



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA FACOLTA' DI AGRARIA

Laurea magistrale in:
SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

LA QUERCIA DI SAN BASILIO: UN ESEMPIO DI TRATTAMENTO DEGLI ALBERI MONUMENTALI

MATERIA: Salute e benessere delle piante ornamentali

Laureando: Dott. Strazzabosco Luigi
Matricola n°: 600627

Relatore: Prof. Sergio Mutto Accordi

ANNO ACCADEMICO 2009-2010

INDICE

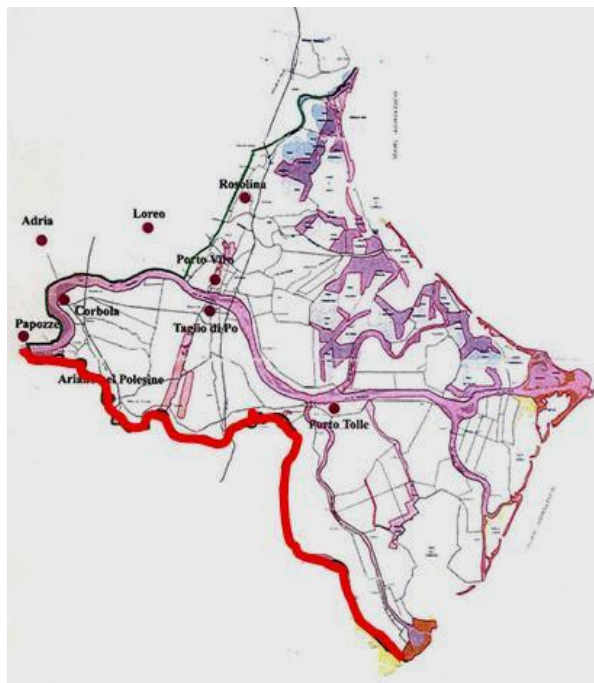
1	INTRODUZIONE	1
2	LA QUERCIA DI SAN BASILIO	3
3	LA STORIA DELLA PROTEZIONE DEGLI ALBERI	4
3.1	LE AREEE PROTETTE: CENNI STORICI	4
3.1.1	Le aree protette i boschi sacri	5
3.1.2	Le aree protette: le riserve di caccia	5
3.1.3	Le aree protette: etica della conservazione	6
3.1.4	Le aree protette: definizioni	7
3.1.5	Le aree protette: storia recente	7
3.1.5.1	Differenza fra approccio Americano ed Europeo	7
3.1.5.2	L'approccio Statunitense alla conservazione dell'ambiente	7
3.1.5.3	I parchi Europei	7
3.1.5.4	L'approccio Europeo alla conservazione dell'ambiente	8
3.1.5.5	Un nuovo approccio	8
3.1.5.6	La tutela degli alberi nel passato	8
4	LA LEGISLAZIONE NELLA DIFESA DEGLI ALBERI MONUMENTALI	10
4.1	NUOVO STATUS NORMATIVO PER GLI ALBERI MONUMENTALI	10
4.2	QUADRO NORMATIVO	10
4.3	LA MAPPA DEGLI ALBERI MONUMENTALI IN ITALIA	16
4.4	.GLI ALBERI MONUMENTALI COME BENI PAESAGGISTICI	17
5	COS'E' UN ALBERO MONUMENTALE	19
5.1	PERCHE' GESTIRE GLI ALBERI MONUMENTALI	19
5.2	TIPOLOGIE DI ALBERO MONUMENTALE	20
5.2.1	Esemplari interi	20
5.2.2	Esemplari in forma obbligata	20
5.2.3	Esemplari ricostruiti	21
5.2.4	Forme intermedie	21
5.2.5	Esemplari mutilati o irrimediabilmente danneggiati	22
5.2.6	L'albero monumentale e il suo contesto	22
6	ANATOMIA E FISIOLOGIA DEGLI ALBERI MONUMENTALI LE BASI TEORICHE	24
6.1	LA CRESCITA SECONDARIA	26
6.1.1	La parete cellulare secondaria	27
6.1.2	Il sistema assiale	28
6.1.3	Il sistema radiale	29
6.1.4	Regime gassoso e distribuzione dell'acqua nello xilema	29
6.2	COMPOSIZIONE DEL LEGNO	30
6.3	IL CONCETTO DI SENESCENZA NEGLI ALBERI	35
6.4	LO SVILUPPO DEGLI ALBERI	39
6.5	L'APPARATO RADICALE	41

6.6	LE MICORRIZE.....	43
7	LA FARNIA INQUADRAMENTO BOTANICO	45
7.1	MORFOLOGIA	46
7.2	HABITAT.....	47
7.3	DIFFUSIONE	48
7.4	DIFFERENZE CON PIANTE SIMILI	48
7.5	COLTIVAZIONE E UTILIZZI	48
7.6	INQUADRAMENTO ECOLOGICO DELLA FARNI.....	48
8	PROBLEMATICHE FITOPATOLOGICHE DEGLI ALBERI MONUMENTALI.....	50
8.1	CAMBIAMENTO DI LARGHEZZA DELL'ANELLO CON L'ETA'	51
8.2	DECADIMENTO INDOTTO DA LESIONI.....	52
8.3	DECADIMENTO DELLE RADICI PRIMARIE.....	54
8.4	IL SIGNIFICATO DELL'ALBURNO E DEL DURAMEN NEGLI ALBERI MONUMENTALI.....	54
8.5	IL RUOLO DI SPECIE FUNGINE NEL DEPERIMENTO O NELLA SOPRAVVIVENZA DEGLI ALBERI MONUMENTALI.....	55
8.6	I MARCIUMI RADICALI	57
9	LA SENESCENZA DEI TESSUTI VASCOLARI.....	58
9.1	MECCANISMI DI DIFESA ANTIMICROBICA NEL TESSUTO SECONDARIO	58
9.2	MECCANISMI DI DIFESA CHIMICA.....	59
9.2.1	Le difese chimiche passive.....	59
9.2.2	Le difese attive o inducibili.....	60
9.3	LA RESISTENZA INDOTTA.....	60
9.4	MECCANISMI DI RESISTENZA DELLE PIANTE ARBOREE A PATOGENI E INSETTI	64
9.5	L'EVIDENZA	64
9.6	EFFETTI DELLA RESISTENZA INDOTTA SULLA FITNESS DELLA PIANTA	67
9.7	I LE TECNICHE DI VALUTAZIONE DELLA STABILITA DEGLI ALBERI (vta - visual tree assessment.....	67
10	CONSIGLI PER LA BUONA CONSERVAZIONE DI UN GRANDE ALBERO	72
	LE TECNICHE DI ANCORAGGIO	72
10.1.1	Installazione.....	74
10.1.2	Collegamento composito centralizzato.....	75
11	LA QUERCIA DI SAN BASILIO	76
11.1	DESCRIZIONE DELLA PIANTA	81
11.2	METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELLO STATO GENERALE E FITOSANITARIO DELLA PIANTA	83
11.2.1	Rilievi a terra	83
11.2.2	Indagini in quota.....	84
11.2.3	Indagini di laboratorio	84
11.2.4	Indagini fitopatologiche	84
11.2.5	Vitalità delle radici fini e presenza di abbozzi di radici laterali degenerate	84
11.2.6	Valutazione della presenza dell'amido nelle radici	85
11.2.7	Reattività all'ossigenazione.....	85
11.2.8	Esito del sopralluogo.....	89
11.3	MISURE DI SALVAGUARDIA PROPOSTE	100
11.4	MISURE DA EFFETTUARE ENTRO IL 20 SETTEMBRE.....	100
12	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	102

12.1	SEZIONE DI LEGNO E BRANCHE CARIATE	107
12.2	RISULTATI DEL LAVORO DI RIGENERAZIONE	110
13	SOPRALLUOGO E VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE EFFETTUATO IL 25/02/2010	113
13.1	ISPEZIONI RADICALI	121
13.2	CONTROLLO DEL CALLO DI CICATRIZZAZIONE.....	124
14	PROGETTO DI PIANO DI GESTIONE	130
14.1	ANALISI E MONITORAGGIO	130
14.2	DEGRADAZIONE DELLA CELLULOSA	133
14.3	DEGRADAZIONE DELLA LIGNINA	134
14.4	LA DINAMICA DELLA CARIE	134
14.5	TEORIA DI COMPARTIMENTAZIONE.....	135
14.6	TEORIA DELLA CONDIZIONAMENTO MICROAMBIENTALE	141
14.7	I FUNGHI DI RILEVANZA STATICA DEGLI ALBERI	144
14.8	CONTROLLO DELLA VITALITA' DELLE RADICI	158
	14.8.1 Vitalità delle radici fini e presenza di abbozzi di radici laterali degenerate.....	159
	14.8.2 Valutazione della presenza dell'amido nelle radici.....	159
	14.8.3 Reattività all'ossigenazione.....	159
14.9	CONTROLLO DELLE CARIE SULLE BRANCHE.....	160
14.10	CONTROLLO DELLA BIOMASSA	161
14.11	RIMONDA DEL SECCO	162
14.12	DISERBO NELL'AREA DI PROIEZIONE DELLA CHIOMA.....	162
14.13	PACCIAMATURA.....	163
14.14	IRRIGAZIONE DI SOCCORSO	164
14.15	INTERVENTI DIFESA	166
	14.15.1 Interventi Biologici.....	166
	14.15.1.1 Interazione Trichoderma -pianta.....	168
	14.15.1.2 Interazione complessa pianta patogeno-antagonista: Trichoderma Spp come sistema modello	169
	14.15.2 Difesa Chimica.....	171
14.16	INTERVENTI DI GESTIONE	175
14.17	INTERVENTI STRAORDINARI	1786
15	CONCLUSIONI.....	179
	BIBLIOGRAFIA.....	181
	ABSTRACT.....	183
	RINGRAZIAMENTI.....	185

1 INTRODUZIONE

La quercia di San Basilio vegeta in un'area straordinaria, quasi magica che ha accompagnato l'albero nei secoli



La quercia di San Basilio è una farnia di oltre 500 anni di età, considerata la pianta più vecchia dell'intera provincia di Rovigo. Si trova sul Delta del Po, un ecosistema naturale straordinario, un territorio unico che l'Unesco ha riconosciuto come patrimonio dell'umanità, ed è testimone silenziosa delle leggende e degli eventi legati al grande fiume che hanno condizionato la vita del territorio.

È legata ad un sito archeologico di straordinaria importanza dalla storia antichissima ovvero dall'età arcaica al Medioevo particolarmente importante ed antico indice di quanto vitale e ricca fosse questa zona.

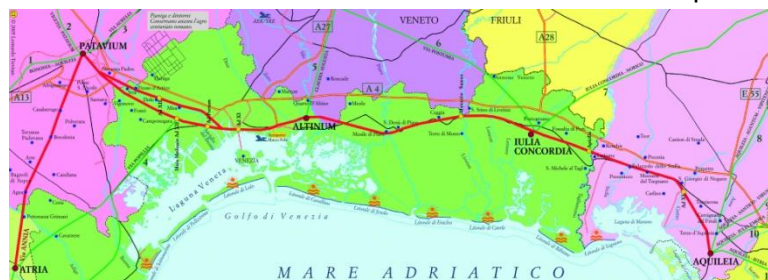
San Basilio fu sede di un insediamento etrusco tra la fine del VII e il V secolo a.C.

Gli Etruschi iniziarono una vera e propria opera di bonifica del territorio, costruendo una serie di abitati in corrispondenza delle foci di rami padani secondari. Il più importante di questi è stato rinvenuto appunto a San Basilio, piccola frazione del Comune di Ariano Polesine, che con gli anni ha restituito molti reperti archeologici il frammento ceramico più antico per ora noto, del basso Polesine custoditi in parte presso il Museo Archeologico Nazionale di Adria e in parte presso il Centro Turistico Culturale San Basilio. San Basilio era situato presso la foce di un ramo padano e a ridosso di un antichissimo cordone litorale lungo il quale si impostava la via Popillia. La via Popillia era un'antica strada romana che dalla colonia romana di Ariminum (Rimini) conduceva alla città di Aquileia, passando per Ravenna, Adria e Altino. La strada venne realizzata dal console del 132 a.C. Publio Popilio Lenate, dal quale prende il nome (L'attribuzione è accertata per l'iscrizione riportata su un miliario di Adria, ad 81 miglia da Ariminum). Partendo da Rimini seguiva parte della costa Adriatica settentrionale. La strada si snodava attraverso le lagune ravennate seguendo il cordone di Dune che in quei secoli costituiva la linea di costa. In quanto questi allineamenti sabbiosi rappresentavano le uniche possibilità per realizzare una viabilità terrestre in un territorio caratterizzato da ambienti lagunari e vallivi. Quando i traffici con l'Europa centrale si fecero più intensi i Romani costruirono, una nuova strada alternativa alla via Popillia più a levante di questa una "direzissima" che presso San Basilio si staccava dalla via Popillia, lasciando fuori Adria correva sulle dune costiere, dopo aver toccato le mansiones di Septem Maria e di Fossis si

ricongiungeva alla Popillia a Evrone; Nella Tabula Peutingeriana, che risale alla seconda metà del IV sec. d C. è indicato questo itinerario che congiungeva appunto Ravenna ad Altino con un sistema di canali. Come ogni percorso stradale la via Popillia prevedeva una serie di tappe necessarie per effettuare il cambio degli animali e per ristorarsi. La prima tappa o mansio nel territorio veneto fu costruita dai romani a San Basilio con il nome di “Mansio Hadriani” cioè zona di sosta nel territorio di Atria, l’antica Adria. La via attraversava l’attuale isola di Ariano e giungeva appunto ad Adria. La principale testimonianza del passaggio della via è la pietra miliare trovata nel 1884 ad Adria, presso la chiesa di S. Maria della Tomba con inciso il nome del console. L’importanza di San Basilio crebbe però con la prima età imperiale romana, quando probabilmente su iniziativa dell’imperatore Claudio, venne costruita una nuova via costiera, necessaria per garantire diretti collegamenti tra le due città portuali più importanti dell’Alto Adriatico, Ravenna e Aquileia. In questa maniera si evitava il percorso interno per Adria, il cui ruolo era ormai diventato secondario. San Basilio è un sito archeologico molto importante, il frammento ceramico più antico per ora noto del basso polesine proviene proprio da San Basilio, il quale testimonia appunto una presenza Etrusca molto antica nel territorio. Le campagne di scavo eseguite dal 1977 al 1980, hanno portato alla luce i resti di una villa romana, sorta nei pressi della Mansio Hadriani. La maggior parte del complesso è ancora celata sotto i campi; invece una porzione ancora inalterata è stata portata alla luce dopo l’eliminazione di un frutteto. Al primo apparato della villa appartiene un ambiente absidato, lastricato con mattonelle di cotto posizionate a spina di pesce, probabilmente un piccolo impianto termale riconducibile all’età Augustea valutando i materiali ritrovati. La pianta dell’impianto esibisce la massima estensione raggiunta dal fabbricato nella tarda età dell’impero. L’articolazione degli ambienti documenta i rimaneggiamenti che nel corso di tre secoli sono stati fatti per necessità degli abitanti. Nel corso del IV secolo d.C. a causa forse di un’alluvione, la costruzione venne ridotta al di sopra dei vani precedenti furono costruiti ambienti da cucina. Molti e vari sono gli oggetti di uso comune rinvenuti nella villa.



