a reazione subacida e con falda accessibile alle radici, nei quali le prove sono iniziate rispettivamente all'inizio del sesto e del settimo anno dall'impianto e proseguite per un quadriennio (Figure 22, 23 e 24).

PROVE DI SPAZIATURA

In mancanza di ricerche sulla spaziatura con i cloni di nuova selezione, iscritti al Registro nazionale dei Materiali di Base (RNMB) nell'ultimo trentennio, si ritiene utile riassumere i risultati ottenuti da una serie di prove sperimentali sulla densità di impianto per l'importanza che essa riveste sulla crescita delle piante e sulla qualità e quantità del prodotto legnoso. Queste esperienze sono state fatte negli anni 1981-1993 utilizzando il clone "Luisa Avanzo" che in quel periodo, per volontà della SAF dell'ENCC, era stata avviata un'ampia sperimentazione per studiarne le esigenze ambientali e mettere a punto le tecniche colturali adatte alle sue caratteristiche. Parte di queste esperienze sono state condotte a termine senza inconvenienti ma, come è noto, il clone è stato abbandonato per motivi patologici. Tuttavia si ritiene che i risultati conseguiti nei pioppeti oggetto delle prove qui descritte, i quali, fortunatamente, avendo raggiunto la maturità in condizioni sanitarie abbastanza buone, possano dare utili indicazioni sulla crescita delle piante in funzione della spaziatura e delle caratteristiche ambientali. Le esperienze (Frison G. *et al.*, 1994) sono state fatte confrontando sia spaziature medio-fitte (5 x 4 m; 5 x 5 e 5 x 6) a Casale Monferrato (AL) e sia spaziature medio- larghe (6 x 5 m; 6 x 6; 6 x 7 e 6 x 8).

La sperimentazione per le prove di spaziature medio-fitte è stata impostata nella primavera 1981 utilizzando pioppelle da vivaio di due anni appartenenti ai cloni *P. x canadensis* "I-214" e "Luisa Avanzo". La distribuzione in campo delle pioppelle è stata fatta secondo uno schema a parcella suddivisa assegnando i parcelloni al clone e le parcelle all'irrigazione (Volume 1 e volume 2, senza testimone asciutto) e le sub-parcelle

alle spaziature (5 x 4 m, 5 x 5 e 5 x 6), con 4 replicazioni. Poiché l'attecchimento del clone "I-214" è stato insoddisfacente, nella primavera 1982 si è proceduto alla sua sostituzione con il clone "Luisa Avanzo". Il confronto dei parcelloni non era così più possibile essendo cambiato oltre al clone anche l'età delle piante. L'esperimento è stato portato avanti considerando i due gruppi di parcelloni come due prove separate. In questa nota ci si limita a riportare soltanto i risultati delle piante messe a dimora nella primavera 1981. Tra l'altro i risultati delle piante messe a dimora nella primavera successiva hanno dato risultati del tutto analoghi.

Le prove di spaziature medio-larghe sono state condotte in 4 località diverse (Casale Monferrato (AL), Savigliano (CN), Mezzana Rabattone (PV) e Gussola (CR). Per le spaziature medio-fitte, alla densità degli alberi era stato abbinato anche il volume di adacquamento (V1 e V2, senza testimone asciutto). Tutte le prove sono state condotte con metodi suscettibili di interpretazione statistica e i dati dendrometrici (area basimetrica e incrementi di area basimetrica in cm²/albero e in m²/ha) sono stati elaborati con l'analisi della varianza.

Risultati delle prove con spaziature medio-fitte

L'incremento corrente (cm²/albero) delle piante a spaziatura più ampia (5 x 5 e 5 x 6), rispetto alle piante a 5 x 4 m, risulta più elevato già al terzo anno e prosegue in quelli successivi; l'incremento corrente (m²/ha) delle piante a 5 x 6, rispetto a quello delle spaziature più dense, risulta sempre inferiore (Figura 25). Dall'analisi della varianza

dei dati raccolti emerge che l'accrescimento in area basimetrica delle singole piante ($\text{cm}^2/\text{albero}$) aumenta con l'aumentare delle distanze di impianto ma le differenze, in particolare nei primi 5 anni dalla messa a dimora, non risultano statisticamente

significative. Viceversa l'area basimetrica espressa in m^2/ha , diminuisce con l'aumentare delle distanze con differenze altamente significative. La massa legnosa cormometrica prodotta in otto anni, espressa in m^3/ha , è risultata la seguente: 268,29 m^3 per la spaziatura di 5 x 4 m; 250,40 per 5 x 5 m e 212,20 per 5 x 6 m. Quindi la produzione diminuisce significativamente con l'aumentare delle distanze. La perdita di produzione delle spaziature più ampie è in gran parte dovuta al minor numero di piante per unità di superficie. I diametri medi, rilevati a 1,30 m dal suolo, al momento dell'abbattimento (eseguito alla fine del 1988) sono risultati rispettivamente di 25,40, 26,88 e 27,25 cm per le tre spaziature di 5 x 4, 5 x 5 e 5 x 6 m. Ammettendo di destinare alla sfogliatura soltanto i tronchi con diametri in punta > 25 cm, ne risulta che circa il 40% dei topi basali ricavati dalle piante coltivate con la spaziatura più larga possono esservi inclusi. Si tratta pur sempre di quantitativi sufficienti per coprire con il loro maggior valore la minor produzione conseguita rispetto alle spaziature più fitte. Per quanto riguarda l'irrigazione i volumi di adacquamento venivano stabiliti sulla base dell'evaporato giornaliero da vasca evaporimetrica Classe A, corretti da un coefficiente di vasca $K_i = 0,85$ e da coefficienti colturali, variabili con l'età delle piante. I volumi erogati per le piante con spaziatura di 5 x 5 m corrispondono ai seguenti quantitativi espressi in m^3/ha :

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
V1	143	735	731	1385	1337	2411	3427
V2	176	735	1042	1750	2561	3170	4736

Per le piante con densità di 5 x 4 e 5 x 6 m i quantitativi di acqua somministrata per unità di superficie variano proporzionalmente al numero di piante ad ha. Le precipitazioni registrate nei vari anni dall'1/4 al 30/9 sono state le seguenti: nel 1981 481,6 mm, nel 1982 308,8, nel 1983 314,9, nel 1984 636,4, nel 1985 372,8, nel 1986 582,4 e nel 1987

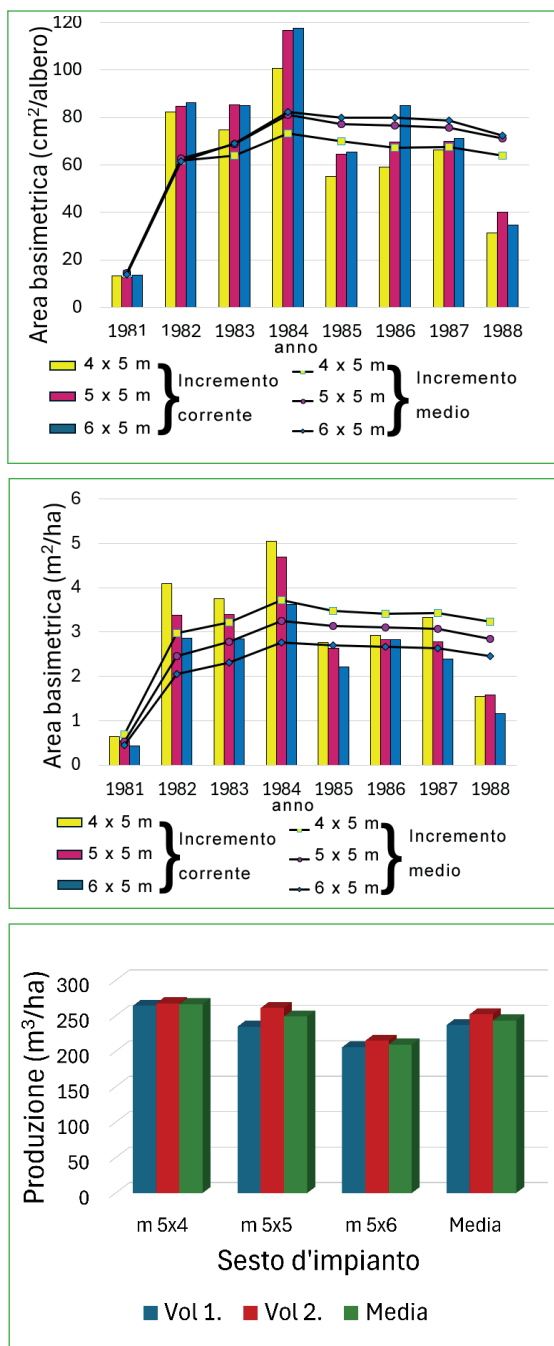


FIGURA 25 - Casale Monferrato. Incremento corrente e incremento medio in area basimetrica espressa in $\text{cm}^2/\text{albero}$ (in alto), in m^2/ha (in centro) e produzione legnosa in basso (m^3/ha) in funzione della spaziatura e del volume di adacquamento).

272,6 mm. Aggiungendo all'acqua distribuita nel periodo irriguo le precipitazioni registrate nell'arco dell'intera stagione vegetativa, compresa dal 1/4 al 30/9, risulta che le piante con la spaziatura media (m 5 x 5) hanno ricevuto i seguenti quantitativi di acqua espressi in m³/ha:

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
V1	4959	3823	3880	7749	5066	8235	6153
V2	4992	3823	4191	8114	6289	8994	7462

Le differenze di produzione legnosa (m³/ha) tra i due volumi di adacquamento non sono risultate significative (Figura 25). In realtà, come si vede dai dati riportati sopra, i due volumi complessivi somministrati alle piante differiscono al massimo del 12% e cioè di quantitativi veramente modesti per poter conseguire variazioni importanti nell'accrescimento dei tronchi.

Non del tutto inesplicabile va anche considerato il fatto che la siccità del 1985, persistita a lungo durante la stagione vegetativa, abbia avuto conseguenze negative sull'accrescimento (Figura 25), malgrado l'irrigazione a goccia applicata alle piante, se si considera l'elevata permeabilità del terreno e quindi la consistente percolazione dell'acqua. Infatti, nonostante la giovane età delle piante il loro incremento corrente, rispetto a quello medio, nell'anno in questione presenta scarti addirittura superiori a quelli dei due anni successivi.

Premesso che tutte le piante della stessa tesi irrigua hanno ricevuto la stessa quantità di acqua, indipendentemente dalla spaziatura (tutte le piante avevano 6 gocciolatori), è interessante osservare che l'interazione tra irrigazione e spaziatura non risulta mai significativa. Questo vuol dire che le piante alle tre densità confrontate non hanno reagito in maniera differenziata all'irrigazione. Evidentemente nelle condizioni sperimentali è la distanza di impianto che ha giocato il ruolo determinante sull'accrescimento degli alberi. L'acqua che esce dai

gocciolatori nei terreni molto permeabili non si espande lateralmente e percola rapidamente riuscendo ad umettare una "carota" di terreno del diametro (30-40 cm al massimo). Complessivamente i 6 gocciolatori per pianta umettano un'area stimata intorno a 1-2 m², corrispondenti a circa 1/25 - 1/12 dell'area di insidenza (25 m²/albero). Non sembra, quindi, si possa considerare adeguato il sistema di irrigazione a goccia per i pioppi coltivati nei terreni sabbiosi.

Il problema dell'irrigazione viene ripreso in uno dei prossimi capitoli.

Risultati delle prove con spaziature medio-larghe

Tutti e quattro gli impianti medio-larghi sono stati effettuati con pioppelle di un anno confrontate a pioppelle di due anni di vivaio. Tutto il materiale di impianto per le 4 prove proveniva dal vivaio SAF di Giarole ed era rappresentato per metà da astoni di un anno (F1) della categoria "giallo" (> 11 cm di circonferenza a 50 cm dal suolo) da vivaio ceduo, e l'altra metà da pioppelle di due anni (F2R2) della classe commerciale "nero" (14,5-17 cm di circonferenza a 1 m dal suolo). Le caratteristiche fisico-chimiche dei terreni sono molto variabili: la tessitura a Casale Monferrato è della classe sabbia, a Savigliano franco sabbiosa, a Mezzana Rabattone varia da franco sabbiosa nello strato più superficiale a sabbia franca negli strati più profondi, a Gussola è franco sabbiosa nei primi 50-60 cm e sabbia in profondità. Tutti e quattro i terreni risultano leggermente calcarei e la reazioni in pH varia da 7,59 a 7,0 a Casale Monferrato, da 7,60 a 7,85 a Savigliano, da 7,40 a 7,60 a Mezzana Rabattone e, infine a Gussola da 7,57 a 7,90. Per quanto riguarda la disponibilità di elementi nutritivi il terreno risulta povero a Casale Monferrato e abbastanza ben dotati gli altri tre.

Va segnalato che nel terreno di Savigliano era presente l'acqua alla profondità di 1,20 m al momento della messa a dimora delle pioppelle e la falda ha oscillato intorno a m 1,30-1,50 durante il periodo vegetativo. La falda era invece inaccessibile alle radici negli altri tre pioppeti dove sono stati fatti soltanto interventi irrigui di soccorso. Anche sulla base dei risultati produttivi si può ritenere che la stazione meno fertile sia quella di Casale Monferrato e la più fertile quella di Savigliano ed è su queste due che vengono fatte analisi più dettagliate esaminando riportando grafici e tabelle.

Diciamo subito che per quanto riguarda l'effetto del materiale di impianto i dati raccolti confermano che le pioppelle di un anno di vivaio e quelle di due forniscono risultati comparabili sia per l'attecchimento che l'accrescimento diametrico dei tronchi e la produzione legnosa finale.

Le piante con spaziature più ampie hanno accrescimenti più elevati già dal secondo o terzo anno e mantengono ritmi di

crescita più elevati fino alla fine del turno (Figura 26).

I dati relativi ai volumi cormometrici mettono in evidenza che l'influenza della spaziatura sulla massa legnosa utilizzabile varia con la stagione e con il turno (Tabella 38).

Le piantagioni più rade, malgrado il più elevato incremento dei singoli alberi, rispetto alle piantagioni più fitte, conseguono produzioni più basse a causa del minor numero di alberi per ettaro. In realtà, poiché con l'aumento dei diametri dei tronchi aumenta la percentuale dell'assortimento per la sfogliatura, che spunta prezzi più alti degli altri (segati, carta, truciolare), con le spaziature più rade, malgrado produzioni inferiori, è possibile realizzare ricavi superiori, rispetto alle densità più alte. Confrontando le produzioni rilevate all'abbattimento (Tabella 39), in prima approssimazione si può affermare che la massa legnosa cormometrica media (fino a 10 cm di diametro in punta) è risultata mediamente di 158 m³/ha

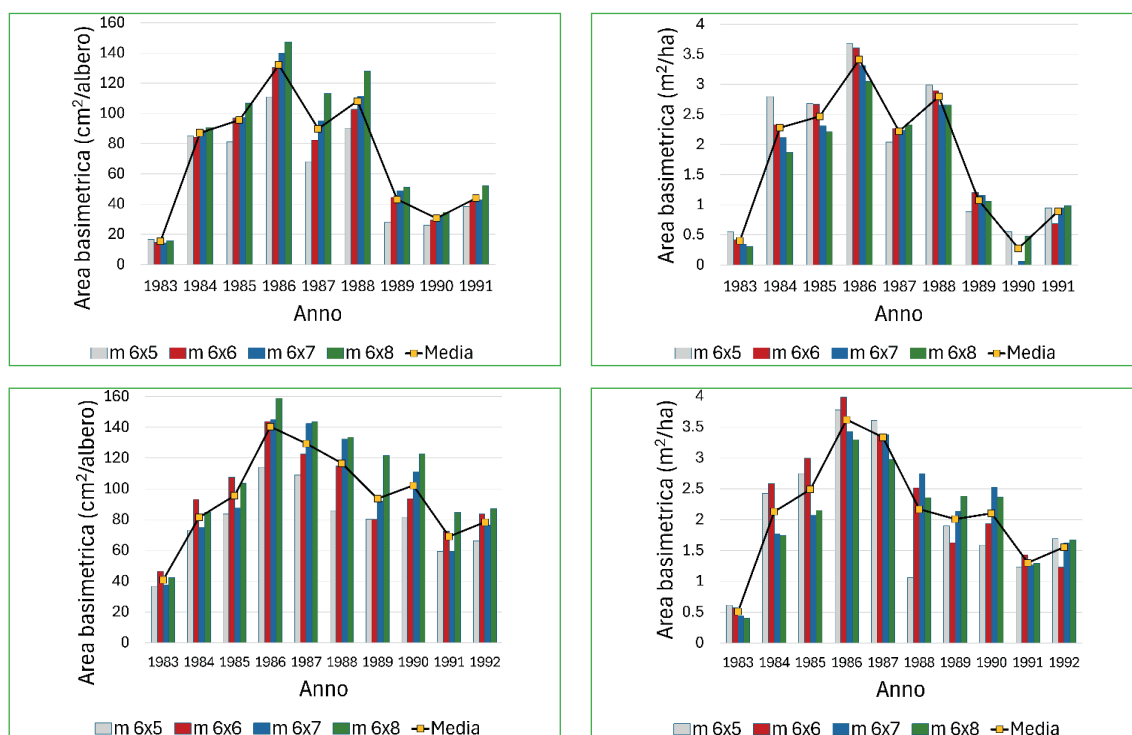


FIGURA 26 - Casale Monferrato (in alto) - Savigliano (CN) (in basso). Incremento corrente e incremento medio in area basimetrica espressa in cm²/albero (a sx) e in m²/ha (a dx).

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 38 - Casale Monferrato (AL). Impianto del 23-12-1982. Clone “Luisa Avanzo”. Età 9 anni. Diametro a petto d'uomo, altezza cormometrica e totale, volume cormometrico (in alto). Savigliano (CN). Impianto del 22-3-1983. Clone “Luisa Avanzo”. Età 10 anni (in basso).

