



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

CORSO DI LAUREA IN TECOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

EFFETTO DELLA PRESENZA DI *Robinia*
pseudoacacia L. SULLE CARATTERISTICHE
CHIMICO-FISICHE DI
SUOLI SITUATI NELLE PROVINCE DI VICENZA E
VERONA

Relatore:
Prof.ssa **Serenella Nardi**

Laureando: **Andrea Rizzato**
Matricola n. **618623 – TFA**

Correlatori:
Dott. **Andrea Ertani**
Dott. **Tommaso Sitzia**

ANNO ACCADEMICO 2012- 2013

Ai miei cari genitori

INDICE

RIASSUNTO	7
SUMMARY	9
1. INTRODUZIONE	11
1.1 La Pianura Padana: breve storia ed elementi caratterizzanti	11
1.2 Il Veneto	13
1.2.1 Il clima	13
1.2.2 Le tipologie forestali	16
1.3 Le specie aliene: introduzione e diffusione	20
1.3.1 La robinia	23
1.31.1 I robinieti	25
1.4 Il suolo	28
1.4.1 Soil Organic Matter	28
1.4.2 L'azoto nel suolo	29
1.4.3 Il fosforo nel suolo	31
2. OBIETTIVO DEL LAVORO	35
3. MATERIALI E METODI	37
3.1 Denominazione dei campioni di suolo	37
3.2 Analisi di laboratorio	37
3.2.1 Preparazione del campione	37
3.2.2 Determinazione della tessitura	37
3.2.3 Determinazione della reazione del suolo in H ₂ O	38

3.2.4 Determinazione della reazione del suolo in KCl	38
3.2.5 Determinazione della conducibilità elettrica specifica	38
3.2.6 Determinazione del carbonio organico	39
3.2.7 Determinazione dell'azoto mediante analizzatore elementare	39
3.2.8 Estrazione della sostanza umica e determinazione del carbonio umico	40
3.2.9 Determinazione del calcare totale	40
3.2.10 Estrazione e determinazione dei fenoli totali	41
3.2.11 Determinazione del fosforo tramite ICP	41
3.3 Analisi statistica	42
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	43
5. CONCLUSIONI	55
6. BIBLIOGRAFIA	57
RINGRAZIAMENTI	61

RIASSUNTO

La Regione Padana, oggi destinata alle colture agricole, un tempo era ricoperta da bosco. La vegetazione si è quindi conservata in limitate e frammentate aree (boschi relitti) con caratteristiche spesso diverse tra loro. Questi piccoli boschi relitti sono presenti nella regione avanalpico-collinare e le province di Vicenza, Verona, Treviso e Padova. In questi ambienti la vegetazione autoctona ha subito l'invasione da parte di specie aliene tra le quali ricordiamo la *Robinia pseudoacacia* L.

Le ricerche pedologiche sviluppate negli ultimi anni stanno dimostrando che il suolo è un indicatore di grande efficacia per l'interpretazione e la valutazione delle tendenze dinamiche degli ecosistemi, soprattutto di quelli forestali. In particolare alcuni caratteri chimici e fisici del suolo sono in grado di fornire delle indicazioni sull'evoluzione dell'ecosistema. Per questo motivo sono stati determinati i principali parametri chimici di suoli prelevati da boschetti relitti nelle province di Vicenza e Verona. Tali boschetti si differenziano per la presenza (ROB) o meno (NAT) di specie aliene quali la *Robinia Pseudoacacia* L. Dai risultati è emersa una differenza significativa del contenuto di fenoli e fosforo tra i suoli ROB e quelli NAT. Il maggior contenuto di fenoli nei suoli NAT testimonia che esiste un maggiore equilibrio tra la vegetazione autoctona e le caratteristiche pedogenetiche del suolo.

SUMMARY

Forest expansion on abandoned land is widespread in Europe, and has also been observed in the Veneto Region (Italy). Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) a fast colonizing tree species, is nowadays occurring at the expense of the potential native tree species. Research has recently paid particular attention to the influence of ecological factors on forest vegetation. These investigations are regarded as the basis for understanding the effects of sustainable forest management factors on the understorey layer species richness.

Studies have shown that the soil is a very effective indicator for the interpretation and evaluation of trends in ecosystem dynamics, especially in forests. The chemical, physical and biological characteristics of the soil horizons are particularly useful. For this reason, the main parameters were determined in soil taken from relict woods in the provinces of Vicenza, Verona, Treviso and Padua. These groves are distinguished by the presence or absence of exotic species such as *R. pseudoacacia*. The results showed a relationship between the soil and native species. The soil properties serve to ensure the right environmental conditions to support different sized plants.

1. INTRODUZIONE

1.1. La Pianura Padana: breve storia ed elementi caratterizzanti

La Pianura Padana ha origini alluvionali ed è nata grazie all'azione di trasporto del Po (in latino Padus, da cui deriva il nome di quest'area) e dei suoi affluenti. Circa cinque milioni di anni fa questa zona non era altro che un ampio golfo del Mare Adriatico e con lo trascorrere del tempo il lento accumulo di particelle, detriti e sedimenti che i fiumi portavano dai rilievi ha causato il riempimento definitivo (cominciato nel Pliocene). Fino a circa 2500 anni fa la Pianura Padano-Veneta era una superficie boscata e paludosa piuttosto inospitale per l'uomo. La sua prima colonizzazione intensiva è iniziata con i Romani nel III a.C. In età imperiale molte zone furono deforestate e convertite in aree agricole. Successivamente ha attraversato altri due grandi momenti critici nei quali c'è stata una forte diminuzione della superficie a bosco: il primo nel Medioevo con l'aumento delle comunità che occupavano l'area (seguito però da una riforestazione indotta dal calo demografico portato dalle grandi epidemie di peste) e il secondo ai giorni nostri, con l'attuale e continua espansione delle superfici sfruttate dall'uomo. Per quanto riguarda la sua estensione, la Pianura Padana costituisce la più ampia pianura italiana con una superficie di 46000 Km², corrispondente al 70% di tutti gli spazi pianeggianti del nostro paese. La forma di quest'area è quella di un triangolo, confinante a Nord ed ad Ovest con le Alpi, a Sud con l'Appennino Settentrionale ed a Ovest con il Mare Adriatico; ha una lunghezza massima di quasi 420 Km ed una larghezza media variabile tra gli 80 km ed i 120 Km. Risulta interessante l'aspetto morfologico che divide la Pianura in due fasce differenti per la natura del terreno, il regime delle acque e la vegetazione. Prima tra queste è l'alta pianura, caratterizzata da un suolo permeabile composto da sabbie e ghiaie e quindi con scarsa capacità di

ritenzione idrica. L'altra fascia è identificata come bassa pianura ed è formata da materiali più fini come le argille, che rendono i suoli di questa zona più impermeabili. Per quanto riguarda le specie forestali arboree tipiche della Pianura Padana, possiamo trovare:

- *Quercus robur* L. (farnia), che riesce facilmente a popolare quest'area grazie alla sua spiccata resistenza ai ristagni idrici;
- *Alnus glutinosa* L. Gaertner (ontano nero), caducifoglia dal tipico portamento monopodiale, legata a condizioni ambientali che prevedono la presenza di acqua che defluisce;
- *Carpinus betulus* L. (carpino bianco), che esige zone più asciutte ed in assenza di disturbi ha un tipico comportamento da specie leader;
- *Fraxinus oxycarpa* Bieb. (frassino meridionale), specie molto plastica che può colonizzare ambienti con caratteristiche molto diverse;
- *Salix spp.* (salici), che colonizzano le zone ripariali, per gran parte dell'anno secche;
- *Ulmus minor* Miller (olmo campestre), specie con rapidi accrescimenti che ha evoluto particolari meccanismi per colonizzare le aree umide;
- *Populus alba* L. e *Populus nigra* L. (pioppo bianco e pioppo nero), piante che tendenzialmente colonizzano le fasce ripariali appena dietro ai salici dove ancora risentono dell'effetto delle piene occasionali. Tra i due il pioppo bianco sopporta meno l'eccesso idrico del pioppo nero.
- Altre specie sporadiche, come *Sorbus domestica* L. (sorbo domestico), *Prunus avium* L. (ciliegio), *Acer campestre* L. (acero campestre) ed altre.

1.2 Il Veneto

La regione italiana oggetto di studio è il Veneto. Esso possiede una superficie di 18.399 Km² (costituente il 6% del territorio nazionale) ripartita in 581 comuni. Il suo territorio è morfologicamente molto vario: per il 56,5% pianeggiante, per il 30% montano, per il 14,5% collinare (Consiglio regionale del Veneto, 2012). Presenta molteplici aspetti di carattere territoriale: la parte montuosa ha valli e verdi boschi, mentre i laghi sorgono in mezzo ai pascoli. Le colline sono ricoperte soprattutto da vigneti, olmo e rovere. Il Lago di Garda, con il suo clima mite ospita ulivi e oleandri, mentre la pianura è coltivata da vigneti e frutteti. Vicenza e Verona (le province oggetto di studio) si trovano in quella grande sub regione definita "Veneto mediano", compresa tra le Prealpi e la pianura e caratterizzata da una fiorente agricoltura, un allevamento sviluppato ed una stabile economia commerciale.

1.2.1 Il clima

Complessivamente il clima del Veneto e di tutte le aree della Pianura Padana e dell'Alto Adriatico è continentale. Le piogge variano in base alla quota e all'esposizione rispetto ai venti dominanti (Figura 1.1): i massimi di piovosità si riscontrano sui rilievi Alpini, in particolare sulle Dolomiti Bellunesi dove le precipitazioni possono oltrepassare i 2200 mm annui; viceversa le aree di Pianura ricevono quantità di pioggia decisamente inferiori comprese tra i 600 e gli 800 mm. Più arida risulta invece la zona limitrofa al Delta del Po e il suo relativo basso corso, dove le piogge stentano a raggiungere i 600 mm annui, risultando la parte più secca dell'intera regione (Centro Meteo Italiano, 2011). I periodi più piovosi dell'anno sono l'autunno e la primavera sul litorale

adriatico e sulla Pianura Padana, mentre sulle Alpi Orientali le precipitazioni mostrano un massimo estivo ed un minimo invernale; l'opposto di quanto si verifica nelle aree a clima Mediterraneo o Oceanico.

