



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

CORSO DI LAUREA IN TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

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

Relatore:  
Prof.ssa **Serenella Nardi**

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

Laureando: **Daniele Mozzato**  
Matricola n. **615343 - TFA**

ANNO ACCADEMICO 2011- 2012



*Ai miei genitori*



# INDICE

<b>RIASSUNTO</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>11</b>
1.1. La Pianura Padano-Veneta	11
1.1.1. Breve storia della Pianura Padano-Veneta	12
1.2. La regione oggetto di studio	13
1.2.1. Il clima	15
1.2.2. Le regioni forestali	17
1.2.2.1. La regione planiziale	18
1.2.2.2. La regione avanalpica-collinare	19
1.2.3. Le tipologie forestali	20
1.3. L'invasione delle specie vegetali aliene	28
1.4. La Pedologia	31
1.4.1. Il suolo	32
1.4.2. La sostanza organica	34
1.4.3. Le relazioni suolo-pianta	36
<b>2. SCOPO</b>	<b>39</b>
<b>3. MATERIALI E METODI</b>	<b>41</b>
3.1. Denominazione dei campioni di suolo	41
3.2. Analisi di Laboratorio	41
3.2.1. Preparazione del campione	41
3.2.2. Determinazione della tessitura	41
3.2.3. Determinazione della reazione del suolo in H <sub>2</sub> O	42
3.2.4. Determinazione della reazione del suolo in KCl	42
3.2.5. Determinazione della conducibilità elettrica specifica	42

3.2.6.	Determinazione del carbonio organico	43
3.2.7.	Determinazione dell'azoto mediante analizzatore elementare	43
3.2.8.	Estrazione della sostanza umica e determinazione del carbonio umico	43
3.2.9.	Determinazione del calcare totale	44
3.2.10.	Estrazione e determinazione dei fenoli totali	44
<b>4.</b>	<b>ANALISI STATISTICA</b>	<b>45</b>
<b>5.</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>DISCUSSIONI</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>63</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>65</b>
	<b>RINGRAZIAMENTI</b>	<b>71</b>

## RIASSUNTO

Ai giorni nostri la Pianura Padano-Veneta rappresenta la più vasta superficie italiana occupata dalle colture agricole, dalle grandi città e dalle aree commerciali ed industriali. La sua conformazione è dovuta in particolare, alle caratteristiche climatiche omogenee. Infatti, le temperature medie di quest'area oscillano fra i 13 ed i 15°C, mentre le precipitazioni sono distribuite con uniformità lungo tutto l'anno e presentano totali annui normalmente compresi tra i 600 ed i 1100 mm.

La Regione Padana era un tempo una terra ricoperta prevalentemente dai boschi, ma l'espansione dell'uomo e delle sue attività ne hanno notevolmente mutato l'aspetto originario.

Per questo motivo, oggi le formazioni forestali primarie, si sono conservate in aree frammentate e di circoscritte dimensioni. Queste ultime vengono definite "boschi relitti" e normalmente presentano caratteristiche spesso differenti tra loro, sia per quanto riguarda la vegetazione che per quanto concerne le dinamiche ecologiche.

Alcuni boschi relitti si ritrovano nella regione pianiziale e in quella avanalpica-collinare delle province di Padova e Treviso. In queste zone la vegetazione autoctona oltre ad essere frammentata, di limitate dimensioni e con caratteristiche alquanto eterogenee, è stata esposta all'invasione di alcune specie aliene, tra le quali una delle principali è la *Robinia pseudoacacia* L.

In questo campo, numerose ricerche pedologiche stanno dimostrando come, la qualità del suolo influenzi tutti gli elementi degli ecosistemi, in particolare di quelli forestali. Il concetto di qualità comprende la determinazione delle proprietà chimico-fisiche del suolo e la valutazione dei processi che avvengono in esso, in quanto espressione della capacità del suolo stesso di funzionare come parte dell'ecosistema.

Perciò, in questa indagine sono state definite e valutate le caratteristiche chimiche e fisiche di suoli campionati in boschi relitti delle province di Padova e Treviso. In questo senso, i campioni sono stati nominati con un codice identificativo composto di tre parti:

- La sigla NAT o ROB che indica l'assenza o la presenza di specie alloctone quali la *Robinia pseudoacacia* L.;

- La sigla della provincia di prelevamento (PD o TV);
- Un numero che indica il sito di campionamento.

Visti i risultati ricavati dalle analisi di laboratorio e dalle successive elaborazioni matematiche e statistiche, è possibile evidenziare che la presenza dei robinieti influenza il turnover della sostanza organica che evolve verso la mineralizzazione rispetto all'umificazione. Inoltre, il contenuto di fenoli è risultato altamente significativo nel distinguere i due gruppi di soprassuoli analizzati ( $p < 0.05$ ).

Infine è risultata significativa una correlazione tra la quantità di argilla presente nel suolo e la numerosità delle specie aliene nelle formazioni forestali.



## SUMMARY

Nowadays the Po valley is the largest Italian surface exploited for crop cultivation. Big cities, commercial and industrial areas have arisen in this area, mainly because of the homogenous climate characteristics (the average temperature in this region varies from 13 to 15°C and the atmospheric precipitation is within 600-1100 mm) and the flat morphology of this area.

In the past time the Po valley was a land covered by the forests, but the anthropogenic activities have further caused the mutation of this landscape.

Therefore, today the original forests of this region are conserved in disjointed and small sites that are called "wreck woods". These wooden areas often differ for vegetation and ecosystem's dynamics.

Some of these forests are present in Padova and Treviso: in these areas the original vegetation is exposed to the invasion of some alien plant species as, for example, black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), which is a fast colonizing tree.

Some pedological researches have shown that soil quality influences all the ecosystem elements, in particular of forest ecosystem. Quality concept includes the determination and the evaluation of the soil formation processes, as expression of the soil capacity to operate as part of the ecosystem.

Therefore, in this study, the chemical and physical characteristics of various soils sampled from the wreck groves of Padova and Treviso were determined. The samples are indicated with a code that considers the absence (NAT samples) or the presence (ROB samples) of exotic species, such as *Robinia pseudoacacia* L.

The results show that there is a correlation between the amount of soil phenols and the kind of vegetation growing on soil. Furthermore, a negative correlation between the quantity of clay and the abundance of alien species has been found.



# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. La Pianura Padano-Veneta

La Pianura Padano-Veneta ha la forma di una "V" coricata ed è racchiusa dalle Alpi a nord e ad ovest, dall'Appennino Settentrionale a sud, mentre è aperta verso est dove si affaccia al Mar Adriatico per circa 180 km.

Si tratta di una striscia di terra lunga approssimativamente 500 km, da ovest ad est, che conta una superficie di 46.000 m<sup>2</sup>, pari al 15 % del territorio italiano. L'altitudine media è perlopiù inferiore ai 100 m, ma supera i 500 m nelle Alpi Cozie (Cuneo, all'estremità della Pianura, è situato a 534 m) e scende anche sotto il livello del mare in alcune zone, presso la foce del Po.

Pur trattandosi di una pianura non mancano alcuni rilievi che interrompono la continuità, in Veneto, per esempio, si ritrovano i Colli Berici (con il Monte Alto che arriva ai 444 m) ed i Colli Euganei (dove il Monte Venda raggiunge i 603 m), entrambi ruderi di gruppi vulcanici sottomarini e subaerei dell'Eocene e del Miocene.

La Pianura Padano-Veneta deve la sua origine all'accumulo di materiali di trasporto ad opera dei fiumi alpini ed appenninici, che hanno a poco a poco colmato il vasto golfo marino che ancora esisteva alla fine del Pliocene, materiali già in parte trasportati dai grandi ghiacciai quaternari, in seguito rimaneggiati e trascinati più in basso dai corsi d'acqua.

In generale si può dire che l'alta pianura è formata da alluvioni grossolane (ghiaie e materiale di grosse dimensioni) e molto permeabili, mentre la bassa da alluvioni fini, sabbiose o argillose, più impermeabili.

Il passaggio tra la zona diluviale antica e quella alluviale più recente è segnato dalla zona delle risorgive o dei fontanili, alimentati dalla falda freatica sottostante. Tale fenomeno è visibile anche in Veneto come, ad esempio, a Villafranca di Verona.

Nel complesso, si tratta di un individuo geografico ben definito, tanto per le condizioni morfologiche (geologia e pedologia) quanto per le caratteristiche climatiche. Queste ultime condizioni, lungo gli anni, ne hanno fatto un territorio sempre più vocato all'agricoltura che, infatti, ha tolto spazio alle superfici boschive.

Le specie forestali tipiche della Pianura Padano-Veneta sono:

- La farnia - *Quercus robur* L. - che è la quercia che resiste più facilmente ai ristagni idrici;
- Il carpino bianco - *Carpinus betulus* L. - che si localizza nelle zone più asciutte, poiché esige suoli sciolti, freschi e profondi;
- L'ontano nero - *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner - che tollera meglio l'eccesso idrico rispetto al carpino bianco, anche se necessita di substrati dove l'acqua, seppur lentamente, defluisca;
- I salici - *Salix spp.* - ritrovabili soprattutto nelle zone ripariali in prossimità di corsi d'acqua o di specchi idrici;
- Il frassino meridionale (o Frassino ossifillo) - *Fraxinus oxycarpa* Bieb. - che predilige i terreni freschi;
- Il pioppo bianco e il pioppo nero - *Populus alba* L. e *Populus nigra* L. - che si ritrovano frammisti ai salici, anche se il pioppo bianco tollera meno i ristagni idrici rispetto al pioppo nero;
- L'olmo - *Ulmus Minor* Miller - che rappresenta una delle specie più importanti della Pianura Padano-Veneta, in quanto ha evoluto strategie particolari per adattarsi agli eccessi d'acqua;
- Alcune specie minori e sporadiche quali l'acero campestre - *Acer campestre* L. - il ciliegio - *Prunus avium* L. - ed altre.

### **1.1.1. Breve storia della Pianura Padano-Veneta**

La Pianura Padano-Veneta era, fino a circa 2500 anni fa, una sorta di enorme palude assolutamente inospitale per l'uomo. La colonizzazione di queste aree da

parte di alcuni popoli (dapprima i Celti e poi anche i Romani) è stata possibile solo attraverso opere di regimazione delle acque e di bonifica dei territori.

In epoca storica, la Pianura ha subito una prima deforestazione da parte dei Romani, che utilizzavano il legname soprattutto per scopi militari e per motivi energetici; con l'arrivo dei Barbari, però, si è assistito ad una notevole diminuzione della popolazione alla quale è conseguita una prima riforestazione.

Durante il Medioevo, le comunità che occupavano il territorio in esame sono nuovamente aumentate con l'esigenza di utilizzare i prodotti forestali legnosi a fini energetici e combustibili. Per tali motivi la Pianura Padano-Veneta ha registrato una seconda forte diminuzione della superficie a bosco. Questa tendenza si è però invertita negli anni delle epidemie di peste quando, al calo degli abitanti, si è associato l'aumento della superficie forestale.

Ai giorni nostri, la Pianura Padano-Veneta sta attraversando una terza pesante deforestazione conseguentemente all'espansione dei centri abitativi, delle zone industriali e commerciali e delle superfici agricole.

## 1.2. La regione oggetto di studio

Il Veneto (Figura 1.1) è l'unica regione italiana ad unire cime alte oltre 3000 m, una vasta pianura (facente parte della Pianura Padano-Veneta) ed il mare. Infatti, essa, dal punto di vista orografico, è costituita per circa il 30 % da montagne, per il 14 % da colline e per il restante 56 % dalla pianura (Meteorologi del Triveneto, 2012).

In Veneto, si trovano inoltre il più grande lago, i due maggiori fiumi e la principale



Figura 1.1: Area interessata dallo studio.

laguna d'Italia, oltre al grande Delta del Po.

La morfologia del territorio, delimitato dal mare Adriatico, dalla Pianura Padana e dalle Alpi è alquanto complessa. Nel Veneto si possono infatti riconoscere quattro grandi sub-regioni, ciascuna con un ambiente, un paesaggio, un'economia e delle condizioni di popolamento proprie:

- La parte settentrionale (non attinente al presente studio), interamente compresa nella provincia di Belluno che è la più estesa della regione, corrisponde al Veneto montano e possiede i caratteri sociali ed economici tipici dell'area alpina; vale a dire un popolamento rado, un'agricoltura modesta, una debole industrializzazione, ma molte ed importanti località di villeggiatura e di turismo sportivo.
- Il Veneto mediano, compreso tra le Prealpi e la pianura, si estende nelle province di Treviso, Padova, Vicenza e Verona (le prime due sono le province interessate da quest'analisi). È la parte più vivace e ricca della regione, con una fiorente agricoltura, un allevamento sviluppato, una stabile economia commerciale e industriale, una fitta rete di città e cittadine illustri per storia e cultura.
- Il Veneto meridionale, che corrisponde alla pianura compresa tra l'Adige e il Po (Polesine).
- Il Veneto orientale e marittimo, con le sue coste lagunari e le basse pianure spesso minacciate dalle alluvioni del Po. Un'attenzione particolare merita la laguna di Venezia, al centro della quale si colloca l'omonimo capoluogo regionale, interamente edificato su isole e terre affioranti dall'acqua.

Tale assetto economico-sociale deriva dal fatto che nel corso del Novecento il Veneto fu una terra d'emigrazione: già negli anni '20 e '30 molti veneti lasciarono infatti la loro terra alla ricerca di un lavoro nelle regioni italiane o negli

stati esteri più sviluppati. A partire dagli anni Sessanta, però, lo sviluppo agricolo, industriale e turistico ha permesso il rientro di molti emigrati ed un miglioramento generale del livello di vita.

Per quanto riguarda la vegetazione, l'ambiente naturale prevalente in quasi tutta la regione era la foresta di latifoglie, mentre sulle Alpi si estendevano le foreste di aghifoglie e più in alto i pascoli alpini. L'intervento antropico ha lasciato ben poco delle foreste originarie, soprattutto di quelle di latifoglie e tutta la pianura veneta è oggi una distesa di campi coltivati.

### **1.2.1. Il clima**

Il clima del Veneto, pur essendo compreso nella tipologia mediterranea, presenta alcune peculiarità, dovute principalmente alla posizione di transizione soggetta a varie influenze:

- L'effetto mitigatore delle acque dell'Adriatico;
- L'azione orografica delle Alpi;
- La continentalità tipica dell'area centro-europea.