Tesi a confronto		Diametro	Altezza		Volume cormometrico	
età pioppelle	spaziatura (m)	(cm)	cormom. (m)	totale (m)	m³/albero	m³/ha
1 anno	6x5	26,86	15,60	21,30	0,537	178,73
	6x6	27,41	15,80	21,40	0,566	157,29
	6x7	29,35	16,40	22,00	0,667	158,73
	6x8	30,93	17,00	22,50	0,761	158,22
2 anni	6x5	25,75	15,40	21,00	0,490	163,01
	6x6	29,26	16,40	22,00	0,660	183,55
	6x7	29,38	16,40	22,00	0,668	159,04
	6x8	30,68	16,90	22,40	0,745	155,04
Media età	1 anno	26,68	16,20	21,80	0,631	166,55
	2 anni	28,82	16,30	21,90	0,640	168,89
Media spaziatura	6x5	26,31	15,50	21,20	0,513	170,84
	6x6	28,35	16,10	21,70	0,613	170,29
	6x7	29,37	16,40	22,00	0,668	158,88
	6x8	30,81	17,00	22,50	0,755	156,96

Tesi a confronto		Diametro	Altezza		Volume cormometrico	
età pioppelle	spaziatura (m)	(cm)	cormom. (m)	totale (m)	m³/albero	m³/ha
1 anno	6x5	31,34	20,70	29,00	0,890	296,35
	6x6	34,73	21,70	29,60	1,131	314,31
	6x7	35,83	22,00	29,80	1,218	289,83
	6x8	37,07	22,20	29,90	1,314	273,33
2 anni	6x5	31,68	21,00	29,20	0,919	305,88
	6x6	34,52	21,70	29,60	1,117	310,58
	6x7	33,60	21,50	29,50	1,057	251,47
	6x8	36,68	22,10	29,80	1,283	266,88
Media età	1 anno	34,81	21,70	29,60	1,137	300,30
	2 anni	34,17	21,60	29,50	1,093	288,65
Media spaziatura	6x5	31,51	20,80	29,10	0,903	300,58
	6x6	34,63	21,70	29,60	1,124	312,45
	6x7	34,73	21,70	29,60	1,135	270,07
	6x8	36,87	22,10	29,80	1,296	269,66

TABELLA 39 - Produzione, assortimenti, prezzi e ricavi in funzione della spaziatura nei quattro pioppeti sperimentali.

Spaziatura	Casale Monferrato	Savigliano	Mezzana Rabattone	Gussola
(m)	(9 anni)	(10 anni)	(9 anni)	(7 anni)
Circonferenza a petto d'uomo al taglio (cm)				
6x5	82,5	98,3	85,5	84,1
6x6	88,9	108,4	93,6	88,0
6x7	92,1	108,5	98,3	91,5
6x8	96,6	115,4	99,0	93,5
Assortimento per sfogliatura (% volume cormometrico)				
6x5	20	58	30	25
6x6	43	73	50	42
6x7	48	73	58	47
6x8	53	78	58	50
Volume cormometrico (m ³ /ha)				
6x5	170,74	300,58	193,45	176,52
6x6	170,29	312,45	191,32	164,06
6x7	158,88	270,07	191,95	153,63
6x8	156,96	269,66	173,99	141,46
Prezzo medio ponderato (migliaia di lire/m ³)				
6x5	64,0	90,6	71,0	67,5
6x6	80,1	101,1	85,0	79,4
6x7	83,6	101,1	90,6	82,9
6x8	87,1	104,6	90,6	85,0
Ricavo totale (milioni di lire/ha)				
6x5	10,9	27,2	13,7	11,9
6x6	13,6	31,6	16,3	13,0
6x7	13,3	27,3	17,4	12,7
6x8	13,7	28,2	15,7	12,0

a Gussola, 164 Casale Monferrato, 188 a Mezzana Rabattone e di ben 288 m³/ha a Savigliano. Bisogna però subito aggiungere che la valutazione non può essere fatta prescindendo dal turno, che nei casi specifici non è stato stabilito sulla base di calcoli di convenienza economica ma sulla base di considerazioni di ordine patologico. Il momento del taglio è cioè stato stabilito quando si è visto che la situazione fitosanitaria andava rapidamente peggiorando e quindi si è cercato di evitare il peggio. Le valutazioni delle masse legnose a cui si fa riferimento sono state effettuate a 9 anni dall'impianto a Casale Monferrato, a 7 anni a Gussola, 9 anni a Mezzana Rabattone e

a 10 anni a Savigliano. Esprimendo le produzioni in m³/ha/anno la graduatoria delle stazioni cambia: 18,25 m³/ha/anno a Casale Monferrato, 20,85 a Mezzana Rabattone, 22,70 per Gussola e 28,82 per Savigliano.

Per quanto riguarda l'influenza della spaziatura sulla produzione a Casale Monferrato e a Savigliano si notano differenze modeste tra 6 x 5 e 6 x 6 m e anche tra 6 x 7 e 6 x 8 m, ma la massa legnosa diminuisce considerevolmente dalle due densità più alte alle due densità più basse. A Mezzana Rabattone le differenze produttive appaiono modeste addirittura tra le prime 3 densità mentre diventano consistenti tra queste e la quarta (6 x 8 m). Infine a Gussola, la

produzione diminuisce gradatamente con il diminuire della densità.

L'effetto di un più elevato numero di alberi ad ettaro sulla produzione totale di massa legnosa tende ad essere contrastato dalla maggior crescita dei singoli alberi più radi ma la differenza non si elimina completamente in turni brevissimi e per ampie variazioni di densità. D'altra parte la culminazione precocissima di incremento corrente e dell'incremento medio del clone utilizzato contrasta con la necessità di allungare relativamente i turni per consentire agli impianti più radi di raggiungere livelli produttivi equivalenti sul piano quantitativo a quelli forniti dagli impianti più densi. Il volume di legno utilizzabile prodotto aumenta con l'aumentare della fertilità della stazione e col diminuire della densità. Ma col diminuire delle distanze tra gli alberi e della fertilità della stazione diminuiscono sia l'altezza che il diametro degli alberi e conseguentemente il volume unitario. In generale col diminuire della fertilità si riduce l'incremento sia in altezza che in diametro degli alberi, mentre la riduzione delle distanze provoca una minor crescita ma più marcata del diametro che dell'altezza. Di conseguenza, se l'obiettivo è quello di produrre tronchi con diametri elevati, sono decisamente preferibili le distanze più elevate. I tronchi di pioppo vengono classificati in assortimenti in base al diametro e per lo sfogliato si utilizzano topi con un diametro in punta > 25 cm. In realtà, poiché con l'aumentare dei diametri dei tronchi aumenta la percentuale dell'assortimento per la sfogliatura (Tabella 39), che spunta sul mercato i prezzi più alti, con le densità più basse è possibile realizzare ricavi superiori, rispetto alle densità più elevate, anche con produzioni inferiori. Ad esempio, se prendiamo i prezzi medi dai listini delle CCIA delle tre provincie pioppicole padane (Alessandria, Cremona e Pavia) vediamo che mediamente la valutazione per piante

in piedi è di 16.000 lire/q per l'assortimento da sfogliati, 9.000 per quella da segheria, 6.000 per quello da carta e 4.000 per quello da triturazione, prezzi pari grossolanamente a lire 120.000 il m³ per il primo assortimento e a lire 50.000 mediamente per gli altri tre supposti in rapporti di parità. Applicando il prezzo medio ponderato calcolato tenendo conto della percentuale dei vari assortimenti, alle produzioni espresse in m³/ha alle varie spaziature nelle 4 stazioni padane, risultano i ricavi totali indicati in Tabella 39. Da questi dati risulta che la spaziatura meno conveniente sia quella di 6 x 5 m in tutte e 4 le stazioni, mentre risulterebbero più convenienti le spaziature di 6 x 6 m a Savigliano, di 6 x 7 m a Mezzana Rabattone ed entrambe le spaziature intermedie a Gussola. Per la stazione di Casale Monferrato non si notano differenze rilevanti tra le 3 spaziature più ampie. Da questi dati si direbbe che nei terreni più fertili (Savigliano) possano essere utilizzate spaziature relativamente meno ampie rispetto ai terreni meno fertili (Casale Monferrato).

Ciò può derivare dal fatto che, pur essendo l'accrescimento e quindi la produzione dell'albero influenzati dalla spaziatura e dalla fertilità della stazione, vi può essere compensazione tra i due fattori. Vale a dire che in terreni fertili, per buone disponibilità idriche e nutrizionali, possono essere utilizzate distanze relativamente minori, sempre in grado comunque di mettere a disposizione degli alberi adeguati volumi di terreno per l'ottimale sviluppo dell'apparato radicale anche in profondità.

Ovviamente il calcolo è approssimativo e l'analisi della convenienza deve essere approfondito prendendo in considerazione altri elementi quali, ad esempio, la culminazione del reddito fondiario annuo costante posticipato. È noto che sul costo di produzione incidono particolarmente le spese per l'impianto e quelle di abbattimento. Rispetto alla spaziatura di 6 x 5 m con

la 6 x 6 m si riduce del 16% il numero di piante e conseguentemente il costo per le pioppelle e per la loro messa a dimora. Con il 7 x 7 m la riduzione dei costi sale al 28%. A parità di massa legnosa prodotta anche il costo dell'abbattimento e del depezzamento dei tronchi diminuisce con il diminuire del numero di alberi per ettaro, anche se non in proporzione diretta.

Cercando di estrapolare i risultati conseguiti con il clone "Luisa Avanzo" al clone "I-214", va detto che, a parte gli aspetti patologici che hanno provocato l'eliminazione del clone, un'altra delle differenze sostanziali tra i due cloni è che mentre per il "Luisa Avanzo" il turno fisiocratico può coincidere con il turno tecnico o differire al

massimo di un anno, per "I-214" vi è una elevata probabilità che il turno tecnico venga conseguito qualche anno dopo rispetto al turno fisiocratico. Dai dati raccolti si direbbe che in tutte le stazioni adatte per il pioppo, più o meno fertili, con riguardo alla profondità del profilo e alle disponibilità idriche, si possano utilizzare convenientemente le due spaziatore intermedie che prevedono l'impiego di circa 250-280 piante ad ettaro, con turni di circa un decennio. Tuttavia l'argomento rimane aperto alla ricerca soprattutto con cloni di nuova selezione e anche in considerazione del fatto che negli ultimi trent'anni la tecnica della sfogliatura si è evoluta e consente di utilizzare topi con diametro in punta inferiore a 20 cm.

IRRIGAZIONE DEL PIOPPETO: CONCETTI GENERALI

Dalla prova precedente risulta che i fabbisogni idrici del pioppo dipendono in misura importante dall'età degli alberi e dalla loro spaziatura: ovviamente le piante giovani consumano meno di quelle adulte e quelle fitte, rispetto a quelle più rade, danno produzioni di biomassa più elevate e conseguentemente hanno consumi idrici maggiori. Altro fattore importante è rappresentato dalle caratteristiche pedoclimatiche della stazione e non bisogna dimenticare la durata della stagione vegetativa che varia con la latitudine.

L'acqua si trova nel terreno allo stato di vapore, liquido e, quando gela, anche solido. La fase liquida compete con la fase gassosa per occupare uno stesso spazio fisico del terreno: la porosità. Le piante si trovano in condizioni ideali quando la microporosità del terreno viene occupata dalla fase liquida e la macroporosità dalla fase aeriforme. I rapporti tra queste fasi vengono modificati continuamente a causa della pioggia o dell'irrigazione da un lato e dell'assorbimento radicale delle piante, dell'evaporazione e della percolazione dall'altro. Questi rapporti sono molto importanti perché influenzano tutti i fenomeni fisici, chimici e biologici che si verificano nel terreno. Il contenuto di acqua nel suolo può variare dalla saturazione (capacità idrica massima), come succede in caso di pioggia abbondante o di irrigazione, e in tal caso tutti i pori sono riempiti d'acqua, alla capacità di campo, situazione in cui i micro pori sono pieni d'acqua e i macro pori sono occupati dall'aria. La terza costante idrica è il punto di appassimento che è definito come la quantità di acqua (per unità di peso o di volume di suolo ed espressa in percentuale) che è trattenuta con elevate forze dalle particelle terrose tale che le radici

non possono assorbirla. L'acqua disponibile (acqua utile) per le piante è quella contenuta nel suolo tra la capacità di campo ed il punto di appassimento. Capacità di campo e punto di appassimento variano in funzione della composizione granulometrica del terreno per cui l'acqua utile in un terreno sabbiosa è molto minore che in un terreno argilloso.

Nel terreno non esiste acqua allo stato puro ma sotto forma di una diluitissima soluzione di sali dissociati, detta soluzione circolante. Tra la soluzione circolante nel terreno e la pianta si manifesta una tensione generata dal soluto in quanto le pareti cellulari dei peli radicali assorbenti sono assimilabili ad una membrana semipermeabile. Questo significa che l'acqua nel terreno non è libera ma soggiace ad una serie di forze per cui la pianta per poterla assorbire deve compiere uno sforzo. Viene definito potenziale idrico la forza con cui l'acqua è trattenuta dal terreno e, quindi, il lavoro che la pianta deve compiere per poterla assorbire. Nel terreno l'acqua si muove da punti più umidi a punti più asciutti; quindi il passaggio dell'acqua dal suolo alla pianta avviene solo se questa ha un potenziale più basso del terreno; così il passaggio dell'acqua dalla pianta all'atmosfera. L'acqua fluisce da zone ad elevato a zone a basso potenziale idrico. Il potenziale idrico misura lo stato energetico dell'acqua del suolo (lavoro da compiere per asportare l'unità di volume di acqua) e si esprime in bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$) o in atm ($1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$). Giova ripetere che si tratta di una pressione negativa (tensione o suzione) che esprime il lavoro che le piante debbono compiere per estrarre l'acqua dal terreno. Man mano che diminuisce il livello di umidità del terreno aumenta lo sforzo che deve fare la pianta per alimentarsi.

La conoscenza di questi rapporti è molto importante ai fini della gestione idrica del terreno: smaltimento delle acque in eccesso, immagazzinamento e mantenimento dell'acqua nel suolo e pratica irrigua.

Ai fini dell'irrigazione è altrettanto importante la conoscenza dei rapporti tra pianta e atmosfera. Un utile parametro di sintesi delle necessità idriche di una coltura è il suo coefficiente colturale (K_c), che è dato dal rapporto tra E_{tc} , il consumo idrico della coltura in condizioni reali, e E_{t0} , l'evapotraspirazione di riferimento del sito specifico, che è il consumo idrico di un prato di festuca alto 12 cm e cresciuto senza fattori limitanti ($K_c = E_{tc}/E_{t0}$). L' E_{tc} di una coltura in un sito specifico deve essere individuato sperimentalmente e può essere calcolato partendo dai dati meteorologici rilevati da una stazione sita nella località in cui si opera.

In questa nota si riferisce sui risultati conseguiti in una piantagione policlonale ("I-214", "Luisa Avanzo" e "Bellini"), condotta nel piacentino in zona collinare nel periodo 1981-1989.

Prova di irrigazione nel pioppeto di Agazzano (PC)

Il pioppeto oggetto della prova è stato costituito nella primavera 1981 utilizzando pioppelle da vivaio di due anni appartenenti ai cloni di *P. x canadensis* Moench "I-214", "Luisa Avanzo" e "Bellini". È stata adottata una spaziatura di 5 x 5 m per tutti i cloni.

La distribuzione in campo delle pioppelle dei tre cloni è stata effettuata secondo uno schema a parcella suddivisa assegnando i parcelloni all'irrigazione (volume 0, 1 e 2) e le parcelle al clone, con quattro replicazioni.

L'impianto di irrigazione era costituito da una centralina e da una rete di tubi adacquatori.

La centralina si componeva di un doppio filtro di cui uno a graniglia e uno a maglia,

con una manica da 150 mesh e una manica di sostegno da 155 mesh, e da due valvole volumetriche, per poter dosare i volumi di adacquamento.

La rete di distribuzione, per ognuna delle valvole volumetriche, era composta da una linea principale adduttrice costituita da tubo in polietilene nero BD PN6 con diametro di 64 mm, da linee secondarie con diametro di 32 mm e da ali gocciolanti con diametro di 16 mm, portanti gocciolatori a manicotto del tipo a labirinto, della Lego, con portata oraria di 4 litri.

Ai lati di ciascuna fila di piante è stata sistemata un'ala gocciolante che portava 3 gocciolatori a distanza di un metro l'uno dall'altro in corrispondenza di ciascuna pianta.

La distanza delle ali gocciolanti dalla pianta era di 0,70 m al primo anno, di 1 m al secondo e di 1,50 m negli anni successivi. Il terreno (Tabella 40) presenta tessitura franca con reazione neutra e risulta povero di calcare totale e attivo, di elementi nutritivi e di sostanza organica. Il profilo utile non va oltre i 60 cm ed è da ritenersi appena sufficiente per il pioppo.

Rilevamenti

A fine stagione vegetativa o, comunque, alle date indicate nelle tabelle, sono state rilevate le circonferenze a 1,30 m dal suolo delle piante interne di tutte le parcelle. I dati di ogni singola pianta sono stati trasformati in area basimetrica e su questi è stata fatta l'analisi della varianza.

Periodicamente è stata controllata la portata dei gocciolatori in più punti lungo le linee adacquatrici. Essa variava leggermente attorno alla media di 4 litri/ora.

A fine turno è stata misurata l'altezza (totale e cormometrica) ed è stato calcolato il volume degli alberi in occasione del loro abbattimento.

TABELLA 40 - Agazzano (PC) - Analisi fisico-meccanica e chimica del terreno che ha ospitato il pioppeto.