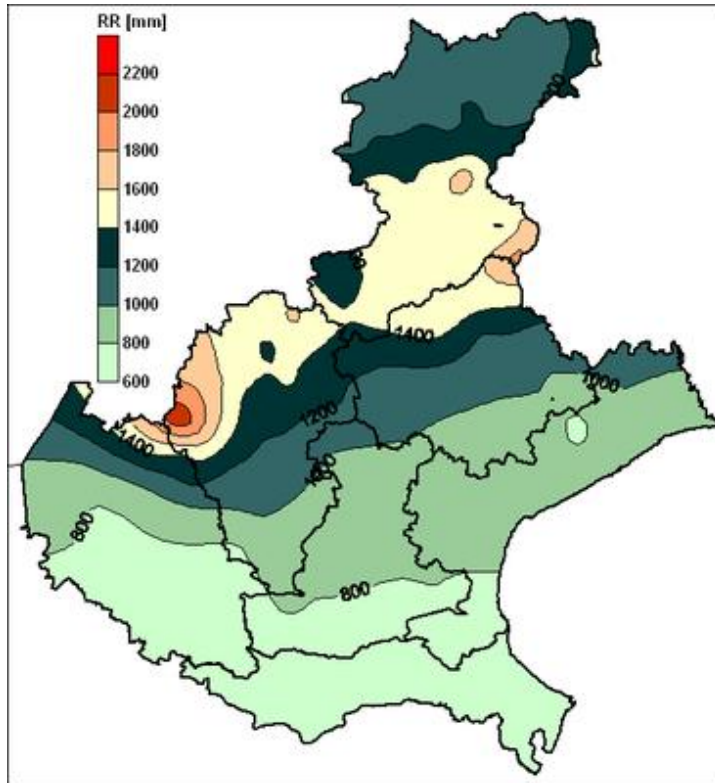


Figura 1.1: mappa delle precipitazioni medie annue. Periodo 1985 - 2009 (ARPA Veneto, 2011)

Le temperature sono influenzate dalla continentalità. Le estati sono calde con valori che superano i 30°C e che in corrispondenza delle ondate di calore, spesso raggiungono e superano i 35°C nelle aree pianeggianti. Il caldo risulta comunque mitigato procedendo verso le zone alpine e prealpine dove, in quota, la stagione estiva risulta fresca anche per la notevole frequenza di temporali pomeridiani. Gli inverni sono molto freddi sulle Alpi con temperature che scendono di molto sotto a 0°C. Anche la fascia pianeggiante è colpita dal gelo; durante le irruzioni fredde continentali la temperatura può scendere a valori inferiori a -10°C. Nelle grandi ondate di freddo, sulle Alpi Orientali sono stati registrati i valori più bassi con punte di -35°C (Figura 1.2). Oasi climatiche sono invece le aree limitrofe al Lago di Garda, il quale ha un effetto moderatore sulle temperature; qui il clima è quasi Mediterraneo (CMI,2011).

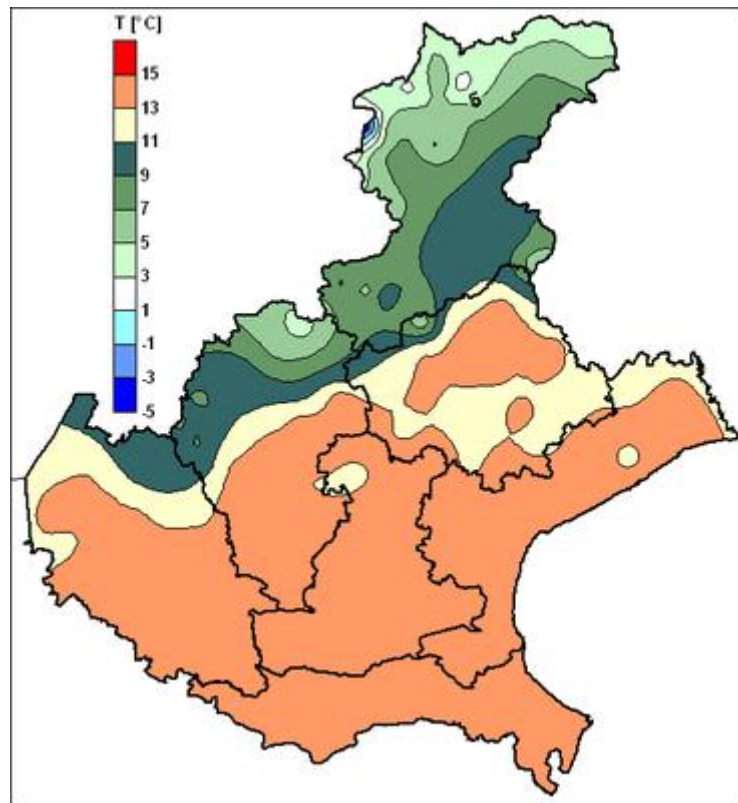


Figura 1.2: mappa delle temperature medie. Periodo 1985 - 2009 (ARPA Veneto, 2012).

I venti che solitamente soffiano in Veneto sono occidentali durante l'estate e le stagioni intermedie. In inverno frequenti sono i venti da Nord-Est (Bora). Caratteristico delle stagioni intermedie è il vento Scirocco che si presenta molto umido e mite ed è il principale responsabile degli episodi di maltempo. In tali circostanze le piogge sono favorite dall'impatto che le correnti meridionali hanno con la catena Alpina. Infatti, le configurazioni sinottiche che favoriscono questo tipo di circolazione sull'Alto Adriatico sono più comuni durante l'autunno e la primavera, per questo motivo sulla maggior parte della regione questi sono i periodi più piovosi dell'anno. Comuni sono inoltre i periodi caratterizzati da assenza di vento che, congiuntamente ai regimi anticiclonici, rendono estreme le condizioni d'afa nei mesi estivi e di nebbia in inverno, nelle zone di pianura.

1.2.2 Le tipologie forestali

Le tipologie forestali autoctone che si riscontrano all'interno delle aree interessate dal presente studio si dividono in due regioni forestali tipiche (Del Favero, 2004):

- Regione pianiziale: comprende tutto il territorio della Pianura Padana, privo o quasi di rilievi. In quest'area la piovosità media annua è di 700-800 mm anno e le temperature medie possono scendere fino a 13°C.
- Regione avanalpica - collinare: zona caratterizzata da un clima sub-mediterraneo, con estati abbastanza secche. Il regime pluviometrico risulta equinoziale, con minimi di precipitazione d'inverno e d'estate e

massime primaverili ed autunnali (nelle aree analizzate prevalgono le massime autunnali). La piovosità media annua risulta di 1000-1100 mm y^{-1} e le temperature medie annue variano tra gli 11 e 15°C (Del Favero, 2004). I sistemi che interessano quest'area creano una zona di discontinuità con la pianura; più importanti tra questi troviamo i famosi Colli Euganei (PD), Berici (VI), Asolani (TV), il Montello (TV) ed i Colli Veronesi.

Le formazioni boschive native (NAT) osservate in questa indagine si localizzano quindi tra i 26 m (altitudine minima di locazione dei boschi nelle due province in analisi) e gli 843 m (altitudine massima di locazione dei boschi nelle due province in analisi) di quota, comprendendo le seguenti tipologie forestali:

- Querceti

Nella categoria dei querceti rientrano le formazioni in cui prevalgono una o più specie del genere *Quercus* (Del Favero, 2004). Possiamo trovare differenti formazioni a seconda della specie dominante e delle condizioni stazionali: nelle zone costiere ed anche lungo il Lago di Garda si sviluppano le leccete, ossia dei boschi costituiti da *Quercus ilex L.* (leccio), pianta caratterizzata dall'eccezionale caratteristica di tollerare l'ombra in gioventù e di essere eliofila con l'avanzare dell'età (al contrario di tutte le altre querce). Questa particolare peculiarità permette alla pianta, in condizioni poco disturbate, di comportarsi come specie leader fino a raggiungere boschi puri. Entrando nella pianura troviamo i querceti planiziali, formati da *Quercus robur L.* (farnia). Poiché tollerano bene l'eccesso idrico, questi boschi crescono a

ridosso dei fiumi, in zone con suoli poveri, ma anche in pianalti e zone collinari di bassa quota, dove dominano condizioni di freschezza e disponibilità idrica; in quest'ultimo caso la farnia va a costituire i cosiddetti querco-carpineti collinari, situati tra le colline. È presente da alcuni anni un problema di moria di questa specie che, insieme all'attività di sovra sfruttamento esercitata dall'uomo, ha causato una forte diminuzione delle superfici coperte da questa pianta; oggi in Veneto esistono appena 60-70 ha di querceti di farnia.

Sulle colline, infine, troviamo i querceti di *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. (rovere) e di *Quercus pubescens* Willd (roverella), entrambe specie eliofile, caducifoglie, che possono formare boschi puri. Sono piante esigenti in suoli ricchi, freschi ma non troppo umidi. Spesso queste formazioni sono state sostituite dal castagno o da vigneti (come ad esempio sui Colli Euganei).

- **Querco-carpineti e carpineti**

Abbandonando le zone umide ripariali, colonizzate da salici, pioppi ed ontani, entriamo nelle formazioni dell'alleanza del *Carpinion*, che vanno dai carpineti di *Carpinus betulus* L. (carpino bianco) ai carpineti misti dove affiancata a questa specie troviamo la farnia. Quando queste formazioni si sviluppano in luoghi freschi e senza disturbi, il carpino bianco (con comportamento sciafilo in gioventù e che mal tollera l'eccesso idrico nel suolo) si instaura facilmente fino a formare formazioni in purezza (questa pianta, nel piano basale, ha infatti un comportamento leader in situazioni di tipo A, ossia con disturbi scarsi o assenti). Molto spesso, però, i carpineti si trasformano in querco-carpineti; questo avviene quando ci sono casi di ristagno idrico o di

risalita di falda a mosaico, stress facilmente sopportati dalla farnia grazie al suo carattere di specie pioniera ed al suo apparato radicale superficiale, che ben tollera l'inondazione. Nel caso questi fenomeni siano più espansi, i quercu-carpineti tendono ad evolversi nei querceti di *Quercus robur* L. sopra descritti.

- Orno-ostrieti

I suoli derivati da roccia carbonatica sono poco fertili perché la roccia è fortemente erosa dall'acqua ed il terreno risulta quindi molto permeabile. In queste condizioni si sviluppano gli orno-ostrieti, ossia aree colonizzate da *Fraxinus ornus* L. (l'orniello) e *Ostrya carpinifolia* Scop. La specie più aggressiva nei confronti dell'acqua è l'orniello che tende a dominare questa formazione. Il carpino nero è più esigente e si instaura successivamente, ma se le condizioni migliorano tende a diventare dominante. Questa tipologia forestale è estremamente estesa e diffusa: entra a contatto con castagneti, quercete, faggete, pinete e cerrete creando mosaici di orno-ostrieti frammisti ad altre specie (ad es. con la roverella). Dati gli scarsi accrescimenti del carpino nero e dell'orniello (raramente raggiungono i 5 m³ ha⁻¹ anno) in passato queste piante erano tagliate per ottenere legna da ardere, molto spesso con turni abbreviati. L'iper sfruttamento di questi boschi ha portato ad un impoverimento specifico, che solo il recente abbandono di questa fascia collinare sta iniziando a colmare.

- Acero-frassineti e acero-tilieti

Queste topologie sono costituite da *Fraxinus excelsior* L. (frassino maggiore), *Tilia cordata* Miller (tiglio selvatico), *Tilia platyphyllos* Scop. (tiglio nostrano), *Acer pseudoplatanus* L. (l'acero di monte), *Acer platanoides* L. (l'acero riccio), *Acer opalus* Miller (l'acero alpino) e *Acer campestre* L. (l'acero campestre). Tutte queste piante vengono definite latifoglie nobili, in quanto il loro legname ha sempre avuto usi nobili.