L’abbondanza e la varietà del materiale rinvenuto a San Basilio denotano l’importanza che la Mansio Hadriani aveva assunto in epoca romana in relazione allo sviluppo della nuova via di comunicazione. Il ritrovamento inoltre di una ciotola spezzata contenente monete ed un anello con lucerna raffigurante l’effigie di una colomba, che presentano simboli cristiani e costituiscono i più antichi documenti della diffusione del cristianesimo nella tarda età imperiale romana in Polesine, lasciando supporre la presenza di una comunità cristiana già dal IV-V secolo d.C. In epoca post-antica continuò ad essere utilizzata nell’ambito dell’esarcato bizantino con capitale a Ravenna, e



mutò il nome in “via Romea”. Per tali ragioni il suo valore monumentale può essere considerato incalcolabile.

2 LA QUERCIA DI SAN BASILIO

La quercia di San Basilio si trova nei pressi dell'omonima località, importante sito archeologico, alla base dell'argine del Po di Goro, in direzione Ariano nel Polesine.

La quercia, per il suo valore storico e monumentale, può essere considerata un bene di preminente interesse pubblico.

La pianta, come detto, soggiace alla base dell'argine sinistro del Po di Goro, il quale, proprio in corrispondenza della quercia, presenta un rientro lasciato appositamente per fare spazio alla pianta.

La quercia è perciò incassata tra l'argine, a sud, e un podere agricolo a nord, dal quale la separa un modesto pianello di circa 10 metri fino all'unghia di campagna dell'argine stesso.

Vista la posizione si evince il fatto che la quercia si trova all'interno del perimetro del Parco Regionale Veneto del Delta del Po il cui confine, lungo i rami del Po, coincide sempre con il profilo dell'unghia arginale a campagna.

Il terreno su cui la pianta soggiace è pianeggiante, però già a due metri a sud del tronco inizia a salire lungo l'argine. Il rientro di questo è una superficie pianeggiante rettangolare lunga circa 20 metri e profonda circa 3 metri rispetto alla base ordinaria dell'argine. La quercia ha un'età stimata di circa 500 anni, essendo citata in documenti risalenti alla metà del '500 quale monumentale pianta segna confine. La sua circonferenza a 1.30 dal suolo è di 6.15 metri, mentre la sua altezza è di circa 26 metri e la chioma anche se in alcuni punti è irregolare ha un diametro di 19 metri.

La Quercia di San Basilio (*Quercus robur*) chiamata dagli abitanti locali "Rovra" è considerata l'albero più antico del polesine. La pianta riveste un notevole interesse dal punto di vista naturalistico, botanico, storico e paesaggistico e la sua particolare forma è riconoscibile e visibile anche a distanza. E' un vero e proprio monumento della natura e nonostante negli ultimi anni abbia subito gli effetti della senescenza, delle avversità naturali e dell'azione dell'uomo, ha un imponente maestosità. e la chioma anche se in alcuni punti è irregolare ha un diametro di 19 metri. L'età da più parti stimata dovrebbe aggirarsi intorno ai 500 anni. L'albero si trova a ridosso dell'argine sinistro del Po di Goro, poco a monte dell'omonima località, nei pressi dell'idrovora di Cà Verzola in un rientro lasciato appositamente durante i lavori di sistemazione della sponda arginale. Le dimensioni e la vetusta della quercia di San Basilio, hanno portato la fantasia popolare a sviluppare una serie di leggende intorno all'albero. La prima e la più suggestiva è quella secondo la quale Dante Alighieri, diretto o proveniente da Ravenna, avendo smarrita la strada nella piatta pianura del Po, si fosse arrampicato proprio in cima alla quercia di San Basilio per ritrovare la retta via. Il sommo poeta non sarebbe stato comunque l'unico a beneficiare della grandezza della pianta che, per l'estensione della chioma, sarebbe diventata il riparo di una principessa e della suo corteo. Secondo la leggenda tramandata pare che sotto la quercia viva un'intera famiglia di gnomi.

3 LA STORIA DELLA PROTEZIONE DEGLI ALBERI

3.1 LE AREEE PROTETTE: CENNI STORICI

Secondo alcuni autori (Hunter, 1996) le radici della conservazione possono essere rinvenute a partire da 40.000 anni fa. Risalirebbe a quel periodo l'attribuzione di significati specifici ad alcune prede (concetto di risorsa) e, forse, l'affermarsi di principi di "uso programmato delle risorse".

Il racconto biblico dell'Arca di Noè è carico di significati conservazionisti e rappresenta tuttora una metafora di potente valore evocativo. Il riferimento all'arca compare in molte O.N.G che operano nel settore della conservazione.

Da sempre, singole componenti degli ecosistemi hanno assunto valori particolari nella cultura umana. Fra questi, gli alberi hanno chiari riferimenti alla genesi, alla vita, al divenire e non stupisce, che fin dall'antichità, gli alberi più maestosi abbiano assunto significati religiosi o misterici.

Per i Celti gli alberi come la quercia erano considerati sacri e questa specie era "la rappresentanza visibile della divinità" e messa sempre al vertice della gerarchia dei vegetali. I

Druidi, spesso considerati impropriamente solo sacerdoti dei Celti, ma che in realtà erano dei poeti, veggenti e giudici ritenevano che niente fosse più sacro della quercia con sopra il vischio. Il termine druidi forse deriva dal greco *drys* (quercia) e dall'indo-europeo *wid* (sapere).

I Romani, come i Celti che li hanno preceduti nella selva padana, considerano sacri i boschi; sono ben consci dell'utilità delle piante tanto da emanare leggi speciali per la protezione degli alberi ed elaborare norme innovative di tecnica forestale. Agli alberi è attribuito un potere terapeutico, proprietà fecondative di vegetali ed animali, poteri di vita e immortalità e soprattutto il potere di predire il futuro. Ovidio ricorda che i primi oracoli furono le querce che producevano ghiande; nella fillomanzia, l'arte di predire il futuro attraverso le piante, c'è sempre il culto di una quercia sacra. A questo proposito come non ricordare Dante Alighieri e la Sibilla:

*« Così la neve al sol si disigilla,
così al vento ne le foglie levi
si perdea la sentenza di Sibilla. »*

(Dante, Paradiso XXXIII, 64-66)

L'origine degli "Alberi della Libertà" è legata all'antichissima usanza di piantare alberi in occasione di riti popolari e religiosi. I coloni statunitensi li usarono nella lotta contro gli inglesi e li effigiarono poi sulle stesse bandiere di alcuni Stati. Divennero con la Rivoluzione Francese, che li recuperò, e soprattutto in epoca giacobina un chiaro simbolo politico.

Durante la rivoluzione francese per festeggiare l'abolizione della tirannide e il ritorno della libertà i repubblicani piantano l'"Albero della libertà"; succede a Parigi la prima volta nel 1790, poi un po' dappertutto dove trionfano i rivoluzionari. Un decreto della Convenzione del 1792 ne regola l'uso: l'albero della libertà è sormontato da un berretto frigio rosso e adorno di bandiere, ai suoi piedi giurano i magistrati, si bruciano i diplomi nobiliari e si danza la "Carmagnola".

Con la rivoluzione francese esportata in buona parte d'Europa e al seguito delle vittoriose truppe repubblicane, se ne eressero anche in Italia. In genere venivano piantati nella piazza del capoluogo. Vennero estirpati ovunque durante la Restaurazione. L'ultimo Albero della libertà ancora vivente in Italia è situato in Calabria a Montepaone (CZ).

La tradizione degli alberi celebrativi è proseguita fino ai nostri giorni. Alberi celebrativi vennero piantati durante il primo conflitto mondiale (a testimonianza di opposizione al conflitto o celebrazione delle vittorie).

Gli alberi monumentali sono elementi puntuali del paesaggio che vengono attivamente studiati e conservati) dagli Enti competenti.

Il valore simbolico ed evocativo dell'albero arriva fino ai nostri giorni anche nella promulgazione di leggi e regolamenti, come la Legge 113/92, detta dell'Albero neonato, che obbliga i comuni all'impianto di un albero per ogni nascita, entro 15 mesi dalla registrazione anagrafica.

“Qualora per caso ti capitasse davanti per strada, il nido di un uccello su qualsiasi albero oppure per terra, e contenga pulcini o uova e la madre li stia covando, non devi prendere la madre da sopra i figli, dovrai mandar via la madre e dovrai prendere allora i figli. Ciò affinché tu possa aver bene e si prolunghi la tua vita” (Deuteronomio 22: 6-7). La citazione riportata in Deuteronomio rappresenta un esempio di principio di gestione faunistica. In essa si allude chiaramente all'opportunità di prelevare i pulcini (caratterizzati da elevata mortalità) e di conservare gli adulti.

Esempi simili sono riportati nella letteratura indiana fra il 300 e il 230 a.C. L'editto dell'imperatore ASOKA (Editti del settimo pilastro) elenca una serie di specie soggette a tutela integrale e dispone il divieto di bruciare la foresta. Alcuni principi sembrano basati su una buona conoscenza delle dinamiche naturali:

1. sono protetti tutti gli animali dotati di quattro arti che non siano utili o commestibili;
2. le foreste sono protette e non possono essere incendiate per stanare e uccidere gli animali, o senza motivi validi;
3. Nessun animale deve essere utilizzato come alimento per altri animali.

3.1.1 Le aree protette i boschi sacri

1000-1500 a.C.: BOSCHI SACRI (PERSIA E CINA ORIENTALE)

Con un leggero azzardo potremmo affermare che i primissimi “Parchi” che la storia ricordi

risalgono al 1000-1500 a.C. Soprattutto in Cina ed in Persia già a quell'epoca alcuni imperatori e sacerdoti destinavano intere aree, specialmente boschi, a territori sacri ed inviolabili dall'uomo: si riteneva, infatti, che in tali aree, appariscenti per la loro bellezza e per la maestosità dei fenomeni naturali che le caratterizzava, abitassero spiriti divini, concetto questo presente un po' in tutte le religioni primitive, specialmente in quelle di tipo animistico.

200 a.C.-200 D.C.: BOSCHI SACRI (IMPERO ROMANO)

La prima testimonianza scritta da cui si può desumere che la nostra pianura era ricoperta da estese foreste con prevalenza di querce, è dello scrittore greco, vissuto a Roma, Polibio. Nel suo "Ricchezza della Gallia Cisalpina" Polibio riporta le sue impressioni dopo un attraversamento della pianura padana avvenuto nel 151 a. C.". La quantità di ghiande provenienti da queste foreste - scrive il "romano" - è tanta che si potrebbero alimentare tutti maiali macellati in Italia". Anche i Romani destinarono determinate aree a “boschi sacri” dedicandole a divinità silvane e ponendo sacerdoti dedicati alla loro difesa e protezione.

3.1.2 Le aree protette: le riserve di caccia

680-980 d.C.: RISERVE DI CACCIA (CAROLINGI)

Nell'Europa dell'età carolingia nacquero nuove forme di “area protetta”: la RISERVA DI CACCIA.

Con quest'istituto, che continua ancora oggi, la caccia era riservata ad Imperatori e Re, Principi e Duchi, feudatari e loro dignitari ed ospiti. Essa fu spesso oggetto di privilegio e di dono tra le classinobiliari e in ogni modo da sempre esclusiva prerogativa di pochi. Per fare un esempio a noi vicino, la Riserva di Caccia della Valle del Ticino, sin dall'età viscontea, era affidata ad un “Capitano della caccia” con poteri giudiziari e di polizia, che poteva contare su numerosi uomini posti alle sue dipendenze al fine di far rispettare il privilegio ducale.

1600-1700 d.C. IL GRAN BOSCO DA REME (REPUBBLICA VENETA)

Un'altra forma di "area protetta" nella storia, può essere presa dal Pian del Cansilio: la Repubblica Veneta lo proclamò "Gran Bosco da Reme" e di conseguenza nelle foreste del Cansilio era vietato pascolare, cacciare e raccogliere legna, e ciò non perché il bosco fosse ritenuto sacro o riservato alle cacce nobiliari, ma in quanto lo stesso era "consacrato" agli interessi militari di Venezia che da quegli alberi ricavava il legname migliore per le sue navi.

1850 LA RISERVA "ESTETICA" DI FONTAINEBLEU

Altro esempio di "bosco sacro" in chiave moderna, potrebbe essere quello della foresta di Fontainebleu. Questa splendida area, prevalentemente boscata, fu istituita come riserva reale nel 1850 per essere difesa dai tagli e dalle distruzioni in quanto bene di grande e piacevole valore estetico e come tale ritratta da numerosi e famosi artisti nei suoi scorci di particolare panoramicità.

3.1.3 Le aree protette: etica della conservazione

Il sistema delle aree protette è l'affermazione di un sistema normativo che tutela territorio, paesaggio, fauna e flora e cultura. La moderna biologia della conservazione affonda le sue radici negli scritti di tre autori principali: Muir, Pinchot e Leopold. Questi tre autori, che hanno operato negli USA fra il 1870 e il 1940, hanno attribuito un valore etico all'ambiente naturale. Hanno, in sintesi, cercato di dare una risposta alla domanda che ancora oggi molti politici (in particolare italiani) pongono frequentemente ai tecnici:

PERCHE' MI DEVO PORRE IL PROBLEMA DI CONSERVARE LA NATURA? QUALE VANTAGGIO NE POSSIAMO TRARRE COME UOMINI?