Caratteristiche	Profondità di prelievo (cm)	
	0-30	30-60
Scheletro ($\varnothing > 2$ mm) %	ass.	ass.
Tessitura		
Sabbia grossa (2-0,2 mm) %	0,55	0,64
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) %	52,50	48,30
Limo (0,02-0,002 mm) %	34,30	37,90
Argilla $< 0,002$ mm %	12,55	13,10
pH	6,75	6,88
Calcare totale %	0,80	0,50
Calcare attivo %	3,75	3,77
Azoto Kjeldhal ‰	1,10	0,50
Carbonio organico %	0,540	0,210
Sost. organica (C x 1,724) %	0,940	0,360
P ₂ O ₅ totale ‰	0,72	0,46
K ₂ O ass. mg/100 g	0,10	0,05

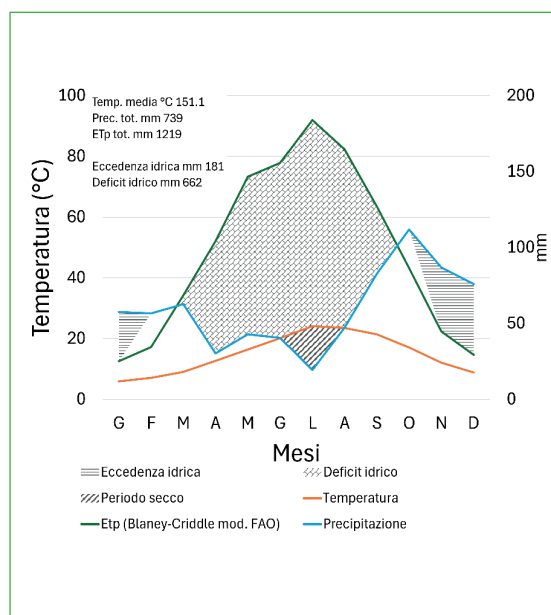


Figura 27 - Sarmato (PC). Bilancio idrico relativo al periodo 1981-87 stimato sulla base dell'Etp (Blaney Criddle, Mod. FAO).

Risultati

In questa prova, in cui le tesi irrigue sono state confrontate con un testimone asciutto, l'effetto dell'irrigazione è risultato altamente significativo (Tabella 41 e Figura 28).

Alla fine del settimo anno, le aree basimetriche medie per albero risultano crescenti con il volume di adacquamento non soltanto rispetto al testimone asciutto (V0) ma anche per il volume di adacquamento maggiore (V2) rispetto a quello minore (V1). L'incremento in area basimetrica è del 22,6% passando dal testimone (V0) al V1 ed è del 12,07% passando dal V1 al V2 (Tabella 41).

L'effetto dell'irrigazione si manifesta sugli incrementi in area basimetrica in maniera più evidente nelle annate 1983, 1985, 1986 e 1987 (Figura 29), che sono state caratterizzate da scarse precipitazioni estive. Nel 1987 la differenza nella quantità di acqua ricevuta dalle piante con V1 e con V2, considerando solo l'acqua d'irrigazione, è dell'ordine del 31,42%. Si può ritenere quindi che il V1 non sia molto lontano da quello ottimale, considerato

che il V2 è da ritenersi eccessivo, avendo superato i 5900 m³/ha. Del resto l'evaporato giornaliero negli 88 giorni della stagione irrigua assomma a 443 mm, cifra che è di poco superiore ai 409 mm corrispondenti all'adacquamento del V1. Viceversa i quantitativi distribuiti nelle due annate precedenti possono essere ritenuti entrambi insufficienti essendo stati limitati rispettivamente a 2270 e 2646 m³/ha per il V1 e a 2640 e 3929 per il V2. Con tali volumi, intermedi al totale dell'evaporato delle stagioni irrigue, non è stato possibile evitare il calo degli incrementi correnti nel 1985 e nel 1986 in particolare per i cloni "Luisa Avanzo" e "Bellini" (Figura 29). La diminuzione dell'incremento annuo è stata ancora più drastica per le piante del testimone asciutto a causa della siccità. Nel biennio 1985-86 cioè dal quinto al sesto anno di vita del pioppeto, il deficit idrico, stimato sulla base dell'Etp (Figura 27), è stato mediamente di circa 450 mm; esso è stato coperto con l'irrigazione soltanto per circa il 50% nel 1985 e fino ad un massimo dell'85% con il V2 nel 1986.

TABELLA 41 - Agazzano (PC). Area basimetrica media (cm²/pianta) e risultati dell'analisi della varianza.

Tesi a confronto	Date dei rilevamenti								
	07/05/81	10/11/81	15/04/83	29/11/83	Fine '84	Fine '85	30/10/86	Apr. '88	21/02/89
Non irr. V0									
Luisa Avanzo	7,99	15,49	69,65	128,45	198,97	229,52	255,38	281,73	303,19
Bellini	7,39	13,77	54,00	96,57	154,30	182,79	216,01	257,23	294,81
I-214	6,68	13,11	55,65	105,69	180,12	221,84	253,95	298,87	334,14
Irr. VI									
Luisa Avanzo	7,67	20,08	95,65	180,94	254,12	296,55	325,01	370,08	392,90
Bellini	7,41	15,45	69,52	130,66	187,51	229,68	263,68	320,99	357,26
I-214	6,85	16,39	74,13	153,12	229,28	283,01	324,93	393,20	419,24
Irr. V2									
Luisa Avanzo	7,77	16,84	93,11	192,80	281,40	334,20	379,78	428,87	462,35
Bellini	7,41	15,95	75,02	143,98	208,51	259,73	309,75	387,75	428,14
I-214	6,34	12,27	61,94	140,82	221,29	285,50	343,27	416,49	455,75
Media generale	7,22	15,48	72,11	141,45	212,84	258,09	296,85	350,58	383,09
Media vol. irr.									
V0	7,36	14,13	59,87	110,24	177,80	211,38	241,78	279,28	310,71
V1	7,31	17,31	79,77	154,91	223,64	269,75	304,54	361,42	389,80
V2	6,99	15,02	76,69	159,20	237,07	293,15	344,22	411,04	448,75
Media clone									
Luisa Avanzo	7,81	17,47	86,24	167,40	244,83	286,76	320,06	360,23	386,15
Bellini	7,22	15,06	66,18	123,74	183,44	224,07	263,09	321,99	360,07
I-214	6,63	13,93	63,91	133,21	210,23	263,45	307,39	369,52	403,04
Valori di F									
Vol. irr. (V)	0,46 n.s.	1,02 n.s.	8,35 *	38,38 **	32,07 **	50,36 **	30,36 **	36,30 **	26,73 **
Clone (C)	12,78 **	8,68 **	16,38 **	27,53 **	45,66 **	25,71 **	21,65 **	12,23 **	7,17 **
Int. V x C	0,44 n.s.	1,56 n.s.	1,15 n.s.	1,49 n.s.	2,48 n.s.	1,26 n.s.	1,21 n.s.	1,09 n.s.	0,82 n.s.

n.s. = non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

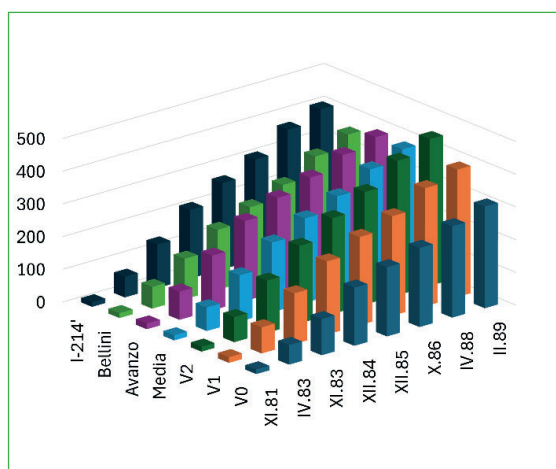


FIGURA 28 - Agazzano (PC). Accrescimento in area basimetrica (cm²/albero) in funzione del clone e del volume di adacquamento.

La produzione finale risulta nettamente influenzata dall'irrigazione e con differenze significative crescenti con il volume di adacquamento (Figura 30).

Per quanto riguarda il fattore clone le aree basimetriche risultano altamente significative. Il clone "I-214" dal 5° al 8° anno sopravanza il "Luisa Avanzo" (Figura 30).

Nemmeno in questo caso vi è stata interazione tra volume di adacquamento e clone.

La produzione complessiva è stata molto modesta. Le piante raggiungevano mediamente, alla fine del nono anno dall'impianto (effettuato con pioppelle di due anni), una circonferenza a petto d'uomo di appena 69 cm

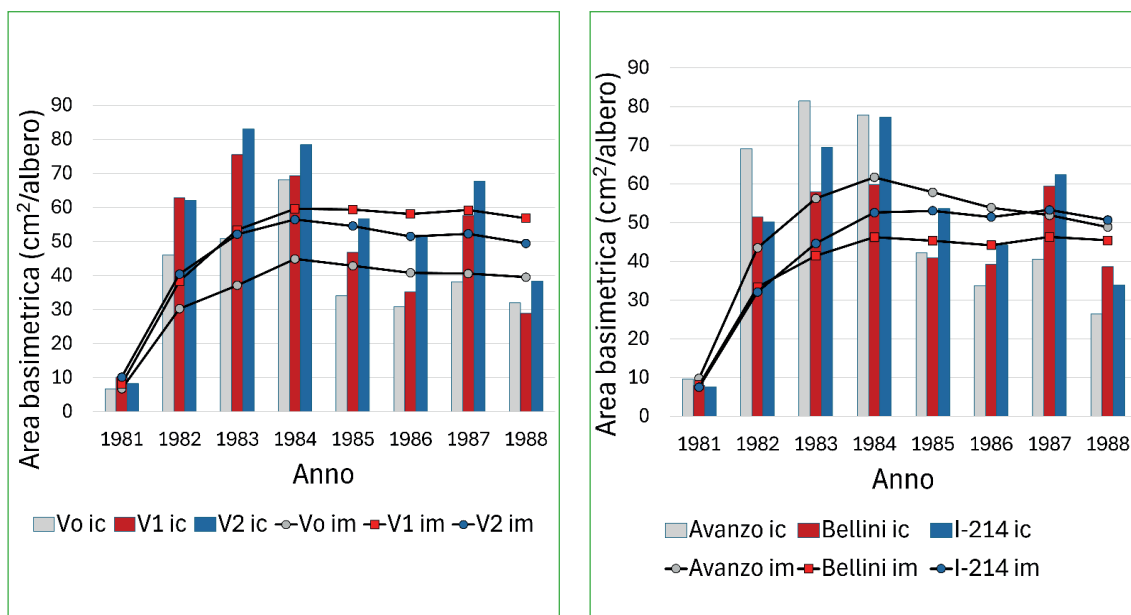


FIGURA 29 - Agazzano (PC). Incremento corrente (ic) e incremento medio (im) in area basimetrica (cm²/albero) in funzione del volume di adacquamento e del clone.

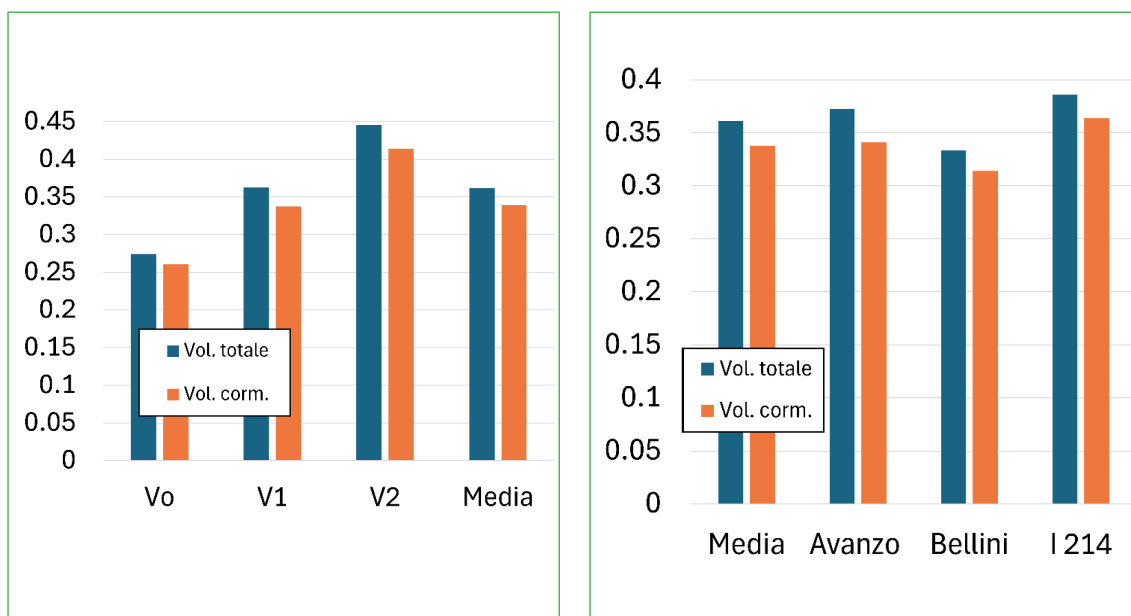


FIGURA 30 - Agazzano (PC). Variazione della produzione legnosa (m³/albero) in funzione del volume di adacquamento e del clone.

e un volume cormometrico di 0,388 m³/albero, pari a circa 15 m³/ha/annuo. Le piante del testimone (V0) e quelle irrigate con V2, avevano rispettivamente una circonferenza di 62,8 cm e di 74,9 e volumi di 0,261 e di 0,414 m³/albero, pari rispettivamente a 11,3 e a 17,9 m³/ha/annuo. L'incremento determinato dall'irrigazione (V2 contro V0) è stato del 58%, pari a circa 60 m³/ha (0,153 m²/albero

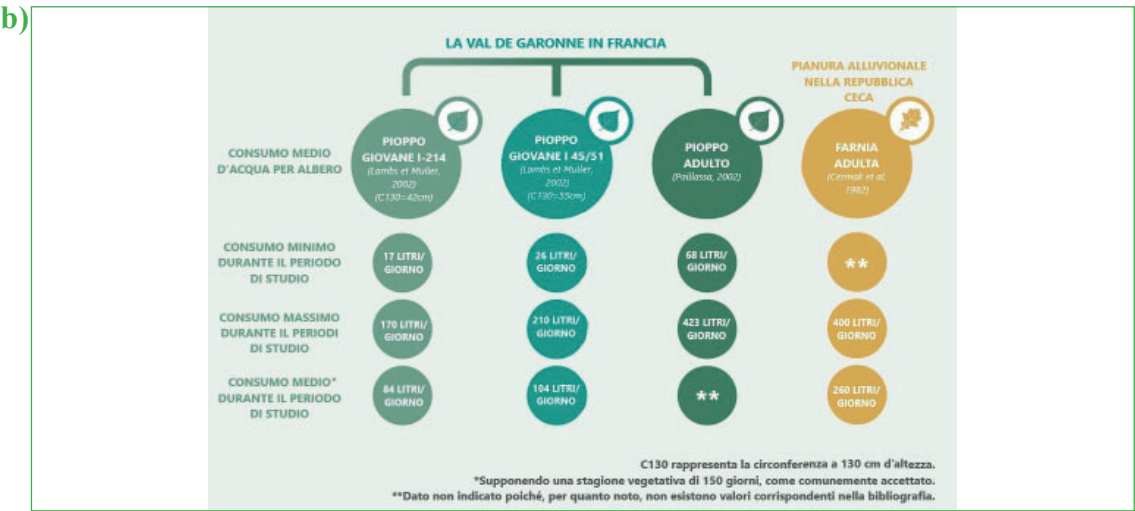
per 390 alberi/ha). Il maggior ricavo conseguente all'irrigazione può essere stimato sui 3 milioni di Lire/ha (60 m³ x 50.000 Lit/ m³). Nel caso specifico il costo dell'irrigazione è stato molto superiore.

I limiti produttivi dei terreni collinari, rappresentati da fattori edafici oltre che da quelli climatici, non possono essere superati con l'irrigazione.

TABELLA 42 - Fabbisogni idrici per un pioppeto di media produttività (incremento medio di 20m³/ha/anno di massa legnosa utilizzabile, assumendo un coefficiente di evapotraspirazione di 350 litri per kg di sostanza secca totale (investimento di 330 piante/ha) (in alto). Fabbisogni idrici del pioppo e di altri alberi forestali (in centro) e consumi annuali in acqua di diversi usi del suolo (in basso) (tratto da Peuplier, *environnement & climat*, 2020, modificato).

a)

Età pioppeto	Produzione di sostanza. secca per pianta	Acqua evapotraspirata per ettaro	Quantità di pioggia corrispondente
anni	kg	m ³	mm
1	4	462	46,2
2	7	808	80,8
3	11	1.270	127,0
4	17	1.963	196,3
5	25	2.887	288,7
6	33	3.811	381,1
7	41	4.735	473,5
8	48	5.544	554,4
9	55	6.352	635,2
10	48	5.544	554,4
11	41	4.735	473,5
12	30	3.465	346,5



Sull'introduzione dell'irrigazione a goccia del pioppo in collina è stata fatta negli anni '80 una vasta sperimentazione nell'Azienda di proprietà Spinoglio, situata sulle colline calcaree di San Giorgio Monferrato (AL). Anche in questo caso i risultati sono stati incoraggianti sul piano biologico e agronomico - data anche la possibilità di correggere la reazione del terreno e di attenuare la clorosi da calcare utilizzando l'impianto di irrigazione a goccia per la distribuzione di correttivi -, ma sono stati negativi sul piano economico. Un incremento di produzione del 40-60% su una produzione base molto bassa (inferiore o al massimo di 10 m³/ha/anno) non consente di coprire le spese necessarie per conseguirla. La produzione legnosa dei pioppeti industriali coltivati nelle zone idonee è almeno doppia.

Informazioni sui consumi idrici del pioppo

È stato calcolato il fabbisogno idrico (Frison, 1994), per un pioppeto del clone "I-214" di media densità (330 piante per ha) e di media produttività (incremento medio annuo 20 m³/ha/anno), assumendo un coefficiente di evapotraspirazione di 350 l per kg di sostanza secca totale prodotta annualmente (incremento corrente di biomassa). Come risulta dalla Tabella 42 i consumi variano negli anni al variare della quantità di sostanza secca prodotta durante la stagione vegetativa, valutata in 180 giorni. Ovviamente i valori relativi ai primi anni riportati in tabella (in alto) sono da considerarsi sottostimati poiché, a causa dell'incompleto sviluppo delle piante, non tengono conto della quota di evaporazione della parte scoperta del terreno. Al 5° anno, quando le chiome cominciano a chiudersi, si ha una evapotraspirazione di circa 2900 m³/ha, pari 16,10 m³/ha/giorno, cioè a mm 1,6 al giorno, pari a 30 litri pianta/giorno. Al 9°

anno il valore sale a 6350 m³/ha, pari a 35,5 m³/ha al giorno, corrispondenti a 3,35 mm al dì, pari a 100,7 l/pianta /giorno, media del periodo vegetativo (Tabella 42).