Aceri e tigli sono molto esigenti e non tollerano ristagni idrici, mentre il frassino maggiore è molto più plastico. Queste formazioni, però, molto spesso non sono miste ma tendenzialmente dominate da una di queste specie. Queste formazioni sono distribuite nella zona collinare veneta, in particolar modo lungo le vallate dell'alto vicentino, in ambienti caratterizzati da elevate precipitazioni e da suoli originatisi da rocce poco permeabili (Del Favero e Lasen, 1993).

1.3 Le specie aliene: introduzione e diffusione

La flora del pianeta si è evoluta nel corso di miliardi di anni e gli oceani, i mari, le catene montuose, i deserti e persino i grandi fiumi hanno creato barriere fisiche allo spostamento delle varie specie, contribuendo in maniera significativa alla grande biodiversità del pianeta e allo sviluppo delle comunità e vegetali considerate tipiche di particolari regioni o località. Tuttavia in seguito all'intervento umano sono cadute quelle barriere naturali che avevano circoscritto lo sviluppo della flora entro determinate regioni e le varie specie stanno arrivando, accidentalmente o intenzionalmente, in località distanti migliaia di chilometri dal loro habitat naturale originario (MATTM, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare – WWF ITALIA ONLUS,

2009). Una volta introdotte in un determinato contesto ambientale diverso da quello d'origine, le specie aliene possono sviluppare diverse strategie di adattamento. Le specie alloctone si distinguono in (Regione Piemonte, 2012):

- **casuali:** specie aliene che possono fiorire o anche riprodursi occasionalmente in un'area ma che non formano popolamenti in grado di autosostenersi e che quindi per persistere hanno bisogno di ripetute introduzioni;
- **naturalizzate:** specie aliene che si riproducono in maniera consistente e generano popolazioni in grado di sostenersi per molti cicli vitali senza intervento umano; le specie naturalizzate generalmente producono un buon numero di plantule, non lontano dalle piante adulte e non necessariamente invadono ecosistemi naturali, seminaturali o artificiali;
- **invasivi:** specie naturalizzate la cui introduzione e/o diffusione minaccia la biodiversità, e/o causa gravi danni anche alle attività dell'uomo e/o ha effetti sulla salute umana e/o serie conseguenze socio-economiche.

Le specie invasive possono causare danni di varia natura (Regione Piemonte, 2012):

- **ambientali:** l'impatto delle specie invasive nel nuovo ambiente può portare ad una graduale degradazione ed alterazione dell'habitat e al declino delle specie native a volte fino all'estinzione, portando ad una diminuzione della biodiversità. Gli impatti delle specie invasive sulle specie native possono avvenire attraverso meccanismi diversi: la competizione per le risorse, l'ibridazione con specie native, la trasmissione di malattie;

- **economici:** le specie aliene invasive possono avere impatti negativi di diversa natura sugli interessi economici. Ad esempio, le piante aliene invasive riducono la produttività dei raccolti, aumentano i costi di controllo e possono diminuire la disponibilità idrica come pure la quantità di elementi nutritivi a discapito delle specie nostrane;
- **danni alla salute pubblica:** alcune specie aliene presentano caratteri di nocività per la salute dell'uomo in quanto producono sostanze che possono provocare reazioni allergiche, anche gravi, tramite contatto e/o inalazione (ad es. *Heracleum mantegazzianum* o *Ambrosia artemisifolia*).

La diffusione di specie vegetali aliene è legata sia a fattori naturali che a fattori antropici. Nel primo caso si tratta di un processo lento avvenuto nei secoli mediante il superamento di barriere geografiche spesso utilizzando i corsi d'acqua come vie preferenziali per diffondersi in nuovi ambiti territoriali. Alcune specie esotiche rimangono poi confinate lungo i greti e le sponde fluviali che sono facilmente colonizzabili per la concomitanza di fattori favorevoli quali la ridotta concorrenza e la disponibilità d'acqua (Montanari e Guido, 1991). L'attività antropica ha invece velocizzato ed incrementato il fenomeno di diffusione delle specie aliene sia per cause accidentali (diffusione di specie mediante lo spostamento di mezzi di trasporto, spostamenti di cumuli di terreno "infestato" nell'ambito di attività di scavo e trasporto, ecc.) sia per scelta volontaria (sviluppo di nuove colture agricole e forestali, introduzione di specie ornamentali, ecc.). Una volta introdotte in un nuovo ambito territoriale, la capacità di diffusione delle specie esotiche è varia, le invasive ad esempio possono diffondere rapidamente i propri propaguli riproduttivi a notevoli distanze dai siti di introduzione delle piante madri (approssimativamente: più di 100 m in meno di 50 anni, per i *taxa* che si riproducono tramite semi; più di 6

m in meno di 3 anni, per i *taxa* che si diffondono vegetativamente) (Richardson et al., 2000). Per evitare ed ostacolare queste invasioni, che minacciano sempre più le piante del nostro areale, si può scegliere di trattare queste piante aliene in due diversi modi: possiamo tentare di eliminarla, procedimento che spesso risulta molto difficile per la spiccata resistenza di alcune di queste piante (come *Ailanthus altissima* (Mill) Swingle, l'ailanto), oppure possiamo sfruttarle cercando di ottenere da esse il massimo in termini produttivi ed ecologici.

1.3.1 La robinia

La specie aliena che è stata valutata in questo studio è la robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), definita da Del Favero (2004) come la specie esotica maggiormente diffusa nelle Regioni alpine italiane, che pone particolari problemi gestionali. Questa pianta appartiene alla famiglia delle Fabaceae, note anche come leguminose. È una pianta albero di terza grandezza (altezza fino a 25 m), con tronco eretto, talvolta biforcuto e con corteccia grigio-bruna, solcata, a liste variamente incrociate. La chioma si presenta globosa ed espansa, portante un fogliame deciduo formato da foglie composte, imparipennate, lunghe fino a 30-35 cm con 11-21 foglioline ovate non dentate lunghe fino a 6 cm, picciolate e con piccoli mucroni all'apice (Fig. 1.3). I fiori sono portati in infiorescenze a grappoli di 10-25 cm, formate da 15-25 fiori papilionati bianchi, profumati (Fig. 1.3). La fioritura è a maggio. I frutti (Fig. 1.4) sono legumi pendenti deiscenti a maturità, bruni, di 5-10 cm che restano sulla pianta fino all'inverno (Goldstein et. al., ,2004).



Figura 1.3: foglie e fiori di *Robinia pseudoacacia* L.



Figura 1.4: frutti di *Robinia pseudoacacia* L.

Il nome del genere ricorda Jean Robin, curatore dell'Orto Botanico del Re Sole, che nel 1601 introdusse questa pianta in Europa come ornamentale per la bellezza della fioritura. La robinia è originaria dei Monti Alleghani, nelle regioni nord-orientali degli Stati Uniti; oggi è diffusa praticamente ovunque perché è sfuggita alle coltivazioni. Cresce su terreni ricchi di sali, argillosi, sassosi e sabbiosi. Ha un tipico comportamento da pioniera secondaria, ossia non colonizza suoli primitivi. Nel caso di un disturbo si insedia facilmente, grazie anche alla sua forte capacità pollonifera sia caulinare che radicale. È un albero dalla vita piuttosto breve, non supera infatti gli 80 anni di età (di media vive 40-50 anni). *Robinia pseudoacacia* L. presenta alcune particolarità, come il fatto che essa è tossica, soprattutto nei semi, fusto e radici. È una specie mellifera, che dà vita ad un miele con la pregiata caratteristica di mantenersi fluido senza cristallizzare (Ticli, 2011).

1.3.1.1 I robinieti

Il robinieto è quasi sempre un bosco puro e monoplano se gestito, accompagnato dalle specie descritte precedentemente al punto 1.2.2. Per quanto riguarda la classificazione fitosociologia, queste formazioni appartengono all'associazione *Sambuco nigrae-Robinetum pseudacaciae* (Arrigoni, 1997 in IPLA) all'interno dell'alleanza *Balloto nigrae-Robinion* (Hadac e Sofron, 1980 in IPA).

Il legno della robinia è molto apprezzato come combustibile, oltre che come paleria nell'intrafila dei vigneti. Ha però il difetto di essere piuttosto nervoso, e non si presta quindi ad usi nobili, nonostante il suo bel colore.

La gestione di questi boschi è spesso fatta a ceduo semplice, senza il rilascio di matricine, con turno minimo di 9 anni (vengono usati turni generalmente molto brevi in quanto già al primo anno i polloni possono raggiungere un'altezza di 3-4 m). Se la forma di governo di questi boschi viene fatta a fustaia, risulta opportuno mantenere chiome molto aperte e favorire boschi misti (Pividori Mario, appunti di selvicoltura speciale 2012). Regola fondamentale da tener presente è che se vogliamo eliminare questa formazione non dobbiamo mai tagliare la robinia, altrimenti non facciamo altro che incrementare la sua capacità pollonifera. Per i moderni selvicoltori il modo migliore per gestirla è quello di creare una buona rinnovazione di piante porta seme o eventualmente inserirla con un sottoimpianto (utilizzando specie che stanno bene al suo posto come ad esempio le querce); al momento giusto si procederà con il taglio del robinieto per favorire la crescita e lo sviluppo di una nuova formazione, magari autoctona. La *Robinia pseudoacacia* L. con la sua caratteristica chioma leggera ed espansa, può costituire una "serra" o "nursery" per piante di alto pregio come *Prunus avium* L. (il ciliegio).

In base all'ultimo inventario forestale nazionale (INFC, 2007 a e b), che

raggruppa in un'unica sottocategoria i robinieti e gli ailanteti, queste formazioni occupano 233553 ha, pari al 2.6% dei boschi italiani e al 2.3% della superficie forestale totale (Tabella 1.1).

Sottocategoria forestale robinieti e ailanteti					
	ha	%		ha	%
Piemonte	90144	38.60	Marche	7432	3.18
Valle d'Aosta	385	0.16	Lazio	4053	1.74
Lombardia	34824	14.91	Abruzzo	6127	2.62
Alto Adige	378	0.16	Molise	390	0.17
Trentino	4685	2.01	Campania	4787	2.05
Veneto	11205	4.80	Puglia	0	0.00
Friuli V.G.	8175	3.50	Basilicata	0	0.00
Liguria	9892	4.24	Calabria	4478	1.92
Emilia Romagna	20964	8.98	Sicilia	2653	1.14
Toscana	22612	9.68	Sardegna	0	0.00
Umbria	369	0.16	Italia	233553	100.00

Tabella 1.1: estensione della sottocategoria forestale robinieti e ailanteti secondo l'ultimo inventario forestale nazionale suddivisa per regioni (INFC, 2007 a e b)

Con lo scopo di osservare meglio la diffusione di queste formazioni nella regione di studio, si riportano di seguito due carte: una rappresentante la distribuzione dei robinieti puri (Figura 1.5) e l'altra dei robinieti misti (Figura 1.6).