Sono assenti alcune delle caratteristiche propriamente mediterranee quali l'inverno mite (in montagna, ma anche nell'entroterra, prevalgono gli effetti continentali che sono i responsabili di una stagione invernale piuttosto rigida) e la siccità estiva che viene compensata dai frequenti temporali di tipo termo-convettivo.

In Veneto, è possibile evidenziare tre zone mesoclimatiche principali:

- *Mesoclina della Pianura*

La pianura (compresi il litorale, la fascia pedemontana ed i Colli Euganei e Berici) è caratterizzata da un certo grado di continentalità, con inverni abbastanza rigidi ed estati calde. Le temperature medie di quest'area oscillano fra i 13 ed i 15°C (Figura 1.2). Le precipitazioni sono distribuite alquanto con

uniformità lungo tutto l'anno e con totali annui normalmente compresi tra i 600 ed i 1100 mm (Figura 1.3), con l'inverno come stagione meno piovosa, le stagioni intermedie contraddistinte dal prevalere di perturbazioni atlantiche e mediterranee e l'estate con i tipici eventi temporaleschi.

- *Mesoclima prealpino*

Nell'area prealpina e nelle zone più settentrionali della fascia pedemontana, in prossimità dei rilievi, il fattore peculiare del mesoclima consta nell'abbondanza di precipitazioni, con valori medi attorno ai 1100-1600 mm annui, e con massimi prossimi ai 2000-2200 mm (Figura 1.3). Gli apporti più sostanziosi sono di regola associati alla primavera e all'autunno. Le temperature medie annue di questo areale sono comprese tra i 9 ed i 12°C (Figura 1.2): qui, infatti, la continentalità è più rilevante rispetto alle aree di pianura. La stagione fredda si caratterizza per una maggior frequenza di giorni con cielo terso e per la relativa scarsità di precipitazioni.

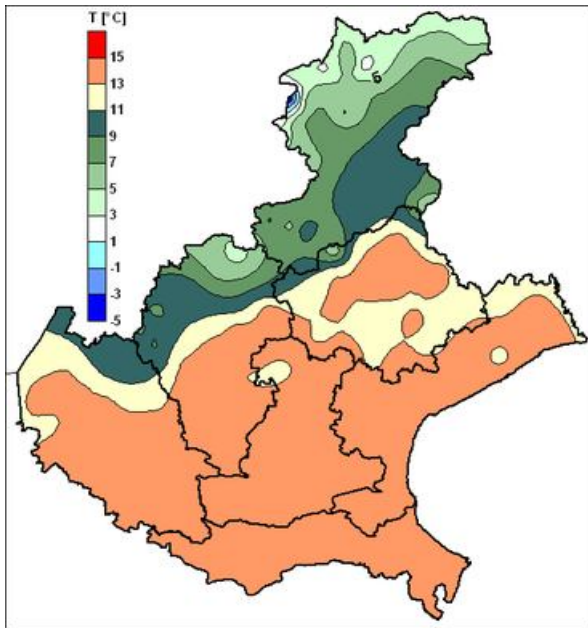
- *Mesoclima alpino*

Include la fascia montana delle Dolomiti. In questa zona il mesoclima si differenzia per precipitazioni abbastanza elevate ma solitamente sotto ai 1600 mm annui (Figura 1.3), con picchi stagionali più volte riferibili a tarda primavera, inizio estate ed autunno. Le temperature sono variabili tra i 7 ed i -5°C (Figura 1.2) e presentano valori medi inferiori a zero nei mesi invernali. Nelle aree più interne e spostandosi verso nord, il lungo permanere della neve, specialmente alle quote più elevate e nei versanti in posizione non esposta al sole, si esprime in una prosecuzione della fase invernale ed in un successivo ritardo nell'affermarsi delle condizioni primaverili.

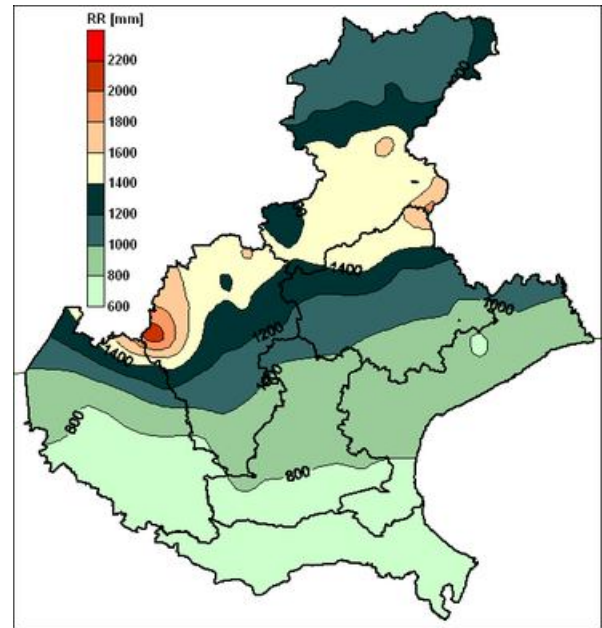
In base alla classificazione termica di Pinna (1978), ispirata allo schema generale di Koeppen, il "clima temperato sub-continentale" con temperature



medie annue comprese fra 10 e 14.4°C è quello prevalente in Veneto, interessando tutto l'areale della Pianura, le valli prealpine e la Valbelluna. Le zone montane, se si escludono le valli prealpine, si collocano in prevalenza entro il "clima temperato fresco-freddo" con temperature medie annue comprese fra 6 e 9.9°C il fresco, fra 3 e 5.9°C il freddo e, solo le aree alpine culminanti entro il "clima freddo" con temperature medie annue inferiori a 3°C (ARPA Veneto, 2012).



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



**Figura 1.3:** Mappa delle precipitazioni annue medie (isoiete). Periodo 1985 - 2009. (ARPA Veneto, 2012).

### 1.2.2. Le regioni forestali

Le regioni forestali interessate dalla presente analisi sono la regione pianiziale e quella avanalpica-collinare. Di seguito queste ultime saranno descritte evidenziando le caratteristiche climatiche, pedologiche e vegetazionali di ognuna.

### 1.2.2.1. La regione planiziale

La regione planiziale comprende tutta la Pianura Padana. Si tratta di una regione climaticamente piuttosto omogenea, con temperature medie annue che scendono fino a 13°C e con precipitazioni variabili fra 700 e 1100 mm (Del Favero, 2004).

Si tratta della regione in cui sono più evidenti gli sconvolgimenti provocati dall'uomo (Del Favero, 2004). Qui ritroviamo, infatti, la stragrande maggioranza dei terreni coltivati ai quali si affiancano le grandi città, gli insediamenti industriali e le vie di comunicazione.

In questa regione gli ecosistemi forestali originari si sono conservati solo in aree di limitata estensione ed inoltre risultano tra loro molto frammentati e disomogenei. Questi nuclei originari sono quelli che oggi vengono definiti come "boschi relitti" dove è difficile non solo un'interpretazione fitogeografica, ma anche l'individuazione della vegetazione potenziale, che erroneamente è spesso attribuita ai soli quercu-carpineti.

Infatti, la vegetazione della regione planiziale non si limita a quest'ultima formazione, bensì dimostra una distribuzione che segue la disponibilità idrica del substrato.

In quest'ottica, dove la il regime idrico è elevato si trova l'alneto di ontano nero, infatti, l'*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner è una specie che si insedia su suoli con alte quantità d'acqua, anche se quest'ultima deve comunque, seppur lentamente, defluire; dove la falda è più superficiale si forma, invece, il querceto di farnia (*Quercus robur* L.) con olmo (*Ulmus Minor* Miller), soprattutto ad ovest, o con frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.), più frequente nella pianura orientale, mentre dove la falda si colloca più in basso compare il quercu-carpineto (in quanto il *Carpinus betulus* L. non tollera i ristagni idrici).

Non è da dimenticare, infine, il fatto che le formazioni della regione planiziale sono state fortemente contaminate da specie aliene introdotte, in varie epoche, dall'uomo. Tra queste vanno ricordate la *Robinia pseudoacacia* L. e il *Prunus serotina* Ehrh. che, per il loro alto potere invasivo, creano diversi problemi.

### 1.2.2.2. La regione avanalpica-collinare

Dopo la regione pianiziale si trova la regione avanalpica-collinare, della quale fanno parte i sistemi che interrompono la continuità della Pianura Padano-Veneta. Tra questi ritroviamo in Veneto le colline trevigiane, i Colli Berici e i Colli Euganei.

Le formazioni collinari sopraccitate presentano substrati silicatici massivi e sono caratterizzate da un clima che non differisce molto rispetto a quello della regione pianiziale; tale fatto è riconducibile alla modesta altitudine dei rilievi, che di norma non superano gli 800 m.

Le temperature, infatti, oscillano fra gli 11 e i 15°C, mentre le precipitazioni divengono più consistenti, arrivando, però solo ad est, fino a 1300-1400 mm (Del Favero, 2004). Le condizioni climatiche anzidette, fanno della regione avanalpica-collinare un territorio particolarmente vocato alla viticoltura, tanto che quest'ultima risulta essere l'uso del suolo prevalente.

Per questo motivo, i boschi originari, sono oggi molto ridotti e come se non bastasse tendono ad essere sostituiti da formazioni di castagno (*Castanea sativa* Miller) o di robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), specie introdotte per sopperire ad una crescente domanda di legna da ardere, paleria e raramente legname da opera.

Il quercio-carpinetto collinare rimane in ogni caso la principale formazione forestale di questa regione. Qui la farnia e la rovere - *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. - si miscelano in relazione al diverso regime idrico del suolo: nelle parti basali delle colline il quercio-carpinetto è composto dalla farnia, mentre salendo quest'ultima viene sostituita dalla rovere che, in certi casi, riesce a formare anche querceti puri. Questa distribuzione è peraltro assai raramente osservabile perché sconvolta dalla presenza dei robinieti e dei castagneti (Del Favero, 2004).

Nei terreni carbonatici, potenzialmente fertili ma con bassa feracità dovuta alla permeabilità del substrato, le condizioni edafiche più proibitive portano alla formazione di boschi costituiti da carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), orniello (*Fraxinus ornus* L.) e roverella (*Quercus pubescens* Willd.), vale a dire orno-ostrieti, ostrio-querceti o querceti di roverella.

### 1.2.3. Le tipologie forestali

Le tipologie forestali autoctone che si ritrovano nelle regioni pianiziale e avanalpica-collinare del Veneto, sono molteplici, vista la consistente varietà di zone climatiche e pedologiche presenti all'interno dei confini regionali.

In ogni caso, le principali formazioni forestali native (NAT) che sono interessate dal presente studio si localizzano tra il livello del mare e gli 800 m di quota e comprendono alcune importanti tipologie forestali:

- *Quercocarpineti e carpineti*

Di questa tipologia forestale fanno parte le formazioni relative all'alleanza fitosociologica del *Carpinion*. In funzione delle diverse condizioni ambientali si possono ritrovare formazioni pure di carpino bianco, formazioni miste di carpino bianco e farnia (quercocarpineti) o formazioni pure di farnia: tale distribuzione deriva soprattutto dalle caratteristiche di permeabilità all'acqua del substrato.

I quercocarpineti sono più diffusi nella regione pianiziale, ma si possono ritrovare anche nella regione avanalpica-collinare all'interno delle vallate collinari.

- *Querceti*

Nella categoria dei querceti rientrano le formazioni in cui prevalgono una o più specie del genere *Quercus* (Del Favero, 2004). Infatti, a questa categoria appartengono differenti formazioni in funzione della specie dominante: nella zona costiera e lungo il perimetro del Garda si possono trovare alcune leccete (boschi formati da leccio - *Quercus ilex* L.) tipiche della macchia mediterranea; salendo di quota, invece, ed arrivando sulle colline (per esempio nei Colli Euganei) si ritrovano i querceti di roverella (*Quercus pubescens* Willd) soprattutto su substrati xerici; infine nelle zone più ricche d'acqua subentra la farnia che tende ad essere sostituita dalla rovere, dove i suoli sono più freschi e soprattutto in ambiente collinare tra i 200 e gli

800 m di quota. Spesso i querceti di rovere sono stati sostituiti dai castagneti.

- *Orno-ostrieti*

La categoria degli orno-ostrieti comprende quelle formazioni in cui prevalgono il carpino nero e l'orniello, mentre la roverella vi partecipa in modo minoritario o manca del tutto (Del Favero, 2004).

I boschi rientranti in questa categoria sono, nel complesso piuttosto eterogenei a causa dell'esistenza di molte specie arboree che potenzialmente potrebbero parteciparvi, dei frequenti contatti e contaminazioni fra formazioni diverse e del notevole disturbo antropico (Del Favero, 2004).

Entrambe le specie che formano l'orno-ostrieto (il carpino nero - *Ostrya carpinifolia* Scop. - e l'orniello - *Fraxinus ornus* L.) presentano accrescimenti lenti. A causa di ciò, nel recente passato, sono state ipersfruttate (abbreviando i turni) per sopperire ad una crescente domanda di legna da ardere. La ceduzione però ha provocato l'impoverimento specifico del bosco, perché, dopo il taglio, hanno ricacciato solamente le piante con maggiore capacità pollonifera (sia autoctone, come la roverella, ma più frequentemente alloctone, come la robinia).

- *Aceri-frassineti e aceri-tilieti*

Sono formazioni costituite dalle cosiddette latifoglie nobili, vale a dire gli aceri (l'acero di monte - *Acer pseudoplatanus* L. - l'acero riccio - *Acer platanoides* L. - e l'acero opalo - *Acer opulifolium* Chaix), il frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.) e i tigli (il tiglio selvatico - *Tilia cordata* Miller - ed il tiglio nostrano - *Tilia platyphyllos* Scop.).

Si tratta di specie molto esigenti ed amanti di suoli sciolti, freschi e profondi che non formano veri e propri boschi misti, ma piuttosto dei popolamenti dove una delle specie domina sulle altre.

Queste formazioni sono distribuite nella zona collinare veneta, in particolar modo lungo le vallate vicentine, in ambienti caratterizzati da elevate precipitazioni e da suoli originatisi da rocce poco permeabili (Del Favero e Lasen, 1993).