Questi dati hanno valore orientativo, ed essendo stati pubblicati un trentennio fa, devono essere rivisti in quanto in tale lasso di tempo le condizioni climatiche sono cambiate in peggio, mentre la tecnica dell'irrigazione si è evoluta orientandosi verso la subirrigazione che permette un migliore sfruttamento delle risorse irrigue.

Mentre in Italia nell'ultimo trentennio, a mia conoscenza, non sono state fatte ricerche sui consumi idrici del pioppo, in Francia gli studiosi Muller E. e Lamb L. hanno effettuato nel 2004 delle ricerche sulle variazioni giornaliere dei consumi d'acqua di due alberi, uno del clone "I-214" di 7 anni e uno del clone "I-45/51" di 13, siti nella valle della Garonna su terreno umido senza interruzioni di approvvigionamento in acqua. Lo studio è basato sul flusso della linfa misurato con l'aiuto di sonde del tipo Granier che permettono di rilevare la densità di flusso, cioè il volume di linfa per una sezione di legno alburno per unità di tempo. Le misure sono state fatte simultaneamente a 4 profondità nello stesso tronco, procedendo dall'esterno verso l'interno: a 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm e 6-8 cm. Dai rilievi effettuati dal 26/6/99 al 16/10/99 risulta che il consumo dell'albero di 7 anni del clone "I-214" varia da 17 a 170 litri al giorno, con una media, del periodo considerato di 111 giorni, di 84 l/g e per quello del clone "I-45/51" di anni 13, rispettivamente di litri/giorno da 26 a 210, con media di 104 l/g. Il consumo di acqua di un albero può quindi variare di circa dieci volte a seconda della sua età e delle condizioni ambientali in cui si trova. Sembra inoltre che il consumo di acqua medio di un albero dipenda essenzialmente dal suo diametro. L'albero del clone "I-45/51", di 36 cm di diametro, ha consumato in media 104 litri al giorno (su 111 giorni

di rilievi), ossia 2,9 al giorno per cm di diametro; l'albero "I-214" di 27 cm di diametro, ha consumato in media, nello stesso periodo, 84 litri al giorno, ossia 3,1 litri al giorno per cm di diametro. Sulla base di questi ed altri dati gli Autori (Etienne Muller *et* Luc Lambs, 2004) ritengono che il consumo medio di acqua di un pioppo, nella valle della Garonna, durante il periodo vegetativo, sia dell'ordine di 3 litri per giorno per ogni centimetro di diametro del tronco.

Nella *brochure* in edizione annuale, ottobre 2020, della Interreg Forêt Pro Bos, intitolata *Peuplier, environnement & climat*, ci sono due capitoli dedicati rispettivamente ai *Paramètres de la consommation en eau des arbres* e a *Consommation annuelle en eau de différents usages du sol* che riportano altre interessanti informazioni sui parametri del consumo in acqua degli alberi e sui consumi annuali dei diversi usi del suolo. Per comodità di esposizione mi permetto di utilizzare l'illustrazione del primo capitolo, riportata a pagina a pagina 8, e anche quella del secondo capitolo in pagina 9, e di esporle entrambe in Tabella 42 (posizione 42b e 42c) di questo lavoro.

Nella 40b per il pioppo adulto i valori riportati variano da un minimo di 68 litri giorno a ben 423 litri/giorno (Paillassa, 2002, IDF), senza indicare il clone e l'età

della pianta. Dai dati riportati nella 31c boschi di pioppi, di frassini, di ontani e addirittura praterie, sembrano avere un consumo di acqua equivalente, cioè il consumo di acqua sembra simile indipendentemente dall'uso del suolo. Nella stessa Tabella 42c per il pioppeto il consumo ha/anno varia, considerando la stagione vegetativa di 150 giorni, per le piante giovani da 2000 a 3200 m³/ha/anno (Lambs *et* Muller, 2002, Francia) e per le piante mature da 3200 a 6000 m³ ha/anno (Meiresonne *et al.*, 1999, Belgio), con un a media annuale di 28 m³/ha/giorno (Paillassa, 2008, Francia). Questi ultimi dati, con mia sorpresa, si avvicina molto a quelli riportati nella Tabella 42a da me compilata (utilizzando un criterio molto diverso, basato sul consumo idrico per unità di sostanza secca prodotta) per il clone "I-214", coltivato nella media Valle del Po, con densità di 333 piante/ha. Per le piante al 9° anno il valore risulta di 6350 m³/ha, pari a 35,5 m³/ha al giorno, corrispondenti a 3,35 mm al di, pari a 100,7 l/pianta/giorno. La pianta media di 9 anni aveva un diametro di 30 cm per cui, applicando il procedimento di Lambs e Muller, il consumo medio giornaliero risulta di 90 litri. Tuttavia concordo con gli autori dei lavori citati i quali avvertono: poiché questi risultati provengono da studi diversi, è necessario prestare cautela riguardo alla loro estrapolazione.

NUTRIZIONE MINERALE DEL PIOPPO: VARIAZIONI IN FUNZIONE DEL CLONE E DELLA STAZIONE

Esiste un'altra via per sfruttare meglio le potenzialità del terreno ed è quella della scelta del clone più adatto a determinate situazioni edafiche. Ed è mia opinione che la scelta del clone più adatto possa essere importante sia nei terreni più fertili che in quelli con minori capacità produttive. Per poter affrontare un problema così complesso, bisogna disporre di dati analitici utili per valutare la fertilità del terreno e di dati riguardanti le capacità di adattamento e, in particolare, le esigenze nutrizionali del clone che si intende coltivare. Per cominciare, consci che il lavoro di sperimentazione sarebbe stato lungo e difficile, sono stati costituiti due pioppeti sperimentali con pioppelle di due anni, allevate nello stesso vivaio, di 6 cloni diversi per provenienza, caratteristiche genetiche, ritmo di accrescimento e storia colturale. Due cloni erano ancora in fase sperimentale: "Luisa Avanzo" verrà iscritto al RNCF il 30.09.1980, e l'"Eridano" l'8.02.1991, i cloni "I-214", "BL Costanzo" e "Boccalari" furono iscritti nella prima infornata del 17.11.1975 e il "Pan" solo qualche anno più tardi (24.07.1978).

Un pioppeto è stato costituito a Casale Monferrato con impianto nella primavera 1980 e l'altro a Torricella del Pizzo (CR) nell'autunno 1979, entrambi con spaziatura 6 x 6 m.

La distribuzione in campo delle pioppelle dei vari cloni è stata fatta con schema suscettibile di interpretazione statistica dei dati dei rilevamenti fatti periodicamente riguardanti gli accrescimenti e quelli relativi alle analisi dei campioni di terreno e di foglie, prelevati allo scopo di mettere in evidenza variazioni in funzione del clone e della stazione.

I terreni sono entrambi di origine alluvionale ma risultano statisticamente diversi per granulometria e per contenuti minerali (Tabella 43). Quello di Casale Monferrato appartiene alla classe: *Sabbia franca* e quello di Torricella del Pizzo a quella successiva: *Franco sabbiosa*, avendo il doppio delle particelle fini. Quest'ultimo risulta anche statisticamente più povero di P_2O_5 assimilabile ma più ricco di K_2O , CaO , MgO scambiabile, CSC e ossidi di ferro liberi.

Le differenze tra i cloni risultano significative per tutti gli elementi nutritivi analizzati in entrambe le stazioni (Tabelle 43 e 44 e Figura 31).

A Casale Monferrato il contenuto in azoto risulta minimo nel clone "Eridano" e massimo nel clone "BL Costanzo", con valori molto vicini del "Pan", "Luisa Avanzo", "Boccalari" e intermedio per il clone "I-214". Il fosforo presenta il valore più basso nel clone "Boccalari", valori intermedi nei cloni "BL Costanzo", "Pan" e "Avanzo", un pò più basso nel clone "I-214" e minimo nel clone "Boccalari". Il potassio presenta il valore massimo nel clone "Eridano", valori decrescenti nei cloni "Pan", "BL Costanzo", Boccalari, "I-214" e il valore minimo nel clone "Avanzo". Il calcio presenta il valore massimo nel clone "I-214", valori decrescenti negli altri cloni e il valore minimo nell'"Avanzo". Infine il magnesio risulta più elevato nei cloni "Pan" e "BL Costanzo", scende negli altri cloni con il valore minimo nel "Boccalari".

A Torricella del Pizzo l'azoto presenta il valore minimo nel clone "Eridano", quello massimo nell'"I-214", e valori intermedi negli altri cloni. Anche il fosforo presenta il valore minimo nell'"Eridano" e massi-

TABELLA 43 - Risultati delle analisi fisico-chimiche dei terreni prelevati nei pioppeti di Casale Monferrato e di Torricella del Pizzo.

Caratteristiche	Stazione		Media	Valori di F
	Casale Monferrato	Torricella del Pizzo		
Granulometria				
Scheletro (Ø > 2 mm) (%)	0	0	0	-
Tessitura				
Sabbia grossa (2-0,2 mm) (%)	22,70	7,37	15,04	11,48*
Sabbia fine (0,2-0,02 mm) (%)	61,72	59,53	60,62	0,56 n.s.
Limo (0,02-0,002 mm) (%)	10,75	21,17	15,96	36,81**
Argilla (< 0,002 mm) (%)	4,83	11,93	8,37	76,96**
Reazione in pH	8,07	8,10	8,09	1,00 n.s.
Calcare totale (%)	5,37	11,17	8,27	35,72**
Calcare attivo (%)	1,16	2,36	1,74	7,85 n.s.
Carbonio organico (%)	0,55	0,66	0,61	2,73 n.s.
Materia organica (Cx1,724) (%)	0,94	1,15	1,04	2,58 n.s.
Azoto Kjeldhal (‰)	0,062	0,075	0,069	0,90 n.s.
C/N	9	9	9	0 n.s.
Conducibilità µs	121,75	138,75	130,25	6,40n.s.
Sali solubili (%)	0,035	0,040	0,037	3,0 n.s.
P ₂ O ₅ assimilabile (p.p.m.)	21,25	15,25	18,25	9,82*
C S C meq/100 gr	9,27	13,82	11,55	62,20**
K ₂ O scambiabile (p.p.m.)	66,75	146,75	106,75	9,58*
Na ₂ O scambiabile (p.p.m.)	26,5	27,2	26,9	0,13 n.s.
CaO scambiabile (p.p.m.)	2319,25	3410,50	2864,87	36,83**
MgO scambiabile (p.p.m.)	156,00	254,00	205,00	5,18 n.s.
Ossidi di ferro liberi (mg/kg)	3370,0	4246,25	3808,12	6,87 n.s.
Mn assimilabile (p.p.m.)	25,5	22,2	23,9	3,27 n.s.
n.s.= non significativo; * = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.				

mo nell'“Avanzo” seguito dall'“I-214” e dall'“Eridano”, con valori intermedi per gli altri cloni. Il potassio presenta il valore minimo nel clone “Avanzo”, massimo nell'“Eridano” e decrescente nel “Pan” e più ancora negli altri cloni. Il tenore in calcio risulta massimo nell'“I-214”, decresce nel “Boccalari”, nel “Pan” e nel “BL Costanzo” ed è minimo nell'“Avanzo”. Il tenore in magnesio è massimo nel “BL Costanzo”, scende nell'“I-214”, nel “Pan” e nell'“Avanzo” ed è minimo nel “Boccalari” e nell'“Eridano”.

In sintesi le foglie del clone “Eridano”

hanno il più basso contenuto in azoto e il più alto contenuto in potassio in entrambe le stazioni. I cloni “BL Costanzo” e “Pan” (geneticamente molto vicini), hanno gli stessi valori di azoto e di fosforo in entrambe le stazioni ma più elevati a Casale che a Torricella. Il clone “Eridano” ha avuto un accrescimento superiore a Casale Monferrato che a Torricella mentre le curve degli accrescimenti dei cloni “BL Costanzo” e “Pan” si sovrappongono in entrambe le stazioni ma raggiungono valori più alti a Torricella che a Casale (Figura 32). A Casale

NUTRIZIONE MINERALE, CONCIMAZIONE E IRRIGAZIONE DEL PIOPPO

TABELLA 44 - Variazioni del contenuto in sostanze nutritive delle foglie di pioppo in funzione del clone nel pioppeto di Casale Monferrato (in alto) e di Torricella del Pizzo (in basso).

Clone	Nutriente (% s.s.)				
	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
I-214	2,860	0,503	1,772	1,635	0,195
Eridano	2,523	0,467	2,105	1,525	0,162
Pan	2,990	0,428	2,007	1,467	0,233
Luisa Avanzo	2,907	0,449	1,660	1,293	0,210
BL Costanzo	3,030	0,435	1,877	1,498	0,220
Boccalari	2,967	0,415	1,852	1,463	0,133
Media	2,880	0,449	1,879	1,480	0,192
Valori di F	6,04**	2,54*	9,15**	9,39**	11,58**

Clone	Nutriente (% s. s.)					Contenuto in H ₂ O (% p.s.)
	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
I-214	2,903	0,450	1,587	2,186	0,265	160,05
Eridano	2,137	0,388	2,040	1,632	0,189	163,52
Pan	2,628	0,409	1,783	1,817	0,257	173,53
L. Avanzo	2,750	0,465	1,353	1,578	0,254	164,51
BL Costanzo	2,650	0,400	1,577	1,768	0,287	174,44
Boccalari	2,707	0,404	1,572	1,951	0,184	165,34
Media	2,629	0,419	1,652	1,822	0,239	160,25
Valori di F	23,64**	10,30**	62,92*	40,16**	6,61**	8,94**

* = significativo per p = 0,05; ** = significativo per p = 0,01.

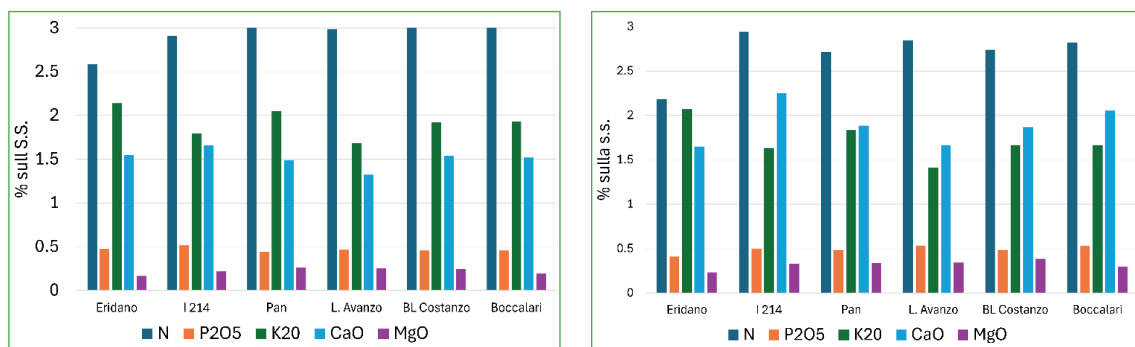


FIGURA 31 - Variazione dei contenuti minerali nelle foglie in funzione del clone nel pioppeto di Casale Monferrato (sx) e in quello di Torricella del Pizzo (dx).

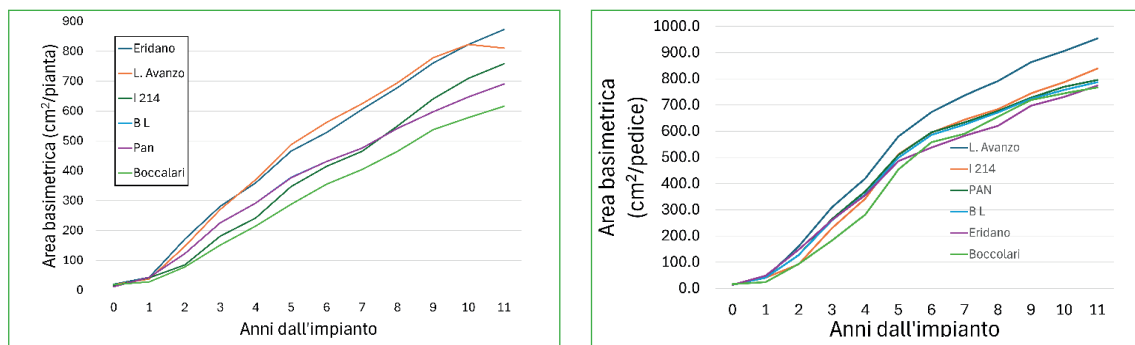


FIGURA 32 - Accrescimento in area basimetrica del tronco (cm²/albero) dei sei cloni coltivati a Casale Monferrato (sx) e a Torricella del Pizzo (dx) nel corso di un turno di 11 anni.