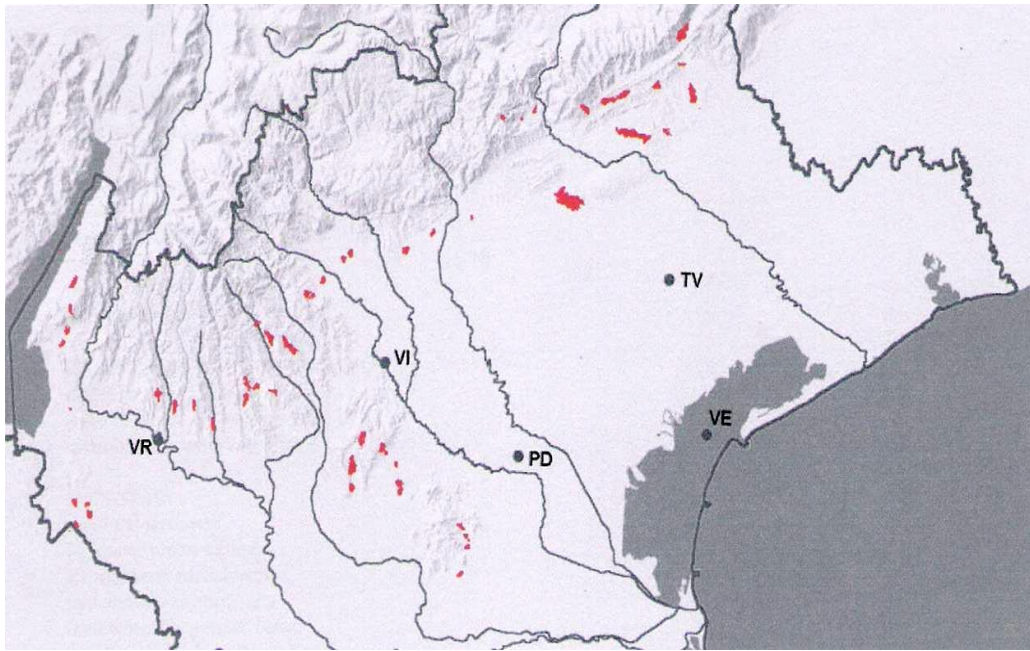


Figura 1.5: diffusione dei robiniets puri in Veneto (Del Favero, 1999)

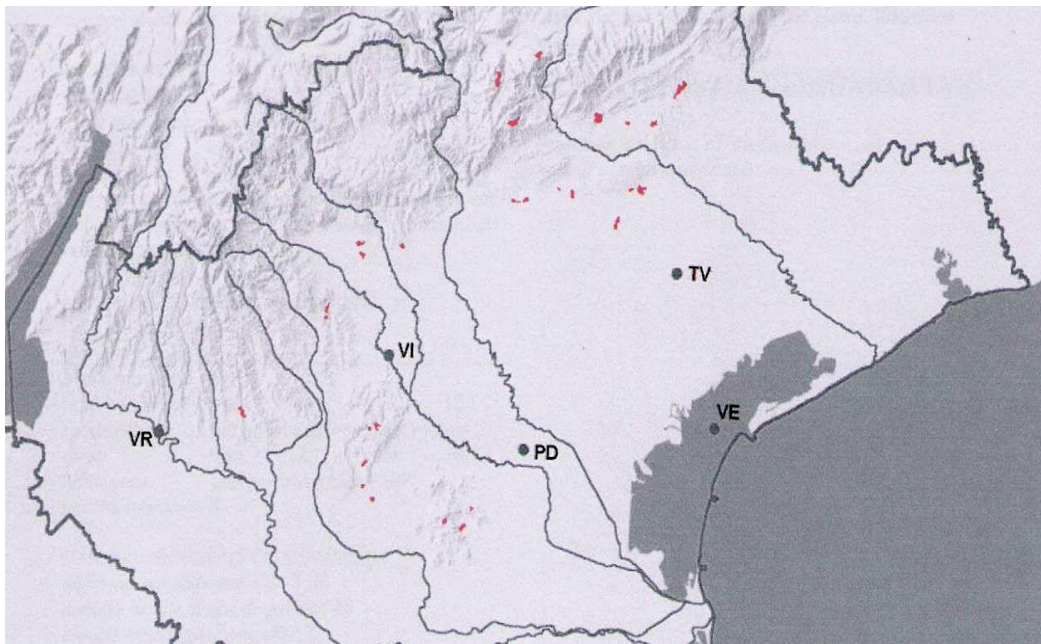


Figura 1.6: diffusione dei robiniets misti in Veneto (Del Favero, 1999)

1.4 Il suolo

Il suolo è un habitat estremamente vario, uno dei più ricchi di organismi di tutta la biosfera. Esso può essere considerato quasi un ecotono in cui si intersecano l'atmosfera, l'idrosfera e la litosfera, è un sistema integrato, con ogni componente misurata e collegata con le altre, in cui qualsiasi alterazione si ripercuote nel funzionamento di tutto l'insieme. Si tratta di una struttura dinamica, che ha una sua origine, una sua vita ed una fase terminale (Bernini et al. 1984).

Il suolo è quindi un'entità dinamica in continua evoluzione. I processi con i quali avviene la sua formazione, costituiscono un insieme di eventi che possono avvenire contemporaneamente o in sequenza e che agiscono in modo sinergico o in opposizione. I processi di alterazione delle rocce e di decomposizione e sintesi dei composti organici, assieme ai meccanismi di trasformazione e di traslocazione, operano in modo combinato portano alla maturazione dei profili e alla individuazione di differenti tipi di suolo.

1.4.1 Soil Organic Matter

Per Soil Organic Matter (SOM), intendiamo la sostanza organica presente nel suolo, ossia quella frazione costituita dai residui vegetali (risorse primarie), dalle biomasse animali e microbiche (risorse secondarie), dalla sostanza organica solubile (DOM, Dissolved Organic Matter), dagli essudati radicali e dalle sostanze umiche (Nardi, 2000). La sostanza organica del suolo rappresenta la maggior riserva del carbonio sulla terra (2.95×10^{12} TC) rispetto ad un contenuto complessivo di 7.48×10^{12} TC (Stevenson 1986). I costituenti organici costituiscono, in volume, solamente il 7% dei componenti principali del suolo

(Violante, 2005). La quantità di S.O. nel suolo, però, non è da considerarsi stabile, ma è sottoposta a continui processi di trasformazione che possono essere così riassunti: mineralizzazione, umificazione, processi dinamici della sostanza organica solubile e stabilizzazione della sostanza organica stessa per interazione con la componente minerale del suolo (Nardi, 2000).

La mineralizzazione della sostanza organica consiste nella trasformazione mediata da microrganismi di elementi legati organicamente (C, N, P, S) in composti inorganici (CO_2 , CH_4 , NH_4^+ , NO_3^- , ecc.). L'umificazione è invece un processo estremamente complesso che consiste nella idrolisi enzimatica dei polimeri con formazioni di composti semplici di natura variabile; nella seguente trasformazione ossidativa delle molecole così ottenute; nella polimerizzazione e policondensazione in maniera spontanea di tali prodotti che flocculati dagli ioni come calcio, magnesio, ferro, idrogeno danno origine a micelle umiche (Nardi, 2000). Queste ultime sono le principali costituenti dell'humus, quella parte di sostanza organica costituita da biomolecole non umiche e da sostanze umiche, composti a carattere colloidale con un'ampia superficie specifica e capacità di adsorbire reversibilmente molecole e ioni (le sostanze umiche sono principalmente costituite da acidi umici, acidi fulvici e umine) (Nardi, 2010).

1.4.2 L'azoto nel suolo

L'azoto (N) è l'elemento assorbito in maniera preminente dagli organismi vegetali. Esso entra nella composizione di gran parte dei tessuti vegetali, essendo presente nelle sostanze proteiche, nella clorofilla, negli acidi nucleici (DNA ed RNA), nei glucosidi, e negli alcaloidi. Nei tessuti più giovani troviamo un 5-6% di N, in quelli più vecchi un 3% (Peddes, 2010). Il contenuto in N di un

suolo influenza notevolmente lo sviluppo delle piante in quanto questo elemento, oltre ad essere un costituente essenziale delle proteine, agisce indirettamente sull'elaborazione degli zuccheri prodotti con la fotosintesi, entrando a far parte della clorofilla. Le plantule hanno un fabbisogno in N sostanzialmente più elevato rispetto alle piante mature; tuttavia anche quest'ultime, se sane e rigogliose, richiedono annualmente elevate quantità di questo elemento. La scarsità di azoto in un terreno provoca nelle specie vegetali un accrescimento limitato, con la formazione di foglie clorotiche e di grandezze ridotte rispetto al normale, con filloptosi anticipata in autunno. Al contrario l'eccesso d'azoto causa squilibri nel ciclo biologico della pianta, con limitata lignificazione dei tessuti e derivante predisposizione ad avversità parassitarie, eccessivo rigoglio vegetativo con consumi idrici più accentuati ed accumulo di nitrati nelle foglie. L'azoto presente nel suolo può avere diverse origini: la quota più consistente proviene dai processi di decomposizione delle sostanze organiche presenti nel suolo (soggette ad umificazione e a mineralizzazione) ad opera di microflora e microfauna, che lo rendono disponibile per l'assorbimento radicale. Esiste anche una parte derivante dai processi di azotofissazione: l'azoto atmosferico, pur costituendo il 78% dell'aria, non può essere assorbito direttamente dalle foglie, ma deve essere fissato nel suolo nelle forme assimilabili mediante una serie di processi operati da microrganismi che vengono appunto detti azotofissatori. Una dose abbastanza trascurabile di azoto proviene dai meccanismi di disgregazione della roccia madre del terreno e dalle precipitazioni meteoriche. Gli asporti di azoto dal terreno avvengono per assorbimento da parte delle piante, per lisciviaggio, con allontanamento degli ioni disciolti nelle acque di percolazione, per erosione della SOM presente in superficie, per processi di denitrificazione causati da alcuni batteri presenti nel terreno, per volatilizzazione, con evaporazione nell'atmosfera sotto forma di

ammoniaca (NH_3). L'azoto può essere assorbito dai vegetali in diverse forme: principalmente in forma nitrica (ione NO_3^-), ma anche in forma ureica ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), in forma ammoniacale (ione NH_4^+) o in forma organica (amminoacidi).