Accanto alle tipologie forestali autoctone venete sopraelencate si situano alcune formazioni costituite da specie alloctone o esotiche ed altre da specie aliene. Per specie alloctone o esotiche si possono intendere quelle specie che si trovano fuori del loro areale naturale, mentre per specie aliene si intendono quelle che sono state introdotte fuori della loro area di diffusione naturale senza autorizzazione.

La pianta importata nel nuovo ambiente può avere due sorti: può non riuscire a germinare o riuscire a farlo per morire poco dopo (a causa delle condizioni ambientali avverse per quella determinata specie), oppure può germinare e successivamente crescere senza particolari problemi. In questo caso sono necessarie altre due distinzioni: una volta che la pianta è cresciuta può non riuscire a fruttificare ed allora non rappresenta un problema, oppure può produrre il frutto e quindi andare in disseminazione. Se così avviene, la specie necessita di una mirata strategia gestionale in quanto nel nuovo ambiente non è presente alcun nemico naturale e, per tale motivo, essa può riuscire a moltiplicarsi divenendo anche infestante. Quindi, le specie alloctone o aliene devono essere gestite. In quest'ottica le piante esotiche si possono eliminare (se l'eradicazione è legalmente possibile ed economicamente sostenibile) oppure si possono utilizzare.

La specie aliena che è stata impiegata in questo studio è la robinia (*Robinia pseudoacacia* L.). Del Favero (2004) la definisce come la specie esotica maggiormente diffusa nelle Regioni alpine italiane, che pone particolari problemi gestionali.

Di seguito è riportata una descrizione della specie, delle sue caratteristiche, della sua storia e della sua diffusione.

**Nome scientifico:** *Robinia pseudoacacia* L.

**Nome comune:** Acacia

**Ordine:** *Fabales*

**Famiglia:** *Fabaceae*

Si tratta di una pianta che può raggiungere un'altezza di 25 m, con chioma globosa ed espansa, tronco eretto, talora biforcuto che porta ramuli molto spinosi. La corteccia è grigio-bruna, solcata, a liste variamente incrociate.

Il fogliame (Figura 1.4) è deciduo formato da foglie composte, imparipennatosette, di 20-30 cm di lunghezza con 13-15 foglioline ellittiche di 3-4 cm, picciolate e più o meno opposte. Le foglie presentano un colore autunnale che vira verso il giallo e sono inserite nei rami con un'inserzione alterna.

I fiori (Figura 1.4) sono raggruppati in infiorescenze a grappolo di 10-25 cm, formate da 15-25 fiori papilionati bianchi e profumati. La fioritura avviene in maggio-giugno ed è quasi contemporanea alla fogliazione.

I frutti sono dei legumi pendenti di colore bruno, di 5-10 cm di lunghezza, che rimangono sulla pianta fino all'inverno.

Il nome del genere ricorda Jean Robin, curatore dell'Orto Botanico del re di Francia, che nel 1601 introdusse questa pianta in Europa.

La robinia è originaria dei Monti Alleghani, nelle regioni orientali degli Stati Uniti, dove forma boschi puri; portata nel nostro continente come ornamentale per la bellezza della fioritura, ben presto sfuggì alla coltivazione, naturalizzandosi in tutta l'Europa, dalla pianura fino a 1200 m di altitudine, in zone a clima sufficientemente caldo (sub-mediterraneo).

La sua larga diffusione è favorita dalla forte capacità pollonifera sia caulinare che, soprattutto, radicale e da una ricca disseminazione spontanea, anche se il legume è duro e, per tale motivo, non ha buona germinabilità; inoltre i getti giovani sono protetti da pericolose spine. Viene così a formare boscaglie



**Figura 1.4:**

*Robinia pseudoacacia* L.

dense in competizione con le specie arboree spontanee, su cui spesso prende il sopravvento. Questo anche perché, essendo specie a rapido accrescimento, è stata preferita ad altre meno produttive.

Dal punto di vista ecologico si tratta di una specie pioniera secondaria: vale a dire che essa, pur dimostrando un forte carattere pionieristico, non colonizza i suoli primitivi. Infatti, presenta un comportamento di tipo B (caratteristico delle formazioni di sistemi poco disturbati, ma con alternanza di specie).

È una pianta che predilige suoli sciolti, freschi e profondi, anche se riesce a dare dei buoni risultati produttivi anche su suoli poco ricchi, grazie alla simbiosi mutualistica con alcuni batteri azotofissatori, purché vi sia, in ogni caso, una buona disponibilità idrica.

Trattandosi di una specie pioniera, la robinia ha una vita piuttosto breve (in media di 40-50 anni, arrivando al massimo a 70-80). Presenta inoltre, una forte competizione intraspecifica poiché le plantule o meglio i polloni entrano da subito in "lotta" tra di loro (fatto che oggi è impiegato nel programmare una buona strategia gestionale e di controllo).

Il legno, di color giallo-verdognolo nell'alburno e bruno-olivaceo nel duramen, ha grana piuttosto grossa e si spacca facilmente, ma resiste bene all'aperto, dove è molto durevole: perciò viene impiegato per paleria, ad esempio in viticoltura; si adopera in falegnameria perché, per la sua resistenza, è adatto alla costruzione di parti soggette a forte usura; è inoltre buon combustibile che brucia anche appena tagliato.

Dal legno infine si estraggono le fibre, che possono essere adoperate per cordami e stuoie grossolani. Foglie e corteccia sono tintorie e le prime si utilizzano anche come foraggio. I fiori vengono usati talvolta in cucina, per preparare dolci e infusi; l'acacia poi è una eccellente pianta mellifera e il prodotto, detto miele d'acacia, è pregiato perché col tempo non cristallizza. I semi sono molto duri e si usano per rosari e collane.

Va ricordato che la pianta è tossica: semi, corteccia e radici vanno usati quindi con prudenza.

Dal punto di vista ornamentale, la robinia è impiegata per l'estrema rusticità e la resistenza all'atmosfera urbana. È infatti pianta frugalissima, indifferente al substrato, purché ben drenato e con una certa preferenza per i terreni acidi; ama la luce e si presta per il consolidamento e miglioramento di terreni sciolti e franosi.



I popolamenti a prevalenza di robinia, puri o in mescolanza con altre latifoglie, in varie proporzioni, in forma di cedui e boschi di neoformazione, vengono definiti robinieti. Si tratta di formazioni con un carattere che può andare da quello mesofilo a quello mesoxerofilo, anche se tendenzialmente sono neutrofilo.

Per quanto riguarda la classificazione fitosociologica, essi appartengono all'associazione *Sambuco nigrae-Robinetum pseudacaciae* (Arrigoni, 1997 in IPLA - Istituto per le piante da legno e l'ambiente, 2006) all'interno dell'alleanza *Balloto nigrae-Robinion* (Hadac e Sofron, 1980 in IPLA - Istituto per le piante da legno e l'ambiente, 2006).

I robinieti si insediano solitamente per invasione secondaria su incolti o per infiltrazione a seguito di ceduzioni. I robinieti divengono boschi stabili se ceduati regolarmente, data la facile moltiplicazione vegetativa da ceppaia e polloni radicali e la rapidità di accrescimento. Sotto ad essi si presenta una vegetazione banale.

Buone possibilità di evoluzione verso orno-ostrieti e querceti misti si possono avere con l'invecchiamento naturale.

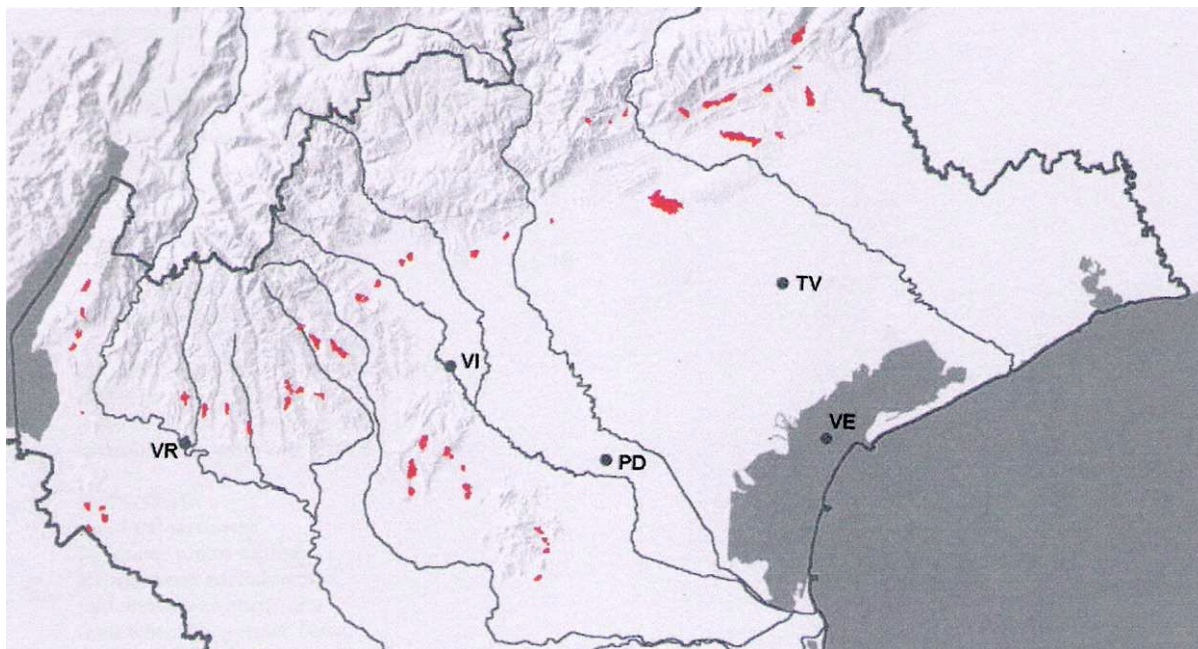
In ogni caso, nonostante il problema del carattere infestante di tale specie, i robinieti possono rappresentare delle ottime "fabbriche" di legname ed inoltre, potrebbero essere impiegati come "nursery" a favore di alcune piante di pregio (come, ad esempio, il ciliegio).

Secondo l'ultimo inventario forestale nazionale (INFC, 2007 a e b), che classifica 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).

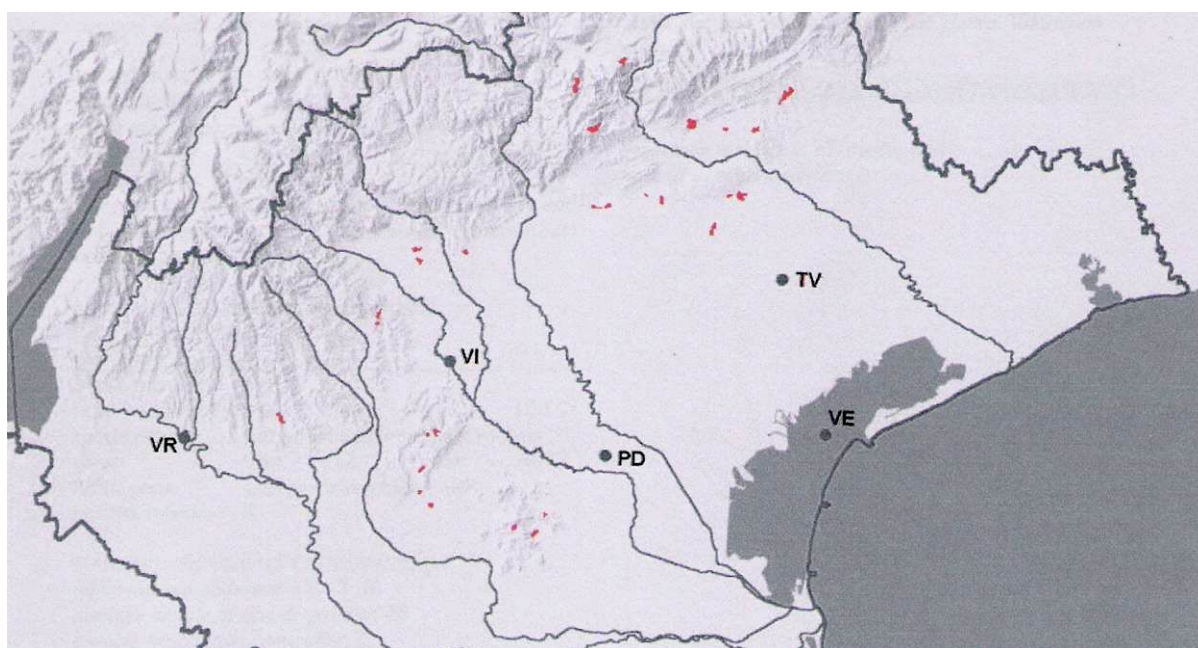
Sottocategoria forestale robinieti e ailanteti					
	ha	%		ha	%
Piemonte	90144	38.60	Marche	7432	3.18
Valle d'Aosta	385	0.16	Lazio	4053	1.74
Lombardia	34824	14.91	Abruzzo	6127	2.62
Alto Adige	378	0.16	Molise	390	0.17
Trentino	4685	2.01	Campania	4787	2.05
<b>Veneto</b>	<b>11205</b>	<b>4.80</b>	Puglia	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	<b>Italia</b>	<b>233553</b>	<b>100.00</b>

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

Per quanto concerne la diffusione di queste formazioni nella regione Veneto, si riportano di seguito due carte, una relativa alla distribuzione dei robinieti puri (Figura 1.5) e l'altra riguardante, invece, i robinieti misti (Figura 1.6).



**Figura 1.5:** Diffusione dei robinieti puri in Veneto (Del Favero, 1999).



**Figura 1.6:** Diffusione dei robinieti misti in Veneto (Del Favero, 1999).

### 1.3. L'invasione delle specie vegetali aliene

*“Le invasioni biologiche riguardano alcune specie esotiche che sono state introdotte accidentalmente o di proposito da una regione in un'altra, separata dalla prima a causa della presenza di barriere geografiche, quali oceani o catene montuose, e divenute non proporzionatamente diffuse nel loro nuovo areale”* (Williamson e Fitter, 1996; Van der Putten et al., 2007).

Benché sia generalmente riconosciuto che le invasioni biologiche da parte di specie esotiche rappresentano la maggiore minaccia alla biodiversità e alla stabilità di un ecosistema, poca attenzione è posta ai potenziali impatti di queste invasioni nei cicli biogeochimici del suolo. A tal proposito, le conseguenze di un'invasione biologica possono includere cambiamenti meno ovvi nel suolo e queste conseguenze possono influenzare l'invasibilità degli ecosistemi e invasività delle specie (Ehrenfeld e Scott, 2001).