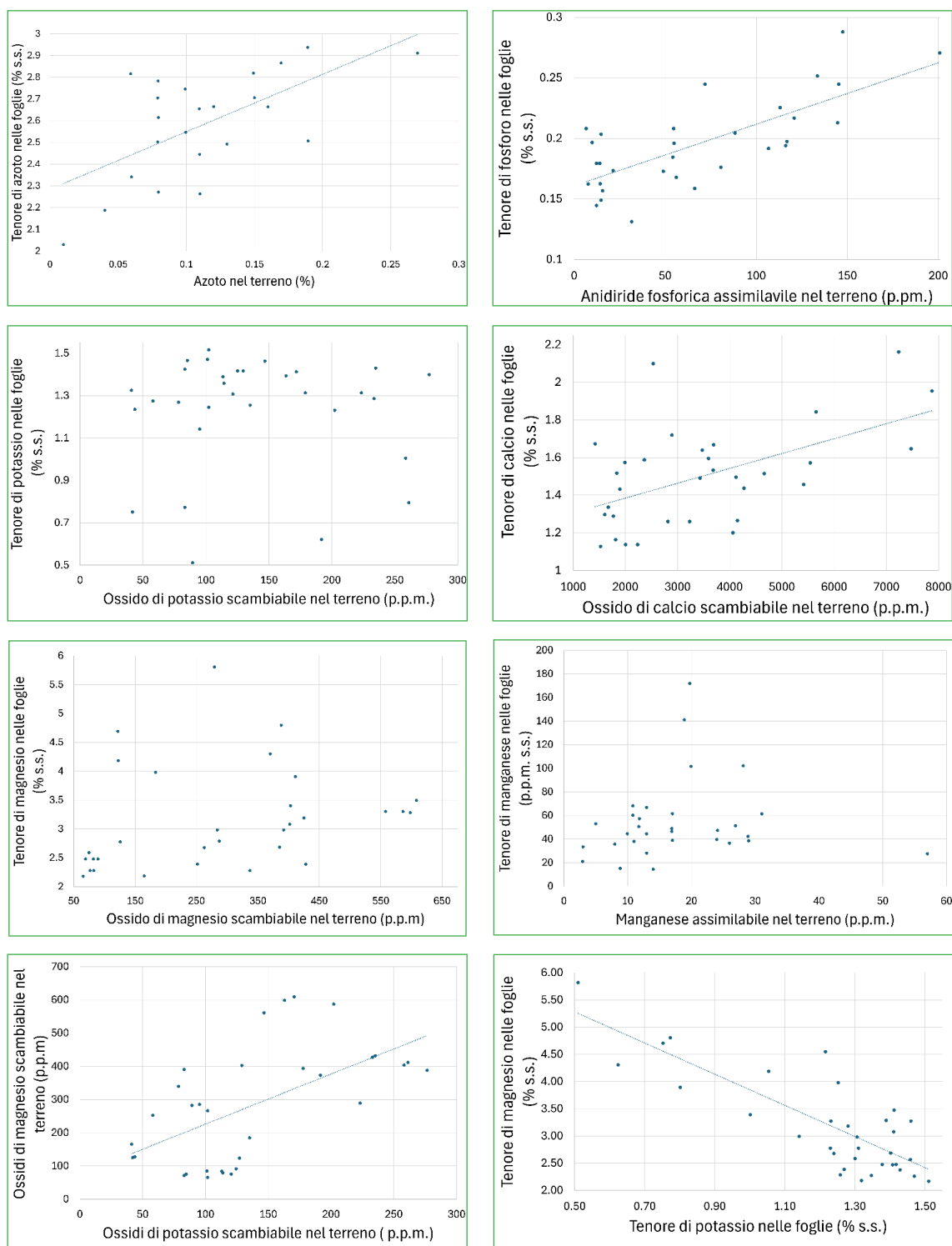


FIGURA 33 - Studio della correlazione tra disponibilità di elementi nutritivi nel terreno e loro contenuti nelle foglie.

il clone “Luisa Avanzo” si è mantenuto in condizioni sanitarie soddisfacenti fino al 10° anno ma è crollato nel corso dell’anno successivo per gravi danni da necrosi corticali. In questa stazione la produzione legnosa media è risultata inferiore e le

differenze tra i cloni molto più ampie che a Torricella, dove le differenze tra 5 cloni (escluso l’“Avanzo”) non sono risultate altamente significative. A quell’epoca il clone “Avanzo” era già in fase di abbandono, per i ben noti motivi. Da questi dati appare evi-

dente che la scelta del clone deve essere fatta con maggiore attenzione nei terreni meno fertili. Il clone “Eridano” si è dimostrato inadatto alla grande coltivazione su larga scala e trova impiego come pianta ornamentale, di sesso maschile.

In tali situazioni pedologiche di buona fertilità, nelle quali non agiscono particolari fattori limitanti, i cloni tradizionali (“I-214”, “BL Costanzo”, “Pan”, “Boccalari”, “Adige”) danno produzioni più o meno equivalenti, sempre comunque con differenze non molto pronunciate, mentre i loro livelli produttivi si scostano più nettamente nei terreni meno fertili. Il clone “I-214” viene preferito dagli utilizzatori per la sua leggerezza (densità basale 0,27-0,29 g/dm³), motivo per cui sul mercato il legname spunta prezzi più alti, più o meno del 10%.

In sintesi, sulla base dei risultati conseguiti si può affermare che è possibile valutare a grandi linee la potenziale fertilità dei terreni tenendo conto delle caratteristiche fisiche fondamentali: la tessitura e la struttura, la profondità del profilo esplorabile dalle radici, la disponibilità idrica e di elementi nutritivi nonché dei limiti più importanti: difficoltà di drenaggio, eccesso di calcare attivo, ecc. Sul piano pratico è conveniente scartare i terreni con eccesso di calcare attivo, i suoli a grana molto fine, cioè limosi e argillosi con difficoltà di drenaggio o con eccessive quantità di materiale grossolano e tutti gli altri con insufficienti disponibilità idriche o, comunque, non irrigabili e quindi soggetti a siccità estiva.

Risultati sull'applicazione della diagnostica fogliare

L'applicazione della diagnostica fogliare ha messo in evidenza che esistono differenze significative tra i cloni nei contenuti in

elementi nutritivi (Figure 31 e 32 e Tabelle 42 e 43) e di conseguenza variano anche i rapporti tra questi.

Poiché nelle stesse condizioni edafiche i cloni danno produzioni diverse, le asportazioni minerali possono essere diverse ed è logico aspettarsi che diversa sia anche la risposta alla concimazione.

Applicando contemporaneamente l'analisi fogliare e l'analisi del terreno è stato possibile mettere in evidenza che tra disponibilità di elementi nutritivi del suolo in forma assimilabile o scambiabile e i contenuti degli stessi elementi nelle foglie le correlazioni sono piuttosto modeste. In particolare detta correlazione non esiste per il potassio, per il magnesio e per il manganese, è debole per l'azoto ($r = 0,62$) e per il calcio ($r = 0,53$) ed è significativa per il fosforo ($r = 0,74$) (Figura 33). Esiste invece una correlazione negativa ($r = -0,73$) tra tenore in potassio e tenore in magnesio nelle foglie; al contrario nel terreno la correlazione è positiva, anche se con una dispersione notevole. Lo studio delle correlazioni tra contenuti minerali delle foglie e accrescimento ha messo in evidenza che anche per il pioppo si verifica spesso un accumulo del nutriente senza alcun corrispondente incremento della resa produttiva, dando luogo al fenomeno, ben noto in fisiologia vegetale, detto consumo di lusso.

Le analisi del terreno e delle foglie indubbiamente sono molto utili ma non mancano le difficoltà sia nella scelta dei metodi analitici che nella interpretazione dei risultati.

Per esempio l'analisi determina essenzialmente una quantità statica del K e del Mg del suolo, mentre in realtà la disponibilità di K e Mg per le piante è regolata da numerosi fattori. La pianta assorbe il K presente nelle immediate vicinanze delle radici e la maggior parte del K deve spostarsi verso le radici con movimenti di convenzione e di diffusione. La diffusione ha luogo nella soluzione del suolo e dipende dal tasso di umidità.

L'analisi determina, mediante estrazione, la frazione di K del suolo in equilibrio con la soluzione, che dipende dall'estraente utilizzato. Il K disponibile può assumere significato solo se si può stabilire il tempo durante il quale viene reso disponibile. La disponibilità di K è determinata dal ritmo di liberazione nelle soluzioni del suolo, dalla velocità e da tempo di trasferimento verso le radici. La disponibilità di K dipende cioè da un sistema molto dinamico, collegato con le proprietà del suolo e con le caratteristiche delle piante. Nelle analisi convenzionali normalmente non si considerano né le caratteristiche del suolo (porosità, equilibrio idrico, ecc.) né le proprietà morfologiche e fisiologiche delle radici.

Il livello di umidità del suolo influenza lo sviluppo radicale. In un suolo con buone caratteristiche fisiche, un alto livello di umidità favorisce la formazione di un più esteso apparato radicale, in grado di esplorare un più ampio volume di terreno in un certo tempo e quindi di assorbire una più grande quantità di elementi nutritivi, dato che un suolo umido ha un maggior flusso potenziale.

La pianta può avere una domanda completamente diversa rispetto al ritmo di rifornimento del K dei suoli, che dipende anche della CSC, dipendente a sua volta dall'argilla.

Il pioppo è una pianta a rapido accrescimento, con un alto tasso di assorbimento in un periodo limitato a cui dovrebbe corrispondere un'alta velocità di liberazione da parte delle fonti di K del suolo. Il potassio di un suolo può essere adeguato in un certo periodo ma decisamente sotto il livello ottimale in un altro.

D'altra parte l'analisi fogliare non sempre esprime con esattezza il grado di assorbimento. Il contenuto di K può essere influenzato dall'effetto della diluizione o della concentrazione provocato dalla carenza o dall'eccesso di altri elementi nutritivi,

oltreché dal K. I contenuti di K cambiano durante la crescita per ragioni fisiologiche, indipendenti dal livello di K nel suolo. L'analisi fogliare è uno strumento diagnostico aggiuntivo, che va applicato solo in combinazione con le analisi del suolo.

Per il Mg si può dire che non è stato rilevato alcun rapporto dell'assorbimento con la crescita. Nella fase di più intenso accrescimento possono comparire sintomi di Mg-carenza che scompaiono non appena la crescita rallenta. Anche in seguito ad abbondanti concimazioni potassiche si possono verificare manifestazioni di Mg-carenza, data la correlazione negativa tra le concentrazioni dei due elementi nei tessuti. Ma di solito non si verificano effetti negativi sulla crescita, almeno finché il livello di Mg negli organi assimilanti non scende al di sotto del livello critico per lo svolgimento della fotosintesi. I sintomi della Mg-carenza interessano le foglie più vecchie, perché l'elemento si sposta verso quelle più giovani, molto più attive nella funzione clorofilliana. Sul piano pratico per K e Mg nelle situazioni pioppicole italiane, non sono mai state notate vistose carenze.

Molto frequenti sono invece le carenze di ferro nei terreni calcarei. La cura con chelati di ferro, somministrati per via radicale, è senz'altro efficace ma è troppo costosa in relazione al prezzo, piuttosto basso, del legno prodotto. Per il pioppeto bisogna ricorrere alla scelta oculata del terreno (scartando quelli con eccesso di calcare attivo: oltre 7-8%), a metodi agronomici di prevenzione, e alla scelta dei cloni più adatti alle situazioni edafiche a rischio ragionato.

Effetti dei singoli elementi nutritivi sull'accrescimento

Le indagini sulla concimazione del pioppo fino a ora condotte permettono di

rilevare che la maggior parte dei terreni interessati da questa coltura risulta ben dotata di potassio, sia allo stato assimilabile sia come riserva potenziale. Questa affermazione, più che sul dato analitico rilevato in laboratorio - che non sempre costituisce indice sicuro di povertà o di ricchezza - si basa sui risultati sperimentali della quasi totalità delle prove (26 su 28) di concimazione condotte in campo.

Quanto sopra troverebbe conferma anche nel fatto che la somministrazione di potassio al terreno non solo non ha influito sul tenore di questo elemento nelle foglie, ma ha determinato un abbassamento del contenuto in magnesio che, come è stato osservato in terreni sabbio-limosi di buona fertilità, addirittura ha evidenziato sintomi di carenza sulle foglie più adulte. La comparsa del fenomeno, come è noto, è tipica dei terreni ben dotati di potassio. In alcuni casi si sono avuti temporanei effetti depressivi sulla crescita per somministrazione di concimi contenenti il potassio sotto forma di cloruro.

Potassio

Il potassio nel suolo è presente nei minerali argillosi secondari che compongono prevalentemente la frazione argillosa del terreno formata di particelle di dimensioni inferiori a due micrometri. Di conseguenza i terreni ricchi di argilla sono generalmente anche ricchi di K. I suoli maturi che sono stati sottoposti ad una forte degradazione meteorica hanno spesso un basso contenuto sia di argilla sia di potassio, come, ad esempio i terreni sabbiosi estremamente disaggregati. Viceversa i suoli giovani derivati da materiale vulcanico, i contenuti di argilla e di K sono generalmente elevati. I suoli organici hanno spesso un basso contenuto di argilla e quindi anche un basso contenuto di K.

Nella fisiologia vegetale il potassio è il più importante catione non soltanto in relazione al suo contenuto di tessuti vegetali

ma anche per quanto riguarda le sue funzioni fisiologiche e biochimiche.

I meccanismi di assorbimento e trasporto del potassio sono stati studiati da vari ricercatori nelle piante erbacee dove si è constatato che questo elemento dopo essere stato assorbito dalle radici dalla soluzione circolante del terreno, all'interno della pianta è molto mobile e partecipa a molti processi fisiologici quali l'attivazione degli enzimi, i movimenti di apertura e chiusura degli stomi, il mantenimento dell'equilibrio catione-anione cellulare, l'osmoregolazione durante l'espansione cellulare. Nelle piante arboree, viceversa, le conoscenze sono ancora incomplete in quanto le ricerche sono state focalizzate sugli effetti della dell'apporto di fertilizzanti potassici sui parametri di crescita. Nel pioppo è stato studiato il ruolo del potassio durante la xilogenesi ed è stata trovata una stretta correlazione tra contenuto cambiale di potassio, potenziale osmotico e attività cambiale (Wind *et al.*, 2004).

All'interno della pianta, il potassio è molto mobile e viene trasferito principalmente in direzione dei tessuti meristematici (cellule attive che si dividono). Il potassio svolge inoltre un ruolo decisivo nella regolazione del potenziale osmotico (la diffusione dei fluidi attraverso le membrane). Il meccanismo di chiusura e apertura degli stomi dipende interamente dal flusso di K. È stato inoltre dimostrato che il K potenzia la traslocazione degli assimilati. Un'altra funzione principale del K è l'attivazione dei vari sistemi enzimatici. Esistono più di 60 enzimi diversi che necessitano di cationi monovalenti per attivarsi. Nella maggior parte dei casi lo ione K^+ è il catione più efficace per effettuare questa attivazione.

Fosforo

Il fosforo per le piante è importante sia come elemento strutturale delle proteine, sia per il metabolismo energetico: inoltre esercita un ruolo non trascurabile nella resisten-

za alle malattie ed ai parassiti. Il fosforo nella pianta svolge funzioni plastiche ed energetiche, tra le quali: entra nella composizione di molecole fondamentali nella biologia vegetale, quali gli acidi nucleici (DNA, RNA) e l'adenosintrifosfato (ATP). Il fosforo nella pianta è coinvolto direttamente nella fotosintesi e nella divisione delle cellule, che vuol dire la crescita della coltura. Inoltre è fondamentale per la formazione e lo sviluppo delle radici ed è di vitale importanza nella formazione dei semi. È un attivatore di numerose attività enzimatiche ed entra nella composizione delle sostanze di riserva e delle vitamine. È un componente integrale degli zuccheri fosfati, utilizzati per la respirazione e la fotosintesi e i fosfolipidi, che costituiscono le membrane cellulari.

Il fosforo è un elemento essenziale per la pianta e la sua carenza può provocare gravi conseguenze nella sua crescita e produttività. Inoltre, il fosforo è caratterizzato da scarsa mobilità nel suolo e da una bassa efficienza d'uso. Alla luce di queste sue peculiarità è fondamentale un corretto apporto non solo nel tratto esplorato dalle radici ma, anche, nella fase fenologica in cui il suo assorbimento è più importante.

Tra quelli esaminati ai fini delle prove, abbastanza diffusi appaiono i terreni mediamente dotati di fosforo totale, almeno negli strati più superficiali, a cui però molto spesso corrispondono contenuti scarsi di fosforo assimilabile.

Tuttavia, anche quando si è operato in terreni poveri l'analisi ha messo in evidenza che il tenore in P_2O_5 delle foglie non è favorito dalla somministrazione di concimi fosfatici mentre può essere influenzato negativamente dalla concimazione azotata (Pomposa) o da quella potassica (Belgioioso).

A Pomposa e a Belgioioso, malgrado le forti carenze di P_2O_5 assimilabile messe in evidenza dai referti analitici, la concimazione fosfatica non ha esercitato alcuna influenza sull'accrescimento, in particolare

nella seconda località dove risultava molto scarsa anche la dotazione di fosforo totale.

In questa stazione, però, l'accrescimento complessivo delle piante è stato molto modesto e ciò può essere attribuito in primo luogo a carenze soprattutto a livello delle caratteristiche fisiche del terreno e assai meno alla scarsa disponibilità di elementi nutritivi, altrimenti le piante avrebbero potuto rispondere positivamente alla concimazione.

Più comprensibile è la mancata risposta alla concimazione fosfatica nella prova di Mortara, dove le analisi hanno posto in evidenza contenuti di P_2O_5 assimilabile variabili da 80 a 100 ppm nello strato superficiale. Ciò malgrado, non sembra possibile stabilire una soglia del contenuto in fosforo assimilabile, al di sotto della quale le somministrazioni di concimi fosfatici risultino chiaramente o perlomeno tendenzialmente efficaci sulla produzione legnosa. In ogni caso è da ritenere che questa soglia - per la P_2O_5 assimilabile, determinata col metodo Ferrari - sia nettamente al di sotto di quella di 100 ppm, indicata per le comuni piante erbacee (Piolanti, 1974) e anche di quella di 80 ppm, indicata per l'arboricoltura da frutto (Lalatta, 1980).

Nelle nostre esperienze i pioppi hanno risposto positivamente alla concimazione fosfatica in terreni modestamente forniti di P_2O_5 e caratterizzati sia da reazione subacida, buona disponibilità idrica e tessitura sabbiosa, sia da reazione neutra o subalcalina, tessitura sabbio-limosa ma con profilo di limitata potenza, mentre non hanno risposto in terreni molto poveri in P_2O_5 ma profondi e in condizioni idriche molto variabili. È probabile che il valore soglia muti con le caratteristiche fisico-chimiche del terreno.