Romantic-Trascendental Conservation Ethic (MUIR 1838-1914)

Il valore di un'ambiente naturale è intrinseco, dal momento che l'uomo beneficia di un contatto diretto con Dio osservando habitat intoccati e primitivi. La natura, nelle sue manifestazioni più pure e originali e immodificate, è il tempio entro il quale l'Uomo riconosce la presenza e l'immanenza del Creatore. In ciò si concretizza il suo valore.

Resource Conservation Ethic (PINCHOT 1865- 1946)

La natura è costituita da risorse, che devono essere utilizzate per il benessere del maggior numero possibile di persone nel più ampio lasso di tempo possibile. Anche il paesaggio, e quindi l'"estetica", è al contempo valore e risorsa e ciò è in accordo con la RTCE di Muir. Il principio di uso sostenibile e diffuso delle risorse ambientali sottende la loro proprietà comune. Pinchot, non a caso, è un sostenitore di Roosevelt, del New Deal e del Partito Democratico americano. I principi "liberal" di Pinchot hanno influenzato profondamente la regolamentazione federale delle risorse naturali negli USA e sono tuttora (non so per quanto) alla base del funzionamento di importantistrutture quali l'U.S. Fish and Wildlife Service, l'U.S. Forest Service ecc.

Evolutionary-Ecological Land Ethic (LEOPOLD 1886-1948)

La natura è un sistema complesso, all'interno del quale ogni singola componente è importante. Non esistono gerarchie e l'uomo, in quanto prodotto dell'evoluzione e della selezione naturale, ha valore, al pari di tutte le altre specie, indipendentemente da ranghi e utilità. Come componentedella comunità, l'uomo, può utilizzare, al pari di ogni altra specie, l'ambiente. Ma ha la responsabilità di farlo nel rispetto dal valore intrinseco delle altre specie e dell'ecosistema.

3.1.4 Le aree protette: definizioni

AREA PROTETTA: lembo di territorio, più o meno esteso, dove trovano applicazione orientamenti, indirizzi e regole per un uso dell'ambiente da parte dell'uomo che consenta di conservare e/o di sperimentare metodi, forme e tecnologie adatte a gestire in modo equilibrato con le altre specie viventi (vegetali e animali) le risorse del pianeta (UICN 1992).

3.1.5 Le aree protette: storia recente

3.1.5.1 Differenza fra approccio Americano ed Europeo

La prima area protetta "moderna", quindi creata con finalità di tutela delle risorse naturali ed affidata alla massima autorità del tempo (la Nazione), fu la Riserva dello YOSEMITE (1867) alla quale seguì il PARCO NAZIONALE DI YELLOWSTONE (1872). Entro il 1880 gli USA crearono altri 5 Parchi Nazionali (che restano i maggiori per estensione), parallelamente alla conclusione della colonizzazione dell'Ovest e alla distruzione delle popolazioni indigene delle pianure. La distruzione dei popoli indigeni e quello conseguente degli habitat relativi (uniti forse a un "senso di colpa" già allora diffuso negli Stati Uniti orientali) favorì l'evolversi di un pensiero conservazionista che mirava a preservare almeno una piccola parte degli ambienti originari.

3.1.5.2 L'approccio Statunitense alla conservazione dell'ambiente

Il vincolo imposto dagli USA (da poco usciti anche da una guerra civile) era totale: nei parchi vigeva il divieto di caccia, di intervento sulle dinamiche naturali, di costruire infrastrutture ecc..

Era un approccio totalizzante, che tendeva ad escludere l'uomo come componente dell'ambiente naturale (al punto tale da escludere, in qualche caso, anche le popolazioni indigene).

Il Parco Nazionale era considerato quindi come un SANTUARIO che comprendeva habitat primari, scarsamente influenzati dall'azione dell'uomo occidentale, ospitanti basse densità di popolazione umana.

3.1.5.3 I parchi Europei

In Europa, per assistere ad un primo atto di istituzione di Parco Nazionale, si dovranno attendere i primi del '900, con un ritardo di almeno 30-40 anni rispetto agli Stati Uniti, al Canada e all'Australia. Questo ritardo è attribuibile proprio al fatto che l'assenza in ambito europeo di fenomeni naturali di grande spettacolarità e vergini, ma altresì l'abitudine dei popoli europei oramai consolidata da secoli di convivere con la natura adattandola costantemente alle mutate esigenze della storia, non stimolava la cultura di allora a istituire aree in qualche modo "protette".

I primi tentativi di protezione ambientale europea nascono intorno al 1910.

Le tappe sono le seguenti:

1909 - Germania (primo parco nazionale) "Brughiera di Lindeburg"

1910 - Svezia: 4 parchi nazionali

1914 - Svizzera: Parco dell'Engadina

Benchè i primi parchi europei siano stati creati in linea con la scuola di pensiero americana, iniziò subito un processo di differenziazione dell'approccio europeo rispetto a quello statunitense.

3.1.5.4 L'approccio Europeo alla conservazione dell'ambiente

È infatti vero che l'istituzione dei primi parchi europei si rifaceva ancora interamente alla scuola di pensiero americana, (l'uomo doveva porre immediatamente termine a qualsiasi azione di interferenza con l'ambiente naturale, ivi compresa la caccia, il pascolo, il taglio della legna, o addirittura il transito), ma, con la creazione del Parco Nazionale dell'Engadina i presupposti della tutela iniziarono a differenziarsi significativamente da quelli della scuola americana. Il Parco

Svizzero fu istituito su un territorio particolarmente disastroso (e non su un territorio integro come oggi chi lo visita potrebbe pensare): si trattava di una zona che era stata utilizzata per l'estrazione di ferro, piombo ed altri minerali, i cui boschi erano stati sfruttati intensivamente per usare la legna quale materiale da ardere nei forni fusori. La nascita del parco si dovette all'acquisto di quel territorio da parte della Società Svizzera di Scienze Naturali e la scelta degli scienziati svizzeri nel 1914, in linea con la concezione americana di parco naturale, fu quella di non dar corso ad alcuna azione di riparazione dei guasti di quel territorio, aspettando per vedere e studiare come e se la natura fosse riuscita a cicatrizzarne le ferite. Con la creazione del PN dell'Engadina, quindi, cambia la finalità della creazione del parco (AREA DI RECUPERO E SPERIMENTAZIONE) anche se la gestione rimane sostanzialmente simile a quella effettuata negli USA (SANTUARIO).

3.1.5.5 Un nuovo approccio

Ai tempi però, la rigida tutela attuata dagli Svizzeri che non intervenivano sul territorio del loro Parco Nazionale, nemmeno per porre rimedio ai danni causati da frane e slavine, fu causa di vivaci polemiche nell'ambiente scientifico e politico italiano che decise di non applicare ai nostri parchi (dove vi era una notevole presenza umana) tali principi di protezione. I Parchi Nazionali del Gran Paradiso e dello Stelvio nacquero dunque in un'ottica naturalistica diversa: gli italiani, infatti, sposarono la scuola di pensiero europea che in quegli anni si andava affermando in Inghilterra e in Francia e che non considerava più il parco come un'area da lasciare integralmente al suo destino, ma come una zona da utilizzare anche per lo sviluppo economico delle popolazioni residenti e soprattutto per attività di tipo turistico e ricreativo. Secondo tale filosofia il Parco non era concepito come qualcosa di rigorosamente vincolato dal quale escludere la presenza dell'uomo, ma semplicemente come un territorio particolarmente meritevole di attenzione e rispetto. Questa concezione fece sì che per un certo periodo i nostri parchi, unitamente a quelli francesi ed inglesi, non furono riconosciuti a livello internazionale e quindi non inseriti nella lista internazionale dei Parchi Nazionali. Sulla base di questo approccio l'Italia arrivò a istituire i suoi primi parchi nazionali:

1922 Parco Nazionale del Gran Paradiso

1924 Parco Nazionale d'Abruzzo

1934 Parco Nazionale del Circeo

1935 Parco Nazionale dello Stelvio

3.1.5.6 La tutela degli alberi nel passato

Nel Medioevo la tutela degli alberi era strettamente legata a quella dei boschi. Uno dei documenti giuridici più antichi conservatisi fino ad oggi sulla gestione del patrimonio boschivo e le relative pene è il "Diritto del conte ceco Corrado Otto", scritto intorno al 1189. Le pene per l'abbattimento non autorizzato degli alberi sono riportate anche nel Diritto municipale della città di Jihlava e nel libro dell'antico signore di Rosenberg del 1360 circa.

Al capitolo 50 della proposta Maiestas Carolinas di Carlo IV del 1348 si scrive: "Ordiniamo che le foreste della nostra meravigliosa terra e la loro mirabile abbondanza siano preservate e strenuamente salvaguardate contro qualsiasi attacco, ad eccezione dei casi da noi esplicitamente consentiti, così da mantenerle per sempre vergini...". Tuttavia, spinto dalle pressioni del Consiglio dei Signori del 1355 il Maiestas Carolinas fu abrogato dallo stesso Carlo IV.

Nel 1754 Maria Teresa pubblicò il "Regolamento dei boschi", un documento sulla tutela e l'amministrazione forestale accurato e piuttosto progressista per i suoi tempi. Alexander von Humboldt (1769 - 1859), professore universitario di Berlino, fu il primo ad utilizzare la definizione di monumento naturale per gli alberi più vecchi e maestosi che incontrò nel corso della sua spedizione scientifica in America del Sud tra il 1799 e il 1804. La storia della tutela degli alberi monumentali in Cecoslovacchia tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo è strettamente legata alla nascita e all'attività delle associazioni per l'abbellimento paesaggistico. Il 30 ottobre 1904, nel ristorante U Choděru di Praga, fu fondata l'Unione delle Associazioni per l'abbellimento paesaggistico del Regno Boemo con sede a Praga, ribattezzata nel 1905 Unione delle associazioni per l'abbellimento paesaggistico della Boemia, della Moravia e della Slesia. Dopo la nascita della Cecoslovacchia, l'unione prese il nome di "Unione delle associazioni cecoslovacche per l'abbellimento paesaggistico e la tutela della patria di Praga".

Tra il 1904 e l'inizio degli anni Cinquanta l'Unione pubblicò un'interessante rivista chiamata "La bellezza della nostra patria" ("Krása našeho domova"), in cui troviamo ancora oggi numerose informazioni utili sulla tutela degli alberi monumentali. Nel 1899 Jan Evangelista Chadt Ševínský (1899) pubblicò il primo prospetto degli alberi monumentali della Boemia. Nel 1908, poi, Ševínský pubblicò nell'edizione n. XVII e nell'edizione speciale della rivista "Český lid" (Popolo ceco) un elenco degli "Alberi antichi e monumentali della Boemia, della Moravia e della Slesia", comprendente 165 specie rare e 30 immagini. Un'edizione integrata comprendente le descrizioni di 320 alberi rari e 160 immagini di specie significative fu pubblicata nel 1913 a Písek, e successivamente come sezione autonoma nel libro "Storia delle foreste e della silvicoltura" (Dějiny lesů a lesnictví). Questo documento, elaborato grazie al contributo di svariate persone, è il primo elenco dettagliato degli alberi monumentali della nostra regione, e costituisce ancora oggi un'importante fonte da cui attingere informazioni preziose su questo tema.

4 LA LEGISLAZIONE NELLA DIFESA DEGLI ALBERI MONUMENTALI

4.1 NUOVO STATUS NORMATIVO PER GLI ALBERI MONUMENTALI

7 marzo 2008 - Approvata dalla Commissione ambiente del Senato una norma che tutela gli Alberi monumentali. Secondo il ministro Paolo De Castro è stato riconosciuto un patrimonio straordinario di biodiversità e pregio, emerso anche grazie al censimento del Corpo forestale dello Stato. Gli alberi monumentali saranno protetti dal Codice dei beni ambientali e paesaggistici. Finalmente un patrimonio straordinario di biodiversità e di specie rare e di pregio sarà tutelato dallo Stato come accade per beni archeologici". Con queste parole, il ministro delle Politiche agricole alimentari e forestali Paolo De Castro, annuncia con soddisfazione l'approvazione, da parte della Commissione ambiente del Senato, di una norma che lui stesso aveva proposto. "Si tratta di una decisione importante che corona l'attento lavoro del Corpo Forestale dello Stato impegnato, dal 1982, nella stesura del primo censimento che ha portato alla scoperta di ben 2.000 piante dichiarate di 'grande interesse' e di 150 definite di 'eccezionale valore storico o monumentale'. E' una conquista - ha concluso il Ministro - per tutti i nostri territori". La nuova norma, inserita nel testo del parere della Commissione Ambiente, è chiara. "Si segnala - si legge - l'esigenza di inserire fra le bellezze naturali di cui al comma 1 dell'articolo 136 del decreto legislativo n. 42 del 2004 i filari, le alberate e gli alberi monumentali che si distinguono per la loro non comune bellezza".

Il Decreto Legislativo 26 marzo 2008 n. 62, relativo ai beni culturali, e il Decreto Legislativo 26 marzo 2008 n. 63, relativo al paesaggio, pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale n. 84 del 9 aprile 2008, sono entrati in vigore il 24 aprile 2008.

Sulla scorta dei principi espressi dalla Corte Costituzionale, i due Decreti Legislativi apportano ulteriori modifiche al D. Lgs. n. 42 del 2004 «Codice dei beni culturali e del paesaggio», meglio noto come Codice Urbani (già emendato in passato con il DPCM 12/12/2005, col D. Lgs. 156/2006 e col D. Lgs. 157/2006) adeguandone, tra l'altro, la definizione di «Paesaggio» a quella adottata nel 2000 proprio dalla Convenzione Europea sul Paesaggio sottoscritta nel 2000 a Firenze e ratificata dalla Repubblica Italiana con Legge del 9 gennaio 2006, n. 14.

Specialmente per quanto riguarda il D. Lgs. n. 63, per i tecnici e per gli operatori della selvicoltura e del verde, sono di non poco conto le modifiche introdotte relativamente alla tutela e alla salvaguardia del paesaggio storico, presso cui trova sede normativa anche la valorizzazione degli alberi monumentali visti in chiave di essenziale componente paesaggistica e di attrazione turistica.

Proprio nell'anno in cui il Corpo Forestale dello Stato dedica loro il proprio Calendario Storico.