L'introduzione di una nuova specie, ad esempio esotica invasiva, può cambiare i cicli di alcuni componenti del suolo come la presenza di carbonio (C), di azoto (N) e d'acqua (Wilcove et al., 1998; Mack et al., 2000).

Le piante invasive aumentano frequentemente la biomassa e la produttività primaria netta dell'ecosistema, incrementando la disponibilità di azoto o alterandone la fissazione e producendo una lettiera con un tasso di decomposizione maggiore rispetto a quella prodotta dalle specie native (Tilman et al., 1997; Hooper e Vitousek 1998; van Breeman 1998; Hector et al., 1999; Chapin et al., 2000).

Le dinamiche dei nutrienti possono risultare alterate anche a causa di cambiamenti delle proprietà fisiche del suolo determinati dall'introduzione delle nuove specie (Boettcher e Kalisz, 1989; Finzi et al., 1998; Kelly et al., 1998; Ehrenfeld, 2001). Alcune variazioni possono inoltre derivare dall'alterazione della mescolanza delle specie dominanti all'interno della comunità vegetale (Grime, 1998). Infine, anche i cambiamenti della tipologia funzionale delle piante - erbacee o arboree; azotofissatrici o non azotofissatrici; a strategia fotosintetica C3, C4 o CAM; ecc. - sono associati a mutazioni nella distribuzione e nei cicli dei nutrienti del suolo (Gill e Bruke, 1999).

Accanto ai molteplici fattori esterni che contribuiscono alla diffusione ed alla stabilizzazione delle piante invasive (per esempio, si ricordano la dispersione

antropogena, i disturbi, l'arricchimento in elementi nutritivi ed il rilascio di nemici naturali), si possono identificare dei tratti biologici o morfologici che risultano cruciali nel determinare l'impatto che la specie introdotta avrà nella vegetazione autoctona e nelle proprietà dell'ecosistema invaso (Wardle et al., 1998; Levine et al., 2003; McIntyre et al., 2005).

Infatti, le diverse specie possono influenzare i cicli dei nutrienti e del carbonio attraverso svariati meccanismi. Questi ultimi rappresentano i sistemi mediante i quali le piante interagiscono sia con le caratteristiche fisiche del suolo che con la componente biologica dello stesso. Alcuni, tra questi meccanismi, sono descrivibili solo qualitativamente, poiché essi sono presenti o assenti con una determinata specie (Chapin et al., 1996; Mack et al., 2001): questi includono la possibilità di fissare l'azoto atmosferico, la presenza di tessuti perenni e la strategia fotosintetica. Altri tratti biologici variano quantitativamente con l'ammontare delle diverse specie: tra questi si possono ricordare la concentrazione di azoto, di fosforo, di fenoli e di lignina, la dimensione individuale e il tasso di traspirazione.

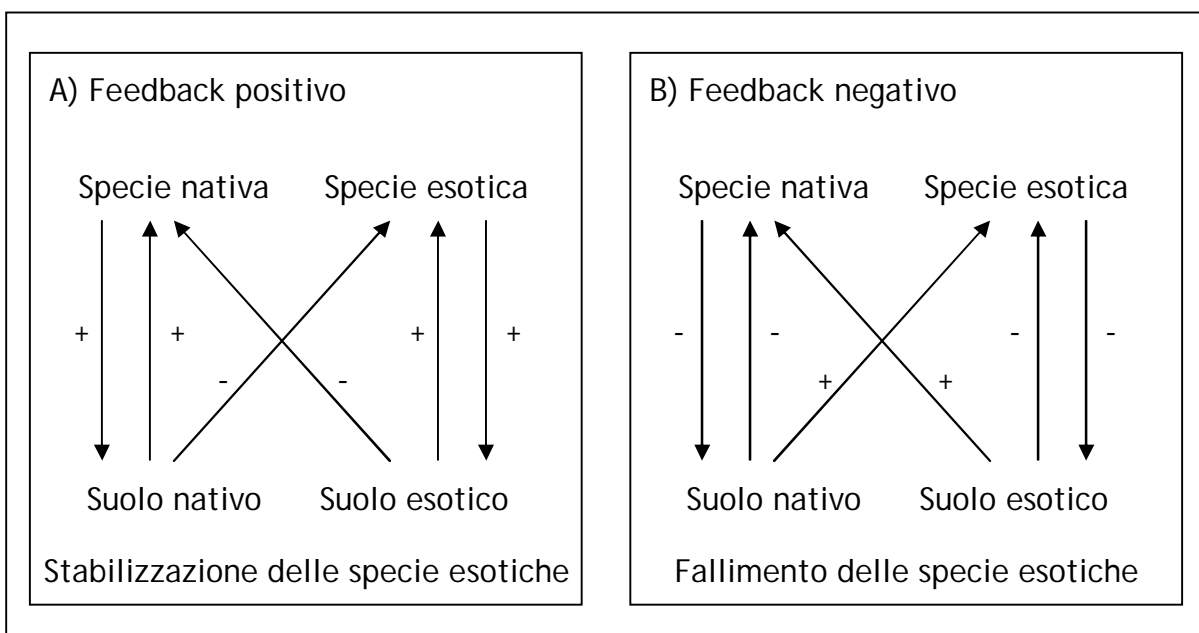
In pratica, quando una nuova specie viene introdotta in un ecosistema, i suoi effetti sui cicli biogeochimici dipendono da quanto essa sia differente rispetto alla costellazione di strategie di interazione pianta-suolo presenti entro la comunità vegetale già esistente (Ehrenfeld, 2003).

La presenza di alcune specie invasive è in relazione con la componente biologica del suolo e con i nutrienti (Figura 1.7) garantendo così la possibilità alla specie invasiva di invadere, stabilizzarsi e persistere in un determinato habitat (Klironomos, 2002; Vinton e Goergen, 2006).

Alla luce di ciò, viste le buone conoscenze sul fatto che la limitazione della disponibilità di nutrienti influisce sulla forma e sulla struttura delle comunità vegetali (Tilman, 1987), diversi ecologisti hanno ipotizzato che gli effetti delle piante esotiche sui cicli dei nutrienti fossero in relazione con la dominanza delle specie esotiche stesse. Per esempio, Allison e Vitousek (2004) hanno dimostrato che numerose piante esotiche delle isole Hawaii rilasciano azoto molto più velocemente rispetto alle piante native, attraverso la decomposizione della loro lettiera, incrementando potenzialmente la disponibilità di questo elemento. I ricercatori hanno ipotizzato inoltre, che l'aumento di azoto nel terreno avrebbe

potuto favorire altre specie esotiche maggiormente efficaci nell'allocare questa risorsa, contribuendo così al successo delle piante esotiche in generale.

Diversi autori hanno documentato gli effetti delle invasioni biologiche sui cicli biogeochimici del suolo (Vitousek e Walker, 1989; Stock et al., 1995; Ehrenfeld, 2003; Mack e D'Antonio, 2003) e molti altri stanno ipotizzando che le conseguenze sulle dinamiche dei nutrienti abbiano dei feedback e siano quindi in relazione con la dominanza delle specie esotiche a scapito della rinnovazione delle native (Witkowski, 1991; Allison e Vitousek 2004; Suding et al., 2004; Yelenik et al., 2004; Hawkes et al., 2005; Liao et al., 2008).



**Figura 1.7:** Diagramma schematico dei feedback pianta-suolo e della relativa dominanza vegetale (adattato da Bever et al., 1997).

*I feedback positivi (A) intercorrono quando sia le specie native che quelle esotiche migliorano (+) una proprietà del suolo (ad esempio, la disponibilità di azoto) che fa aumentare il loro tasso di crescita rispetto ai competitori (che sono danneggiati [-] dalle proprietà del suolo). Questa stabilizzazione, nelle comunità invase, favorisce le specie esotiche a scapito della rinnovazione di quelle native.*

*I feedback negativi (B) si hanno quando sia le specie native che quelle esotiche incrementano (+) una proprietà del suolo (ad esempio, i patogeni) che fa diminuire (-) il loro tasso di crescita rispetto ai competitori. Questo, nelle comunità invase, causa il fallimento delle specie esotiche che possono essere potenzialmente sostituite dalla rinnovazione di quelle native.*

*Le frecce indicano le relazioni causa-effetto, mentre i segni "+" e "-" indicano conseguenze, rispettivamente, positive e negative.*

## 1.4. La Pedologia

La Pedologia è la scienza che studia i suoli per determinarne l'origine, la formazione, la costituzione litologica e mineralogica, la composizione chimica, la ricchezza o la scarsità di humus e le proprietà chimiche e fisiche allo scopo di conoscerne la fertilità naturale, il grado di umidità e l'attitudine ad ospitare determinate colture, siano esse agrarie o forestali (Motta, 1968).

Questa definizione, sicuramente corretta da un punto di vista scientifico ed agronomico, non è completa, in quanto la formazione del suolo è in stretta relazione con le condizioni ambientali che fanno da cornice ad esso. Per questo la Pedologia studia anche la distribuzione spaziale delle diverse tipologie tassonomiche di suolo.

Bisogna infatti ricordare che l'andamento dei processi fisici, chimici e biologici di trasformazione della materia organica e delle rocce è controllato dall'ambiente e che perciò si formano suoli con caratteristiche differenti in condizioni diverse. È quindi l'ambiente che determina il mosaico dei suoli sulla superficie terrestre e qualunque intervento umano sull'ambiente ha ripercussioni sul suolo e viceversa. I sempre più intensi cambiamenti determinati dall'attività dell'uomo, portano inevitabilmente a modificare il suolo e la sua funzionalità; ogni sua modificazione determina cambiamenti del clima, della vegetazione, ecc. che devono essere noti a chi opera sull'ambiente (Sanesi, 2000).

L'analisi pedologica permette la comprensione dei fenomeni pedogenetici che sono avvenuti e che stanno avvenendo in un determinato suolo. Tale analisi si basa sull'individuazione di alcune caratteristiche e proprietà del suolo. Le prime sono rappresentate da parametri identificabili direttamente in campo o in laboratorio; tra queste possiamo ricordare lo spessore e la profondità, il colore, la classe tessiturale, la capacità di scambio cationico (CSC), l'aggregazione o struttura, l'adesività, la plasticità, il pH, la presenza di radici, ecc.

Le seconde, vale a dire le proprietà, sono invece il risultato dell'interazione tra due o più delle caratteristiche appena menzionate; tra le proprietà dei suoli possiamo ricordare, per esempio, la consistenza che deriva dalle caratteristiche di resistenza, adesività, plasticità, densità e cementazione.

L'analisi pedologia viene effettuata tramite carotaggi spinti fino ad una profondità di 1,5 m e l'estrazione di un campione di terreno di 3-5 cm di diametro. L'osservazione di quest'ultimo permette una valutazione approssimativa degli strati (detti più propriamente orizzonti) che lo compongono e l'individuazione delle caratteristiche principali.

Per uno studio più approfondito e accurato si rende necessario lo scavo di sezioni per la ricostruzione del profilo del suolo (Figura 1.8).

Con o senza studio del profilo, l'analisi comporta la compilazione di una scheda pedologica che rappresenta lo strumento di lettura delle caratteristiche del suolo esaminato. Essa viene stesa secondo le prescrizioni riportate nel sistema tassonomico di classificazione prescelto: all'interno sono riportati i principali dati utili alla comprensione dei fenomeni che avvengono nel suolo e che ne guidano la modificazione ed alla pianificazione di operazioni, siano esse agrarie o forestali.

#### **1.4.1. Il suolo**

Sebbene tutti noi conosciamo il suolo da un punto di vista pratico, è difficile darne una definizione che sia breve ed esauriente al tempo stesso perché si deve tenere conto delle numerose peculiarità di quest'ultimo, quali la molteplicità dei fenomeni, l'elevata quantità dei meccanismi, la varietà delle azioni e delle trasformazioni che ne contraddistinguono la formazione. Inoltre, bisogna considerare anche il dinamismo che, differentemente influenzato dalle condizioni ambientali, porta alla realizzazione di nuovi equilibri, alla creazione ed alla diffusione di svariate sostanze di neoformazione.

Per tale motivo la definizione di suolo va formulata con un approccio interdisciplinare, in modo tale da ridurre al minimo l'interesse peculiare e specifico con cui discipline diverse considerano l'insieme dei corpi naturali.

In quest'ottica, riunendo le molteplici definizioni della letteratura, il suolo può essere considerato un sistema aperto, formatosi per attività di numerosissimi processi fisici, chimici e biologici che, agendo contemporaneamente o in sequenza, hanno operato sinergicamente o in opposizione (Violante, 2005).

In linea di massima i processi sopraccitati possono essere rappresentati dalla disgregazione delle rocce e dei minerali, dall'accumulo e dalla trasformazione



della sostanza organica, dalla rimozione e/o dal trasferimento di costituenti diversi ed, infine, dallo sviluppo della struttura. L'insieme di questi meccanismi influenza la genesi del suolo stesso, coinvolgendo un numero elevato di sostanze.

Tutte le azioni e le trasformazioni anzidette avvengono all'interno della pedosfera. Quest'ultima, rappresenta la zona della superficie terrestre dove la litosfera, l'atmosfera, l'idrosfera e la biosfera interagiscono con scambio di energia e di materia (Violante, 2005).

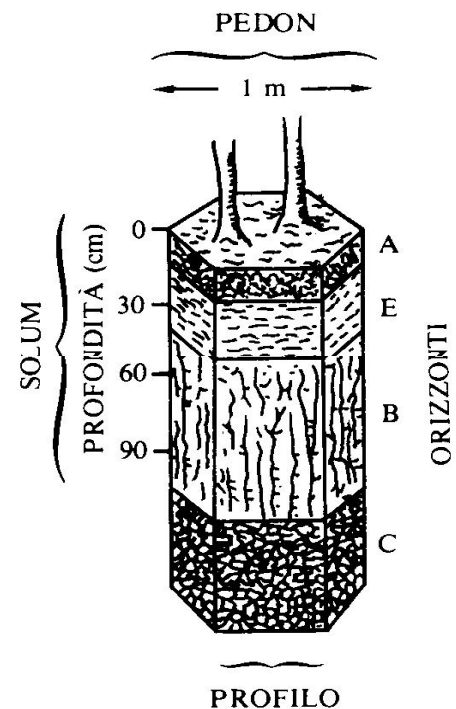
La pedosfera, intesa come sequenza ininterrotta e ordinata dei suoli presenti sulla superficie della Terra, va studiata e classificata identificandone un'unità fondamentale.