Azoto

L'azoto è l'elemento costitutivo di aminoacidi, proteine, fenilpropanoidi e della molecola della clorofilla e partecipa alla

sintesi dell'acido nucleico; la sua funzione è quindi importante per la divisione cellulare e la crescita dei giovani tessuti. E quindi è un elemento indispensabile nel processo di accrescimento delle piante. In particolare, è essenziale soprattutto nella prima fase di crescita delle piante in quanto favorisce lo sviluppo di nuovi germogli e nuove foglie di un bel verde intenso.

Il contenuto in azoto del terreno è risultato molto variabile ma con valori quasi sempre denunciati, stando alla scala dei livelli indice comunemente proposti per le determinazioni eseguite con il metodo Kjeldahl, uno stato più o meno grave di carenza. Ciò nonostante, non è possibile evidenziare una netta correlazione tra contenuti del terreno e risposta del pioppo agli apporti di concimi azotati. È proprio in alcuni dei terreni più poveri di azoto che la somministrazione di fertilizzanti contenenti questo elemento non ha conseguito esiti positivi (Belgioioso, Pomposa). Va, però subito aggiunto che in tali località l'accrescimento complessivo è stato piuttosto modesto: ciò sta a dimostrare che i fattori limitanti non vanno ricercati soltanto nella scarsa disponibilità di elementi nutritivi ma anche a livello della tessitura e delle caratteristiche fisiche da essa determinate, tra le quali non ultima la capacità di ritenuta idrica. Bisogna anche aggiungere che l'azoto ammoniacale, o quello delle forme quali l'ureica che passano attraverso la forma ammoniacale, somministrato in copertura sui terreni alcalini, va incontro ad inevitabili perdite in quanto l'esposizione in superficie ed il pH elevato favoriscono la volatilizzazione dell'ammoniaca. È quindi indispensabile l'incorporamento nel terreno subito dopo lo spargimento, per contenere il fenomeno entro limiti accettabili.

In genere, però, la concimazione azotata ha conseguito risultati produttivi più elevati che con gli altri elementi, considerati tutti singolarmente, in particolare nei terreni

sabbiosi a reazione subacida e con buone disponibilità idriche e anche in terreni sabbio-limosi, con reazione subalcalina e con profilo di limitata potenza. Giova ripetere che la concimazione azoto-fosfatica è molto spesso più conveniente della sola concimazione azotata.

Collateralmente può essere utile ricordare che la concimazione azotata ha dato luogo a un notevole sviluppo di infestanti. In tal senso del tutto ininfluenti risultavano i concimi fosfatici e quelli potassici.

Sono state osservate conseguenze negative sull'accrescimento da eccesso di azoto quando si è usato il nitrato ammonico in terreno subacido. L'azoto (N_2) sotto forma di ammonio viene trasformato in nitrato (NO_3^-). In tal modo la concentrazione di idrogeno (H^+) nel substrato aumenterà e di conseguenza il pH si abbasserà. È quindi importante che quando viene somministrato molto ammonio, il pH della concentrazione sia sufficientemente alto. Ciò significa che in estate deve essere superiore a 5,5 e in inverno può essere leggermente inferiore poiché viene utilizzato meno azoto per le piante.

È anche probabile che il fenomeno possa verificarsi con maggiore frequenza e intensità in terreni carenti di fosforo. Evidentemente, anche per il pioppo l'azoto è l'elemento che presenta lo scarto minore tra i livelli corrispondenti alla deficienza e quelli corrispondenti all'eccesso e questo fatto impone particolare cautela nella scelta della dose e delle modalità di distribuzione, non essendo tollerate escursioni molto ampie.

Quanto all'impiego di fertilizzanti azotati in forma nitrica, ammoniacale e ureica, si ritiene utile precisare, sulla base dei risultati conseguiti, che non sono stati messi in evidenza in maniera univoca particolari pregi che distinguano le varie forme di concimi chimici o comunque tali da giustificare le note differenze di prezzo. Stando così le cose, la preferenza nel loro impiego

dovrà basarsi unicamente, fatte salve alcune considerazioni generali di ordine agronomico, sul minor costo dell'unità di azoto in essi contenuto.

A differenza di quanto constatato per il fosforo e per il potassio, l'analisi fogliare ha messo in evidenza l'efficacia della concimazione azotata sul contenuto in azoto delle foglie in molte delle stazioni considerate per cui si può affermare che, in linea generale, esiste una correlazione positiva tra somministrazione di azoto nel terreno e tenore dello stesso elemento nelle foglie. Più difficile è evidenziare una correlazione tra concentrazione di azoto nelle foglie e ritmo di accrescimento degli alberi nelle diverse stazioni, correlazione che sarebbe molto utile ai fini dell'applicazione della diagnostica fogliare nella guida alla concimazione azotata.

Sostanza organica

Molto variabile è risultata la consistenza della sostanza organica nei terreni pioppicoli esaminati; si passa dai livelli di estrema povertà della maggior parte dei terreni sabbiosi a valori che superano appena l'1,5% di certi terreni ex agrari per arrivare ad un massimo del 3% nello strato superficiale di terreni ex boschivi.

La concimazione letamica, effettuata peraltro a Palazzolo dello Stella, nel terreno con i più elevati contenuti di sostanza organica, coltivato in precedenza per un turno di 11 anni a pioppeto, impiantato in seguito a disboscamento, non ha avuto effetto significativo sull'accrescimento.

La dose di 500 q/ha di letame, in un terreno con circa il 3% di humus nei primi 50 cm dalla superficie, non poteva certo deter-

minare incrementi sostanziali di sostanza organica o di elementi nutritivi nel terreno o comunque tali da esercitare, nel corso di un turno di 12 anni, un'azione favorevole sulla produzione. Il coefficiente isoumico (K1) può essere al massimo pari allo 0,1 della sostanza secca corrispondente al concime organico. Anche l'apporto di elementi chimici è relativamente modesto.

La letamazione, però, come è già stato detto a proposito del vivaio, meriterebbe un'attenta considerazione come intervento atto a modificare la struttura del suolo. Infatti, la distribuzione del letame, che pur non costituendo un mezzo insostituibile ai fini del miglioramento della fertilità chimica - dato che i fertilizzanti minerali possono rispondere efficacemente a tale scopo - costituisce invece un indiscutibile mezzo naturale per migliorare le caratteristiche strutturali dei terreni argillosi e di quelli sabbiosi. Malauguratamente la sua distribuzione nella preparazione del terreno per la messa a dimora del pioppeto, se poteva essere attuata nel passato, è oggi di applicazione sempre più rara per le difficoltà che si incontrano nel suo reperimento. In considerazione di questo fatto è stata condotta una indagine con pollina in alternativa del letame in un terreno sabbioso, povero di sostanza organica. I risultati sono stati però del tutto inattesi in quanto la pollina, pur contenendo circa il 70% di sostanza organica, non ha esercitato un'azione favorevole sull'accrescimento delle piante. Va ricordato però che la sperimentazione è stata fatta in un pioppeto all'inizio della sesta vegetazione, cioè quando l'apparato radicale era già molto esteso ed aveva ormai colonizzato presumibilmente tutto il volume di terreno disponibile.

CARATTERISTICHE DEI TERRENI PER IL PIOPPO

Il terreno adatto al pioppo è quello sciolto, fresco e profondo, in grado di assicurare una buona aerazione, una adeguata alimentazione idrica e un abbondante volume di terreno utilizzabile dalle radici per il loro sviluppo senza impedimenti di sorta nello svolgimento delle loro funzioni fisiologiche e di ancoraggio.

Nel linguaggio comune vengono definiti sciolti e leggeri i terreni sabbiosi: sciolti perché non c'è coesione tra le particelle, che appaiono incoerenti, e sono privi di struttura per la mancanza di particelle colloidali; leggeri per la facilità con cui si eseguono le lavorazioni (sarchiature, discature, arature, ecc.). Si definisce sabbioso un terreno composto da oltre 60% di sabbia per cui la percentuale di particelle fini (limo più argilla) non supera il 40%. Nell'ambito di questi valori le classi granulometriche interessate sono le seguenti: sabbia, sabbia franca, franco-sabbiosa e franco-argillo-sabbiosa. Faccio notare che parte dei terreni delle ultime due classi hanno una tessitura che si avvicina a quella dei terreni di medio impasto, ritenuti i migliori per le colture agrarie, con le quali il pioppeto entrerebbe in competizione se ad esso venissero destinati.

In passato, in particolare negli anni '60 e '70 del secolo scorso, nell'ambito dell'azienda agraria il pioppeto, nei primi 2-4 anni del ciclo, veniva spesso consociato con colture erbacee (mais, grano, tabacco, fagioli, ecc.) sia in Italia che in altri paesi europei. Successivamente, nei paesi ad agricoltura intensiva, e in particolare in Italia, con la diffusione della monocoltura e di una meccanizzazione agricola sempre più spinta, sono praticamente spariti i filari di alberi tra le coltivazioni agrarie e le consociazioni nei pioppeti, per dare libero

accesso all'impiego delle macchine agricole, comprese quelle impiegate in pioppicoltura. In questi ultimi anni la situazione generale sta cambiando rapidamente, a causa del riscaldamento globale, e si vanno riscoprendo i vecchi sistemi dell'agroforestazione. L'Unione Europea per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità economica ed ambientale, soprattutto per contribuire alla riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, sta promuovendo tecniche di agroforestazione, come le coltivazioni di colture agrarie con filari di alberi, le fasce frangivento e le fasce tampone (detti sistemi silvoarabili). Detti sistemi svolgono importanti funzioni ecologiche ma non sono i più idonei per la produzione di legname di alta qualità tecnologica.

La reazione (pH) del terreno

Nella classificazione dei terreni in funzione del pH ci sono molti schemi che differiscono nei limiti di demarcazione delle classi e nella loro denominazione per cui io mi limito a riportare lo schema della IUSS: classificazione pH in H₂O: Peracidi < 5,3, Acidi 5,4-5,9, Subacidi 6,0-6,7, Neutri 6,8-7,2, Subalcalini 7,3-8,1, Alcalini 8,2-8,8, Peralcalini > 8,8. I terreni nei quali si coltiva il pioppo nella Pianura Padana rientrano normalmente nelle classi che vanno dal pH subacido al subalcalino. I terreni calcarei, con valori elevati di calcare attivo, hanno pH < 8,4. Un pH > 8,4 è indicativo di terreno tipicamente sodico (Hach Co, 1993; Ryan *et al.*, 2001), escluso dalla coltivazione del pioppo.

Le classi di terreno in base al contenuto % di calcare attivo formulate dall'ARPAV del Veneto con un *range* da scarso a molto

elevato sono le seguenti sei: scarso $< 0,5$; medio $0,5-2$; buono $2-5$; ricco $5-10$; molto ricco $10-15$; molto elevato >15 . Secondo la mia esperienza la clorosi ferrica nel pioppo si manifesta nei terreni della classe ricco, con valori di poco > 6 per il pioppo in vivaio su terreno argilloso e < 10 nei pioppeti in terreni con tessitura più sciolta.

La profondità del terreno, detta anche spessore o potenza del terreno

Quando si descrive o si parla di un pioppeto non si dimentica mai di indicare la spaziatura che indica la distanza tra le piante, la loro area di insidenza, e quindi il numero di piante ad ha, mentre si omette quasi sempre di indicare la profondità del suolo che dà un'idea precisa del volume di terreno nel quale le radici possono crescere liberamente per andare alla ricerca dell'acqua e degli elementi nutritivi necessari per la loro crescita. Ad esempio in un pioppeto con spaziatura di 6×6 m le singole piante hanno a disposizione un'area di 36 m^2 ma il volume ipogeo nel quale possono approfondire le radici varia con lo spessore o potenza del terreno. Così, tanto per fare un esempio, con una profondità di 50 cm, il volume disponibile sarà di 18 m^3 , se la profondità è di 1 m il volume sarà di 36 m^3 , se di 1,50 m sarà di 54 m^3 , se di 2 metri sarà di 72 m^3 . Con l'aumento del volume disponibile aumentano anche le riserve idriche e di elementi nutritivi a disposizione delle piante, anche se in maniera non sempre proporzionale allo spessore del profilo. Per cui, logicamente, diminuiscono anche le necessità di concimazioni e irrigazioni.

Infatti dai risultati delle prove di concimazione riassunte in questo lavoro si ha la conferma che le piante rispondono positivamente alla concimazione nei terreni meno profondi e in maniera meno evidente o non rispondono affatto in quelli più profondi. I

terreni meno profondi sono quelli delle prime 4 prove descritte e condotte in pioppeti non consociati con colture erbacee e cioè quelle fatte a Palazzolo dello Stella (UD) e Porto Mantovano (MN), in terreni calcarei, e quelle fatte a Cernago e a Mortara, in Provincia di Pavia, su terreni subacidi, tutti con uno spessore di 70-80 cm, i primi due per la presenza di un pancone calcareo e gli altri due per la presenza di falda idrica durante tutta la stagione vegetativa, data la loro ubicazione in area a risaie.

Il ruolo dell'apparato radicale nella nutrizione minerale

Il profilo dei terreni alluvionali, dove viene praticata la maggior parte della pioppicoltura, è spesso molto eterogeneo e può comprendere strati sovrapposti di vario spessore con composizione granulometrica molto diversa dovuta alle condizioni di deposizione molto variabile che si sono verificate durante le diverse piene. Si tratta di suoli poco sviluppati pedologicamente, generalmente ben dotati di riserve minerali di varia origine, ma poco ricchi di humus.

In tali ambienti, per rimediare al pericolo di un approvvigionamento idrico estivo insufficiente negli anni '50 del secolo scorso sono state messe a punto le tecniche dell'impianto profondo delle pioppelle e delle lavorazioni superficiali del terreno per eliminare la concorrenza della vegetazione erbacea spontanea che ostacola in maniera importante l'approvvigionamento idrico delle piante. Nel corso del tempo la coltivazione della salicacea si è cercato di estenderla anche nei terreni agricoli marginali. Data la notevole variabilità dei terreni utilizzati in pioppicoltura, dei tipi di materiali di impianto, delle tecniche di messa a dimora e dei cloni utilizzati, la crescita delle radici risulta piuttosto variabile e la loro distribuzione disomogenea



FIGURA 34abc- In un terreno sciolto e profondo nello strato superficiale del profilo si osserva un enorme intreccio di radici nell'interfilare e la presenza di grosse radici che si dipartono dalla base della ceppaia e a poca distanza da questa ramificano formando fittoni che puntano verso il basso e penetrano negli strati più profondi. Quest'ultima caratteristica è stata notata in particolare nel clone "Lux".



FIGURA 34def- In un terreno poco profondo (foto a sx e al centro), sciolto nello stato superficiale (meno di 1 m), si osserva (clone "I-214") una notevole proliferazione di radici con andamento orizzontale, mentre nello strato sottostante dello spessore di un paio di m, costituito da sabbia grossa, con capacità molto scarse di trattenere l'acqua, inizialmente si sono formate delle radici che non hanno superato una quarantina di cm di lunghezza e sono rimaste tali nel corso degli anni.

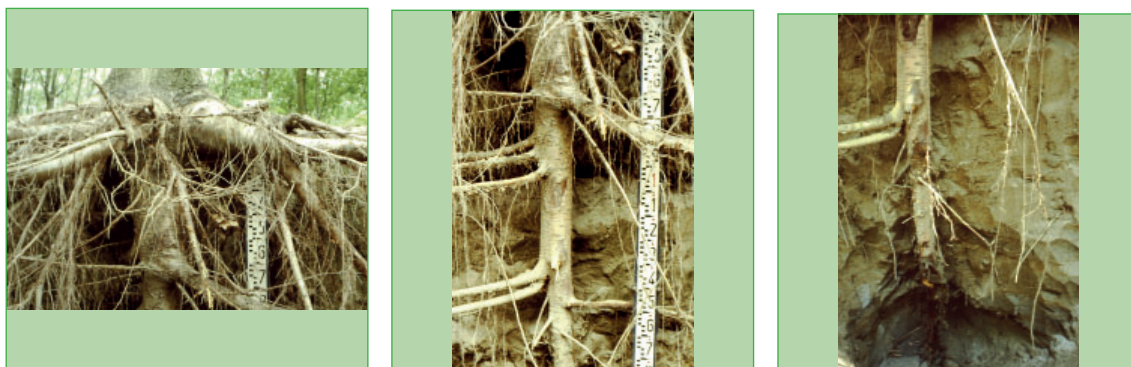


FIGURA 34ghi - Clone "Lux", impianto a 3 m, spaziatura 6 x 5 m, falda a 3 m nel periodo vegetativo). In un terreno profondo e sciolto ma con brevi strati di sabbia grossa alternati a strati con grana più fine, si nota che le radici non si sono formate in corrispondenza degli strati di minore capacità idrica di ritenuta. Volume di terreno esplorato per pianta 90 m³.



FIGURA 34 *lmn* - In queste tre foto si nota l'apparato radicale (clone "I-214", spaziatura 6 x 6 m) formatosi in un terreno sciolo e molto profondo, con granulometria uniforme in tutto il profilo per una profondità di circa 2 m. Le radici si sono sviluppate regolarmente, con un andamento più o meno orizzontale, su tutta la parte del fusto della pioppella interrata all'impianto alla profondità di circa 2 m. A tale profondità, cioè alla base della pioppella, si è formata una corona di vigorose radici per cui il volume di terreno riservato da ogni singola pianta supera i 72 m³.