Le modifiche introdotte all'art. 136 del Codice Urbani inseriscono esplicitamente a pieno titolo (test.) gli alberi monumentali tra quei beni immobili che possono essere dichiarati di notevole interesse pubblico e quindi annoverati nell'elenco dei beni paesaggistici, al pari dei complessi archeologici, delle ville, dei castelli e dei centri storici di maggior pregio.

4.2 QUADRO NORMATIVO

Nel passato l'individuazione, la salvaguardia e la preservazione di alberi, alberate e filari portatori di interessi eccezionali erano dovute all'inaccessibilità dei luoghi ove si trovavano, oppure lasciate alla sensibilità individuale di proprietari, tecnici e operatori che decidevano di riservare dal taglio quei soggetti arborei che per i motivi più disparati ritenevano opportuno preservare e conservare. È in gran parte grazie a costoro se oggi possiamo parlare di alberi monumentali.

Successivamente, contestualmente all'affermazione di nuovi indirizzi tecnico-scientifici che attribuiscono agli alberi non solo valore finanziario ma anche valore d'esistenza in sé, numerosi enti locali hanno emanato norme finalizzate a tutelare gli esemplari arborei più maestosi: la Legge Regionale dell'Emilia-Romagna n. 2 del 1977 rappresenta probabilmente il primo atto normativo varato in Italia per salvaguardare i patriarchi arborei isolati, in gruppi o in filari.

Fatta la legge, le strutture tecniche e scientifiche iniziano a adeguarsi a questa nuova realtà.

Alla metà degli anni '80 il Corpo Forestale dello Stato, coadiuvato dai colleghi delle Regioni Autonome, completa il poderoso censimento avviato nel 1982 su tutto il territorio nazionale che permette di individuare e di catalogare oltre 22.000 alberi di particolare interesse, ulteriormente selezionati in 2000 di grande interesse, tra cui circa 150 definiti monumentali perché portatori di un valore eccezionale.

Dopo questa iniziativa, parallelamente all'emanazione di ulteriori specifiche Leggi Regionali in materia, molti enti e istituzioni commissionano o eseguono in completa autonomia analoghe indagini nei territori di competenza.

Anche la comunità scientifica inizia ad interessarsi a questa tematica: seppure con iniziative ancora sporadiche, i prodigi arborei della natura entrano nei seminari, negli workshop, nei convegni, nei congressi e divengono oggetto di analisi e di studi approfonditi.

Si arriva così ai giorni nostri con un quadro normativo, tecnico e scientifico non proprio omogeneo: molte Leggi Regionali diverse tra loro vigono nelle aree d'Italia, svariati elenchi di alberi monumentali risultano compilati da enti distinti secondo criteri tecnico-scientifici e sensibilità socio-culturali differenti.

Le norme venute finalmente alla luce, quindi, hanno il grande pregio di poter essere ritenute a ragione le prime disposizioni nazionali specifiche in materia di alberi monumentali. Il Decreto n. 63/2008 costituisce il primo atto statale di regolamentazione normativa in materia, cui dovrà opportunamente seguire anche la definizione di un elenco unico nazionale condiviso, alimentato e aggiornato sia dagli enti statali, sia da quelli regionali e locali. E ancora meglio sarebbe, per la verità, se fosse varata una legge quadro nazionale che riordini tutto il settore degli alberi monumentali.

Vi è inoltre un'altra considerazione da fare. Ai sensi del Codice Urbani il Patrimonio Culturale nazionale è costituito da Beni culturali e da Beni paesaggistici.

Grazie al D. Lgs. n. 63 gli alberi monumentali, in quanto Beni paesaggistici a tutti gli effetti, entrano a far parte del patrimonio culturale nazionale, proprio come i capolavori dell'arte umana. Recependo e facendo propria una sensibilità diffusa, quindi, i monumenti della Natura vengono finalmente equiparati ai monumenti dell'Uomo: il sostantivo «albero» entra ufficialmente nei testi nazionali che tutelano il patrimonio culturale. Il patrimonio artistico naturale alla stregua del patrimonio artistico antropico.

Ma c'è dell'altro. Secondo le modifiche apportate all'art. 137 (test.) le Regioni istituiscono apposite commissioni con il compito di formulare proposte per la dichiarazione di notevole interesse pubblico degli immobili. In queste commissioni trovano rappresentanza le competenti Sovrintendenze ai beni architettonici e al paesaggio e quelle ai beni archeologici, le Regioni, le Università degli Studi, le Fondazioni di tutela del patrimonio culturale e le Associazioni portatrici d'interessi diffusi.

Tali commissioni, però, novità, sono integrate (test.) dal rappresentante del competente Comando Regionale del Corpo Forestale dello Stato nei casi in cui la proposta riguardi filari, alberate ed alberi monumentali: un'altra funzione tecnica per il CFS e un altro riconoscimento professionale per i tecnici forestali tutti.

Si aprono nuovi scenari professionali per i tecnici e per gli operatori della selvicoltura e dell'arboricoltura, chiamati a collaborare e a interagire per segnalare oggi quegli alberi che, se salvaguardati, diverranno monumentali domani. E già questo non è poco. I tecnici privati e pubblici sono chiamati anche a contribuire alla definizione di un protocollo ufficiale ove siano indicate le modalità di catalogazione e i caratteri che portano a dichiarare monumentale un filare, un'alberata o un singolo albero: portamento singolare o maestoso, rarità botanica, pregio naturalistico, dimensioni imponenti (altezza, diametro), longevità eccezionale, importanza paesaggistica storica, religiosa, per la tradizione locale o cos'altro ancora?

Un impegno che dovrà senz'altro vedere il contributo del personale del CFS presente nelle commissioni paesaggistiche, chiamato anche a indirizzare i colleghi in servizio presso i reparti operativi sul territorio, in merito al valore e al regime sanzionatorio da applicare per interventi non autorizzati su soggetti arborei classificati monumentali. Anche al fine di contenere il futuro contenzioso amministrativo e penale. Per gli operatori, invece, sorge anzitutto la necessità di

crescere ed aggiornarsi con la consapevolezza di stare intervenendo non solo e non tanto sui migliori patrimoni genetici prodotti dal mondo vegetale, tanto forti e resistenti da superare le siccità più lunghe e i freddi più intensi, e speriamo anche gli inquinamenti e le manomissioni ambientali più invasive.

.Le modifiche del «Codice dei beni culturali e del paesaggio interessano molto opportunamente anche gli alberi monumentali quali testimoni di civiltà e portatori di molteplici valori. Disposizioni necessarie, irrinunciabili, di cui si avvertiva il bisogno per iniziare a ricomporre e a omogeneizzare il quadro nazionale, assai frammentato.

Regione Veneto

Legge

(Bur 13 agosto 2002 n. 78)

Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali

Articolo 1

Finalità

1. Allo scopo di tutelare e valorizzare il patrimonio ambientale e il paesaggio della Regione, la presente legge detta norme per l'individuazione degli alberi monumentali di alto pregio naturalistico e storico, di interesse paesaggistico e culturale presenti nella Regione del Veneto.

Articolo 2

Definizione

1. Sono considerati alberi monumentali di alto pregio naturalistico e storico e di interesse paesaggistico e culturale:

a) gli alberi isolati o facenti parte di formazioni boschive naturali o artificiali che per età o dimensioni possono essere considerati come rari esempi di maestosità o longevità;

b) gli alberi che hanno un preciso riferimento a eventi o memorie rilevanti dal punto di vista storico o culturale o a tradizioni locali.

Articolo 3

Elenco regionale degli alberi monumentali

1. È istituito, presso l'azienda regionale Veneto Agricoltura, l'elenco regionale degli alberi monumentali.

2. A tal fine l'azienda regionale Veneto Agricoltura, entro sessanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge, definisce la metodologia di rilevazione ed i contenuti informativi di una scheda tipo che deve contenere almeno i dati caratteristici di vegetazione e i criteri di tutela di cui all'articolo 2.

3. L'azienda regionale Veneto Agricoltura, sulla base della scheda di cui al comma 2 ed esaminate le eventuali proposte pervenute ai sensi del comma 4, predispone l'elenco regionale degli alberi monumentali.

4. L'inserimento nell'elenco regionale degli alberi monumentali può avvenire anche su proposta delle Province, dei Comuni, delle Comunità montane, degli Enti parco ed anche a seguito di segnalazioni di singoli cittadini o associazioni ai medesimi enti. In tale ultimo caso detti enti sono tenuti a trasmettere la segnalazione all'azienda regionale Veneto Agricoltura, entro sessanta giorni dal ricevimento, corredata dal loro parere trasmesso contestualmente al cittadino o all'associazione interessata.

5. La scheda tipo di cui al comma 2 e l'elenco regionale degli alberi monumentali sono pubblicati nel Bollettino Ufficiale della Regione del Veneto. L'elenco regionale degli alberi monumentali è aggiornato periodicamente.

6. Le strutture regionali competenti in materia di servizi forestali, di servizi fitosanitari e l'azienda regionale Veneto Agricoltura assicurano, ciascuno nell'ambito delle rispettive competenze, l'assistenza per gli aspetti agroforestali e di fitopatologia agli alberi dell'elenco di cui al comma 1.

Articolo 4

Iniziative di valorizzazione e tutela

1. Gli alberi inseriti nell'elenco sono segnalati come Albero monumentale protetto. Legge regionale "Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali".

2. L'azienda regionale Veneto Agricoltura e gli enti di cui all'articolo 3, comma 4, promuovono iniziative di pubblicizzazione e valorizzazione degli alberi inclusi nell'elenco, al fine di divulgarne la conoscenza, il significato della tutela, nonché per migliorare il contesto territoriale e ambientale circostante.

3. I Comuni riportano nel proprio strumento urbanistico generale gli alberi monumentali protetti e le relative aree di pertinenza dettando apposita normativa di tutela.

4. È vietato a chiunque abbattere, danneggiare o comunque modificare la struttura degli alberi monumentali inseriti nell'elenco regionale, salvo quanto previsto ai commi 5 e 6.

5. Gli interventi per una corretta manutenzione e conservazione degli alberi monumentali nonché il loro eventuale abbattimento, qualora non siano già attribuiti alla competenza di enti o amministrazioni diverse ai sensi della normativa statale e regionale vigente, sono autorizzati dal Comune, previa acquisizione di un parere tecnico delle strutture regionali competenti in materia di servizi forestali e fitosanitari.

6. L'abbattimento di alberi inclusi nell'elenco di cui all'articolo 3, avviene per esigenze di pubblica incolumità o per esigenze fitosanitarie e comunque dopo aver accertato l'impossibilità ad adottare soluzioni alternative.

7. I Comuni e le strutture regionali competenti in materia di servizi forestali e fitosanitari vigilano sull'applicazione delle disposizioni della presente legge.

Articolo 5

Sanzioni amministrative

1. Chiunque compia gli interventi di manutenzione e conservazione degli alberi monumentali senza l'autorizzazione di cui all'articolo 4, comma 5 è assoggettato ad una sanzione amministrativa da un minimo di Euro 50,00 ad un massimo di Euro 100,00.

2. Chiunque danneggi o abbatta alberi sottoposti a tutela della presente legge senza l'autorizzazione di cui all'articolo 4, comma 5, è assoggettato a una sanzione amministrativa da un minimo di Euro 5.000,00 ad un massimo di Euro 15.000,00 per ogni albero abbattuto.

3. *L'area di pertinenza delle piante abbattute senza l'autorizzazione non può essere utilizzata per diversa destinazione.*

4. *All'applicazione delle sanzioni di cui al comma 1, provvedono i Comuni nel cui territorio è stata commessa la violazione con le modalità e le procedure di cui alla legge 24 novembre 1981, n. 689 e alla legge regionale 28 gennaio 1977, n. 10*

5. *Il Comune incamera i relativi proventi che destina prioritariamente alla cura, tutela, valorizzazione e al reimpianto degli alberi monumentali ed eventualmente alle cure colturali dell'alberatura pubblica.*

Articolo 6 **Reimpianto**

1. *In caso di abbattimento i Comuni possono provvedere al reimpianto di specie vegetali analoghe a quelle abbattute.*

Articolo 7 **Norma finanziaria**

1. *Alle spese di natura corrente derivanti dall'applicazione della presente legge, quantificabili in euro 51.645,00 per ciascuno degli esercizi 2002, 2003 e 2004, si fa fronte mediante prelevamento di pari importo dall'unità previsionale di base .*

Fondo speciale per le spese correnti", partita n. 4 e contestuale incremento dello stanziamento autorizzato sull'unità previsionale di base U0167 Iniziative per attività editoriali e catalogazione" iscritta nello stato di previsione della spesa del bilancio 2002 e pluriennale 2002-2004, per competenza e cassa relativamente al primo esercizio e per sola competenza relativamente ai due esercizi successivi. La presente legge sarà pubblicata nel Bollettino ufficiale della Regione veneto. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarla e di farla osservare come legge della Regione veneto

La LR n. 20/02 "Tutela e valorizzazione egli alberi monumentali" si inserisce in un contesto nazionale ed internazionale di elevata attenzione nei confronti del verde urbano e del verde storico, della rispettiva gestione, sicurezza, conservazione e valorizzazione, inteso come patrimonio ad elevato pregio naturalistico, paesaggistico, storico e culturale. la tutela e la conservazione del verde storico sono, in un'ottica di sviluppo sostenibile e valorizzazione delle risorse, i primi e basilari strumenti per trasmettere alle generazioni future la conoscenza e il valore del patrimonio arboreo. Dalla fine degli anni '70 ad oggi inoltre a livello regionale italiano sono stati molo numerosi i lavori avviati di censimento e di normativa specifica, finalizzata alla conoscenza e salvaguardia del patrimonio arboreo monumentale.