Quest'ultima è detta *pedon* (Figura 1.8) e rappresenta il più piccolo volume di pedosfera che può essere definito suolo.

Una sezione verticale attraverso il pedon rappresenta il *profilo* del suolo, mentre viene definito *solum* una parte del profilo sopra la matrice litologica, caratterizzata da processi pedogenetici in atto e dalla presenza delle radici delle piante e delle entità biologiche. Lungo il profilo sono individuabili degli strati uniformi detti *orizzonti*.

Il profilo di un ipotetico suolo tipo, non disturbato da azioni antropiche e formatosi in regioni temperate umide, è caratterizzato da una sequenza tipica (Violante, 2005):

- Orizzonti con abbondanti residui vegetali in via di umificazione (O) o ad alto contenuto di sostanze umiche legate strettamente ai costituenti minerali (A);
- Un orizzonte di eluviazione (E) che presenta un colore tenue;



**Figura 1.8:** Schematizzazione del pedon, del profilo e degli orizzonti (Violante, 2005).

- Un orizzonte di illuviazione (B) posto sopra ad un orizzonte di alterazione poco interessato dai processi pedogenetici (C) o alla roccia madre (R).

Non tutti gli orizzonti sopraccennati sono individuabili in ogni tipo di suolo. Questo fatto ne ha permesso la classificazione in funzione della presenza o assenza di particolari orizzonti, detti *orizzonti diagnostici*. Infatti, le tassonomie pedologiche più comuni si basano sulla definizione della specifica combinazione di questi ultimi.

La classificazione pedologica ha come scopo principale quello di unificare il linguaggio di descrizione dei suoli e successivamente quello di organizzarli secondo alcuni criteri sia relativi ai processi pedogenetici avvenuti nel suolo che inerenti alle caratteristiche funzionali di quest'ultimo, in modo da evidenziarne le peculiarità effettuando, nel contempo, una valutazione attitudinale.

Attualmente viene riconosciuto valore internazionale a due principali schemi di classificazione tassonomica del suolo:

- Sistema FAO-UNESCO (1974-1988);
- Sistema del Soil Survey Staff dell'USDA (1975-1992).

Questi sistemi tassonomici possono sembrare diversi, ma in realtà si basano tutti sull'identificazione e la descrizione degli orizzonti diagnostici già menzionati.

#### **1.4.2. La sostanza organica**

La sostanza organica presente nel suolo può essere definita come *"l'insieme dei residui animali e vegetali a vari stadi di decomposizione e le sostanze derivanti dall'attività biologica della popolazione vivente nel terreno"* (S.S.S.A., 1984).

Essa fa parte delle componenti organiche del suolo che racchiudono tutta la materia organica presente nel suolo stesso: gli organismi viventi o parti di essi (batteri, funghi, alghe, radici delle piante, animali), i prodotti organici derivanti dalla loro attività (escrementi della pedofauna, sostanze sintetizzate da batteri e funghi, secrezioni radicali, ecc.) i residui animali e vegetali, in stadi più o meno avanzati di decomposizione (Zanella et al., 2001).

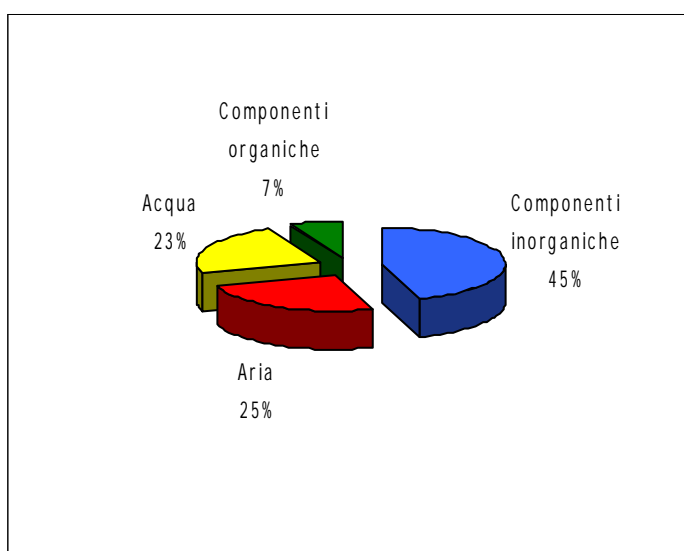
La sostanza organica è conosciuta anche sotto l'acronimo SOM (Soil Organic Matter). Oltre a questa, nel suolo si ritrova anche la sostanza organica solubile o disciolta nota altresì come DOM (Dissolved Organic Matter). Essa rappresenta la frazione più attiva della materia organica del suolo, influenzando in maniera diretta la denitrificazione, l'equilibrio acido-base, la percolazione dei cationi ed altri processi chimici (Nardi, 2000).

Le componenti organiche costituiscono, in volume, solamente il 7 % (Grafico 1.1) dei componenti principali del suolo.

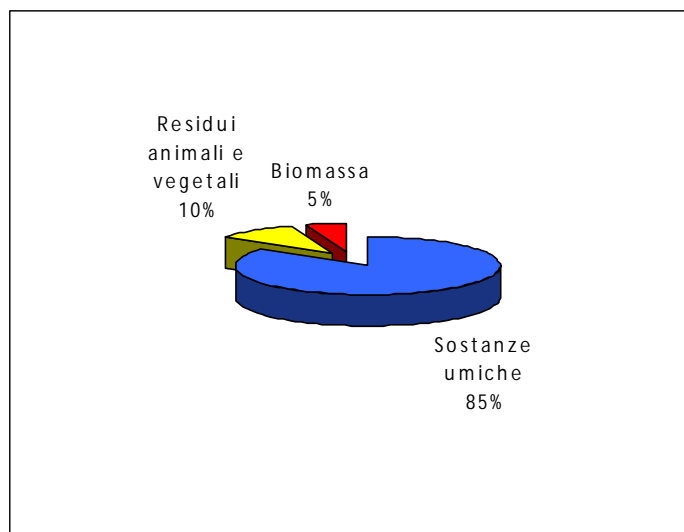
La frazione organica del suolo, invece, è composta da tre principali elementi: le sostanze umiche, i residui vegetali e animali ed, infine, la biomassa (Grafico 1.2) che rappresentano, in peso della s.s., rispettivamente l'85 %, il 10 % ed il 5 % (Violante, 2005).

La sostanza organica del suolo costituisce la maggior riserva di carbonio sulla Terra rappresentando  $2.95 \cdot 10^{12}$  T C rispetto ad un contenuto complessivo di  $7.48 \cdot 10^{12}$  T C (Stevenson, 1986).

La quantità di sostanza organica non è, comunque, stabile ma è sottoposta a continui processi di trasformazione che possono essere così riassunti: mineralizzazione, umificazione,



**Grafico 1.1:** *Quantità relative (% in volume) delle componenti principali del suolo (Violante, 2005).*



**Grafico 1.2:** *Composizione (% in peso della sostanza secca) della frazione organica del suolo (Violante, 2005).*

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 ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  ed altri). L'umificazione, invece, è un processo complesso che consiste nell'idrolisi enzimatica dei polimeri (vale a dire delle componenti principali della sostanza organica stessa) con formazione di composti semplici e di natura variabile; nella successiva trasformazione ossidativa delle molecole così ottenute; nella polimerizzazione e policondensazione in maniera spontanea di tali prodotti che flocculati dagli ioni come calcio, magnesio, ferro e idrogeno danno origine a micelle umiche (Nardi, 2000).

Queste ultime sono le costituenti fondamentali dell'humus. L'humus, dal punto di vista biochimico, è quella parte della sostanza organica del suolo che deriva dalle complesse azioni di trasformazione a carico dei residui di origine animale e vegetale. Tale processo si completa con la sintesi di molecole organiche a diverso grado di complessità, di natura colloidale, che in laboratorio è possibile isolare anche in funzione del differente peso molecolare. Queste sono classicamente rappresentate dagli acidi umici, dagli acidi fulvici e dall'umina, che insieme costituiscono le sostanze umiche (Zanella et al., 2001).

### **1.4.3. Le relazioni suolo-pianta**

La conoscenza delle proprietà di un suolo è fondamentale per ottimizzare la produttività e per impostare una gestione che sia nel tempo stesso corretta e razionale ma, anche, sostenibile per l'ecosistema (Nardi, 2010).

Le attuali ricerche pedologiche stanno dimostrando come la qualità del suolo influenzi tutte le componenti degli ecosistemi, in particolare di quelli forestali.

Il concetto di qualità comprende la misurazione delle proprietà del suolo e la valutazione dei processi che avvengono in esso in quanto espressione della capacità del suolo stesso di funzionare come componente dell'ecosistema (Nardi, 2010).

Nel dettaglio, la SOM è uno degli indicatori più impiegati per definire la fertilità, poiché essa interagisce con molte altre componenti del suolo. La sostanza organica è, in altre parole, la componente chiave degli ecosistemi terrestri ed è

funzionalmente e strutturalmente integrata nei processi ecosistemici basilari (Nardi, 2010).

Come detto in precedenza per il suolo, anche la composizione della SOM varia in condizioni ambientali differenti. Infatti, le differenze nella SOM e nel suo turnover sono dovute ai cambiamenti di clima, alle diverse tipologie di roccia madre, alla vegetazione e ad un numeroso complesso di processi biologici, fisici e chimici (Nardi, 2010).

Non solo la sostanza organica varia in funzione delle condizioni ambientali, bensì, più in particolare, anche la morfologia dell'humus segue le diversità degli elementi dell'ecosistema. Più specificatamente le forme di humus possono variare in relazione alla dinamica forestale (Bernier, 1996; Ponge e Bernier, 1998).

Ovviamente, quanto l'ambiente circostante ha influenze sulla formazione di suoli e tipologie di humus diversi, tanto questi ultimi hanno effetti sulle componenti dell'ecosistema.

Infatti, Albuzio (1988) afferma che tutti i settori del metabolismo vegetale vengono stimolati dalla disponibilità di metalli e di molecole di origine umica e che ogni stimolazione è frutto di vari meccanismi d'azione. Tali meccanismi sono riportati nella Tabella 1.3 a pagina seguente.

Stimolazione su:	Meccanismi d'azione
Germinazione dei semi	<p data-bbox="772 465 1235 555">Biodisponibilità di ioni metallici polivalenti mediante chelazione</p> <p data-bbox="772 633 1315 723">Interazione con sistemi di trasporto e traslocazione</p> <p data-bbox="772 801 1251 891">Interazione con attività e sistemi enzimatici</p> <p data-bbox="772 969 1139 1014">Attività pseudo-ormonale</p>
Proliferaazione delle radici	
Sviluppo degli steli e delle foglie	
Assorbimento, ritenzione e traslocazione dell'acqua	
Processo fotosintetico e aumento del contenuto in clorofilla	
Contenuto e attività di alcuni enzimi	
Correzione delle clorosi ferriche	
Assorbimento e contenuto di azoto	
Assorbimento di ioni	
Sintesi proteica	

**Tabella 1.3:** *Alcuni effetti delle sostanze umiche sulle piante (adattata da Albuzio, 1988).*

## 2. SCOPO

*“Gli alberi, proprio perché sono gli organismi più appariscenti della foresta, non devono impedirci di considerare anche ciò che ad essi si accompagna. Pur essendo fra i componenti quelli con biomassa più cospicua, gli alberi sono solo una parte dell’ecosistema foresta [...]. Anche le specie arbustive ed erbacee, gli animali superiori (erbivori, carnivori), gli insetti, i funghi e i batteri, molti dei quali fungono da bioriduttori della sostanza organica del suolo (foglie morte, detriti vegetali, resti di animali), insieme col suolo stesso ed al clima contribuiscono alla formazione della biogeocenosi o più esattamente dell’ecosistema foresta. Per comprendere meglio il funzionamento del bosco e per poterne quindi assecondare l’evoluzione naturale, o guidare l’evoluzione colturale, si dovrà valutare e considerare tutto ciò che si trova compreso fra l’apice delle chiome in alto e la roccia madre in basso” (Cappelli, 2000).*

Per tale motivo, è indiscutibile l’importanza di studi che evidenzino le relazioni che intercorrono tra il soprassuolo e il suolo, non solo perché le condizioni pedologiche influiscono sulle performance di crescita degli alberi, ma anche per il fatto che questi ultimi contribuiscono a modificare attivamente le caratteristiche e le proprietà dei suoli stessi.

In questo senso, tale studio ha avuto come obiettivo quello di caratterizzare dal punto di vista chimico-fisico terreni con soprassuolo nativo (NAT) e alieno (ROB), provenienti dalle province di Padova e Treviso.

I dati ottenuti hanno fornito delle indicazioni utili per interpretare e valutare le dinamiche evolutive dell’ecosistema bosco.





## **3. MATERIALI E METODI**

### **3.1. Denominazione dei campioni di suolo**

Nel presente lavoro la sigla NAT indica i campioni prelevati su suoli che presentano un soprassuolo autoctono, mentre i suoli siglati con ROB indicano la prevalenza di *Robinia pseudoacacia L.*

Le sigle TV (Treviso) e PD (Padova) indicano la provincia all'interno della quale è stato eseguito il campionamento.

### **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 Calgon (sodio esametafosfato) in un disaggregatore meccanico per 4 minuti. In seguito si colloca la sospensione nel cilindro 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 sul 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 H<sub>2</sub>O**

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. Questo metodo si basa sulla determinazione della reazione potenziale del suolo, cioè degli ioni idrogeno legati ai colloidali che vanno in soluzione solo attraverso una reazione di scambio. Gli H<sup>+</sup>, su azione del K<sup>+</sup> liberato dal KCl, vengono rilasciati dai colloidali e vanno in soluzione dove formano, assieme al Cl<sup>-</sup>, HCl che fornirà la giusta lettura del carattere acido della sospensione.

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**

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. L'estrazione viene eseguita in mezzo acquoso con rapporto suolo:acqua 1:5.

### **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.

### **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  $50^\circ C$ . 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.