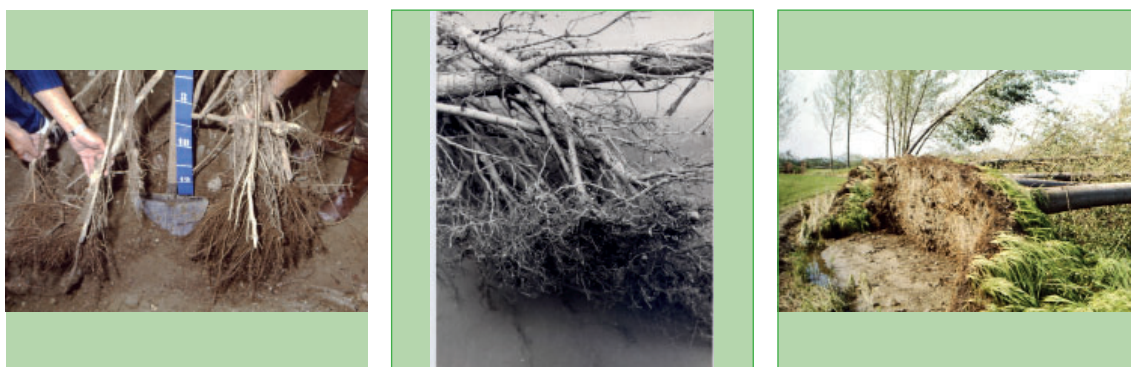


FIGURA 34 *opq* - Ramificazione delle radici a "pennello" in prossimità dell'acqua di falda a 1,20 m (Figura o), a 0,85 m (Figura p) e a 0,45 m (Figura q). Il pioppo mantiene le radici al di sopra della superficie freatica, nella zona di aerazione della frangia capillare, evitando accuratamente la zona di saturazione, priva di aria. In questi casi i volumi di terreno disponibili per le radici di una singola pianta, a parità di spaziatura di 6 x 5 m, sono rispettivamente di 36 m³, 25,5 m³ e 13,50 m³.



FIGURA 34 *rst* - Le foto *r* ed *s* mostrano radici che si sono sviluppate sopra il terreno, in zona di aerazione, e non si sono approfondite in quello immerso, saturo. La foto *s* mostra la formazione di innesti tra le radici. La foto *t* mostra un gruppetto di pioppi giovani il cui tronco è stato ricoperto con un cumulo di sabbia alto circa 3 m. Le piante, stimolate dall'umidità della sabbia, hanno prodotto una notevole quantità di radici lungo tutta la parte immersa in tale substrato, nel quale si sono allungate e ramificate in tutte le direzioni alla ricerca dei pochi elementi nutritivi disponibili.

nel profilo (Figura 34). Per cercare di fare un po' di chiarezza su tale argomento vengono qui riportati in sintesi i risultati di rilevamenti e di osservazioni sulla conformazione del sistema radicale del pioppo in funzione della profondità del terreno esplorato dalle radici, delle caratteristiche fisiche dei vari strati del profilo, della presenza di ostacoli fisici alla penetrazione delle radici, della profondità della falda freatica, del tipo di materiale di impianto e della profondità della messa a dimora e, infine, del clone.

Da tali rilievi è subito emerso che radici si sviluppano meglio dove trovano le condizioni di umidità e aerazione più favorevoli alla loro crescita, e questo normalmente avviene nei terreni sciolti e profondi, con buone disponibilità di acqua, di ossigeno e di nutrienti. In particolare è nella parte più superficiale del profilo, dove il terreno è più soffice e dove è maggiore la concentrazione di acqua, ossigeno e nutrienti, che le radici crescono normalmente con successo e presentano le dimensioni maggiori. Queste grosse radici possono avere un andamento più o meno inclinato, a seconda del clone (meno per il clone "I-214", di più per il clone "Lux"), con ramificazioni, soprattutto per il "Lux", nettamente fittonanti (Figura 34*abc, def*). Con l'aumentare della profondità diminuisce la disponibilità di ossigeno, in maniera più o meno pronunciata, a seconda delle caratteristiche fisiche del terreno, e diminuiscono anche il numero e le dimensioni delle radici. In particolare dalle caratteristiche granulometriche del terreno nei vari strati dipende il profilo idrico che è fattore maggiormente responsabile dello sviluppo e della distribuzione delle radici. In terreni sciolti e profondi, con profilo idrico uniforme, condizioni di umidità e di aerazione favorevoli stimolano la formazione e l'estensione delle radici in tutta la parte del fusto interrato (Figura 34 *lmn*) mentre, al contrario, strati con insufficiente dispo-

nibilità di acqua o insufficiente aerazione inibiscono sia l'una che l'altro, con conseguenze sulla presenza e sulla densità delle radici nei vari strati del profilo: più elevata dove le condizioni di abitabilità sono più favorevoli, più scarsa dove esse sono meno favorevoli (Figura 34 *ghi*). In presenza di una falda freatica superficiale si nota una ramificazione delle radici molto spinta, che inizia a poca distanza dalla ceppaia e si arresta subito sopra il livello dell'acqua della falda (Figura 34 *opq*).

Le differenze tra un clone e l'altro per quanto riguarda la capacità di resistere in condizioni di scarsa disponibilità di ossigeno o di sopportare la presenza di un suolo particolarmente compatto dipendono dalle loro caratteristiche genetiche ma lo sviluppo e la conformazione finale dell'apparato radicale dipendono da limiti ad esso imposti dalle caratteristiche del terreno. Non è facile valutare l'effetto dei singoli fattori sullo sviluppo e l'orientamento delle radici ma è chiaro che l'assetto definitivo del sistema radicale rappresenta la risultante dell'azione esercitata dall'interazione del genotipo con i fattori edafici, umidità in particolare, e con quelli culturali: tipo di materiale e profondità di impianto.

In condizioni ottimali le piante del clone "Lux" presentano un sistema radicale tendenzialmente fittonante, quelle del clone "Luisa Avanzo" hanno radici con andamento meno inclinato e più superficiale e quelle del clone "I-214" mostrano un andamento intermedio; cioè a fianco di grosse radici con andamento quasi orizzontale si osservano radici che si dirigono verso il basso e ramificazioni tendenzialmente fittonanti.

A parità di condizioni edafiche, il tipo di materiale di impianto, ad esempio talee (lunghe una ventina di centimetri) rispetto a pioppelle (piantate alla profondità usuale: da 1 a 1,50 m), ha conseguenze precise sulla conformazione del sistema radicale. La

pianta derivata da talea presenta radici fitonanti mentre quella derivata da pioppella mostra radici con andamento orizzontale o leggermente inclinato, lungo tutto il profilo se le condizioni edafiche sono ottimali per la loro crescita. L'effetto dell'impianto profondo (da 1,50 a 3 m) varia in funzione del profilo idrico del terreno. Tra le cure colturali è, in prevalenza, l'irrigazione localizzata che stimola fortemente la ramificazione delle radici.

È molto probabile che il grado di estensione ed esplorazione radicale sia in stretta relazione con l'età e la dimensione degli alberi e che la colonizzazione delle radici da parte delle micorrize possa aumentare ulteriormente la superficie assorbente del sistema radicale. A tale proposito si stanno facendo importanti studi sulle ectomicorrize (dal greco *ektos*, "fuori"), associazioni simbiotiche tra funghi del terreno e radici non lignificate delle piante, che riguardano soprattutto gli alberi delle foreste temperate e boreali e, quindi, anche il pioppo. Questo fungo circonda le radici e penetra tra le pareti delle loro cellule influenzando positivamente la nutrizione minerale delle piante. Tra le ectomicorrize si possono ricordare i generi *Laccaria bicolor* e *Paxillus involutus*, che sono sistemi modello ectomicorrizici ben consolidati per l'instaurazione dell'interazione simbiotica con il pioppo. Il genoma di *L. bicolor* è disponibile e quello di *P. involutus* è attualmente in fase di sequenziamento (Martin *et al.*, 2008; Marmeisse *et al.*, 2013). Pertanto, la combinazione di pioppo con funghi modello sequenziati è particolarmente utile per svelare l'ecologia molecolare delle interazioni albero-micor-

riziche. In questo campo in alcuni laboratori fervono le ricerche e i risultati sono promettenti.

Conformazione dell'apparato radicale in funzione delle caratteristiche dell'ambiente pedologico

È intuitivo che l'interramento superficiale dei concimi non può avere lo stesso effetto sull'accrescimento delle piante quando i volumi di terreno a disposizione delle radici sono così diversi.

È evidente che le radici reagiscono in base alle caratteristiche del suolo, complessivamente considerate, e si adattano con strategie diverse in modo da soddisfare le loro esigenze necessarie per compiere le loro funzioni, di ancoraggio e fisiologiche, nello spazio disponibile.

Per quanto riguarda la profondità della falda, nei casi studiati, essa varia da circa una cinquantina di cm a 3 m. Secondo la mia esperienza la profondità può essere considerata buona da 1 a 2 m e ottimale a 1,50 m. Essa influisce notevolmente sulla forma e l'organizzazione spaziale dell'apparato radicale, come si può vedere chiaramente confrontando le fotografie indicate *lmn* con quelle *opq* della figura 34. Ne consegue che varia molto anche il peso secco della massa prodotta (ceppaia e radici) rispetto a quello della parte epigea dell'albero (tronco e rami, compresi quelli eliminati nel corso del turno con le potature). Sulla somma dei pesi secchi di entrambe le masse (epigea ed ipogea) si può ragionevolmente ritenere che il peso secco dell'insieme ceppaia e radici possa variare, nei due casi considerati, dal 20 al 10%.

CONSIDERAZIONI AGRONOMICHE

Poiché sulla produzione un ruolo determinante è svolto dalla fertilità della stazione, è naturale che si ponga la massima attenzione allo studio degli aspetti nutrizionali con il preciso scopo di acquisire tutte le conoscenze necessarie per razionalizzare l'impiego dei fertilizzanti.

Anche in pioppicoltura la tecnica della concimazione deve uscire dall'empirismo per raggiungere un livello di conoscenze sufficienti per valutare le disponibilità del terreno e le reali esigenze della pianta in elementi nutritivi nei vari periodi del turno. Tutto ciò allo scopo di stabilire, sulla base di precisi criteri fisiologici, ma anche economici, i periodi e le modalità di intervento, le quantità ed i rapporti tra i fertilizzanti, in relazione alla natura del terreno, alle condizioni climatiche, alle disponibilità di acqua e alle esigenze del clone.

Su molti di questi argomenti le ricerche da me condotte all'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura negli anni dal 1964 al 1994, su una base sperimentale molto ampia, hanno fornito risultati molto utili anche sul piano pratico, gran parte dei quali vengono riassunti in questa nota.

Innanzitutto va ricordato che con la somministrazione di elementi fertilizzanti al terreno non sempre si risolve con un miglioramento generale dello stato di nutrizione delle piante o con un aumento di produzione. La diagnostica fogliare ha dimostrato che con la concimazione abbastanza frequentemente si può elevare il tenore di azoto delle foglie, meno frequentemente quello di potassio e soltanto raramente quello di fosforo. Ha dimostrato inoltre che vi è una certa corrispondenza tra disponibilità di elementi nutritivi nel suolo e loro tenore nelle foglie ma che è più difficile

trovare una netta correlazione tra tenore in elementi nutritivi nelle foglie e produzione legnosa. Ciò significa che con l'apporto di azoto al terreno si può produrre un più elevato tenore di tale elemento nelle foglie senza avere un corrispondente incremento legnoso del tronco.

Va anche tenuto presente che la concimazione è un'operazione che deve rispondere sia a criteri di razionalità sia a esigenze di ordine economico. Non è conveniente attuare la coltivazione del pioppo con metodi intensivi nei terreni che forniscono produzioni inferiori a 15 m³/ha/anno. Questo limite ha un valore soltanto indicativo perché dipende da molti fattori tra cui *in primis* la qualità del prodotto e il prezzo di mercato. In presenza di piante con sviluppo stentato, prima di decidere se è come concimare, si dovrebbero individuare i fattori responsabili del limitato accrescimento. È chiaro che se vi sono carenze a livello di struttura del terreno, o di eccesso di calcare attivo o difficoltà di drenaggio, non si può pretendere di migliorare con la sola concimazione l'accrescimento degli alberi. L'eccesso di acqua, riducendo lo stato di aerazione, crea condizioni di asfissia per le radici, con conseguenze negative sull'accrescimento delle piante. Prima di decidere di piantare pioppi su tali terreni occorre vedere se è possibile migliorarne in drenaggio, altrimenti si lasciano ad altre destinazioni.

L'esperienza insegna che uno dei principali fattori favorevoli alla crescita del pioppo è la spaziatura, intesa sia in senso orizzontale (distanza tra le piante) che in senso verticale (profondità del profilo del suolo e, quindi, volume di terreno che può essere esplorato dalle radici senza impedimenti). Aumentando la distanza tra le pian-

te aumenta l'incremento annuo dei singoli alberi ma diminuisce la produzione totale per unità di superficie perché si riduce il numero di alberi ad ettaro. Però aumenta la percentuale del legno destinato alla sfogliatura che spunta sul mercato prezzi molto più alti assicurando al pioppicoltore una più alta remunerazione. Tenendo conto di questo fatto si ritiene che le densità più adatte per una pioppicoltura di qualità siano quelle che contemplano dalle 250 alle 280 piante per ettaro. Tuttavia sarebbe utile ripetere le prove di spaziatura con cloni di recente selezione in ambienti pedoclimatici diversi.

Anche il modello colturale adottato riveste un ruolo importante ai fini della concimazione. Basti pensare alle consociazioni nei pioppeti con piante erbacee di grande coltura, abbondantemente concimate - pratica abbastanza diffusa, soprattutto in Piemonte -, e al successivo interrimento dei loro stocchi e steli e della vegetazione spontanea, che nei pioppeti può rappresentare volumi di necromassa considerevoli. Durante il breve periodo delle consociazioni il ritmo di accrescimento dei pioppi viene rallentato ma negli anni successivi riprende e recupera rapidamente, anche grazie alle discature che vengono fatte per distruggere la vegetazione spontanea.

Non bisogna dimenticare che il pioppeto occupa lo stesso terreno mediamente per un decennio e che durante questo periodo il suolo viene lavorato superficialmente nei

primi 10-15 cm. Il mancato rimescolamento degli strati superficiali con quelli più profondi, tende ad aumentare le differenze tra gli strati. Lo strato più superficiale, biologicamente più attivo, si arricchisce continuamente sia per l'apporto diretto di fertilizzanti sia per l'interramento dei residui organici; viceversa, lo strato sottostante tende progressivamente a impoverirsi di elementi nutritivi che vengono assorbiti dalle radici e ritornano al terreno attraverso le foglie, accumulandosi in superficie quelli meno mobili come il fosforo, il potassio e il calcio e disperdendosi in profondità per dilavamento l'azoto. Di qui deriva il convincimento che la concimazione di fondo debba servire ad arricchire di elementi nutritivi tutti gli strati nei quali la massa radicale è più concentrata. Va da sé che questo tipo di concimazione è opportuno compierlo contemporaneamente alle lavorazioni profonde che precedono l'impianto e riguarderà principalmente i concimi fosfatici e quelli potassici dato che la loro mobilità nel terreno è tanto minore quanto maggiore è il potere assorbente. Viceversa, i composti azotati inorganici ridotti possono essere più efficacemente distribuiti in superficie perché essi, per ossidazione, danno origine allo ione nitrato il quale, avendo carica negativa, si muove liberamente attraverso il terreno e perciò viene portato più velocemente verso il basso nella zona delle radici e in parte viene disperso per dilavamento.

CONCLUSIONI SULLA CONCIMAZIONE DEL PIOPPETO

Un'importante informazione che scaturisce dall'insieme delle esperienze di concimazione è che la risposta del pioppo agli apporti di fertilizzanti varia con le modalità di applicazione del concime e le caratteristiche ambientali da valori insignificanti a valori nettamente positivi statisticamente probanti. La concimazione in profondità nella buca di impianto ha dato risultati positivi, come già era stato dimostrato in passato da diversi studiosi (Draghetti 1959, Tosi 1966). Oggi però tale tecnica non si può più applicare con le stesse modalità dato che non si aprono più le buche a mano di grandi dimensioni ma con trivelle di diametro minimo (10-12 cm), azionate meccanicamente, per aprire raggiungendo profondità da 1,50 a 3 m. Attualmente la concimazione si può realizzare utilizzando la subirrigazione che distribuisce l'acqua attraverso tubazioni disposte ai lati dei filari degli alberi a circa un metro di distanza e interrate a una quarantina di cm di profondità con erogatori localizzati a distanze ravvicinate l'uno dall'altro. La tecnica irrigua però deve tener conto delle caratteristiche fisiche del suolo. In terreni sabbiosi molto permeabili e in condizioni di scarse precipitazioni nei mesi più caldi, l'irrigazione a goccia non ha dato risultati soddisfacenti.

Per quanto riguarda i risultati delle prove di concimazione hanno dato esiti positivi le 2 prove fatte in Lomellina, a Cernago (PV) e Mortara (PV), su terreni sabbiosi, a reazione subacida e con falda durante il periodo vegetativo alla profondità di una ottantina di cm, e le altre due fatte a Palazzo dello Stella (UD) e a Porto Mantovano (MN) su terreni a reazione subalcalina e a tessitura rispettivamente franca e franco-sabbiosa, ma anch'essi superficiali (da

60 a 80 cm) per la presenza di panconi calcarei. In tutte e quattro le stazioni le singole piante avevano a disposizione un volume di terreno di appena una ventina di m³. In particolare le prove condotte in Lomellina hanno messo in evidenza sia l'effetto positivo delle concimazioni azotate e di quelle azoto-fosfatiche (Figura 10), che l'effetto depressivo di dosi di azoto risultate eccessive (3 kg/albero di nitrato ammonico 26-27%). Che si tratti di effetto depressivo per dosi troppo elevate lo dimostra il fatto che è stato sufficiente frazionarle in due tempi per evitare l'inconveniente. Il frazionamento non ha però migliorato significativamente la crescita rispetto alla dose dimezzata. Molto modesto appare l'effetto del potassio, come del resto è risultato in molte altre prove. Significativo appare l'effetto della concimazione azotata, incerto quello della concimazione potassica e nullo quello della concimazione fosfatica, rispettivamente sul contenuto in azoto, potassio e fosforo delle foglie.