Sulla base di queste premesse è stato avviato il piano di lavori previsti dalla LR ed in particolare nelle successive tre tappe:

1 FASE

- *Istituzione di una Commissione Tecnico-Scientifica*
- *Determinazione dei requisiti che qualificano un albero come monumentale e dei criteri di selezione*
- *Raccolta e selezione del materiale esistente*
- *Definizione di una scheda tipo di censimento*
- *Progettazione di un software di gestione delle schede di censimento di ogni pianta*

2 FASE

- *Sopralluoghi e verifiche in campo per implementare le informazioni raccolte nelle già schede esistenti*

- Individuazione piante per la prima stesura dell'elenco regionale
- Individuazione di possibili problemi di stabilità e fitosanitari
- Informatizzazione delle schede di censimento

3 FASE

- Approfondimento stato fitosanitario e strutturale per le piante con possibili problemi di messa in sicurezza
- Definizione dei criteri di tutela e formulazione di indicazioni operative e gestionali
- Cartellinatura delle piante "Regione Veneto - Albero monumentale"
- Divulgazione (CDrom, depliant, link a tema sul sito dell'Azienda Regionale Veneto Agricoltura)

Il lavoro si svolge in collaborazione di una Commissione Scientifica composta da:

- Azienda Regionale Veneto Agricoltura
- Direzione Foreste ed Economia Montana
- Servizio Fitosanitario Regionale
- Dip. Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università di Padova
- Corpo Forestale dello Stato
- Soprintendenza dei Beni architettonici ed il Paesaggio veneto
- Associazione Nazionale dei Comuni d'Italia
- WWF - sez. Regione Veneto

La Commissione Scientifica ha lo scopo di fornire il parere tecnico in merito all'inclusione degli alberi nell'elenco regionale e di svolgere ruolo consultivo in merito alla definizione della scheda di rilevamento, alla definizione dei criteri di selezione e delle metodologie di rilevazione.

Altre leggi regionali, invece, quale quella della regione Piemonte del 3 aprile 1995 n.50 "Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali di alto pregio naturalistico e storico" stabiliscono che l'inclusione nell'elenco degli alberi, dei filari e delle alberate monumentali, di interesse paesaggistico-ambientale e storico culturale della regione comporta l'istituzione del vincolo di cui alla legge del 29 giugno, n.1497 sulla protezione delle bellezze naturali e panoramiche.

Disegno di legge per la tutela degli alberi monumentali - Relazione illustrativa

Fonte: Corpo Forestale dello Stato

Il disegno di legge nasce dalla esigenza di dare una definizione giuridica unitaria di "albero monumentale" su tutto il territorio nazionale, cui ricollegare forme di tutela da applicare qualora gli alberi siano danneggiati od abbattuti, nel pieno rispetto delle competenze regionali, come anche di recente disegnatte dalla sentenza n.367 del 7 novembre 2007, laddove la Corte Costituzionale distingue tra conservazione del paesaggio e dei beni che lo compongono, compito affidato allo Stato in quanto valore primario assoluto, e la fruizione del territorio, compito affidato anche alle Regioni. A tal fine si sono uniti il concetto di "albero", secondo il parametro botanico, a quello di "monumento", secondo la percezione sociale del nome. Per albero, in botanica, si intende una pianta perenne a sviluppo verticale e fusto legnoso, la cui altezza supera i 5-6 metri a maturità, dotato di rami secondari che si dipartono da un unico fusto centrale mostrante una chiara dominanza apicale; mentre per "monumento" si intende qualcosa di particolare pregio ed importanza, il che consente di tener conto dell'insieme di valori che caratterizzano e rendono eccezionale l'esemplare che si vuole tutelare. La definizione prevede, pertanto, le caratteristiche morfologiche che deve possedere l'esemplare: longevità eccezionale rispetto alla specie, dimensioni ragguardevoli al di sopra delle soglie minime di accrescimento previste per classi di età, portamento e forma peculiare determinato dalle particolari condizioni di accrescimento in natura, rarità botanica o peculiarità della specie, con particolare riguardo a specie relitte o esemplari cresciuti in particolari stazioni o al di fuori del loro areale. Presso il Corpo è istituito l'Inventario degli alberi monumentali, nel quale sono iscritti sia quelli individuati ai sensi delle varie leggi regionali (L.R. Lombardia n. 16 del 16.7.2007; L.R. Puglia n. 14 del 4.6.2007; L.R. Piemonte n. 50 del 3.4.2005; L.R. Molise n. 48 del 6.12.2005; L.R. Trento n. 10 del 15.12.2004; L.R. Veneto 20 del 9.8.2002; L.R. Toscana n. 39 del 21.3.2000; L.R. Liguria n. 4 del 22.1.1999; L.R. Basilicata n. 42 del 10.11.1998; L.R. Valle d'Aosta n. 45 del 24.8.1992, ecc). sia quelli indicati direttamente dal Corpo Forestale dello Stato, nelle Regioni che non si sono ancora dotate di una legge in materia, d'intesa con queste e sentito il proprietario del terreno dove si trova l'albero.

Resta naturalmente ferma la disciplina di tutela e sanzionatoria prevista dal Codice dei beni culturali e del paesaggio per quegli alberi che siano o possano essere dichiarati di interesse storico, culturale, etnoantropologico o paesaggistico.

Il provvedimento si compone di 3 articoli.

L'art. 1 definisce le caratteristiche morfologiche dell'albero monumentale.

L'art. 2 istituisce l'Inventario degli alberi monumentali d'Italia. L'inventario è realizzato attraverso il SIM, nell'ambito delle ordinarie disponibilità di bilancio del Corpo e non deve comportare nuovi oneri a carico della finanza pubblica.

L'art. 3 fa rientrare nella fattispecie del danneggiamento aggravato (art. 635, secondo comma, c.p.) ogni distruzione o deterioramento degli alberi monumentali iscritti nell'Inventario. Il presente provvedimento non comporta nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica e pertanto non si redige la relazione tecnica.

4.3 LA MAPPA DEGLI ALBERI MONUMENTALI IN ITALIA

Nel corso del censimento degli alberi monumentali del 1982 da parte del Corpo Forestale dello Stato, e costantemente aggiornato con la scoperta di nuove piante, con la raccolta di materiali storici e scientifici che permettono di approfondirne la conoscenza e con la georeferenziazione dei singoli alberi, i Forestali hanno rilevato 1255 esemplari definiti di “maggior interesse ambientale e culturale”. Di questi, 460 sono presenti nelle regioni del nord Italia, 555 nelle regioni del centro e 240 nelle regioni meridionali.

La Lombardia nel campo dei patriarchi verdi vanta almeno due primati: quello della regione e delle provincia Como con il maggior numero di alberi monumentali.

PIEMONTE - 102	LIGURIA - 18	ABRUZZO - 74
4 Alessandria	11 Genova	35 Aquila
16 Cuneo	2 Imperia	24 Chieti
29 Novara	1 Spezia	15 Pescara
27 Torino	4 Savona	
26 Vercelli		MOLISE - 9
	EMILIA ROMAGNA - 113	3 Campobasso
VALLE d'AOSTA - 10	21 Bologna	6 Isernia
10 Aosta	1 Ferrara	
	27 Forlì	CAMPANIA - 41
LOMBARDIA - 192	23 Modena	16 Avellino
8 Bergamo	4 Piacenza	9 Caserta
13 Brescia	24 Parma	11 Napoli
63 Como	12 Ravenna	5 Salerno
13 Milano	9 Reggio Emilia	
4 Mantova		PUGLIA - 68
5 Pavia	TOSCANA - 176	24 Bari
7 Sondrio	35 Arezzo	5 Brindisi
79 Varese	36 Firenze	25 Foggia
	8 Grosseto	14 Lecce
TRENTINO ALTO-ADIGE - 42	6 Livorno	

31 Bolzano	30 Lucca	BASILICATA - 27
11 Trento	3 Massa	4 Matera
	13 Pisa	23 Potenza
VENETO - 57	13 Pistoia	
6 Belluno	32 Siena	CALABRIA - 35
3 Padova		22 Cosenza
2 Rovigo	UMBRIA - 43	5 Catanzaro
16 Treviso	35 Perugia	8 Reggio Calabria
2 Venezia	8 Terni	
17 Vicenza		SICILIA - 25
11 Verona	MARCHE - 61	1 Caltanissetta
	14 Ancona	3 Catania
FRIULI VENEZIA-GIULIA - 39	22 Ascoli Piceno	4 Messina
3 Gorizia	12 Macerata	17 Palermo
2 Pordenone	13 Pesaro	
34 Udine		SARDEGNA - 44
	LAZIO - 79	10 Cagliari
	7 Frosinone	20 Nuoro
	35 Latina	14 Sassari
	15 Roma	
	22 Viterbo	

4.4 .GLI ALBERI MONUMENTALI COME BENI PAESAGGISTICI

Il decreto legislativo dunque ha inserito gli alberi monumentali tra le categorie di beni potenzialmente oggetto di dichiarazione di interesse pubblico ex art.136 del codice modificando modificando in tal senso la lettera a) dell'art.136 comma 1 che attualmente risulta così formulata: a) le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale, di singolarità geologica o memoria storica ivi compresi gli alberi monumentali.

Coerentemente il comma 3 dell'art.137 del codice, come modificato dal decreto legislativo Rutelli, prevede che la commissione per il paesaggio, sia integrata dal rappresentante del competente Comando Regionale del C.F.S. nei casi in cui la proposta per la dichiarazione di interesse pubblico riguardi filari, alberate ed alberi monumentali.

L'attenzione riservata dal decreto legislativo Rutelli agli alberi monumentali risponde per cui all'esigenza di offrire una tutela giuridica di portata generale, efficace per cui su tutto il territorio dello Stato Italiano, per tutti gli alberi che coniugano a se una profonda valenza naturalistica ed un forte profilo colturale.

L'idea che alcuni alberi particolari perché rari, antichissimi, o di dimensioni imponenti meritino di essere ammirati e protetti tanto quanto i monumenti del nostro patrimonio artistico, ha ispirato l'indagine del C.F.S. di cui si è su esposto che ha portato ad un censimento degli alberi monumentali in Italia.

Sotto il profilo legislativo prima non esisteva una normativa a livello nazionale che contenesse disposizioni specifiche per la salvaguardia degli alberi monumentali, ma si registravano in materia

numerosi interventi a livello regionale sia pure legati da da cospicui caratteri di analogia , nella struttura e nel contenuto.

Motivo ricorrente delle normative regionali attualmente esistenti in materia è l'indicazione delle finalità dei relativi interventi a protezione degli alberi monumentali , che si identifica nella tutela e valorizzazione del patrimonio ambientale e del paesaggio delle rispettive regioni , a conferma della multiforme valenza di questi peculiari elementi del paesaggio.

Costantemente compare, in quelle leggi , la definizione di albero monumentale di alto pregio naturalistico e storico o di interesse paesaggistico e culturale, che comprende ad esempio come nella legge della regione Veneto la n. 20 del 2002 sia gli alberi isolati o facenti parte di formazioni boschive naturali e/o artificiali che per età o dimensioni possono essere considerati come rari esempi di maestosità , sia di alberi che hanno un preciso riferimento a eventi o memorie rilevanti dal punto di vista storico o culturale o delle tradizioni locali.

In ogni legge regionale si prevede l'istituzione di un elenco regionale di alberi monumentali, e la promozione da parte della regione di iniziative di pubblicizzazione e valorizzazione degli alberi inclusi nell'elenco, al fine di divulgarne la conoscenza , il significato della tutela nonché per migliorare il contesto territoriale e ambientale circostante. Ciò che talvolta cambia nelle diverse normative è la tipologia di tutela che viene apprestata alla categoria degli alberi monumentali.

In alcune leggi regionali come quella della regione Veneto e del Molise, si pone un divieto, con relative eccezioni, di abbattimento, danneggiamento e di modifica della struttura degli alberi monumentali inseriti nell'elenco regionale, la cui violazione comporta l'applicazione di sanzioni di solo carattere amministrativo, nonché la possibilità di utilizzare per diversa destinazione, senza autorizzazione, l'area di pertinenza delle piante abbattute; e si sottopongono alla autorizzazione del comune gli interventi per una corretta manutenzione

e conservazione degli alberi monumentali, nonché il loro eventuale abbattimento, qualora debba avvenire per esigenze di pubblica incolumità, o per esigenze fitosanitarie e comunque dopo aver accertato l'impossibilità di adottare soluzioni alternative.

Altre leggi regionali, invece, quale quella della regione Piemonte del 3 aprile 1995 n. 50 stabiliscono che l'inclusione nell'elenco degli alberi, dei filari e delle alberature monumentali, di interesse paesaggistico ambientale e storico culturale della regione, comporta l'istituzione del vincolo di cui alla legge del 29 giugno 1939, n.1497 sulla protezione delle bellezze naturali e panoramiche imponendo un vincolo di carattere penale.

5 COS'È UN ALBERO MONUMENTALE

Negli ultimi anni si è assistito ad una progressiva crescita di interesse nei riguardi degli alberi monumentali. Tale interesse è motivato da una ormai diffusa sensibilità estetica, storica e culturale verso la componente vegetale del paesaggio, segnatamente la componente arborea.

Gli alberi monumentali, ovviamente, non sono sfuggiti a questa ondata di popolarità che non ha necessariamente delle implicazioni di carattere scientifico. In effetti la maggior parte delle persone non esiterebbero a riconoscere un albero monumentale trovandoselo davanti.

Ma che cos'è esattamente un *albero monumentale*? In realtà la stessa definizione di albero monumentale sfugge ad ogni criterio di rigosità scientifica e non può esserci d'aiuto associare al generico concetto di albero un aggettivo monumentale che pur se ricco di suggestione evocativa, non ha alcuna rilevanza di tipo biologico.

Seguendo questa falsariga dovremmo perciò concludere che un albero monumentale è soprattutto in ragione delle sue peculiarità esteriori ed immediatamente riconoscibili, ovvero essenzialmente il suo aspetto, cui siamo soliti attribuire una valenza estetica, e le sue dimensioni.

Tuttavia, un albero è innanzi tutto un essere vivente; in questo senso il suo aspetto è il risultato di un processo biologico del quale, in estrema sintesi, le dimensioni, meglio alcuni dei parametri biometrici, auxologici, dendrometrici corrispondono ad una età avanzata.

Eppure un albero monumentale non è solo “ *un grande albero di bell'aspetto, esso è soprattutto un sopravvissuto, il relitto o la testimonianza di un paesaggio, di un ecosistema, di un uso del suolo e di una precisa fase della vita degli uomini che attraverso le generazioni, l'hanno piantato, l'hanno accudito e ne hanno a vario titolo goduto i benefici.* In altre parole cessa di essere “un albero” per divenire “l'albero” ovvero si carica di funzioni documentarie e culturali in senso lato, acquisendo una sua specifica individualità che spesso è testimonianza del nome o dell'appellativo che gli vengono attribuiti. Per questo la più compiuta definizione per un albero monumentale è quella di un esclusivo ed individuale interesse biologico, culturale, storico ed estetico.