### **3.2.9. Determinazione del calcare totale**

La conoscenza del contenuto in carbonati totali ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ , 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  $\text{CO}_2$  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), il composto viene poi lasciato in bagno di ghiaccio per 1 ora e centrifugato a 3000 rpm per 40 minuti a 4°C. Per la misurazione dei fenoli vengono aggiunti all'estratto  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  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.

## 4. ANALISI STATISTICA

I dati ottenuti sono stati elaborati statisticamente attraverso il test  $t$  di Student per confrontare le medie dei parametri analizzati nei due diversi soprassuoli NAT e ROB.

Inoltre, sono state effettuate delle regressioni multiple che hanno messo in relazione il numero delle specie NAT e ROB con i risultati delle analisi chimico-fisiche dei suoli.

Le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando il software statistico R (R Development Core Team, 2008, version 2.8.0).



## 5. RISULTATI

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 H <sub>2</sub> O	pH in KCl	Conducibilità (dS/m)	Calcare totale (g/kg)
<b>NAT PD 11</b>	6.42 ± 0.02	5.08 ± 0.01	0.012 ± 0.001	-
<b>NAT PD 17</b>	7.49 ± 0.03		0.038 ± 0.002	172.60 ± 11.13
<b>NAT PD 28</b>	5.71 ± 0.01	4.38 ± 0.02	0.038 ± 0.003	-
<b>NAT PD 34</b>	5.27 ± 0.02	4.28 ± 0.02	0.013 ± 0.001	-
<b>NAT PD 37</b>	7.68 ± 0.03		0.024 ± 0.002	184.32 ± 13.24
<b>NAT PD 43</b>	7.56 ± 0.02		0.051 ± 0.001	198.60 ± 13.11
<b>NAT TV 07</b>	6.94 ± 0.01		0.028 ± 0.002	73.46 ± 10.22
<b>NAT TV 10</b>	5.23 ± 0.03	3.88 ± 0.03	0.011 ± 0.001	-
<b>NAT TV 12</b>	4.68 ± 0.01	3.85 ± 0.02	0.026 ± 0.002	-
<b>NAT TV 40</b>	6.87 ± 0.03		0.029 ± 0.001	61.73 ± 10.12
<b>NAT TV 64</b>	7.60 ± 0.01		0.048 ± 0.001	222.25 ± 22.14
<b>NAT TV 72</b>	6.74 ± 0.03		0.015 ± 0.005	57.34 ± 10.21
<b>NAT TV 74</b>	6.78 ± 0.04		0.023 ± 0.004	69.46 ± 10.11
<b>ROB PD 11</b>	7.62 ± 0.03		0.030 ± 0.005	134.57 ± 11.21
<b>ROB PD 17</b>	7.31 ± 0.02		0.046 ± 0.004	92.23 ± 8.17
<b>ROB PD 28</b>	4.37 ± 0.01	3.41 ± 0.01	0.031 ± 0.004	-
<b>ROB PD 34</b>	5.79 ± 0.01	4.90 ± 0.01	0.024 ± 0.005	-
<b>ROB PD 37</b>	6.27 ± 0.01	5.40 ± 0.02	0.030 ± 0.005	-
<b>ROB PD 43</b>	5.89 ± 0.03	5.06 ± 0.03	0.021 ± 0.001	-
<b>ROB TV 07</b>	7.84 ± 0.01		0.027 ± 0.001	222.64 ± 8.12
<b>ROB TV 10</b>	7.28 ± 0.02		0.064 ± 0.004	83.34 ± 8.13
<b>ROB TV 12</b>	4.26 ± 0.03	3.59 ± 0.03	0.049 ± 0.001	-
<b>ROB TV 40</b>	7.50 ± 0.01		0.047 ± 0.002	134.68 ± 6.12
<b>ROB TV 64</b>	7.56 ± 0.01		0.045 ± 0.003	107.20 ± 15,27
<b>ROB TV 74</b>	7.24 ± 0.01		0.039 ± 0.002	92.73 ± 10.88

**Tabella 5.1:** Valori di pH, Conducibilità e contenuto di Calcare totale dei suoli prelevati nelle province di Padova e Treviso. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche con l'errore standard ≤ 5 % della media.

Nel dettaglio, per quanto riguarda l'analisi potenziometrica, si può osservare che il campione con la reazione maggiore è ROB TV 07 il quale presenta un pH subalcalino pari a 7.84, mentre il valore più basso, classificabile come molto acido, è riconducibile al suolo ROB PD 28 (3.41).

All'interno di questo range si situano gli altri valori intermedi. Raggruppando 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 PD 37, poiché manifesta un pH subalcalino di 7.68, mentre quello che presenta la reazione minore, classificabile come molto acido, è NAT TV 12 (3.85).

Nella sottocategoria dei campioni ROB il terreno che presenta il pH maggiore è ROB TV 07 (7.84); viceversa quello con la reazione minore è ROB PD 28, giacché evidenzia un pH molto acido (3.41).

Un'ulteriore suddivisione può essere effettuata in base alla provincia di riferimento. Nella provincia di Padova il campione NAT PD 37 presenta il pH maggiore (7.68) mentre, al contrario, ROB PD 28 rappresenta il suolo con reazione minore (3.41), in quanto presenta un pH molto acido. Nella provincia di Treviso, invece, il campione con pH maggiore è ROB TV 07 (7.84) mentre quello con reazione molto acida è ROB TV 12 (3.59).

Per quanto concerne la conducibilità elettrica specifica, il campione che presenta il valore più elevato è ROB TV 10 (0.064 dS/m) mentre quello minore è NAT TV 10 (0.011 dS/m).

Raggruppando i campioni a seconda della tipologia di soprassuolo, si evince che nei terreni NAT il suolo con conducibilità più alta è NAT PD 43 (0.051 dS/m) mentre quello che presenta il valore minore è NAT TV 10 (0.011 dS/m). Nei suoli ROB, invece, il campione ROB TV 10 rappresenta il suolo con la CES più elevata (0.064 dS/m) mentre, al contrario, ROB PD 43 dimostra il valore più basso (0.021 dS/m).

Dividendo i suoli per province, si può invece osservare che, nella provincia di Padova, il campione NAT PD 43 manifesta il valore maggiore (0.051 dS/m); viceversa NAT PD 11 è il suolo con la conducibilità minore (0.012 dS/m). Nella provincia di Treviso, invece, il terreno con conducibilità più elevata è ROB TV 10 (0.064 dS/m) e, per contro, NAT TV 10 rappresenta il suolo che dimostra il valore più basso (0.011 dS/m).



Analizzando infine i dati del contenuto di calcare totale, si evince che il campione con la maggiore quantità di carbonati è ROB TV 07 (222.64 g/kg) mentre quello con la quantità minore è NAT TV 72 (57.34 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 TV 64 (222.25 g/kg) mentre, all'opposto, quello con il tenore più basso è NAT TV 72 (57.34 g/kg). All'interno dei campioni ROB, invece, il suolo con il più elevato contenuto di carbonati è ROB TV 07 (222.64 g/kg) mentre ROB TV 10 è quello che dimostra la minore quantità (83.34 g/kg).

Classificando i suoli in base alla provincia è possibile osservare come nella provincia di Padova, il campione NAT PD 43 sia quello con il tasso di carbonati più alto (198.60 g/kg) laddove, invece, ROB PD 17 rappresenta quello con il contenuto minore (92.23 g/kg). Nella provincia di Treviso, invece, ROB TV 07 è il suolo che dimostra il valore maggiore (222.64 g/kg) quando NAT TV 72 evidenzia la quantità di carbonati minore (57.34 g/kg).

In Tabella 5.2 sono elencati i risultati dell'analisi granulometrica. Quest'ultima non è stata eseguita sui campioni NAT PD 37 e ROB PD 28 visto l'eccessivo contenuto di sostanza organica.

<b>Campione</b>	<b>Sabbia (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Argilla (%)</b>
<b>NAT PD 11</b>	66 ± 2.13	20 ± 1.08	14 ± 2.13
<b>NAT PD 17</b>	44 ± 3.21	26 ± 6.03	30 ± 1.18
<b>NAT PD 28</b>	46 ± 1.26	48 ± 3.13	6 ± 0.9
<b>NAT PD 34</b>	48 ± 2.44	40 ± 2.12	12 ± 1.17
<b>NAT PD 37</b>	nd	nd	nd
<b>NAT PD 43</b>	54 ± 3.25	22 ± 3.10	24 ± 2.34
<b>NAT TV 07</b>	62 ± 3.15	14 ± 2.06	24 ± 3.16
<b>NAT TV 10</b>	46 ± 4.10	28 ± 3.23	26 ± 4.13
<b>NAT TV 12</b>	46 ± 4.22	46 ± 3.45	8 ± 2.13
<b>NAT TV 40</b>	36 ± 1.79	28 ± 3.01	36 ± 2.32
<b>NAT TV 64</b>	54 ± 4.11	22 ± 2.12	24 ± 4.13
<b>NAT TV 72</b>	58 ± 7.28	34 ± 1.22	8 ± 1.11
<b>NAT TV 74</b>	36 ± 2.19	20 ± 3.10	44 ± 2.14
<b>ROB PD 11</b>	48 ± 2.10	44 ± 1.90	8 ± 1.20
<b>ROB PD 17</b>	62 ± 4.80	18 ± 2.16	20 ± 3.12
<b>ROB PD 28</b>	nd	nd	nd
<b>ROB PD 34</b>	68 ± 3.98	24 ± 1.26	8 ± 1.12
<b>ROB PD 37</b>	70 ± 2.10	20 ± 3.45	10 ± 3.13
<b>ROB PD 43</b>	50 ± 7.57	38 ± 2.28	12 ± 2.13
<b>ROB TV 07</b>	64 ± 4.10	28 ± 1.32	8 ± 1.00
<b>ROB TV 10</b>	60 ± 5.10	18 ± 1.12	22 ± 2.10
<b>ROB TV 12</b>	64 ± 1.20	18 ± 3.10	18 ± 2.22
<b>ROB TV 40</b>	56 ± 6.70	22 ± 2.10	22 ± 1.30
<b>ROB TV 64</b>	34 ± 1.10	18 ± 2.12	48 ± 2.17
<b>ROB TV 74</b>	62 ± 1.90	18 ± 1.00	20 ± 3.14

**Tabella 5.2:** Risultati dell'analisi granulometrica dei suoli prelevati nelle province di Padova e Treviso. I dati forniti sono il risultato di tre repliche con l'errore standard  $\leq 5\%$  della media.

Analizzando i dati ottenuti dall'analisi granulometrica è possibile rilevare come il più alto contenuto di sabbia sia associabile al campione ROB PD 37 (70 %) e, viceversa, quello con la quantità minore di tale costituente sia il suolo ROB TV 64 (34 %).

In questo intervallo si collocano tutti gli altri valori. Raggruppando i terreni in funzione della tipologia di soprassuolo si evince che tra i campioni NAT il suolo con il maggiore contenuto di sabbia è NAT PD 11 (66 %) quando quello con la quantità minore è NAT TV 74 (36 %). Invece, nei campioni ROB quello con la più alta percentuale di sabbia è ROB PD 37 (70 %) e quello con la quantità minore di tale costituente è il suolo ROB TV 64 (34 %).

Raggruppando i suoli secondo il sito di campionamento si osserva che nella provincia di Padova il campione ROB PD 37 presenta la più alta percentuale di sabbia (70 %) mentre il suolo NAT PD 17 rappresenta il campione con il contenuto minore (44 %). Nella provincia di Treviso, invece, i suoli ROB TV 07 e ROB TV 12 dimostrano la maggiore percentuale di sabbia (64 %) e, al contrario, ROB TV 64 ha evidenziato quella minore (34 %).

La percentuale di limo più alta si riscontra nel campione NAT PD 28 (48 %), mentre quella minore è associata al suolo NAT TV 07 (14 %).

Raggruppando i terreni secondo la tipologia di specie dominanti si può osservare che nei campioni NAT il suolo con il tenore di limo maggiore è NAT PD 28 (48 %) e, invece, quello con il contenuto più basso è NAT TV 07 (14 %). Diversamente, nei campioni ROB il suolo con la maggiore percentuale di questa componente è ROB TV 07 (28 %) mentre, al contrario, quelli con la percentuale minore sono i terreni ROB PD 17, ROB TV 10, ROB TV 12, ROB TV 64 e ROB TV 74, tutti caratterizzati da un contenuto in limo del 18 %.

Dividendo i suoli in relazione alla zona di raccolta si può constatare che nella provincia di Padova il più alto contenuto di limo va attribuito al campione NAT PD 28 (48 %) quando quello più basso è associato, invece, al suolo ROB PD 17 (18 %). Diversamente, nella provincia di Treviso il campione con la maggiore quantità di limo è NAT TV 12 (46 %), mentre quello con la quantità più bassa è NAT TV 07 (14 %).

Infine, per quanto riguarda l'argilla, si può notare che il campione che ne dimostra il contenuto più elevato è ROB TV 64 (48 %) invece quello con la quantità minore è NAT PD 28 (6 %).

In quest'intervallo si situano gli altri valori intermedi. Raggruppando i suoli secondo il complesso di specie dominanti si osserva che tra i campioni NAT il suolo con il maggior contenuto di questa componente è NAT TV 74 (44 %), mentre quello con la quantità più bassa è NAT PD 28 (6 %). Nei campioni ROB, invece, il terreno con il tenore di argilla più alto è ROB TV 64 (48 %) invece quelli con la più bassa percentuale di questa componente sono ROB PD 11, ROB PD 34 e ROB TV 07, tutti con un contenuto dell'8 %.

Raggruppando i suoli secondo la provincia di raccolta, si può notare che tra i suoli campionati nelle provincia di Padova il terreno NAT PD 17 è il campione con la maggiore quantità di argilla (30 %) mentre NAT PD 28 rappresenta il suolo con il minor tenore (6 %). Diversamente, nella provincia di Treviso il suolo con la maggiore percentuale di argilla è ROB TV 64 (48 %) quando, invece, i terreni NAT TV 12, NAT TV 72 e ROB TV 07 rappresentano i campioni con il contenuto più basso di questa componente (8 %).

Nella Tabella 5.3 sono riportati i risultati delle analisi del carbonio organico (CO %), dell'azoto (N %), del carbonio umico (CU %) ed i relativi rapporti C/N e CU/CO.