Viceversa prove, più o meno analoghe, ripetute in diversi pioppeti nel Casalese, nel Pavese, nel Delta del Po e in altri siti con terreni sabbiosi e disponibilità idriche molto variabili nel corso della stagione vegetativa, modestamente calcarei e con reazione tra il neutro e il subalcalino, molto più profondi dei precedenti, ma ritenuti modestamente dotati o poveri di sostanza organica e di elementi nutritivi, hanno dato risultati nulli o molto modesti sull'accrescimento in diametro del fusto. Va ricordato che ripetute osservazioni hanno tra l'altro messo in evidenza una netta azione della concimazione azotata nell'aspetto generale della pianta (ad esempio, colorazione verde più intensa delle foglie) in certe annate

(ad es. 1980) con buone precipitazioni, associate a temperature non eccessivamente elevate, tra la fine della primavera e l'inizio dell'estate, anche in stazioni, come a Casale Monferrato, dove complessivamente non sono stati registrati significativi incrementi legnosi con gli apporti di fertilizzanti.

Le differenze ambientali più evidenti che possono essere colte tra i terreni che hanno dato risposte diverse alla concimazione riguardano, sia il terreno, visto nelle sue caratteristiche fisico-chimiche, la profondità e il grado di omogeneità degli strati esplorati dalle radici, e sia la disponibilità idrica e l'entità delle precipitazioni primaverili ed estive. Le inevitabili variazioni climatiche annuali, influenzano in maniera importante l'ambiente edafico e condizionano l'accrescimento delle piante e la loro risposta alla concimazione.

Altro dato molto importante, che scaturisce dalla generalità delle prove fino ad ora effettuate, è che la risposta positiva all'apporto di fertilizzanti viene spesso da piante molto giovani e, frequentemente, i maggiori incrementi conseguiti nei primi anni del turno sono solo un vantaggio temporaneo. A tale proposito appare logico pensare che

nei primi anni la pianta giovane possa giovare dell'aggiunta di concimi al terreno quando dispone ancora di pochissime radici ed esplora una limitata parte del volume di terreno disponibile. Negli anni successivi la densità radicale aumenta rapidamente anche nelle piante del testimone (non concimate) e in diversi casi si è osservato che le differenze positive iniziali dovute alla concimazione si attenuano progressivamente fino ad annullarsi completamente a fine turno.

Di conseguenza la concimazione di produzione dovrebbe essere limitata alla prima metà del ciclo, in quanto risulta nettamente meno efficace e spesso inutile nella seconda metà del turno, durante il quale, molto spesso, come già detto, le piante del testimone raggiungono quelle concimate nei primi 4-5 anni con risultati positivi. Tutto ciò mette in evidenza che la somministrazione del concime non va necessariamente commisurata all'incremento annuo della produzione legnosa degli alberi. L'incremento corrente legnoso in volume è molto più elevato nei pioppeti di media età e adulti che in quelli giovanissimi o giovani i quali, invece, nelle condizioni sperimentali precisate e cioè in terreni poco profondi (dove si riduce il volume di suolo utilizzabile dalle radici) ma con buone disponibilità idriche, si sono avute risposte positive alla concimazione.

Parametro molto più utile appare invece l'incremento annuo percentuale che risulta essere massimo nei primi anni a dimora per poi calare progressivamente (Figura 35).

Sulla base di tali dati appare logico pensare che la pianta giovane possa giovare dell'aggiunta di concimi al terreno quando dispone ancora di pochissime radici ed esplora una piccola parte del volume di terreno disponibile, ma consegue incrementi percentuali molto elevati. In tal senso gioca un ruolo importante il rapporto tra densità radicale e volume di terreno esplorato. Le

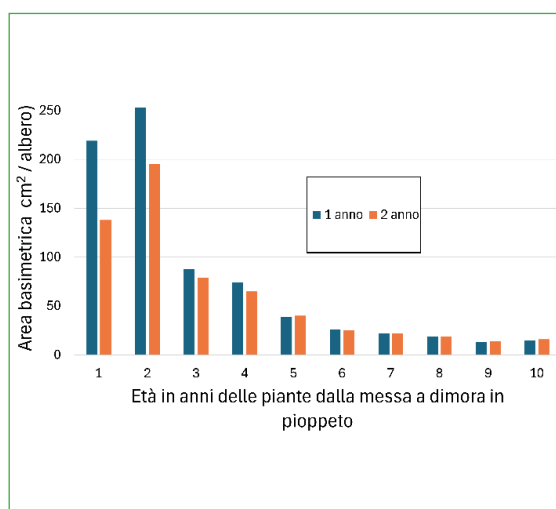


FIGURA 35 - Incremento legnoso annuo percentuale di piante di pioppo nel corso di un turno decennale. Confronto tra pioppelle di uno e due anni di vivaio messe a dimora in pioppeto.

piante dopo la messa a dimora iniziano ad emettere nuove radici ma il volume di terreno esplorato durante la prima vegetazione è minimo e va aumentando rapidamente negli anni successivi fino a colonizzare tutto il volume disponibile presumibilmente verso la metà del turno decennale. È probabile che quando le radici sono riuscite a colonizzare tutto il volume di terreno disponibile, l'eventuale apporto di concimi in superficie non risulti efficace.

Consigli pratici

Va subito messo in evidenza che l'efficacia dei concimi è condizionata dai limiti imposti dagli altri fattori, la conoscenza dei quali è indispensabile per intervenire razionalmente. Quando il pioppicoltore progetta di fare un pioppeto in un terreno che non conosce, la prima cosa che deve fare è aprire delle buche e prelevare dei campioni di terreno da analizzare, per vedere quale può essere la profondità del profilo utilizzabile dalle radici e quali sono le sue caratteristiche granulometriche dei vari strati. Nei terreni di golena di solito si nota la presenza di strati sovrapposti di granulometria diversa. Nel caso in cui il profilo risulti profondo, da 1,50 m e oltre, e complessivamente gli strati presentino tessitura diversa ma compresa nelle classi seguenti: sabbia franca, franco sabbiosa, franca, franco argillo sabbiosa, e magari dotati di una falda accessibile alle radici o si trovi in area irrigabile, si può tranquillamente coltivare il pioppo senza preoccuparsi tanto della concimazione. Meglio ancora se il profilo del terreno non presenta stratificazioni evidenti con presenza di materiale grossolano. In questi casi conviene fare l'impianto profondo per consentire alla pioppella di radicare uniformemente lungo tutto il profilo sin dalla messa a dimora. Se invece il terreno ha una profondità ridotta, 70-80 cm, ma il profilo

risulta abbastanza uniforme e ha una buona tessitura, compresa nelle classi ricordate, e ha buone disponibilità idriche e non ha limiti costituzionali (eccesso di calcare attivo, difficoltà di drenaggio), l'apporto di concimi, preferibilmente azoto-fosfatici, ha buone probabilità di dare risultati positivi.

Si ritiene utile la concimazione di fondo, da farsi prima dello scasso, per mantenere la fertilità rimpiazzando le asportazioni, per prevenire il rischio di insospettate carenze o rapporti squilibrati tra gli elementi nutritivi e per assicurare una sufficiente dotazione di fosforo e di potassio al fine, soprattutto, di stimolare rispettivamente lo sviluppo dell'apparato radicale (fosforo) e, forse, l'incremento della densità del legno (potassio), qualora questa caratteristica fosse ritenuta vantaggiosa tecnologicamente. In linea puramente indicativa, si può ritenere che per un turno decennale, quale concimazione di mantenimento, sufficiente cioè a non provocare depauperamento del suolo, basti somministrare, oltre ad eventuale apporto di materiale organico, le seguenti quantità di concimi:

- perfosfato minerale 19-21%: 4-5 q/ha, pari a 80-100 kg/ha di fosforo (P_2O_5);
- solfato potassico 50-52%: 2-3 q/ha, pari a 100-150 kg/ha di potassio (K_2O).

È consigliabile effettuare l'interramento dei concimi fosfatici e potassici con l'aratura profonda pre-impianto, in modo da arricchire di elementi nutritivi tutto il profilo maggiormente esplorato dalle radici.

L'azoto, elemento più mobile degli altri nel terreno, va distribuito in copertura (da metà aprile a metà giugno) nell'area di proiezione della chioma nei primi due anni e sparso su tutta la superficie nei 2 anni successivi. Si tratta quindi di concimazione di produzione distribuendo sul terreno complessivamente i quantitativi seguenti: solfato ammonico 26% (o l'equivalente in urea): 8-9 q/ha, pari a circa 210-230 kg/ha di azoto (N_2). Notevole è l'effetto di questo elemento

sulla vegetazione erbacea spontanea per cui, per evitare effetti competitivi nei riguardi del pioppo, occorre evitarne lo sviluppo con lavorazioni superficiali del terreno.

Per la concimazione di produzione con concimi fosfatici e potassici è abbastanza evidente che conviene farla soltanto in terreni poveri e con profilo di ridotta potenza, limitandola alla prima metà del turno e apportando al terreno quantitativi all'incirca pari a quelli indicati per la concimazione di fondo. Una più precisa quantificazione delle somministrazioni potrà essere decisa in relazione alla dotazione effettiva del terreno stabilita sulla base della sua storia colturale e di appropriate analisi fisico-chimiche. Va anche tenuto presente che la concimazione è un'operazione che deve rispondere sia a criteri di razionalità e sia a esigenze di ordine economico. Nei terreni nei quali il pioppo dà accrescimenti ridotti, come ad esempio i terreni dei pendii collinari monferrini, tendenzialmen-

te asciutti nel periodo vegetativo, i suoli acidi della Baraggia vercellese e i terreni a grana molto fine (tessitura argillosa, franco limosa, franco argilla limosa), con problemi di drenaggio, gli eventuali incrementi legnosi dovuti alla concimazione, anche se statisticamente significativi, sono piuttosto modesti e non coprono le spese necessarie per effettuarla.

In estrema sintesi nella valutazione dell'idoneità di un terreno alla coltivazione del pioppo sono le sue caratteristiche fisiche da porre in primo piano (potenza del profilo, granulometria, disponibilità idrica, drenaggio, ecc.), seguite da quelle chimiche (reazione in pH, eccesso di calcare attivo, eccesso di sali, ecc.) e, infine, dalla disponibilità di elementi nutritivi le cui eventuali carenze possono essere più facilmente corrette con l'apporto di fertilizzanti, peraltro da utilizzare con le cautele che ci vengono suggerite dai risultati conseguiti con la sperimentazione specifica.

Bibliografia citata

- Bernier B., 1984 - *Nutrient cycling in Populus: a literature review with implications in intensively-managed plantations*. IEA/ENFOR Joint Report, 6.
- Bisoffi S., Frison G., 1993 - *Progressi nel miglioramento genetico e nelle tecniche di coltivazione del pioppo in Italia*. Agricoltura Ricerca, n. 147/148: 77-94.
- Chardenon J., 1957 - *La fumure du peuplier*. La Potasse, Mars.
- Chardenon J., 1957 - *Résultats des essais d'engrais* VI Congrès International du Peuplier.
- Draghetti A., 1959 - *Depauperamento del terreno dovuto alla pioppicoltura*. Il Campagnolo n. 2 (febbraio).
- Giardini A., 1963 - *Ricerche sperimentali sulla concimazione del pioppo*. Agricoltura delle Venezie, Quaderno III. Rivista della Consulta per l'Agricoltura e le Foreste delle Venezie.
- Giardini L., 1977 - *Agronomia generale*. Patron Editore, Bologna.
- Henry Ed., 1878- *Etude Chimique sur les Essences Principales de la Forêt de Haye*. Extrait des Annales de la Station Agronomique de L'Est. Librairie Agricole Maison Rustique, Paris.
- Interreg Forêt Pro Bos, 2020 - *Peuplier, Environnement & climat*. Edition annuelle: octobre: 8-9.
- Lalatta F., 1980 - *La fertilizzazione nell'arboricoltura da frutto*. Edagricole, Bologna.
- Lavezzini A., 1957 - *La concimazione del pioppo*. L'Italia Agricola, 94: 572-578.
- Morani V., 1961 - *Ricerche sulla concimazione del pioppo*. Cellulosa e carta, 12 (10): 8-12.
- Muller E., Lambs L., 2004 - *Variation journalière de la consommation d'eau de peupliers en vallée de la Garonne*. Forêt-entreprise, n. 160 (Décembre): 59-61.
- Nelder J.A., 1962 - *New kinds of systematic design for spacing experiments*. Biometrics, 18: 283-307.
- Paillassa E., 2008 - *Les besoins en eau des pepleries*. Forêt-entreprise, n. 181 (Juillet): 45-47.
- Piccarolo G., 1952 - *Il pioppo. Norme pratiche di coltivazione*. REDA, 130 p.
- Piolanti G., 1974 - *La concimazione chimica. Tecnica ed esperienze*. Edagricole, Bologna.
- Pourtet J., 1957 - *La culture du peuplier*. Paris, p. 92-94.
- Provaglio G., 1969 - *Il pioppo nell'azienda agraria*. Paravia, 85 p.
- Rossi Marcelli A., Duranti G., Giulimoni G., 1980 - *Produttività primaria netta del pioppeto*. Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale, ENCC, 13 (3): 203-226.
- Tosi C., 1966 - *La concimazione minerale al pioppeto*. L'Italia Agricola, 103 (10): 921-941.
- Tronco G., 1964 - *Il pioppo. Impieghi, coltivazione, prospettive*. REDA, 124 p.
- Viart M., 1965 - *Contribution à l'étude de la fumure minérale du peuplier*. Bulletin du service de culture et d'études du peuplier, Paris, SEITA, 2: 1-38.
- Wind C., Arent M., Fromm J., 2004 - *Potassium-dependent cambial growth in poplar*. Plant Biol., 6: 30-37.

Bibliografia consigliata

- Frison G., 1969 - *Asportazioni minerali nel pioppeto*. Cellulosa e Carta, n. 6.
- Frison G., 1975 - *La concimazione del pioppeto*. Terra Vita, 16 (29): 22-23.
- Frison G., 1976 - *Results of poplar fertilizing trials on sandy soils*. Proc. IV Int. Colloquium on the Control of Plant Nutrition, Ghent (Belgio), II: 377-390.
- Frison G., 1976 - *Influenza dei concimi minerali sull'accrescimento del pioppo*. Cellulosa Carta, 27 (5): 3-20.
- Frison G., 1978 - *Risultati di cinque esperienze sulla concimazione minerale del pioppo*. Cellulosa Carta, 29 (11): 9-26.
- Frison G., 1979 - *Ricerche sulla nutrizione minerale del pioppo per mezzo della diagnostica fogliare (tecnica di campionamento)*. Cellulosa Carta, 30 (12): 5-32.
- Frison G., Anselmi N., Boccone A., 1982 - *Research on iron chlorosis of poplars*. XXII Sess. FAO/IPC/DIS. Casale Monferrato, FO:CIP/D/82/23, 59 p.
- Frison G., 1984 - *Nuovo metodo di potatura per il pioppo*. Cellulosa e Carta, n. 3.

- Frison G., 1984 - *Sperimentazione pioppicola attuata nel Delta padano*. ENCC/SA. - Ente Regionale Sviluppo Agricolo per l'Emilia Romagna, 63 p.
- Frison G., 1985 - *Pioppeto: importanza della concimazione*. Giornale di Agricoltura, 95 (28): 48-52.
- Frison G., 1985 - *Recenti orientamenti sulla concimazione del pioppo nella Padania*. Atti Convegno regionale "La pioppicoltura nel Friuli-Venezia Giulia", Torviscosa (Udine), 11 febbraio 1985, p. 128-172.
- Frison G., 1985 - *Risultati di 38 esperienze plurienali sulla concimazione del pioppo nella Padania*. Postato in due note (prima e seconda parte) sul sito web: www.giuseppefrison.it
- Frison G., 1986 - *Réponse à la fumure du peuplier cultivé à des distances croissantes*. Agence int. de l'Energie, FAO/CIP, Comité "ad hoc", Production de Biomasse de salicacées. Réunion jointe. Casale Monferrato, 42 p.
- Frison G., 1986 - *Prove sulla cura della clorosi ferica del pioppo*. L'Informatore agrario, 42 (48): 65-72.
- Frison G., 1987 - *Recenti orientamenti sulla concimazione del pioppo nella Valle padana*. Rivista di Economia e Attualità della CCIAA di Mantova, n.148: 41-58.
- Frison G., 1992 - *Nutrizione minerale del pioppo e concimazione in vivaio e in pioppeto*. SAF / Istituto di sperimentazione per la pioppicoltura, Casale Monferrato.
- Frison G., 1992 - *Nutrition mineral du peuplier et fumure en pépinière et en peupleraie*. Numéro Spécial 1992 "Fertilization en populiculture" du Centre de Populiculture du Hainaut, Colloque du 10 avril 1992.
- Frison G., Facciotto G., 1992 - *Possibilities of poplar cultivation in acid, saline and calcareous soils*. FO:CIP:MISC/92/9. Saragoza, 22-25 /9/1992.
- Frison G., Facciotto G., 1994 - *La densità di impianto e i suoi riflessi produttivi in pioppicoltura*.
- Frison G., 1994 - *Possibilità della pioppicoltura in terreni marginali*. ISP/SAF/ENCC, Casale Monferrato. L'Informatore Agrario, 30 p.
- Frison G., 1995 - *Osservazioni sull'apparato radicale del pioppo*. Edizioni L'Informatore Agrario, Verona, 31 p.
- Frison G., 1978 - *Nota I^a. Risultati preliminari. Accrescimento del pioppo in funzione della classe diametrica dei trapianti*. Cellulosa Carta, 29 (1): 9-29.
- Frison G., 1992 - *Nota II^a. Risultati finali. Accrescimento del pioppo in funzione della classe diametrica dei trapianti*. Pubblicato il 6 marzo 2014 nel sito web www.giuseppefrison.it

Ringraziamenti

L'Autore desidera ringraziare il caro amico Pier Mario Chiarabaglio, responsabile della sede di Casale Monferrato (ex Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura) del Centro di ricerca Foreste e Legno del CREA, per la ricostruzione di gran parte dei grafici e la rilettura del testo allo scopo di eliminare eventuali refusi, Chiara Lisa e Giovanna Puccioni dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali per la ricostruzione delle tabelle e per aver dato al lavoro una veste bella e dignitosa. Ringrazia ancora Chiarabaglio e Piermaria Corona, Vice Presidente dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali e Direttore del Centro di ricerca Foreste e Legno, per aver scritto la Prefazione.