5.1 PERCHÉ GESTIRE GLI ALBERI MONUMENTALI

Se gli alberi monumentali sono tali in quanto hanno cessato di essere un semplice, per quanto affascinante, fenomeno biologico per caricarsi di significati storici e culturali, la loro gestione rappresenta innanzitutto un atto di salvaguardia di questi motivi di interesse collettivo. Vista la natura assolutamente peculiare dell'oggetto cui si rivolge, tale gestione presenta implicazioni, fitopatologiche, agronomiche ed arboricole che si discostano notevolmente dalle ordinarie pratiche di manutenzione del verde.

Il concetto di salvaguardia è un elemento fondante nella gestione degli alberi monumentali in quanto essi costituiscono di fatto un patrimonio difficilmente rinnovabile, essendo di fatto venute a mancare le condizioni sociali, economiche ed ambientali che hanno permesso il loro perpetuarsi nei secoli tanto da divenire essi stessi una sorta di reperto antropologico.

Non solo ma costituiscono come “relitti” sopravvissuti a vicissitudini e cambiamenti un valore biologico eccezionale l'ampissima variabilità genetica di fatto rappresenta anche un patrimonio nella ricostruzione ambientale il loro genoma è fondamentale geneticamente

In un momento in cui la tracciabilità genetica del patrimonio arboreo nella moltiplicazione forestale e ornamentale si pone in modo ineludibile tra gli operatori del settore.

Da questo punto assume un valore importante la scelta di Veneto Agricolture nella moltiplicazione e clonazione degli alberi monumentali della Regione Veneto.

5.2 TIPOLOGIE DI ALBERO MONUMENTALE

Come già detto gli alberi monumentali sono tali in ragione del riconoscimento di “monumentalità” che è loro attribuito dagli uomini cioè sono monumentali quando cessano di essere un semplice fenomeno biologico per caricarsi di significati storici e culturali. In questo senso le diverse tipologie di albero monumentale discendono dai motivi che ne hanno giustificato l’impianto, dalle modalità di governo e dalla collocazione, sia questa pianificata o semplicemente “tollerata”. Sostanzialmente gli alberi monumentali possono essere ricondotti a gruppi tipologici definiti in ragione della morfologia della chioma:

1. Esemplari interi
2. Esemplari in forma obbligata
3. Esemplari ricostruiti
4. Esemplari intermedi
5. Esemplari mutilati o irreparabilmente danneggiati

5.2.1 Esemplari interi

Si intendono gli alberi monumentali che nel corso della loro vita, hanno subito interventi di correzione e modifica architettonica di portata marginale. Per questo motivo la struttura della loro chioma si definisce “primaria”. In genere, per questi alberi, vi è una sostanziale identità tra età anagrafica ed età biologica, in questo senso, il loro aspetto è il frutto di un naturale processo di crescita e regressione fisiologica. L’importanza è legata nella testimonianza della naturale morfologia ed il portamento della specie nel contesto nel quale è inserita. Normalmente gli esemplari effettivamente integri sono molto rari e relegati a contesti marginali, naturali o naturali formi, nei quali il loro sviluppo ha potuto procedere pressoché indisturbato. Un’eccezione significativa è rappresentata dagli alberi monumentali radicati in parchi o giardini, quindi fin dal loro impianto destinati ad uno scopo ornamentale, e che sono stati preservati nel corso dei secoli, proprio in ragione delle loro peculiarità morfologiche naturali.

5.2.2 Esemplari in forma obbligata

Gli alberi monumentali riconducibili a questa categoria morfologica hanno subito, durante la vita, ripetuti e pianificati interventi antropici nello specifico intento di modificare in modo permanente tanto la morfologia che la fisiologia. Queste modifiche sono chiaramente percepibili attraverso la lettura architettonica della chioma la cui struttura non più naturale è definita secondaria.

Per questi esemplari è spesso riscontrabile una effettiva discontinuità tra età anagrafica dell’albero ed età biologica, che può essere fatta risalire all’ultimo intervento eseguito, in quanto la chioma, ricostruita in tutto o in parte, conserva peculiarità morfologiche specifiche.

In particolare queste forme di conduzione prevedono un costante rinnovamento delle parti fogliate che dopo uno o pochi anni di vita, vengono tagliate per essere sostituita da vegetazione neo formata.

Gli esemplari arborei in forma obbligata sono riconducibili essenzialmente ad un impiego produttivo in ambito agricolo o all’adozione di specifiche forme di allevamento a scopo ornamentale.

In ogni caso le modalità tradizionali di impostazione e conduzione della forma obbligata, pur se profondamente invasive, non causavano danni permanenti all’albero trattato.

L’importanza di questi alberi è ovviamente a seconda del loro contesto, come testimonianza sia di un loro uso che di un gusto estetico proprio di epoche passate, di tecniche di “governo” arborei culturali che si sono andate progressivamente perdendo.

La conservazione di questa categoria di alberi monumentali è minacciata almeno nel contesto agrario, dalla modificazione delle condizioni socio economiche che giustificavano lo sfruttamento

produttivo degli stessi e dalla profonda modificazione del paesaggio agrario nel quale gli elementi arborei costituiscono un limite alla meccanizzazione e alla razionalizzazione fondiaria.

Nel caso invece, di alberi monumentali allevati in forma obbligata a scopo ornamentale la loro permanenza è messa in discussione essenzialmente dalle modifiche del gusto estetico, che tendono a privilegiare le forme naturaliformi degli alberi, sia dal già citato impoverimento del patrimonio tecnico di conoscenze e non ultimi gli elevati costi gestionali che pongono interventi manuali assai frequenti, portando alla fine ad un abbandono della forma obbligata, sostituita in alcuni casi da tentativi di ricostruzione della chioma con tecniche spesso estemporanee od errate, con la conseguenza dell'insorgenza di gravi problemi.

5.2.3 Esempari ricostruiti

Gli alberi di questa categoria sono esemplari che hanno subito, nel passato, una o più gravi mutilazioni, perlopiù dovute ad interventi antropici o ad eventi meteorologici estremi verso i quali l'albero ha risposto con la produzione di nuova vegetazione, che si è in seguito sviluppata indisturbatamente.

In questa categoria appartengono ad esempio, gli esemplari sottoposti ad un intervento arboreo colturale frequente nel passato, noto con il nome di "intestatura" o "impalcatura".

Tramite questa operazione l'albero ancora in età relativamente giovane, veniva privato della gemma apicale ad un'altezza arbitraria così da determinare la precoce e contestuale formazione della chioma a partire da vegetazione neo formata grazie al contributo di alcuni assi principali concorrenti in un solo punto.

Talvolta quando pianificate queste drastiche potature potevano essere ripetute in sedi diverse, spesso ad una quota superiore rispetto alle precedenti, conducendo a particolari strutture delle ramificazioni a coppa o candelabro che testimoniano la ciclica alternanza tra drastici interventi di potatura e ricostruzioni.

L'evento traumatico per quanto lontano nel tempo è ancora chiaramente riconoscibile avendo modificato permanentemente l'architettura dell'albero che l'ha subito.

Per quanto già detto siamo di fronte ad un modello secondario che pur simulando una condizione di naturalità mostra uno sfasamento tra età anagrafica e fisiologica delle porzioni ricostruite.

Infatti essendosi formate dopo l'intervento cesorio saranno più giovani dal punto di vista morfofisiologico.

Tra gli alberi monumentali questa categoria è forse la più comune in quanto difficilmente nel corso della loro lunga vita questi esemplari si sono preservati in totale integrità, indipendentemente dalla loro collocazione.

5.2.4 Forme intermedie

Ampie percentuali degli alberi monumentali in effetti si rilevano situazioni riconducibili a due o più categorie.

In questo caso è necessario capire quali dei trattamenti o dei traumi subiti abbiano finito per condizionare la forma e la fisiologia del singolo esemplare.

In ogni caso tutte le forme fin qui descritte e le possibili e diverse sono, quando di origine antropica a forme tradizionali di governo degli alberi o da forme da esse direttamente derivate che al di là del giudizio sul grado di invasività, rappresentano o meglio rappresentavano quando correttamente e assiduamente perseguite, un accettabile compromesso tra esigenze fondamentali dell'esemplare trattato e i motivi che ne giustificavano l'impianto e l'allevamento.

Ad esempio per quanto condizionanti dal punto di vista morfo-fisiologico le potature all'origine delle diverse forme già ricordate le stesse non comportavano grosse lesioni meccaniche o ferite, d'altronde la ciclica sovrapposizione dell'intervento cesorio comporta una sorta di "educazione"

dell'albero che, nel corso degli anni, finisce per raggiungere una sorta di equilibrio artificiale assolutamente compatibile con il benessere dell'esemplare, infatti la formazione delle teste di gatto e/o teste di salici oltre che ad ottimizzare i processi di compartimentazione e difesa rappresentano un sito di accumulo di amidi pronti e disponibili per l'accrescimento dei getti.

5.2.5 Esempari mutilati o irreparabilmente danneggiati

Con questa definizione certamente drastica si intendono alberi che in tempi relativamente recenti, hanno subito lesioni di origine antropica o naturale, tali da compromettere in modo definitivo tanto il precedente e riconosciuto valore di testimonianza storico culturale che la rilevanza estetica.

Non necessariamente le lesioni comportano un danno biologico nel breve periodo, ma implicano una modificazione profonda e permanente della chioma la cui struttura può essere definita "secondaria recente".

In questi casi non solo esiste un disassamento tra età anagrafica dell'albero ed età biologica delle nuove porzioni ricostruite dopo il danno, ma questa differenza è ancora più marcata quando i danni meccanici o i tagli di potatura sono di grande dimensione essendo inferti direttamente sulle branche principali della chioma o sul tronco.

In termini generali le mutilazioni all'origine di questi eventi sono più immediate e riconoscibili quando perpetrata a livello della chioma ma possono ovviamente riferirsi anche alle porzioni ipogee dell'albero.

In ogni caso ciò che appare più rilevante è che l'albero monumentale cessa di essere tale e, in questo senso la sua eventuale conservazione e gestione è giustificata dal solo intento di preservare per quanto biologicamente possibile, il ricordo.

5.2.6 L'albero monumentale e il suo contesto

L'attribuzione di un particolare e preminente valore agli alberi monumentali significa implicitamente che l'importanza di ogni singolo individuo dipende anche dal "contesto".

Non necessariamente questo contesto è naturale anzi essendo l'albero monumentale legato almeno percettivamente all'attività dell'uomo si tratta di un contesto antropizzato.

Vista la sua importanza appare quindi necessario fornire una definizione di "contesto" applicabile agli alberi monumentali.

In questo senso potremo definire contesto di un albero monumentale l'insieme delle caratterizzazioni paesaggistiche, ecologiche, ambientali ed antropiche del sito di radicazione che permettono di comprendere la presenza di uno o più alberi in un dato luogo e le modalità con le quali sono state gestiti negli anni.

Si può dire pertanto che contribuisce alla compiutezza di fruibilità sia percettiva che fisica dell'albero monumentale incrementandone anche le potenzialità estetiche.

Per quanto detto la separazione di un albero monumentale dal suo contesto infligge una irreparabile mutilazione e l'inevitabile impoverimento.

Da ciò discende necessariamente che la salvaguardia di un albero monumentale non può prescindere dalla tutela e la conservazione del contesto nel quale è inserito. Per dare concretezza a questo contesto sarebbe ovviamente necessario quantificare dimensionalmente il concetto di contesto che tuttavia risulta evidentemente soggettivo dal punto di vista percettivo e non è facile da identificare fisicamente.

Pertanto più praticamente può essere utile riferirsi ad una accezione ristretta di "contesto", ovvero il contesto "vitale".

Con la definizione di contesto vitale si intende lo spazio minimo da sottoporre a controllo e tutela necessario affinché le condizioni generali della stazione di radicazione, intese come condizioni chimico fisiche e microbiologiche del suolo, idrologiche e orografiche che hanno permesso

l'insediamento e lo sviluppo nel tempo e nello spazio di uno o più alberi monumentali, possono rimanere invariate.

Per comprendere l'importanza del concetto del "contesto vitale" può essere utile ricordare che gli alberi sono esseri viventi "abitudinari" il cui declino in un contesto antropizzato, è perlopiù riconducibile a modifiche indotte al sito di radicazione e non, come si potrebbe pensare, ad un danno diretto arrecato all'integrità fisica dell'esemplare arboreo in senso stretto.

Chiaramente del contesto vitale è fuorviante stabilire parametri dimensionali di carattere universale ma devono essere dedotti da rilievi, indagini e approfondimenti necessari per la sua quantificazione.

Stabilito il contesto vitale ogni intervento esterno dovrebbe essere accompagnato da una precisa valutazione delle conseguenze a medio e lungo termine che l'intervento stesso potrebbe avere sugli esemplari monumentali.

Una ulteriore contrazione del concetto di "contesto" ci permette di definire lo spazio minimo vitale facendolo coincidere con il concetto di Z.P.A. (zona di protezione dell'albero) ovvero di un'area fisica ben delineata ha questo proposito esistono molte opinioni "la distanza minima di sicurezza dalla base degli alberi, per gli scavi, "se si vuole che gli alberi continuino a vivere" non può essere inferiore a una distanza pari a due volte la circonferenza della chioma. Fatti i calcoli, la distanza minima degli scavi dalla base del tronco equivale a un raggio di 30 METRI, o a una circonferenza totale di 60. Il Prof. Ian Richardson, esperto dei Kew Gardens inglesi, prevede addirittura distanze maggiori: pari a una volta e mezza l'altezza degli alberi, e cioè si arriva a una distanza di sicurezza di circa 35-37 metri di raggio, se si tratta di alberi alti fra i 20 e i 25 metri. La distanza minima di rispetto nei confronti degli alberi è definita come zona di protezione dell'albero (TPZ = Tree Protection Zone). La TPZ rappresenta una zona di rispetto sacra atta a tutelare l'apparato radicale che conferisce stabilità strutturale all'albero. Le dimensioni della TPZ dipendono soprattutto dall'età dell'albero, dall'ampiezza della chioma e dalla sua altezza.