1.4.3 Il fosforo nel suolo

Il fosforo (P) è un elemento di grande importanza nel metabolismo delle piante, in quanto rientra nella composizione sia degli acidi nucleici (RNA e DNA) e dei fosfolipidi (costituenti essenziali delle membrane cellulari), sia dei composti che gestiscono il normale lavoro cellulare (ATP, GTP, NADPH ecc.). La domanda di fosforo da parte delle piante è direttamente proporzionale alle attività metaboliche: è elevata nel periodo estivo, quando queste attività sono massime, ed inferiore in quello invernale, quando il metabolismo di gran parte dei vegetali è al minimo. Il fosforo presente nel suolo deriva sostanzialmente dalla disgregazione della roccia madre da deriva, più o meno ricca di minerali fosfatici, ma anche dalla sostanza organica presente nel terreno stesso: nel primo caso si ottiene fosforo in forma inorganica (ioni fosfatici, H_2PO_4^- ed in misura minore HPO_4^{2-}), nel secondo caso P in forma organica verrà reso servibile per l'assorbimento radicale dall'attività microbica. Nel terreno gli ioni fosfatici si combinano con ioni quali il calcio, il ferro, l'alluminio, formando i cosiddetti fosfati, composti solitamente poco solubili che, pur non essendo prontamente disponibili per le piante, impediscono però le perdite per lisciviaggio e rilasciano il fosforo in maniera progressiva.

Possiamo riconoscere nel suolo diversi tipi di fosforo, provenienti sia dalla roccia madre sia dalla sostanza organica, non tutti prontamente disponibili per

le piante (Violante, 2005):

- fosfati in fase liquida: sono dati da quella frazione di fosforo disciolta nella soluzione circolante, prontamente disponibili per essere assorbiti dalle radici;
- fosfati adsorbiti dalle sostanze colloidali: sono dati da quella frazione di fosforo trattenuta mediante legami elettrostatici, molto labili, da sostanze come humus e argilla: questi fosfati sono in equilibrio con quelli in fase liquida e vengono rilasciati via via che la concentrazione di ioni fosfato nella soluzione circolante diminuisce;
- fosfati insolubilizzati: sono dati da quella frazione di fosforo trattenuta dal suolo mediante legami chimici abbastanza forti, quindi inutilizzabile dalle piante.

Possiamo dedurre che la quantità di fosforo disponibile è essenziale per la vita dei vegetali. La quantità di fosforo, determinata dalla concentrazione dei fosfati disciolti nella fase liquida (fosforo solubile), è condizionata dall'abilità degli scambiatori del suolo di mantenerla costante, dalla attività biologica nel terreno e dal pH del terreno stesso (Peddes, 2010). La maggior concentrazione di fosfati si ottiene quando il pH sfiora valori intorno a 6.5: spostandosi verso l'alcalinità si ha una insolubilizzazione mediante formazione di fosfati di calcio, mentre scendendo su valori acidi vengono a formarsi fosfati di ferro e/o di alluminio. Il pH influenza anche l'attività dei microrganismi anteposti alla decomposizione della S.O., che trasformano il fosforo organico in fosforo minerale disponibile per l'assorbimento radicale: tale processo di mineralizzazione si svolge meglio quando i valori del pH sono intorno alla neutralità, mentre nei suoli molto acidi è fortemente frenata. Inoltre l'assorbimento del fosforo da parte delle piante è

decisamente incrementato dalla presenza di micorrize, in quanto le ife fungine riescono ad esplorare una cospicua quantità di terreno, ramificandosi nei composti umiferi ricchi di fosforo. In generale possiamo notare come il fosforo in forma organica sia reso usufruibile dai vegetali molto più rapidamente di quello in forma inorganica, sia durante i meccanismi di umificazione sia attraverso la mineralizzazione della sostanza organica ad opera della microflora e pedofauna del suolo. Da ciò si capisce anche l'importanza di adeguati contenuti di sostanza organica nel terreno.

2. OBIETTIVO DEL LAVORO

Questo studio si pone l'obiettivo di verificare gli effetti determinati alla presenza della specie alloctona *Robinia pseudoacacia* L. sulle caratteristiche di suoli prelevati nelle province di Vicenza e Verona. Per raggiungere questo scopo suoli con soprassuolo autoctono e non, sono stati caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Denominazione dei campioni di suolo

In questo studio la sigla NAT indica i campioni prelevati da suoli che presentano un soprassuolo autoctono (nativo), mentre i suoli siglati con ROB indicano la prevalenza di un soprassuolo formato da *Robinia pseudoacacia* L..

Le sigle VI (Vicenza) e VR (Verona) indicano la Provincia dalla quale proviene il campione.

3.2 Analisi di laboratorio

3.2.1 Preparazione del campione

Il campione di suolo secco è stato trasferito all'interno di un mortaio di porcellana dove si è proceduto alla frantumazione degli aggregati. In seguito il terreno è stato setacciato a 2 mm e posto in contenitori di plastica asciutti e chiusi ermeticamente.

3.2.2 Determinazione della tessitura

L'analisi granulometrica si effettua su 50 g di suolo al quale si aggiungono 100 ml di sodio esametafosfato. Il tutto è posto in un disaggregatore meccanico per 4 minuti. In seguito la sospensione viene versata nel cilindro di Bouyoucos. Dopo 4 minuti si procede ad una prima lettura mediante un idrometro. Trascorse 2 ore si esegue la seconda lettura. La percentuale di limo si ottiene

sottraendo al valore letto sul densimetro dopo 4 minuti, il valore letto dopo 2 ore. Su questa differenza si esegue la correzione per la temperatura. La percentuale di argilla si ottiene sottraendo al valore letto sul densimetro dopo 2 ore, il valore letto nel bianco. Anche su questa differenza si eseguono le necessarie correzioni. La percentuale di sabbia si ottiene sottraendo a cento il risultato dei calcoli precedenti.

3.2.3 Determinazione della reazione del suolo in H₂O

A 5 grammi di suolo setacciato a 2 mm e seccato all'aria, si aggiungono 12.5 ml di acqua (rapporto 1:2.5), si agita per 15 minuti, si lascia a riposo per un'ora e si legge il valore del pH immergendo l'elettrodo del pHmetro nella soluzione.

3.2.4 Determinazione della reazione del suolo in KCl

Nel caso in cui il pH in acqua sia minore di 6.5 si procede con la misurazione in KCl 1M. Si pesano 5 grammi di suolo setacciato a 2 mm e seccato all'aria ai quali si aggiungono 12.5 ml di KCl (rapporto 1:2.5), si agita per 10 minuti, si lascia a riposo per un'ora e si determina il valore del pH introducendo l'elettrodo del pHmetro nella soluzione.

3.2.5 Determinazione della conducibilità elettrica specifica

Per la determinazione della conducibilità, 100 g di suolo vengono posti in un tubo da centrifuga con 200 ml di acqua deionizzata in agitazione meccanica per

2 h. Dopo tale periodo, la sospensione viene centrifugare e filtrata. Il filtrato viene utilizzato per la determinazione mediante conduttivimetro a cella. La conducibilità elettrica specifica (CES) rappresenta una misura indiretta della concentrazione totale dei sali disciolti nel terreno. Essa dipende dalla permeabilità e dalla porosità del suolo e da fattori esterni ad esso quali il clima, le acque di irrigazione e i fattori antropici.

3.2.6 Determinazione del carbonio organico

La quantità di carbonio organico è stata valutata usando come reattivo ossidante il bicromato potassico 1 N. In beute da 250 ml sono state poste quantità di terreno variabili in rapporto al contenuto di sostanza organica, 10 ml di $K_2Cr_2O_7$ 1 N e 20 ml di H_2SO_4 concentrato. Dopo raffreddamento, nelle beute sono stati aggiunti circa 200 ml di H_2O , 5 ml di H_3PO_4 concentrato (acido ortofosforico 85 %) e come indicatore 1 ml di difenilammina. Per valutare la quantità di $K_2Cr_2O_7$ 1 N utilizzato nella reazione, il bicromato di potassio non ridotto è stato determinato, tramite titolazione, utilizzando una soluzione di $FeSO_4$ 1 N (Walkley and Black 1934).

3.2.7 Determinazione dell'azoto mediante analizzatore elementare

L'analisi è stata effettuata mediante l'utilizzo di un analizzatore elementare CNS (vario macro, elementar). La quantificazione è effettuata grazie alla creazione di una apposita retta di calibrazione generata dall'impiego di

sulfanilamide.

3.2.8 Estrazione della sostanza umica e determinazione del carbonio umico

Le sostanze umiche sono state estratte con KOH 0,1 M in rapporto terreno:estraente 1:10 (Stevenson, 1986). L'estrazione ha richiesto 16 ore di agitazione alla temperatura di 50°C. L'estratto è stato poi centrifugato a 7000 giri al minuto (rpm) per 20 minuti. Il surnatante così ottenuto è stato filtrato con filtri "Whatman Qualitative 4". L'analisi del contenuto di carbonio umico (CU) è basata sull'ossidazione del carbonio in condizioni standardizzate, secondo il metodo di Walkley e Black, utilizzando le sostanze umiche estratte in precedenza. Sotto cappa, sono stati posti in una beuta da 250 ml una quantità nota di estratto umico, 10 ml di bicromato di potassio 0,1 N e 20 ml di acido solforico concentrato. Avvenuta l'ossidazione del carbonio, e la riduzione del cromo, la reazione è stata fermata dopo 30 minuti aggiungendo acqua deionizzata fino ad arrivare ad un volume di 200 ml. Si è quindi giunti alla titolazione della quantità di bicromato di potassio in eccesso (Walkley and Black 1934).

3.2.9 Determinazione del calcare totale

La conoscenza del contenuto in carbonati totali (CaCO_3 , MgCO_3 , NaCO_3 , ecc.) impropriamente definito "calcare totale" è utile per la corretta interpretazione del pH e per valutare l'incidenza del calcare sui diversi parametri ad esso correlati. Il contenuto in calcare totale viene determinato misurando l'anidride

carbonica che si sviluppa trattando il suolo con acido cloridrico. La determinazione del calcare totale viene fatta per calcimetria volumetrica, vale a dire misurando il volume di CO₂ che si sviluppa, a temperatura e pressioni note, a seguito dell'azione di un eccesso di HCl su un peso noto di suolo.

3.2.10 Estrazione e determinazione dei fenoli totali

Ad 1 g di suolo viene addizionato 1 ml di metanolo puro (R.E. 1:1 w/v) e lasciato in bagno di ghiaccio per 1 ora. In seguito centrifugato a 3000 rpm per 40 minuti a 4°C. Per la misurazione dei fenoli vengono aggiunti all'estratto Na₂CO₃ alla concentrazione del 2 % e il reattivo di Folin-Ciocalteu. La soluzione è incubata per 15 minuti a 25°C al buio. L'assorbanza della soluzione è letta allo spettrofotometro a 750 nm e confrontata con una retta di taratura ottenuta tramite concentrazioni note di catechina.

3.2.11 Determinazione del fosforo tramite ICP

Per determinare il contenuto di P presente nei campioni è stato utilizzato uno spettrofotometro ad emissione "ICP" SPECTRO CIROS^{CCD} (SPECTRO Italia S.r.l., Lainate, Milano). Questo strumento permette di rilevare con precisione e con sensibilità variabile quasi tutti gli elementi, ad eccezione dei gas nobili, idrogeno, ossigeno e fluoro.