<b>Campione</b>	<b>CO %</b>	<b>N %</b>	<b>CU %</b>	<b>C/N</b>	<b>CU/CO</b>
<b>NAT PD 11</b>	10.73 ± 0.10	0.464 ± 0.01	0.565 ± 0.01	52.66 ± 1.20	23.12 ± 1.22
<b>NAT PD 17</b>	18.05 ± 0.10	1.097 ± 0.01	0.238 ± 0.02	13.19 ± 1.23	16.45 ± 1.34
<b>NAT PD 28</b>	7.85 ± 1.10	0.409 ± 0.03	0.397 ± 0.01	50.57 ± 1.13	19.19 ± 1.33
<b>NAT PD 34</b>	11.30 ± 1.08	0.376 ± 0.02	0.574 ± 0.02	50.80 ± 1.10	30.05 ± 1.25
<b>NAT PD 37</b>	22.25 ± 1.13	0.831 ± 0.04	0.538 ± 0.03	24.18 ± 1.11	26.77 ± 1.12
<b>NAT PD 43</b>	12.00 ± 1.10	1.318 ± 0.01	0.450 ± 0.04	37.50 ± 1.04	9.10 ± 1.10
<b>NAT TV 07</b>	8.93 ± 1.22	0.309 ± 0.01	0.432 ± 0.03	48.40 ± 1.13	28.88 ± 1.20
<b>NAT TV 10</b>	13.20 ± 1.23	0.530 ± 0.02	0.529 ± 0.02	40.08 ± 1.21	24.91 ± 1.20
<b>NAT TV 12</b>	3.95 ± 1.15	0.277 ± 0.03	0.485 ± 0.02	122.78 ± 1.13	14.26 ± 1.11
<b>NAT TV 40</b>	12.00 ± 1.12	0.745 ± 0.01	0.313 ± 0.04	26.08 ± 1.12	16.11 ± 1.12
<b>NAT TV 64</b>	12.75 ± 1.10	0.896 ± 0.01	0.794 ± 0.04	62.27 ± 1.10	14.23 ± 1.12
<b>NAT TV 72</b>	6.30 ± 1.02	0.482 ± 0.01	0.344 ± 0.05	54.60 ± 1.34	13.07 ± 1.11
<b>NAT TV 74</b>	10.55 ± 1.10	0.827 ± 0.02	0.591 ± 0.04	56.02 ± 1.33	12.76 ± 1.10
<b>ROB PD 11</b>	19.00 ± 1.11	1.053 ± 0.02	0.926 ± 0.03	48.74 ± 1.20	18.04 ± 1.09
<b>ROB PD 17</b>	17.65 ± 1.12	1.692 ± 0.03	0.309 ± 0.04	17.51 ± 1.10	10.43 ± 1.08
<b>ROB PD 28</b>	16.65 ± 1.13	0.963 ± 0.02	0.686 ± 0.03	41.20 ± 1.23	17.29 ± 1.08
<b>ROB PD 34</b>	9.70 ± 1.10	0.928 ± 0.03	0.574 ± 0.04	59.18 ± 1.14	10.45 ± 1.07
<b>ROB PD 37</b>	12.50 ± 1.11	0.608 ± 0.04	0.547 ± 0.04	43.76 ± 1.14	20.56 ± 1.05
<b>ROB PD 43</b>	7.90 ± 1.11	0.614 ± 0.01	0.432 ± 0.02	54.68 ± 1.10	12.87 ± 1.08
<b>ROB TV 07</b>	7.10 ± 1.02	0.365 ± 0.01	0.199 ± 0.03	28.03 ± 1.12	19.45 ± 1.05
<b>ROB TV 10</b>	10.50 ± 1.04	0.476 ± 0.02	0.589 ± 0.03	56.10 ± 1.10	22.06 ± 1.05
<b>ROB TV 12</b>	6.15 ± 1.13	0.512 ± 0.01	0.353 ± 0.03	57.40 ± 1.22	12.01 ± 1.02
<b>ROB TV 40</b>	8.05 ± 1.21	0.399 ± 0.04	0.485 ± 0.04	60.25 ± 1.15	20.18 ± 1.00
<b>ROB TV 64</b>	8.45 ± 1.14	0.614 ± 0.01	0.252 ± 0.05	29.82 ± 1.25	13.76 ± 1.02
<b>ROB TV 74</b>	9.02 ± 1.10	0.672 ± 0.02	0.618 ± 0.03	68.55 ± 1.23	13.42 ± 1.05

**Tabella 5.3:** Valori di carbonio organico, azoto, carbonio umico e rapporti carbonio/azoto e carbonio umico/carbonio organico dei suoli prelevati nelle province di Padova e Treviso. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche con l'errore standard ≤ 5 % della media.

Per quanto riguarda il contenuto di carbonio organico, dai risultati ottenuti si evince che il campione NAT PD 37 è quello che presenta la maggiore quantità di questo elemento (22.25 %) mentre il suolo NAT TV 12 è quello che dimostra il valore più basso (3.95 %).

Passando ad esaminare i dati riguardanti l'azoto, si può constatare che il suolo ROB PD 17 è quello più ricco nei confronti di questo elemento (1.692 %) laddove, invece, il campione NAT TV 12 è quello che presenta il valore minore (0.277 %).

Per quanto concerne la distribuzione dell'azoto in funzione del soprassuolo sovrastante, si può notare che all'interno dei campioni NAT quello che contiene la percentuale più elevata di questo elemento è NAT PD 43 (1.318 %) e viceversa il terreno meno ricco è NAT TV 12 (0.277 %). Nell'insieme dei terreni ROB, invece, il campione ROB PD 17 è quello più ricco di azoto (1.692 %) mentre ROB TV 07 è quello più povero (0.365 %).

Per quanto riguarda l'analisi del carbonio umico, i valori ottenuti si situano in un intervallo che va da un massimo di 0.926 % nel campione ROB PD 11 ad un minimo del 0.199 % associato al suolo ROB TV 07.

All'interno di questo range si localizzano gli altri valori intermedi. Dividendo i terreni rispetto alla tipologia di soprassuolo è possibile notare che tra i campioni NAT il suolo NAT TV 64 rappresenta il campione con la percentuale più alta di CU (0.794 %) mentre il terreno meno ricco è NAT PD 17 (0.238 %). Nei suoli ROB, invece, il campione ROB PD 11 presenta la percentuale più alta di carbonio umico (0.926 %) e viceversa ROB TV 07 è il campione con il contenuto minore rispetto a questo elemento (0.199 %).

In Tabella 5.4 sono elencati i risultati della determinazione dei fenoli totali.

<b>Campione</b>	<b>Fenoli (nmol cat/mg)</b>
<b>NAT PD 11</b>	1.877 ± 0.07
<b>NAT PD 17</b>	1.793 ± 0.09
<b>NAT PD 28</b>	1.817 ± 0.06
<b>NAT PD 34</b>	1.628 ± 0.09
<b>NAT PD 37</b>	1.744 ± 0.08
<b>NAT PD 43</b>	1.790 ± 0.04
<b>NAT TV 07</b>	1.999 ± 0.06
<b>NAT TV 10</b>	1.579 ± 0.10
<b>NAT TV 12</b>	1.664 ± 0.07
<b>NAT TV 40</b>	1.821 ± 0.12
<b>NAT TV 64</b>	1.651 ± 0.03
<b>NAT TV 72</b>	1.661 ± 0.16
<b>NAT TV 74</b>	1.730 ± 0.25
<b>ROB PD 11</b>	1.439 ± 0.11
<b>ROB PD 17</b>	1.678 ± 0.10
<b>ROB PD 28</b>	1.537 ± 0.12
<b>ROB PD 34</b>	1.570 ± 0.13
<b>ROB PD 37</b>	1.717 ± 0.14
<b>ROB PD 43</b>	1.320 ± 0.09
<b>ROB TV 07</b>	1.465 ± 0.05
<b>ROB TV 10</b>	1.425 ± 0.07
<b>ROB TV 12</b>	1.565 ± 0.04
<b>ROB TV 40</b>	1.465 ± 0.05
<b>ROB TV 64</b>	1.480 ± 0.05
<b>ROB TV 74</b>	1.804 ± 0.03

**Tabella 5.4:** *Contenuto di fenoli totali dei suoli prelevati nelle province di Padova e Treviso. I valori ottenuti sono le medie di tre repliche con l'errore standard ≤ 5 % della media.*

Il contenuto di fenoli ricade in un range di valori che varia da un minimo di 1.320 nmol cat/mg nel suolo ROB PD 43 ad un massimo di 1.999 nmol cat/mg nel campione NAT TV 07.

Entro tale intervallo si dispongono gli altri valori intermedi. Raggruppando i terreni in funzione della tipologia di soprassuolo si evince che tra i campioni NAT il suolo con il maggiore contenuto di fenoli è NAT TV 07 (1.999 nmol cat/mg) mentre quello che presenta il valore minore è NAT TV 10 (1.579 nmol cat/mg).

Diversamente, nei campioni ROB il suolo ROB TV 74 presenta il contenuto di fenoli più alto (1.804 nmol cat/mg) invece quello con la quantità minore è ROB PD 43 (1.320 nmol cat/mg).

Dividendo i campioni riguardo alla provincia di riferimento è possibile osservare che a Padova il campione NAT PD 11 presenta il contenuto maggiore di fenoli (1.877 nmol cat/mg) mentre, al contrario, ROB PD 43 rappresenta il suolo con la concentrazione minore (1.320 nmol cat/mg).

Nella provincia di Treviso, invece, il campione con il contenuto di fenoli più elevato è NAT TV 07 (1.999 nmol cat/mg) e viceversa quello con la quantità più bassa è ROB TV 10 (1.425 nmol cat/mg).

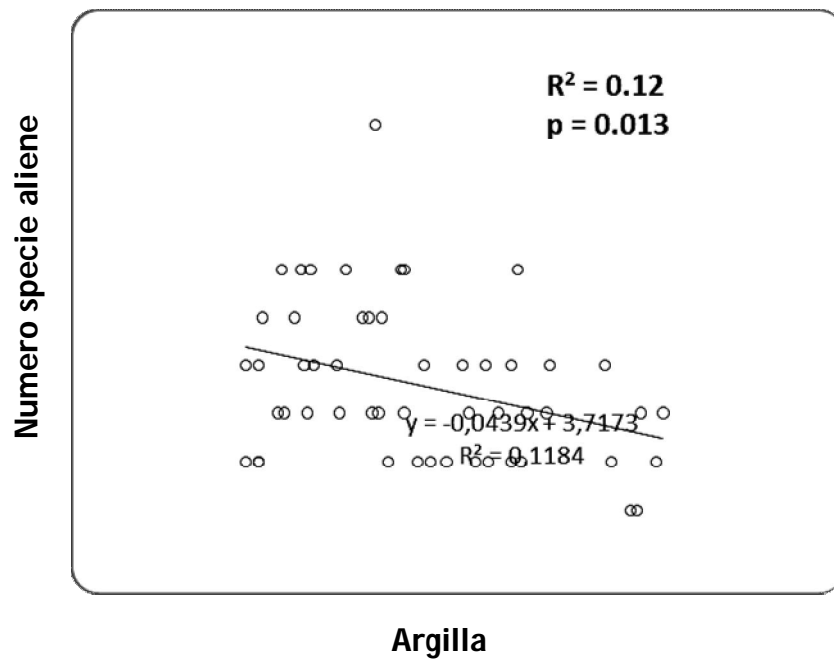


È stato in seguito utilizzato il test  $t$  che ha permesso di confrontare le medie dei parametri chimico-fisici dei suoli NAT e ROB (Tabella 5.5). Dall'analisi è risultato altamente significativo, tra i due gruppi analizzati, il contenuto di fenoli per  $p < 0.05$ .

<b>Parametro</b>	<b>NAT</b>	<b>ROB</b>	<b><math>t</math></b>	<b><math>p</math></b>
pH	6,940	7,080	-0,557	0,580
CES	0,033	0,038	-0,502	0,619
Calcare totale	71,800	84,786	-0,678	0,501
Sabbia	46,444	52,517	-2,071	0,043
Limo	26,189	24,345	0,609	0,545
Argilla	27,367	23,138	1,285	0,204
CU	0,412	0,384	0,637	0,527
<b>Fenoli</b>	<b>1,898</b>	<b>1,578</b>	<b>5,541</b>	<b>&lt; 0.001</b>
N	0,472	0,477	-0,072	0,943
CO	11,52	11,05	0,2578	0,7988
C/N	18,54	16,110	1,09	0,284
CU/CO	46,4	44,9	0,1679	0,868

**Tabella 5.5:** Dati ottenuti attraverso l'applicazione del test  $t$  alle medie dei parametri del suolo per i diversi soprassuoli.

Il ruolo delle variabili ambientali e del suolo è stato valutato separatamente in funzione della ricchezza di specie native ed aliene, utilizzando un modello di regressione multipla. Dall'analisi dei dati (Grafico 5.1) è emerso che esiste una relazione ( $R^2 = 0.12$ ;  $p = 0.013$ ) tra il numero di specie aliene e il contenuto di argilla dei campioni analizzati.



**Grafico 5.1:** Retta di regressione ottenuta considerando il numero di specie aliene ed il contenuto di argilla.

## 6. DISCUSSIONI

La reazione del suolo è il parametro capace di fornire il maggior numero di informazioni relative alle proprietà del suolo. Il pH dipende da diversi ordini di fattori. Alcuni di questi sono da considerarsi direttamente acquisiti dall'ambiente pedoclimatico nel quale il suolo si è sviluppato, altri possono invece dipendere, almeno in parte, dall'attività dell'uomo.

Inoltre, la reazione dipende dallo sviluppo dei processi pedogenetici che hanno portato alla formazione del suolo, processi che sono a loro volta primariamente influenzati dalla natura delle matrici litologiche e dal clima di un determinato ambiente. Dai dati raccolti analizzando i suoli con soprassuolo nativo e alieno, è emerso che la maggior parte dei terreni presenta una reazione subalcalina, legata alla matrice pedogenetica, come evidenziato dal contenuto di calcare totale (Tabella 5.1). Alcuni terreni dimostrano invece 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 tessitura è un carattere stabile del terreno, che generalmente non cambia con le normali pratiche agronomiche. Ad essa sono collegate, direttamente e indirettamente, importanti proprietà dei suoli: la permeabilità all'aria e all'acqua; la plasticità e quindi la lavorabilità; la capacità di trattenere l'acqua e la disponibilità di elementi nutritivi. Poiché le caratteristiche fisiche della sabbia, del limo e dell'argilla sono molto diverse tra loro, la predominanza di una frazione sull'altra influenza fortemente le caratteristiche fisiche ed agronomiche del terreno.