Però sarebbe già sufficiente stabilire per convenzione che quest'area coincida con 1,5 volte la proiezione della chioma sul terreno e comunque non inferiore ad 8 metri a partire dal colletto.

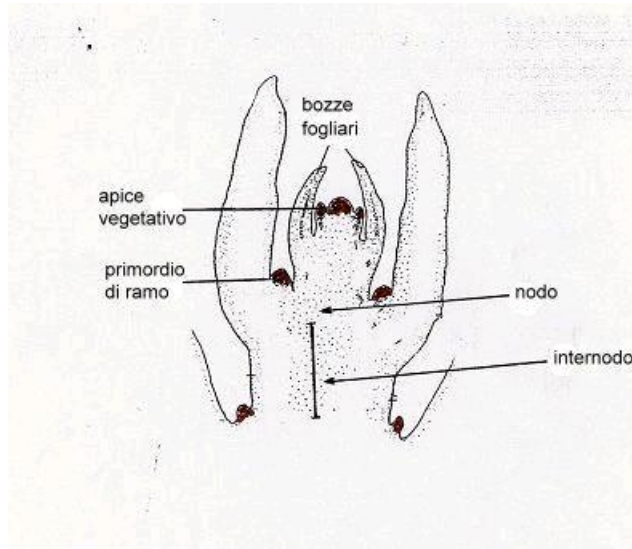
Non necessariamente questo spazio "minimo vitale" è costituito da terreno libero ed indisturbato; potrebbe essere una superficie sulla quale sono ospitati manufatti di varia natura, se queste ingerenze sono storicizzate e caratterizzate da una lunga convivenza con l'individuo arboreo sono addirittura funzionalmente legati a questo e la rimozione determinerebbe gravi danni all'albero stesso.

6 ANATOMIA E FISIOLOGIA DEGLI ALBERI MONUMENTALI LE BASI TEORICHE

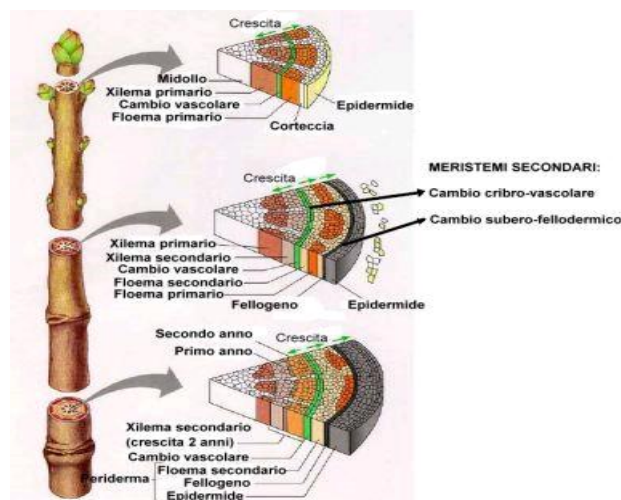
Si è già detto che forma e dimensione rappresentano i due attributi primari a cui è riconducibile la condizione di monumentalità dell'albero.

Per evitare di ricorrere ad un ottica antropocentrica di attribuire solo un preminente valore estetico è opportuno aggiungere il loro significato biologico.

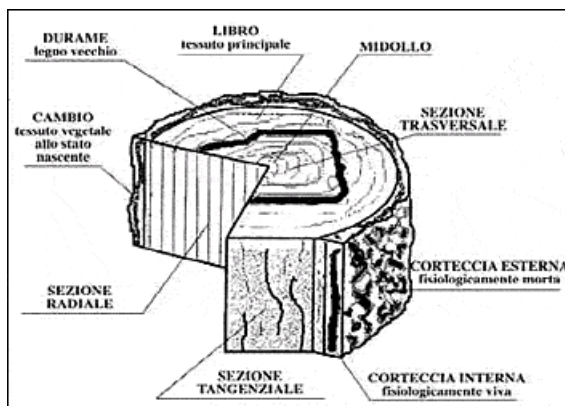
Gli alberi sono vegetali superiori caratterizzati da un elevato grado di organizzazione e dotati di una struttura permanente lignificata, che ne permette uno sviluppo su un asse per lo più perpendicolare alla superficie del suolo. In una progressiva colonizzazione dello spazio disponibile



Ovvero quella legata all'attività delle gemme presenti negli apici vegetativi, mentre il meccanismo della crescita secondaria rende possibile un apposizione di nuovi tessuti al di sopra di tessuti preesistenti, indipendentemente dall'attività degli apici vegetativi



Secondo un processo ritmico che comporta la caratteristica forma ad anelli concentrici osservabile nella sezione trasversale delle porzioni legnose



Questa progressiva colonizzazione dello spazio è il risultato di un complesso di fattori tra loro interagenti che seguendo l'efficace teorizzazione di Alex Shigo padre dell'arboricoltura moderna, potremmo ricondurre a : energia intesa come disponibilità di radiazione solare, spazio come disponibilità fisica tridimensionale, elementi chimici essenziali come disponibilità di sostanze nutritive nel substrato, controllo genetico, condizioni ambientali e disponibilità di questi fattori sia in senso assoluto che in rapporto agli altri.

In condizioni ottimali questi fattori definiscono una condizione di equilibrio che coincide con la "salute" dell'albero si tratta ovviamente di un equilibrio dinamico tendente all'ottimizzazione dei fattori disponibili

Inoltre se la sopravvivenza nel tempo può essere vista come una dimostrazione dell'efficienza nel fronteggiare la competizione con altri esseri viventi e con i cambiamenti ambientali, proprio la longevità potenziale è la testimonianza della loro efficienza biologica.

Che appare in qualche misura ancora più sorprendente se si pensa che la strategia di sopravvivenza degli alberi è la "resistenza" alle aggressioni biotiche abiotiche e perfino auto resistenza per sostenersi e rimanere in piedi.

Pertanto le aggressioni rappresentano profonde modifiche di quella condizione di "equilibrio dinamico" che rappresenta lo stato di salute dell'albero ovvero la variazione nella "dose" di quei fattori che costituiscono il "contesto vitale".

Tali variazioni costituiscono un'alterazione dello stato ideale e di conseguenza possono configurare uno stato patologico che possiamo sintetizzare come stato di stress che risulta reversibile se l'albero dispone di energia e tempo sufficienti si può ripristinare una nuova condizione di equilibrio ovvero di "SALUTE".

Le funzioni dell'albero hanno una collocazione schematica e ben riconoscibile così ad esempio è la sede per eccellenza dell'attività fotosintetica mentre l'apparato radicale è deputato all'assorbimento delle diverse sostanze dal suolo.

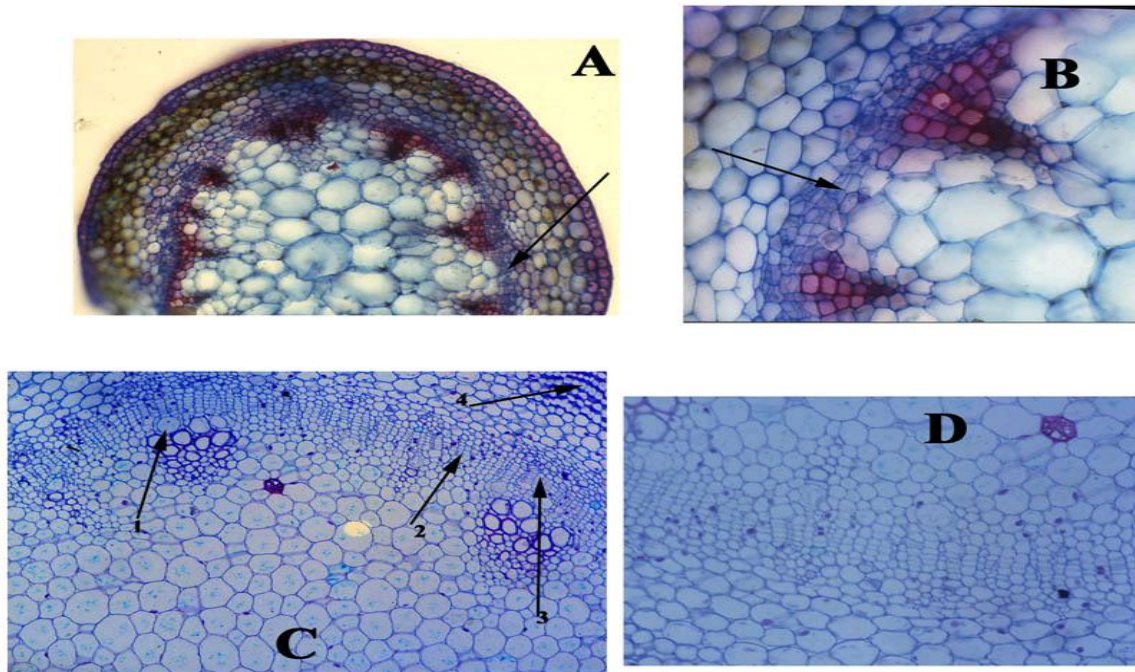
La distanza tra chioma e apparato radicale impone delle sovrapposizioni delle funzioni ad esempio nella traslocazione di elementi di base e metaboliti che pur estendendosi ha tutta la struttura trova la sua massima esemplificazione nel fusto che è l'elemento di collegamento per eccellenza.

La struttura lignificata dell'albero permette il protendersi della chioma verso l'alto e nello spazio conferendo ad ogni elemento legnoso una funzione di sostegno che quindi coinvolge a vario titolo ogni porzione anatomica dell'albero.

Fino ad ora abbiamo parlato dell'albero in termini generali e le considerazioni fatte possono ritenersi valide in termini generali, tali considerazioni non tengono conto delle modificazioni morfo fisiologiche che intervengono nell'essere vivente nel sopraggiungere della fase di senescenza nella quale sono di norma riconducibili gli alberi cui attribuiamo l'appellativo "monumentali"

6.1 LA CRESCITA SECONDARIA

Anche se in particolari condizioni ambientali nello stesso anno possono formarsi più anelli,



Tav.40 - Passaggio alla struttura secondaria nel fusto. A: formazione del cambio interfasciale (freccia) in Euphorbia; B: particolare della precedente ; C: fusto di Sambuco, con metaxilema non ancora completamente differenziato (1) e cambio interfasciale (2) già presente. Riconoscibile il cambio intrafasciale (3) e parte di un cordone collenchimatico sottoepidermico (4); D: particolare della precedente.

generalmente ogni anello è il prodotto di una stagione vegetativa.

A differenza del legno a polarità diffusa, negli anelli a porosità anulare è possibile distinguere il legno primaverile interno dal legno autunnale esterno ed il bordo di ogni anello segna il passaggio.

Il legno primaverile è meno denso ed è costituito da cellule a lume ampio e con pareti sottili, mentre le cellule del legno autunnale hanno lume stretto e pareti spesse.

L'anello esterno più vicino al cambio è l'alburno in cui sono presenti cellule parenchimatiche viventi con funzione di conduzione e riserva.

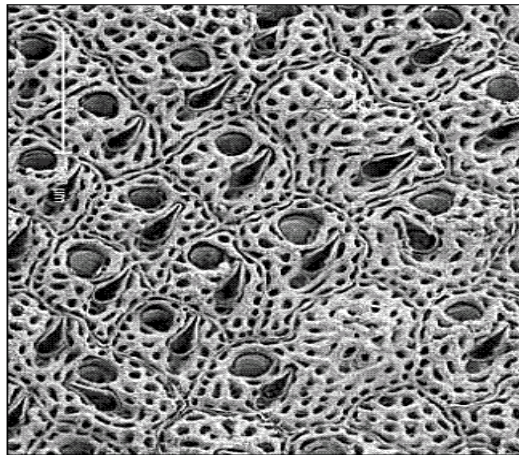
Gli anelli al centro del cilindro legnoso e quindi più distanti dal cambio, costituiscono invece il duramen che si distingue dall'alburno per aver perso la funzione di conduzione e per caratteristiche chimico fisiche.

In generale nel legno la perdita di funzionalità si verifica, a seconda delle specie botanica, tra i tre e i venti anni dalla sua formazione in certi alberi come la quercia il duramen si distingue precocemente per la colorazione più scura dal sottile strato di alburno(3 cm) mentre in altri specie l'alburno può essere anche più spesso perché il duramen si forma tardivamente. Infine ci sono degli alberi come il faggio in cui l'alburno è praticamente indistinguibile dal duramen

6.1.1 La parete cellulare secondaria

La maggior parte delle cellule costituenti il legno è dotata di una parete cellulare secondaria derivata dalla deposizione sulla parete primaria di tre strati chiamati S1, S2, ed S3. L'orientamento delle microfibrille di cellulosa, che nella prima parete primaria è molto disordinato, in quella secondaria, anche se diversificata nei tre strati componenti, diventa regolare; precisamente in S1 e S3 le microfibrille hanno un andamento orizzontale e parallelo all'asse longitudinale della cellula, mentre in S2 il loro andamento è perpendicolare a quello degli altri strati.

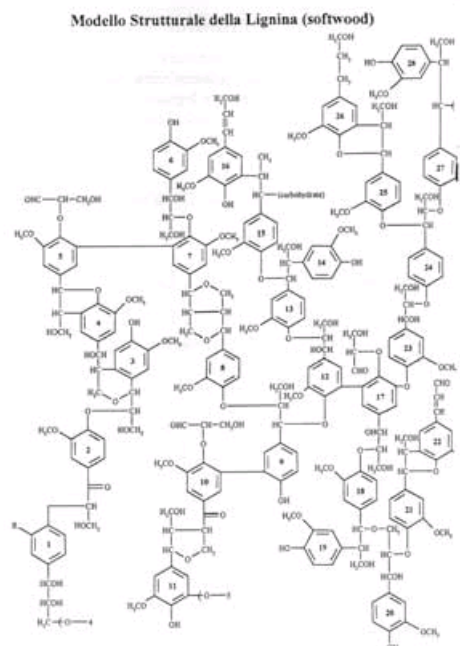
L'ispessimento secondario delle tracheidi e trachee del legno avviene in modo differenziato originando punteggiature ed altre variazioni di spessore distribuite in modo ordinato. Nello spessore delle pareti le molecole di cellulosa in certi tratti sono allineate e parallele mentre in altre divergono e si distanziano le une dalle altre.