3.3 Analisi statistica

Tutti i dati presentati risultano dalla media di tre repliche. I dati ottenuti sono stati elaborati statisticamente attraverso il test t di Student (Sokal e Rohlf, 1969) $P \leq 0.05$. per confrontare le medie dei parametri analizzati nei due diversi soprassuoli NAT e ROB.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Tabella 5.1 sono riportati i risultati delle analisi del pH, della conducibilità elettrica specifica e del calcare totale eseguite sui suoli oggetto di studio.

Campione	pH in H₂O	pH in KCl	Conducibilità (dS/m)	Calcare totale (g/kg)
<i>NAT VI 03</i>	7.70 ±0.02		0.032 ±0.003	146.59 ±0.13
<i>NAT VI 25</i>	7.68 ±0.02		0.033 ±0.001	155.33 ±0.22
<i>NAT VI 27</i>	7.07 ±0.05		0.020 ±0.001	148.82 ±0.17
<i>NAT VI 43</i>	4.96 ±0.01	3.51 ±0.02	0.007 ±0.002	-
<i>NAT VI 50</i>	7.79 ±0.01		0.016 ±0.004	203.11 ±0.14
<i>NAT VI 56</i>	5.92 ±0.02	4.86 ±0.01	0.011 ±0.004	-
<i>NAT VI 61</i>	6.69 ±0.03		0.018 ±0.002	54.73 ±0.33
<i>NAT VI 75</i>	6.37 ±0.03	5.07 ±0.03	0.035 ±0.002	-
<i>NAT VI 86</i>	5.65 ±0.01	4.87 ±0.02	0.056 ±0.003	-
<i>NAT VI 102</i>	5.60 ±0.01	4.27 ±0.01	0.009 ±0.001	-
<i>NAT VR 24</i>	7.03 ±0.02		0.016 ±0.001	28.37 ±0.21
<i>NAT VR 61</i>	7.69 ±0.01		0.028 ±0.001	205.70 ±0.33
<i>ROB VI 25</i>	7.73 ±0.02		0.043 ±0.001	189.15 ±0.32
<i>ROB VI 27</i>	7.09 ±0.02		0.028 ±0.002	81.09 ±0.33
<i>ROB VI 43</i>	6.48 ±0.02	5.40 ±0.02	0.016 ±0.003	-
<i>ROB VI 50</i>	7.75 ±0.01		0.029 ±0.001	203.33 ±0.20
<i>ROB VI 56</i>	6.13 ±0.02	4.99 ±0.04	0.014 ±0.002	12.24 ±0.18
<i>ROB VI 61</i>	7.73 ±0.01		0.016 ±0.002	52.47 ±0.33
<i>ROB VI 75</i>	5.43 ±0.02	3.98 ±0.06	0.015 ±0.001	-
<i>ROB VI 86</i>	6.93 ±0.01		0.072 ±0.002	52.45 ±0.34
<i>ROB VR 24</i>	7.52 ±0.02		0.019 ±0.001	123.20 ±0.78
<i>ROB VR 43</i>	7.76 ±0.01		0.023 ±0.002	158.40 ±0.12
<i>ROB VR 50</i>	7.89 ±0.03		0.024 ±0.002	264.80 ±1.18
<i>ROB VR 58</i>	7.84 ±0.02		0.023 ±0.002	255.30 ±1.51
<i>ROB VR 61</i>	7.58 ±0.01		0.028 ±0.002	146.60 ±1.12

Tabella 5.1: Valori di pH, Conducibilità e Calcare totale dei suoli prelevati nelle province di Vicenza e Verona. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche.

Il pH è uno tra i parametri in grado di fornire il maggior numero di informazioni relative alle caratteristiche del terreno. Tale parametro condiziona l'adattabilità delle varie specie vegetali, influenzando l'attività microbiologica e la disponibilità di elementi minerali. Il pH del terreno controlla infatti la solubilità dei vari elementi minerali, determinando il loro accumulo in forme più o meno disponibili per le piante o la loro lisciviazione verso gli strati più profondi. Per quanto riguarda i suoli oggetto di indagine, si può osservare che il campione con la reazione maggiore è ROB VR 50 il quale presenta un pH subalcalino di 7.89, mentre il valore più basso, classificabile come molto acido, è riconducibile al suolo NAT VI 43 (3.51). All'interno di questo range si situano gli altri valori intermedi.

Raggruppando invece i campioni in funzione della tipologia di soprassuolo è possibile notare che tra i terreni NAT, il suolo con la reazione più elevata è NAT VI 50, poiché manifesta un pH subalcalino di 7.79, mentre quello che presenta la reazione minore, classificabile come molto acido, è NAT VI 43 (3.51).

Nella sottocategoria dei campioni ROB il terreno che presenta il pH maggiore è ROB VR 50 (7.89); al contrario quello con la reazione minore è ROB VI 75, poiché evidenzia un pH molto acido (3.98).

Per quanto concerne la conducibilità elettrica specifica, il campione che presenta il valore più elevato è ROB VI 86 (0.072 dS/m), mentre quello minore è NAT VI 43 (0.007 dS/m). Raggruppando invece i campioni a seconda della tipologia di soprassuolo, si deduce che nei terreni NAT il suolo con conducibilità più alta è NAT VI 86 (0.056 dS/m), mentre quello che presenta il valore minore è NAT VI 43 (0.007 dS/m). Nei suoli ROB, invece, il campione ROB VI 86 rappresenta il suolo con la conducibilità elettrica specifica più elevata (0.072 dS/m), mentre ROB VI 56 dimostra il valore più basso (0.014 dS/m).

Analizzando i dati del contenuto di calcare totale, si ricava che il campione con

la maggiore quantità di carbonati è ROB VR 50 (264.80 g/kg) mentre quello con la quantità minore è ROB VI 56 (12.24 g/kg). Riunendo i suoli in funzione della tipologia di soprassuolo, si può notare che tra i campioni NAT quello che presenta una quantità maggiore di carbonati è NAT VI 50 (203.11 g/kg) mentre, all'opposto, quello con il tenore più basso è NAT VR 24 (28.37 g/kg). All'interno dei campioni ROB, invece, il suolo con il più elevato contenuto di carbonati è ROB VR 50 (264.80 g/kg) mentre ROB VI 56 è quello che dimostra la minore quantità (12.24 g/kg).

Nel nostro studio i valori di pH hanno evidenziato una reazione subalcalina, legata alla matrice pedogenetica, come dimostrato dal contenuto di calcare totale (Tabella 5.1). Al contrario, alcuni suoli hanno palesato una reazione acida, in linea non solo con il valore del pH in acqua, ma anche con quello determinato in KCl e con l'assenza di calcare totale.

La conoscenza della classe di tessitura del suolo, fornisce indicazioni sui rapporti tra i vani vuoti e pieni del suolo influenzando la composizione dell'atmosfera tellurica e di conseguenza, tutti i processi di ossidoriduzione.

In Tabella 5.2 sono elencati i risultati dell'analisi granulometrica. Quest'ultima non è stata eseguita sui campioni NAT VI 25 e ROB VI 56 visto l'eccessivo contenuto di sostanza organica. Dai risultati è emerso che la maggior parte dei suoli campionati nelle Province di Vicenza e Verona, presenta una tessitura franco-argillosa. In particolare, è possibile rilevare come il contenuto più alto di sabbia sia riscontrabile nel campione ROB VI 61 (64 %) e quello con la quantità minore di tale costituente sia il suolo NAT VI 56 (30 %).

In questo intervallo si collocano tutti gli altri valori. Raggruppando invece i terreni in funzione della tipologia di soprassuolo si desume che tra i campioni NAT i suoli con il maggiore contenuto di sabbia sono NAT VI 50 e NAT VI 86 (52 %) mentre quello con la quantità minore è NAT VI 56 (30 %). Nei campioni

ROB, invece, quello con la più alta percentuale di sabbia è ROB VI 61 (64 %) e quello con la quantità minore del suddetto costituente è il suolo ROB VI 43 (32 %).

La maggior percentuale di limo si riscontra nel campione ROB VI 75 (56 %), mentre quella minore è associata ai suoli ROB VI 86, ROB VR 24 e ROB VR 43 (14 %). Raggruppando i terreni secondo la tipologia di specie prevalenti si può osservare che nei campioni NAT il suolo con il tenore di limo maggiore è NAT VI 102 (38 %) e, invece, quello con il contenuto più basso è NAT VR 24 (16 %). Contrariamente, nei campioni ROB il suolo con la maggiore percentuale di questa componente è ROB VI 75 (56 %), mentre quelli con la percentuale minore sono i terreni ROB VI 86, ROB VR 24 e ROB VR 43 (14 %).

Infine, per quanto riguarda l'argilla, si può notare che i campioni che ne documentano il contenuto più elevato sono NAT VI 27, NAT VI 56 e NAT VR 24 (50 %), mentre quelli con la quantità minore sono ROB VI 25 e ROB VI 75 (6 %). In quest'intervallo si situano gli altri valori intermedi. Raggruppando i suoli secondo l'insieme di specie dominanti si osserva che tra i campioni NAT i suoli con il maggior contenuto di questa componente sono NAT VI 27, NAT VI 56 e NAT VR 24 (50 %), mentre quello con la quantità più bassa è NAT VI 102 (18 %). Nei campioni ROB, invece, il terreno con quantitativo di argilla più alto è ROB VI 27 (46 %) mentre quelli con la più bassa percentuale di questo costituente sono ROB VI 25 e ROB VI 75 (6 %)

Campione	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)
<i>NAT VI 03</i>	48 ±0.11	18 ±0.33	34 ±1.18
<i>NAT VI 25</i>	nd	nd	nd
<i>NAT VI 27</i>	32 ±0.12	18 ±0.65	50 ±1.32
<i>NAT VI 43</i>	34 ±0.10	36 ±0.68	30 ±2.18
<i>NAT VI 50</i>	52 ±0.10	18 ±1.10	30 ±2.10
<i>NAT VI 56</i>	30 ±0.12	20 ±1.03	50 ±3.15
<i>NAT VI 61</i>	34 ±0.91	20 ±0.67	46 ±4.12
<i>NAT VI 75</i>	44 ±0.67	28 ± 0.45	28 ±3.34
<i>NAT VI 86</i>	52 ±0.72	24 ±0.10	24 ±2.33
<i>NAT VI 102</i>	44 ±0.87	38 ±0.67	18 ±2.18
<i>NAT VR 24</i>	34 ±0.13	16 ±0.47	50 ±2.20
<i>NAT VR 61</i>	40 ±0.14	22 ±0.37	38 ±1.38
<i>ROB VI 25</i>	46 ±0.12	48 ±0.67	6 ± 0.03
<i>ROB VI 27</i>	38 ±0.34	16 ±0.36	46 ±4.13
<i>ROB VI 43</i>	32 ±0.32	26 ±1.12	42 ±3.28
<i>ROB VI 50</i>	48 ±0.86	22 ±1.32	30 ±4.12
<i>ROB VI 56</i>	nd	nd	nd
<i>ROB VI 61</i>	64 ±0.65	18 ±1.13	18 ±1.12
<i>ROB VI 75</i>	38 ± 0.43	56 ±1.22	6 ±0.04
<i>ROB VI 86</i>	62 ±0.47	14 ±1.10	24 ±0.38
<i>ROB VR 24</i>	56 ±0.38	14 ±1.28	30 ±0.12
<i>ROB VR 43</i>	50 ±0.97	14 ±0.14	36 ±0.13
<i>ROB VR 50</i>	44 ±0.67	18 ±0.36	38 ±0.11
<i>ROB VR 58</i>	58 ±0.35	24 ±0.07	18 ±0.12
<i>ROB VR 61</i>	50 ±0.42	22 ±0.35	28 ±0.33

Tabella 5.2: Risultati dell'analisi granulometrica dei suoli prelevati nelle province di Vicenza e Verona. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche.