Quando predomina la sabbia, caratterizzata da particelle di elevato diametro, i suoli presentano pori di grandi dimensioni. Pertanto i terreni sabbiosi sono ben areati e dotati di buon drenaggio; molto scarsa risulta invece la loro capacità di trattenere l'acqua e gli elementi nutritivi. Sono inoltre poco plastici e quindi facilmente lavorabili.

I suoli dove predomina l'argilla, al contrario, con pori di piccole dimensioni, sono invece caratterizzati da scarsa aerazione e difficile drenaggio, diventano plastici in presenza di acqua e tendono a essere duri e compatti allo stato secco.

I terreni limosi presentano caratteristiche abbastanza simili ai terreni argillosi, ma non riescono a formare complessi con la sostanza organica. I risultati

dell'analisi granulometrica hanno evidenziato che la maggior parte dei suoli presenta una tessitura franco-argillosa. In particolare, dall'analisi statistica tramite un modello di regressione multipla è emersa una relazione altamente significativa ( $R^2 = 0.12$  con  $p = 0.013$ ) tra il contenuto di argilla e il numero di specie aliene.

L'evoluzione della sostanza organica è in stretto rapporto con l'indice C/N, che fornisce delle indicazioni sulla velocità di trasformazione della stessa a sostanza umica. L'importanza di questo parametro è legata all'attività dei microrganismi del terreno, i quali degradano e rielaborano le sostanze di origine organica. Le matrici caratterizzate da un basso rapporto C/N vanno incontro ad una rapida mineralizzazione, con il rilascio di elementi minerali in forma assimilabile. Al contrario, le matrici organiche che presentano un rapporto C/N alto vengono scarsamente mineralizzate, esse partecipano più attivamente al processo di umificazione, cioè alla formazione di macromolecole di nuova formazione, di natura chimica molto complessa, in continua evoluzione chiamate sostanze umiche. Anche questo tipo di S.O. giunge alla mineralizzazione ma in maniera progressiva nel tempo ed è quindi da considerare elemento essenziale della fertilità di un suolo. Anche le sostanze umiche vengono mineralizzate, ma in maniera graduale nel tempo formando così uno stock di carbonio essenziale per la sostenibilità dell'ecosistema. Nel caso dei suoli oggetto di indagine il C/N medio è pari a 18,54 nei suoli NAT e 11,16 nei suoli ROB, anche il contenuto di carbonio segue questo trend attestandosi attorno a valori di 11,52 % nei NAT e 11,05 % nei suoli ROB. Il contenuto di azoto invece, aumenta anche se non in maniera significativa passando da 0,472 % nei NAT a 0,477 % nei ROB.

Dall'analisi complessiva dei dati si evince che la presenza della *Robinia pseudoacacia* L. determina una lenta mineralizzazione della sostanza organica come attestato dalla diminuzione del rapporto C/N e del contenuto di carbonio. L'aumento invece del contenuto di azoto potrebbe essere legato alla presenza della Robinia che è una leguminosa e come tale in grado di rilasciare azoto nel suolo. L'evoluzione della sostanza organica verso la mineralizzazione è ulteriormente confermata dalla diminuzione del contenuto di carbonio umico (0,412 % rispetto a 0,384 %) e dalla minor resa in humus (46,4 rispetto a 44,9).

Molti studi hanno dimostrato che le piante cresciute in ambienti agroforestali sono in grado di estrudere nella rizosfera essudati radicali contenenti acidi organici e fenolici, in corrispondenza del loro apparato radicale. I composti fenolici

che derivano principalmente dalla decomposizione del materiale vegetale e dall'attività microbica del suolo, possiedono un ruolo ecologico fondamentale nell'ecosistema suolo. Inoltre, la produzione di fenoli è strettamente legata alla composizione della comunità batterica, che a sua volta regola i processi di decomposizione della sostanza organica.

Dai risultati riportati nella tesi, è emerso che il contenuto di fenoli è statisticamente maggiore per  $t = 5.541$  e  $p < 0.001$  nei suoli nei quali il soprassuolo è formato da specie native rispetto allo stesso contenuto riscontrato nei suoli coperti da Robinia. La maggior presenza di fenoli nei suoli NAT può essere considerata come un indice di equilibrio tra la vegetazione autoctona e le caratteristiche pedogenetiche. Tale trend è in linea con i dati presenti in letteratura dai quali si evince che i fenoli a determinate concentrazioni, esercitano effetti positivi sulla germinazione e sui processi di crescita delle piante (Inderjit, 1996).

Questi dati confermano i risultati precedentemente ottenuti da uno studio condotto su suoli forestali naturali e ricoperti da *Robinia pseudoacacia* L., situati nelle province di Verona e Vicenza. Anche in quella ricerca, è risultato che tra i parametri biologici valutati la componente fenolica è maggiore nei suoli ricoperti da specie native rispetto ai suoli il cui soprassuolo è costituito da piante naturali.



## 7. CONCLUSIONI

I risultati sopra riportati ci permettono di rilevare che la presenza di *Robinia pseudoacacia* L. dal punto di vista pedogenetico non riesce a modificare parametri come la reazione e la tessitura. Al contrario, la pianta riesce ad influenzare l'evoluzione della sostanza organica favorendo la mineralizzazione rispetto all'umificazione, come attestato dal minor contenuto di humus. Inoltre, la pianta non autoctona turba il naturale equilibrio del suolo, riducendo il contenuto di fenoli che sono considerati sostanze biomarker nella salvaguardia dell'ecosistema.

Alla luce dei risultati riportati si evince che le analisi chimico, fisiche e biologiche dei suoli oggetto di indagine, rappresentano un indicatore utilizzabile per la valutazione delle dinamiche che intercorrono tra la soprassuolo, rizosfera e suolo.





## 8. BIBLIOGRAFIA

Albuzio A., 1988. Sostanza organica, trasformazione ed evoluzione. Aspetti biochimici della fertilità. In *Analisi del terreno e diagnostica fogliare: interpretazione agronomica dei risultati*, ed. REGIONE DEL VENETO - ENTE DI SVILUPPO AGICOLO, 135-142. Venezia: Centro Scientifico Didattico - Settore documentazione e diffusione.

Allison S. D. e Vitousek P. M., 2004. Rapid nutrient cycling in leaf litter from invasive plants in Hawaii. *Oecologia* 141: 612-619.

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

Bernier N., 1996. Altitudinal changes in humus form dynamics in a spruce forest at the montane level. *Plant and Soil* 178: 1-28.

Bever J. D., Westover K. M. e Antonovics J., 1997. Incorporating the soil community into plant population dynamics: the utility of the feedback approach. *Journal of Ecology* 85: 561-573.

Boettcher S. E., Kalisz P. J., 1989. Single-tree influence on soil properties in the mountains of eastern Kentucky. *Ecology* 71: 1365-1372.

Cappelli M., 2000. *Elementi di selvicoltura generale*. Bologna: Edagricole - Edizioni Agricole della Calderini s.r.l.

Chapin F. S., Reynolds H., D'Antonio C. M., Eckhart V., 1996. The functional role of species in terrestrial ecosystems. In *Global change in terrestrial ecosystems*, ed. B. Walker, W. Steffan. Cambridge, (UK): Cambridge University Press.

Chapin F. S. et al., 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.

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., 2004. I BOSCHI DELLE REGIONI ALPINE ITALIANE Tipologia, funzionamento, selvicoltura. Padova: CLEUP sc "Coop. Libreria Editrice Università di Padova".

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

Ehrenfeld J.G., 2001. Plant-soil interactions. In Encyclopedia of biodiversity, ed. S. Levin. San Diego (CA): Academic Press. p 689-709.

Ehrenfeld J. G., 2003. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems* 6: 503-523.

Ehrenfeld J. G. e Scott N., 2001. Invasive species and the soil: effects on organisms and ecosystem processes. *Ecological Application* 11: 1259-1260.

Finzi A. C., van Breemen N., Canham C. D., 1998. Canopy tree-soil interactions within temperate forests: species effects on pH and cations. *Ecological Application* 8: 447-454.

Gill R. A., Burke I. C., 1999. Ecosystem consequences of plant life form changes at three sites in the semiarid United States. *Oecologia* 121: 551-563.

Grime J. P., 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* 86: 902-910.

Hawkes C. V., Wren I. F., Herman D. J. e Firestone M. K., 2005. Plant invasion alters nitrogen cycling by modifying the soil nitrifying community. *Ecology Letters* 8: 976-985.

Hector A. et al., 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286: 1123-1127.

Hooper D. U., Vitousek P. M., 1998. Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling. *Ecological Monographs* 68: 121-149.

Inderjit, 1996. Plant phenols in Allelopathy. *The botanical review. The New York Botanical Garden* 62: 185-202.

INFC, 2007a - Le stime di superficie 2005 - Prima parte. Autori G. Tabacchi, F. De Natale, L. Di Cosmo, A. Floris, C. Gagliano, P. Gasparini, L. Genchi, 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>

INFC, 2007b - 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, 2006. *I TIPI FORESTALI DELLA LIGURIA.* Torino: Istituto per le piante da legno e l'ambiente SPA.

Kelly E. F., Chadwick O. A., Hilinski T.E., 1998. The effect of plants on mineral weathering. *Biogeochemistry* 42:139-143.

Klironomos J. N., 2002. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. *Nature* 417: 67-70.

Levine J. M., Vila M., D'Antonio C. M., Dukes J. S., Grigulis K. e Lavorel, S., 2003. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. *Proceedings of the Royal Society London Series B. Biological Sciences* 270: 775-781.

Liao C. Z., Peng R. H., Luo Y. Q., Zhou X. H., Wu X. W., Fang C. M., Chen J. K. e Li B., 2008. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a metaanalysis. *New Phytologist* 177: 706-714.

Mack R. N. et al., 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Application* 10: 689-711.

Mack M. C. , D'Antonio C. M., Ley R. E., 2001. Alteration of ecosystem nitrogen dynamics by exotic plants: a case study of C4 grasses in Hawaii. *Ecological Application* 11: 1323-1335.

Mack M. C. e D'Antonio C. M., 2003. Exotic grasses alter controls over soil nitrogen dynamics in a Hawaiian woodland. *Ecological Applications* 13:154-166.

McIntyre S., Martin T. G., Heard K. M. e Kinloch J., 2005. Plant traits predict impact of invading species: an analysis of herbaceous vegetation in the subtropics. *Australian Journal of Botany* 53: 757-770.

Meteorologi del Triveneto, 2012. Descrizione generale e cenni sul clima del Veneto. <http://www.meteotriveneto.it/>

Motta F., 1968. *Enciclopedia Motta. Volume XI (Pec-Qyz)*. Milano: Federico Motta Editore.

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.

Ponge J. F. e Bernier N., 1998. *Lumbricus terrestris* L. distribution within experimental humus mosaic in a mountain spruce forest. *Biology and Fertility of Soils* 28: 81-86.

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.

S.S.S.A. (Soil Science Society of America), 1984. Glossary of soil terms. Wisconsin: Madison.

Stevenson F. J., 1986. *Cycles of soil*. New York: John Wiley & Sons.

Stock W. D., Wienand K. T. e A. C. Baker, 1995. Impacts of invading N<sub>2</sub>-fixing Acacia species on patterns of nutrient cycling in two Cape ecosystems: evidence from soil incubation studies and <sup>15</sup>N natural abundance values. *Oecologia* 101: 375-382.

Suding K. N., Gross K. L. e Houseman G. R., 2004. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 46-53.

Tilman D. 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs* 57: 189-214.

Tilman D., Knops J., Wedin D., Peter B., Ritchie M., Siemann E., 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.

van Breeman N., 1998. *Plant-induced soil changes: processes and feedbacks*. Kluwer Academic.

Van der Putten W. H., Klironomos J. N. e Wardle D. A., 2007. Microbial ecology of biological invasions. *ISME Journal* 1: 28-37.

Violante P., 2005. Chimica del suolo e della nutrizione delle piante. Bologna: Edagricole - Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE Edagricole S.r.l.

Vinton M. A. e Goergen E. M., 2006. Plant-soil feedbacks contribute to the persistence of *Bromus inermis* in tallgrass prairie. *Ecosystems* 9: 967-976.

Vitousek, P. M. e Walker L. R., 1989. Biological invasion by *Myrica faya* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological Monographs* 59: 247-265.

Wardle, D. A., Barker G. M., Bonner K. I. e Nicholson K. S., 1998. Can comparative approaches based on plant ecophysiological traits predict the nature of biotic interactions and individual plant species effects in ecosystems? *Journal of Ecology* 86: 405-420.

Wilcove D., Rothstein D., Dubow J., Phillips A., Losos E., 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience* 48: 607-616.

Williamson M. H. e Fitter A., 1996. The characters of successful invaders. *Biological Conservation* 78: 163-170.

Witkowski E. T. F., 1991. Effects of invasive alien acacias on nutrient cycling in the coastal lowlands of the Cape fynbos. *Journal of Applied Ecology* 28: 1-15.

Yelenik, S. G., Stock W. D. e Richardson D. M., 2004. Ecosystem level impacts of invasive *Acacia saligna* in the South African fynbos. *Restoration Ecology* 12: 44-51.

Zanella A., Tomasi M., De Siena C., Frizzera R., Jabiol B., Nicolini G., 2001. Humus Forestali. Manuale di ecologia per il riconoscimento e l'interpretazione - applicazione alle faggete. Trento: Edizioni CEA (Centro di Ecologia Alpina).

## **RINGRAZIAMENTI**

Desidero innanzitutto ringraziare il Dott. Matteo Dainese per la preziosa opera di elaborazione statistica. Ringrazio inoltre il Dott. Diego Pizzeghello per l'assistenza in laboratorio.

Un ringraziamento particolare va anche al personale della Biblioteca Comunale di Cavarzere per il fattivo aiuto nella ricerca bibliografica.

Sono grato, inoltre, a quanti hanno supportato questi anni di studio assieme ai miei genitori.

Infine, ritengo doveroso esprimere tutta la mia riconoscenza anche verso il mio collega ma, soprattutto, amico Andrea Rizzato che mi ha aiutato e sostenuto durante tutto lo svolgimento del presente lavoro e lungo gli anni trascorsi insieme.