Campione	CO %	N %	CU %	CU/CO	C/N
<i>NAT VI 03</i>	1.315±0.01	0.146±0.03	0.374 ± 0.01	28.399	9.017
<i>NAT VI 25</i>	2.866±0.01	0.289±0.02	0.503 ± 0.02	17.569	9.929
<i>NAT VI 27</i>	1.871±0.01	0.183±0.01	0.438 ± 0.02	22.035	10.231
<i>NAT VI 43</i>	1.250±0.03	0.153±0.02	0.418 ± 0.02	33.412	8.179
<i>NAT VI 50</i>	1.609±0.01	0.203±0.03	0.334 ± 0.02	20.761	7.939
<i>NAT VI 56</i>	1.442±0.03	0.142±0.01	0.365 ± 0.02	25.286	10.180
<i>NAT VI 61</i>	0.816±0.01	0.100±0.02	0.326 ± 0.02	30.655	8.117
<i>NAT VI 75</i>	1.442±0.02	0.142±0.02	0.488 ± 0.03	25.286	10.180
<i>NAT VI 86</i>	1.375±0.02	0.107±0.03	0.362 ± 0.03	26.310	12.823
<i>NAT VI 102</i>	1.856±0.01	0.219±0.01	0.582 ± 0.03	31.369	8.482
<i>NAT VR 24</i>	0.976±0.01	0.118±0.01	0.265 ± 0.04	27.132	8.235
<i>NAT VR 61</i>	0.816±0.01	0.100±0.01	0.250 ± 0.03	30.655	8.117
<i>ROB VI 25</i>	1.617±0.03	0.161±0.02	0.510 ± 0.04	31.560	10.039
<i>ROB VI 27</i>	0.866±0.02	0.107±0.01	0.318 ± 0.03	36.666	8.126
<i>ROB VI 43</i>	1.368±0.01	0.129±0.02	0.529 ± 0.03	38.695	10.638
<i>ROB VI 50</i>	1.493±0.02	0.154±0.02	0.358 ± 0.03	23.957	9.717
<i>ROB VI 56</i>	2.114±0.02	0.191±0.03	0.509 ± 0.03	24.064	11.045
<i>ROB VI 61</i>	1.092±0.02	0.100±0.01	0.385 ± 0.04	35.276	10.922
<i>ROB VI 75</i>	1.683±0.01	0.148±0.03	0.435 ± 0.05	25.869	11.402
<i>ROB VI 86</i>	1.478±0.01	0.136±0.03	0.353 ± 0.04	23.882	10.834
<i>ROB VR 24</i>	1.485±0.02	0.164±0.02	0.438 ± 0.04	29.461	9.083
<i>ROB VR 43</i>	1.856±0.02	0.154±0.01	0.577 ± 0.04	31.098	12.040
<i>ROB VR 50</i>	1.822±0.02	0.196±0.02	0.241 ± 0.02	13.238	9.300
<i>ROB VR 58</i>	1.888±0.03	0.205±0.02	0.366 ± 0.03	19.399	9.229
<i>ROB VR 61</i>	1.341±0.01	0.123±0.02	0.264 ± 0.03	19.680	10.866

Tabella 5.3: Valori di carbonio organico, azoto, carbonio umico e rapporto carbonio umico/carbonio organico e C/N dei suoli prelevati nelle province di Vicenza e Verona. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche.

Un altro parametro di fondamentale importanza per comprendere le dinamiche del suolo è il contenuto di sostanza organica. La sua rilevanza è legata alle funzioni nutrizionali e strutturali che essa svolge nel sistema suolo-pianta. Nei suoli naturali o poco disturbati il livello di sostanza organica risulta in genere

più alto di quello dei suoli coltivati, in quanto in questi ultimi, è maggiore l'asportazione di materiale organico e sono più intensi i fenomeni distruttivi per effetto di una maggiore ossigenazione del terreno dovuta alle lavorazioni. I processi che regolano l'evoluzione della sostanza organica sono alquanto complessi, ma riconducibili a reazioni di tipo "costruttivo" (umificazione), che portano alla formazione dell'humus, e di tipo "distruttivo" (mineralizzazione) che danno come risultato la ossidazione della sostanza organica ed il rilascio di elementi minerali.

Per quanto riguarda il contenuto di carbonio organico (Tabella 5.3) nei suoli oggetto di analisi, i dati mostrano che il campione NAT VI 25 è quello che presenta la maggiore quantità di questo elemento (2.866%), mentre i suoli NAT VI 61 e NAT VR 61 sono quelli che dimostrano il valore più basso (0.816%). Nei suoli ROB il contenuto di carbonio organico oscilla tra 0.866% nel campione ROB VI 27 e 2.114% nel suolo ROB VI 56.

Passando ad esaminare i dati riguardanti l'azoto, si può constatare che il suolo NAT VI 25 è quello più ricco di questo elemento (0.289%) dove, invece, i campioni NAT VI 61 e NAT VR 61 sono quelli che presentano il valore minore (0.100 %). Nei suolo ROB il contenuto di azoto varia tra 0.100% nel campione ROB VI 61 a 0.205% nel suolo ROB VR 58.

Per quanto riguarda l'analisi del carbonio umico, i valori ottenuti si pongono in un intervallo che va da un massimo di 0.582 % nel campione NAT VI 102 ad un minimo del 0.241 % associato al suolo ROB VR 50. All'interno di questo range si localizzano gli altri valori centrali.

Questo studio dimostra che la presenza della robinia determina mediamente un aumento del carbonio del suolo e della sostanza umica (1,47 rispetto a 1,55% per il contenuto di carbonio organico e da 0,38 a 0,42% per la quantità di humus). Inoltre, i suoli che ospitano la robinia evidenziano un rapporto C/N equilibrato

pari a 10.25 rispetto allo stesso riscontrato nei suoli NAT.

Campione	Fenoli (nmol cat/mg suolo)
<i>NAT VI 03</i>	1.871 ± 0.01
<i>NAT VI 25</i>	1.880 ± 0.01
<i>NAT VI 27</i>	1.804 ± 0.02
<i>NAT VI 43</i>	1.646 ± 0.02
<i>NAT VI 50</i>	1.755 ± 0.02
<i>NAT VI 56</i>	1.720 ± 0.04
<i>NAT VI 61</i>	1.751 ± 0.04
<i>NAT VI 75</i>	1.760 ± 0.03
<i>NAT VI 86</i>	1.664 ± 0.04
<i>NAT VI 102</i>	1.641 ± 0.05
<i>NAT VR 24</i>	1.651 ± 0.03
<i>NAT VR 61</i>	1.646 ± 0.04
<i>ROB VI 25</i>	1.423 ± 0.04
<i>ROB VI 27</i>	1.366 ± 0.05
<i>ROB VI 43</i>	1.480 ± 0.05
<i>ROB VI 50</i>	1.551 ± 0.06
<i>ROB VI 56</i>	1.589 ± 0.04
<i>ROB VI 61</i>	1.441 ± 0.05
<i>ROB VI 75</i>	1.563 ± 0.03
<i>ROB VI 86</i>	1.621 ± 0.03
<i>ROB VR 24</i>	1.539 ± 0.03
<i>ROB VR 43</i>	1.551 ± 0.03
<i>ROB VR 50</i>	1.273 ± 0.02
<i>ROB VR 58</i>	1.345 ± 0.03
<i>ROB VR 61</i>	1.360 ± 0.01

Tabella 5.4: Contenuto di fenoli totali dei suoli prelevati nelle province di Vicenza e Verona. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche.

La composizione fenolica di un suolo è fortemente influenzata dalla vegetazione che esso ospita (Pizzeghello et al. 2003). Infatti, dai dati ottenuti (Tabella 5.4) si evince che il contenuto di fenoli ricade in un intervallo di valori che varia da un minimo di 1.273 nmol cat/mg nel suolo ROB VR 50 ad un massimo di 1.880 nmol cat/mg nel campione NAT VI 25. All'interno di tale range si dispongono gli altri valori intermedi. Raggruppando i terreni in funzione della tipologia di soprassuolo si ricava che tra i campioni NAT il suolo con il maggiore contenuto di fenoli è NAT VI 25 (1.880 nmol cat/mg) mentre quello che presenta il valore minore è NAT VI 102 (1.641 nmol cat/mg).

Diversamente, nei campioni ROB il suolo ROB VI 86 presenta il contenuto di fenoli più alto (1.621 nmol cat/mg suolo), invece quello con la quantità minore è ROB VR 50 (1.273 nmol cat/mg).

Dal lavoro è emerso che il contenuto di fenoli totali è pari a 1,73 nmol cat/mg suolo nei suoli NAT e 1,46 nmol cat/mg nei suoli ROB; tale differenza è risultata statisticamente diversa per $p < 0.05$. Questo risultato, già riscontrato in un altro studio, indica che esiste un equilibrio tra la vegetazione autoctona e le caratteristiche pedogenetiche del suolo. In linea generale, potremmo ribadire quanto già sostenuto nella tesi di Carlo Murer (2012) che afferma come nuove combinazioni di specie, rapide successioni ecologiche e l'introduzione di specie esotiche possano generare pesanti effetti di interferenza sul sistema suolo-pianta.

Altro parametro legato alla fertilità del suolo è il contenuto di fosforo che nei campioni analizzati ricade in un range di valori che varia da un minimo di 0.38 mg/kg nel suolo NAT VI 75 ad un massimo di 30.20 mg/Kg nel campione ROB VI 27. All'interno di tale intervallo si distribuiscono gli altri valori intermedi. Raggruppando i terreni in funzione delle specie vegetali dominanti si deduce

che tra i campioni NAT il suolo con il maggiore contenuto di fosforo è NAT VI 56 (20.80 mg/Kg), mentre quello che presenta il valore minore è NAT VI 75 (0.38 mg/Kg).

Campione	P (mg/Kg)
<i>NAT VI 03</i>	12.70 ± 0.02
<i>NAT VI 25</i>	17.60 ± 0.01
<i>NAT VI 27</i>	15.70 ± 0.03
<i>NAT VI 43</i>	12.10 ± 0.03
<i>NAT VI 50</i>	14.90 ± 0.04
<i>NAT VI 56</i>	20.80 ± 0.04
<i>NAT VI 61</i>	17.40 ± 0.05
<i>NAT VI 75</i>	0.38 ± 0.04
<i>NAT VI 86</i>	12.50 ± 0.05
<i>NAT VI 102</i>	16.60 ± 0.04
<i>NAT VR 24</i>	16.80 ± 0.03
<i>NAT VR 61</i>	15.90 ± 0.01
<i>ROB VI 25</i>	25.00 ± 0.01
<i>ROB VI 27</i>	30.20 ± 0.01
<i>ROB VI 43</i>	28.50 ± 0.03
<i>ROB VI 50</i>	26.10 ± 0.03
<i>ROB VI 56</i>	21.60 ± 0.03
<i>ROB VI 61</i>	26.30 ± 0.01
<i>ROB VI 75</i>	24.10 ± 0.03
<i>ROB VI 86</i>	22.30 ± 0.01
<i>ROB VR 24</i>	24.30 ± 0.02
<i>ROB VR 43</i>	25.00 ± 0.02
<i>ROB VR 50</i>	18.40 ± 0.03
<i>ROB VR 58</i>	16.10 ± 0.01
<i>ROB VR 61</i>	13.90 ± 0.01

Tabella 5.5: Contenuto di fosforo dei suoli prelevati nelle province di Vicenza e Verona. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche.

Al contrario, nei campioni ROB il suolo ROB VI 27 presenta il contenuto di fosforo più alto (30.20 mg/kg), invece quello con la quantità minore è ROB VR 61 (13.90 mg/Kg).

È stato in seguito utilizzato il test t che ha permesso di confrontare le medie dei parametri chimico-fisici dei suoli NAT e ROB (Tabella 5.6). Dall'analisi è emerso che sono risultati altamente significativi, tra i due gruppi analizzati, il contenuto di fenoli e di fosforo per $p < 0.05$.

PARAMETRI	NAT	ROB	t	p
pH	6,679	7,220	1,540	0,130
Cond (ds/m)	0,023	0,027	0,561	0,579
calc tot g/kg	78,554	118,391	1,108	0,279
sabbia	40,364	48,833	2,38	0,025
limo	23,455	24,333	0,13	0,850
argilla	36,182	26,833	1,419	0,165
feno nmol cat mg	1,733	1,469	6,621	0,000
C%	1,470	1,546	0,418	0,679
N%	0,158	0,151	0,390	0,696
CU%	0,383	0,420	0,410	0,372
P mg/Kg	14,435	23,227	4,493	0,000

Tabella 5.6: Dati ottenuti attraverso l'applicazione del test t alle medie dei parametri del suolo per i diversi soprassuoli.

5. CONCLUSIONI

La Robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) è uno dei più importanti esempi di specie invasiva in ambiente temperato (Richardson e Rejmánek, 2011), in grado di competere con una vasta gamma di specie native, durante il rimboschimento spontaneo in aree abbandonate. Tuttavia, l'invasione della Robinia ha dimostrato di avere un impatto negativo nei confronti degli habitat non autoctoni nei quali viene a trovarsi (Peloquin e Hiebert, 1999; Matus et al, 2003; Essl et al, 2011). Alla luce di queste considerazioni, le analisi chimico fisiche dei suoli sono state proposte come indicatore per la valutazione delle dinamiche che intercorrono tra il soprassuolo, la rizosfera e il suolo. Nell'ambito dello studio delle interazioni tra suolo e pianta, i dati ottenuti in questo lavoro hanno permesso di evidenziare che il contenuto di fosforo e di fenoli totali sono risultati statisticamente differenti tra i suoli NAT e ROB. Il maggior contenuto di fenoli nei suoli NAT testimonia che esiste un maggiore equilibrio tra la vegetazione autoctona e le caratteristiche pedogenetiche del suolo.

6. BIBLIOGRAFIA

ARPA Veneto (2012). Il clima in Veneto. <http://www.arpa.veneto.it/>

Bernini F., Bridges E.M., Busoni E., Dallai R., Ferrari G.A., Giacomini V., Landi R., Lulli L., Magaldi D., Mancini F., Radaelli L. (1984). Conoscere il suolo. Introduzione alla pedologia. ETAS Libri s.p.a.

Biosproject: Earth (2011). Il suolo. <http://biosproject-earth.blogspot.it>

Centro Meteo Italiano (2011). Il clima del Veneto. <http://www.centrometeoitaliano.it/>

Coineau Y. (1974). Introduction a l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes. Doin ed.

Consiglio regionale del Veneto (2012). La storia del Veneto. <http://www.consiglioveneto.it>

David M. Richardson and Marcel Rejma'nek (2011) Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.) 17, 788–809 Trees and shrubs as invasive alien species – a global review.

Del Favero R. (2004). I boschi delle regioni alpine italiane tipologia, funzionamento, selvicoltura. Padova: CLEUP sc “Coop. Libreria Editrice Università di Padova”.

Del Favero R. (1999). Biodiversità e Indicatori nei tipi forestali del Veneto. Mestre Venezia: Regione del Veneto Direzione regionale delle foreste e dell'Economia montana.

Del Favero R., Lasen C. (1993). La vegetazione forestale del Veneto. II Edizione. Padova: Progetto Editore.

Essl F., Milasowszky N., Dirnböck T. (2011). Plant invasions in temperate forests: resistance or ephemeral phenomenon? Basic and Applied Ecology 12, 1–9.

- FAO** (1998). World Reference Base for Soil Resources. FAO, ISRIC & ISSS, Rome.
- Ferrari A.E., Wall L.G.** (2008). Coinoculation of black locust with Rhizobium and Glomus on a desurfaced soil. *Soil sci*, 173(3): 195-202.
- Goldstein M., Simonetti G., Watschinger M.** (2004). Alberi d'europa. Quinta edizione. Milano: Mondadori Editore.
- INFC** (2007) – Le stime di superficie 2005 - Seconda parte. Autori **G. Tabacchi, F. De Natale, L. Di Cosmo, A. Floris, C. Gagliano, P. Gasparini, I. Salvadori, G. Scrinzi, V. Tosi**. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF – Corpo Forestale dello Stato - Ispettorato Generale, CRA - ISAFa, Trento. <http://www.infc.it>
- IPLA** (2000). La robinia. Torino: Blu Edizioni.
- IPLA** (2006). I TIPI FORESTALI DELLA LIGURIA. Torino: Istituto per le piante da legno e l'ambiente SPA.
- Malcolm G., López-Gutiérrez J.C., Koide R.T., Eissenstat D.M.** (2008). Acclimation to temperature and temperature sensitivity of metabolism by ectomycorrhizal fungi. *Global Change Biology* 14: 1–12.
- MATTM - WWF ITALIA ONLUS** (2009). L'impatto delle specie aliene sugli ecosistemi: proposte di gestione. Progetto: Verso la strategia Nazionale per la Biodiversità: i contributi della conservazione Ecoregionale.
- Matus G., Tóthmérész B., Papp M.** (2003). Restoration prospects of abandoned species-rich sandy grassland in Hungary. *Applied Vegetation Science* 6, 169–178.
- Montanari C. & Guido M. A.** (1991) – Piante americane negli ambienti fluviali italiani. In: Atti del convegno internazionale "Scambi floristici fra vecchio e nuovo, riflessi agro-selvicolturali e impatti naturalistico-ambientali e paesaggistici", 22-23 aprile 1991. Comune di Genova, Fondazione regionale

Cristoforo Colombo, Ente Fiera di Genova, Genova: 239-254.

- Nardi S.** (2000). Sintesi e trasformazione della sostanza organica nel profilo del suolo. In *ELEMENTI DI PEDOLOGIA I suoli, loro proprietà, gestione e relazione con l'ambiente*, ed. G. Sanesi, 123-146. Bologna: Edagricole - Edizioni Agricole della Calderini s.r.l.
- Nardi S.** (2010). La sostanza organica come indicatore del funzionamento dell'ecosistema forestale. Dispense del corso di Pedologia e Chimica del suolo. Facoltà di Agraria - anno accademico: 2010-2011. Università degli Studi di Padova.
- Olesniewicz K.S., Thomas R.B.** (1999). Effects of mycorrhizal colonization on biomass production and nitrogen fixation of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seedlings grown under elevated atmospheric carbon dioxide. *New Phytol.*, 142: 133-140.
- Pagliari A., Perazzoli M.** (2009). Studio territoriale-agronomico del comune di Villanova sul Clisi (BS).
- Peddes P.** (2010). Il fosforo e le piante. <http://www.verdiincontri.com>
- Peddes P.** (2010). L'azoto e le piante. <http://www.verdiincontri.com>
- Peloquin R.L., Hiebert R.D.** (1999). The effects of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) on species diversity and composition of black oak savanna/woodland communities. *Natural Areas Journal* 19, 121-131.
- Pizzeghello D., Ferretti M., Masi A., Nardi S.** (2003). Water-soluble phenolic acid in soils under silver fir (*Abies alba*) forests. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12 – No.9 2003.
- Regione Piemonte** (2012). Le specie vegetali esotiche invasive. <http://www.regione.piemonte.it>

- Regione Toscana** (2012). La robinia in Toscana: la gestione dei popolamenti, l'impiego in impianti specializzati, il controllo della diffusione. www.regione.toscana.it
- Rice K.J., Matzner S.L., Byer W. and Brown J.R.** (2004). Patterns of tree dieback in Queensland, Australia: the importance of drought stress and the role of resistance to cavitation. *Oecologia*, 139:190-198
- Richardson D.M., Allsopp N., D'Antonio C.M., Milton S.J. e Rejmanek M.** (2000). Plant invasions - the role of mutualisms. *Biological Reviews*, 75: 65-93
- Röhm M., Werner D.** (1991). Nitrate levels affect the development of the black locust-Rhizobium symbiosis. *Trees* 5, 227-231
- Sanesi G.** (2000). ELEMENTI DI PEDOLOGIA I suoli, loro proprietà, gestione e relazione con l'ambiente. Bologna: Edagricole - Edizioni Agricole della Calderini s.r.l.
- Sokal R.R., Rohlf F.J.** (1969). Biometry. Freeman and Co. San Francisco
- Stevenson F. J.** (1986). Cycles of soil. New York: John Wiley & Sons.
- Ticli B.** (2011). Alberi d'Italia e d'Europa. Prima edizione. Firenze: Giunti Editore.
- Ulrich A., Zaspel I.** (2000). Phylogenetic diversity of rhizobial strains nodulating *Robinia pseudoacacia* L. *MICROBIO - UK*, 146, pp. 2997-3005.
- Walkley A. and I.A. Black** (1934). An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-263.
- Violante P.** (2005). Chimica del suolo e della nutrizione delle piante. Bologna: Edagricole - Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE Edagricole S.r.l.

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare i miei genitori, che hanno reso possibile il conseguimento di questo traguardo. Ringrazio inoltre i miei nonni per il costante supporto grazie al quale mi è sempre stato indicato il giusto percorso da seguire.

Infine, esprimo la mia totale gratitudine verso la mia ragazza Hillary De Barba per l'incessante sostegno che mi ha permesso di affrontare con il sorriso giorno dopo giorno.