Le microfibrille si dispongono ordinatamente per formare le cosiddette micelle da cui dipendono le proprietà cristalline della parete. A loro volta, le microfibrille si uniscono tra loro per formare le fibrille visibili al microscopio ottico, chiamate macrofibrille conferenti alla cellulosa una elevata resistenza.

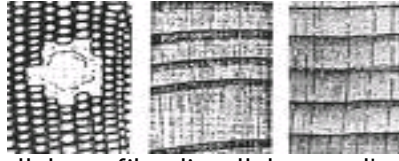
Rispetto alle pareti primarie le pareti secondarie delle cellule del legno presentano una maggiore incrostazione di lignina

La lignina incrostando i polisaccaridi di parete li ancora gli uni agli altri rendendoli difficilmente accessibili agli enzimi degradativi



6.1.2 Il sistema assiale

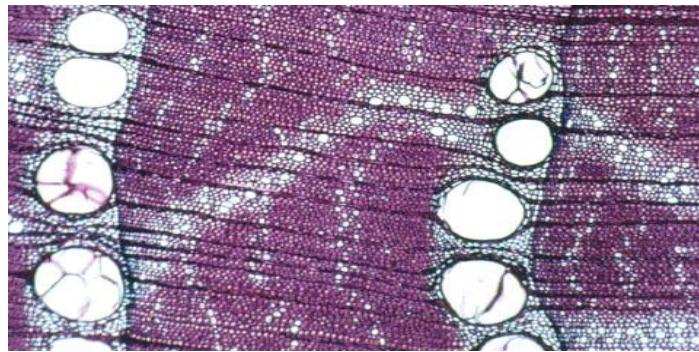
Il legno degli alberi è costituito da un sistema assiale e da un sistema radiale di cellule



Il sistema assiale è formato da cellule o file di cellule con l'asse maggiore parallelo all'asse longitudinale mentre il sistema radiale è formato da cellule con asse maggiore perpendicolare all'asse longitudinale del fusto.

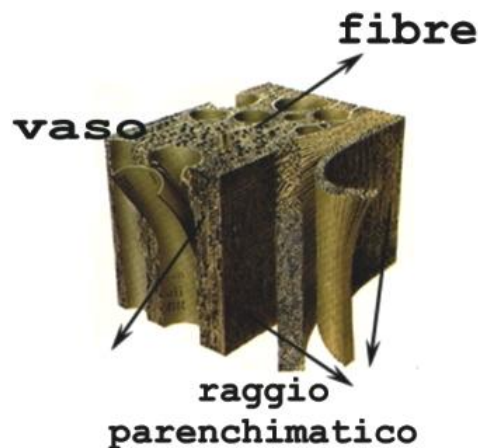
Di conseguenza rispetto all'asse maggiore del fusto o della radice, le tracheidi appaiono a sezione quadrata o poligonale, mentre i raggi midollari che attraversano il legno appaiono nella loro lunghezza. Le sezioni longitudinali si distinguono in radiali e tangenziali. Le sezioni radiali sono parallele ai raggi midollari che appaiono come file di cellule perpendicolarmente alle tracheidi del sistema assiale. Le sezioni tangenziali sono perpendicolari ai raggi midollari e ne rilevano quindi la larghezza e l'altezza.

La struttura del legno nelle angiosperme è molto più complessa rispetto a quella delle gimnosperme per la presenza di numerosi tipi cellulari quali trachee, tracheidi deputate al trasporto dell'acqua e dei suoi soluti, sono allungate, morte a maturità, con parete secondaria molto lignificata e dotata di punteggiature di vario tipo.



Le fibre, aventi funzioni di sostegno, sono allungate e con parete secondaria lignificata. Lo spessore delle pareti è inferiore a quello delle tracheidi dello stesso legno.

A completa differenziazione la maggior parte delle fibre muore anche se certi tipi di fibre possono sopravvivere almeno per un periodo ed accumulare sostanze di riserva. Le cellule parenchimatiche del legno sono vive ed hanno parete secondaria lignificata con punteggiature di vario tipo e sostanze di riserva come amido o gocce oleose oppure presentano inclusioni tanniche o cristalline. Il parenchima assiale può essere associato agli elementi conduttori oppure non esserlo.



6.1.3 Il sistema radiale

Nel legno degli alberi il sistema radiale è costituito dai raggi midollari che ad eccezione delle gimnosperme dove sono presenti i dotti resiniferi sono uniseriati da una sola fila di cellule, parenchimatiche e tracheidi. Nel legno delle angiosperme i raggi midollari formati solo da cellule parenchimatiche possono essere uni o pluriseriati costituiti da centinaia di cellule come nella quercia visibili a occhio nudo



Inoltre si distinguono le cellule parenchimatiche dei raggi midollari in cellule di contatto e cellule di isolamento.

Le cellule di contatto erette e dotate di punteggiature, si trovano ai margini dei raggi e comunicano direttamente con i vasi del sistema assiale, le cellule di isolamento più procumbenti si trovano al centro dei raggi e sono coinvolte nel trasporto radiale. Le cellule parenchimatiche dei raggi degenerano con l'età e con l'aumentare della distanza dal cambio. In un determinato periodo dell'anno caratteristico per ogni specie arborea generalmente durante la stagione di riposo vegetativo, le cellule parenchimatiche situate nella zona tra albarno e duramen svolgono un ruolo attivo nella formazione del duramen. Nelle specie più duramizzate si è rilevato un temporaneo aumento della respirazione, dell'attività perossidasi e dell'ossidazione dei fenoli.

Alla ripresa dell'attività vegetativa le sostanze di riserva dei raggi sono mobilitate e trasportate nel legno mentre durante la stagione vegetativa vengono trasportati radialmente dal floema verso l'interno e utilizzati nell'albarno per la sintesi di sostanze di riserva e dei composti caratteristici del duramen nella zona immediatamente dopo l'albarno.

Le cellule dei raggi midollari sono tra l'altro responsabili della formazione di tulle che occludono localmente elementi conduttori embolizzati da gas.

6.1.4 Regime gassoso e distribuzione dell'acqua nello xilema

Secondo la teoria della coesione tensione, l'ascesa dell'acqua nello xilema si spiega ammettendo che le colonne capillari di liquido negli elementi conduttori vengono alternativamente sottoposte a tensione idrostatica e, questi processi di compressione e rilassamento sarebbero in parte responsabili delle marcate differenze nel contenuto di umidità dell'albarno. Infatti, il contenuto di umidità è elevato in primavera, cala durante l'estate per poi risalire in autunno in seguito alla caduta delle foglie (Zimmermann, 1983)

Nelle angiosperme si ritiene che il gas entri nel cilindro legnoso attraverso la cavitazione, che a sua volta può essere annullata in seguito alla ridissoluzione dei gas per l'aumento della pressione idrostatica dovuto all'accumulo di acqua proveniente dalle radici.

La composizione della fase gassosa contenuta nel legno differisce da quella ambientale. Inoltre a causa della respirazione cellulare il livello di ossigeno è basso e quello di biossido di carbonio è elevato. In passato nel duramen sono stati rilevati contenuti di CO₂ compresi tra il 10 ed il 20% e tramite spettrometria di massa in fusti di Acacia sono state rilevate concentrazioni del 100%. I dati relativi alla distribuzione dell'acqua nello xilema indicano che esiste una notevole variabilità tra le diverse specie arboree.

Generalmente in branche e rami intatti e non danneggiati esistono grandi differenze tra l'alburno funzionale e perfettamente efficiente nella conduzione di acqua tanto da esserne completamente saturo mentre i tessuti più vecchi non lo sono. Tali differenze possono instaurarsi gradualmente secondo un gradiente tra xilema esterno ed interno o improvvisamente nei casi in cui c'è un duramen ben distinto, e delle zone di transizione relativamente secche che delimitano il confine tra duramen ed alburno umido. Nelle angiosperme invece queste differenze sono solitamente meno evidenti addirittura in alcune specie il duramen ha un contenuto di umidità superiore a quello dell'alburno.

Nel legno la fase gassosa è inversamente correlata all'acqua libera, pertanto quando il legno si asciuga la fase gassosa aumenta..

Inoltre dato che ad elevati regimi di acqua la fase gassosa influenza lo sviluppo fungino, è più utile considerare le differenze tra i tessuti in termini di volume percentuale di acqua, gas e sostanza legnosa.

6.2 COMPOSIZIONE DEL LEGNO

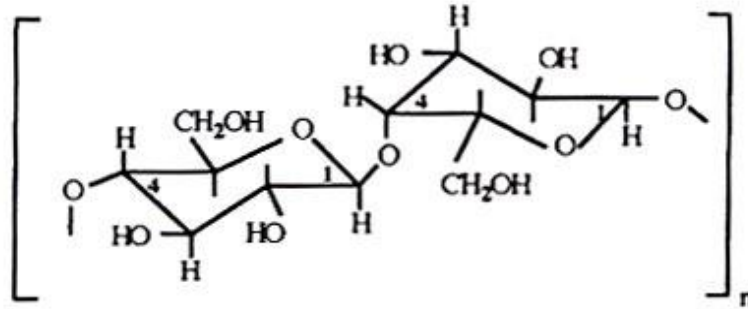
Il durame di quercia, in media, è composto di:

Cellulosa	0%
Lignine	2 5%
Emicellulosa	2 0 %
Tannini ellagici	1 0 %
Osi, lipidi, steroli, sostanze volatili e minerali	5 %

Riferita al suo peso secco.

Le macromolecole polisaccaridiche (cellulosa, emicellulosa) e polifenoliche (lignine) costituiscono l'85% del legno. Su questo gruppo di costituenti, si notano poche variazioni tra le principali specie di querce.

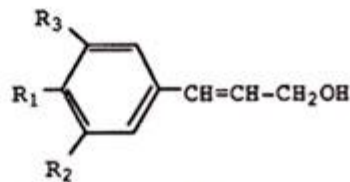
Cellulosa. E' un polisaccaride a catena lunga lineare di glucosio. Il polimero è costituito da unità *glucopiranosio anidro (C₆H₁₀O₅)_n unite da legami β-1,4 glicosidici:*



Una catena di cellulosa contiene circa 10.000 unità di glucosio con un peso molecolare approssimativo di 1,5-2 milioni. I tre gruppi idrossilici, in ciascuna unità di glucosio, formano legami idrogeno (inter e intramolecolari) che determinano la struttura dura del legno e forniscono le caratteristiche fisiche necessarie ad un materiale da costruzione. Un esempio di cellulosa pulita sono le fibre di cotone. Analisi realizzate su grandissimo numero di campioni ci indicano che la cellulosa è parzialmente presente sottoforma cristallina (% Ccrist.= 45%),

Emicellulosa. E' una miscela di polisaccaridi, soprattutto zuccheri a 5 atomi di carbonio (xilosio e arabinosio) e a 6 atomi di carbonio (galattosio, mannosio e ramnosio). In molti casi la catena principale del polimero (che può essere un omopolimero o un eteropolimero) presenta diramazioni con diverse unità di zuccheri. I polimeri di emicellulosa sono più piccoli di quelli di cellulosa. Le emicellulose sono naturalmente acetilate. L'emicellulosa forma dei legami idrogeno con la cellulosa e, in combinazione con la cellulosa, funge da materiale strutturale nel legno. Sono conosciuti vari tipi di emicellulosa dai nomi specifici: pectine, xilani, amido, mannani e galattani. La cellulosa e l'emicellulosa costituiscono le maggiori pareti cellulari e il materiale fibroso di qualsiasi pianta.

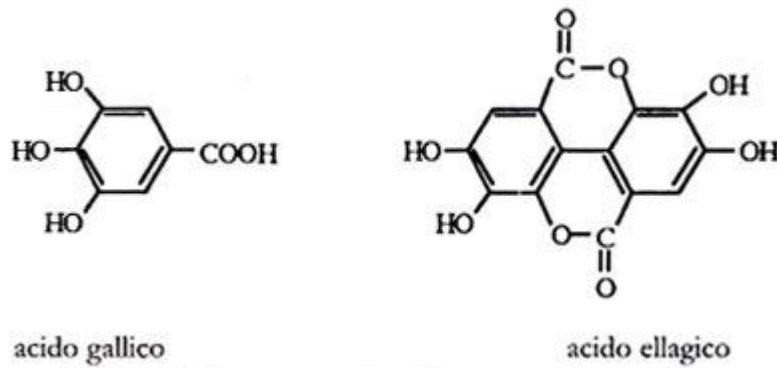
Lignina. Le lignine del legno di quercia sono dei polimeri tridimensionali costituiti dalla copolimerizzazione degli alcoli idrossicinnamilici (alcol p-cumarilico, coniferilico e sinapilico):



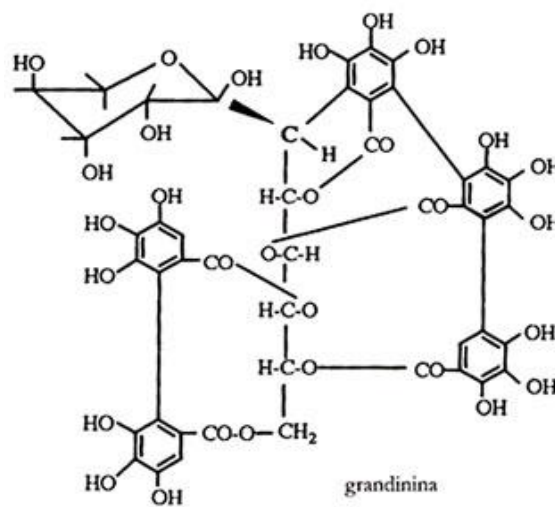
composto	R ₁	R ₂	R ₃
alcol p-cumarilico	OH	H	H
alcol coniferilico	OH	OCH ₃	H
alcol sinapilico	OH	OCH ₃	OCH ₃

Il polimero è il risultato di un ampio numero di combinazioni di siti di polimerizzazione (legami eterici C-O-C e carbonio-carbonio) e quindi è estremamente ramificato. La lignina agisce come materiale legante nella struttura del legno. Si trova principalmente nelle pareti cellulari, ma anche nel legno. Le lignine impregnano la parete cellulare e sono principalmente localizzate nella parete primaria. Alle lignine si attribuiscono le proprietà meccaniche del legno e la sua idrofobicità. Il carattere eterogeneo delle lignine è un fattore importante all'origine della grande variabilità di composizione di struttura tra le specie, all'interno della stessa specie e pure in funzione della loro posizione nei tessuti..

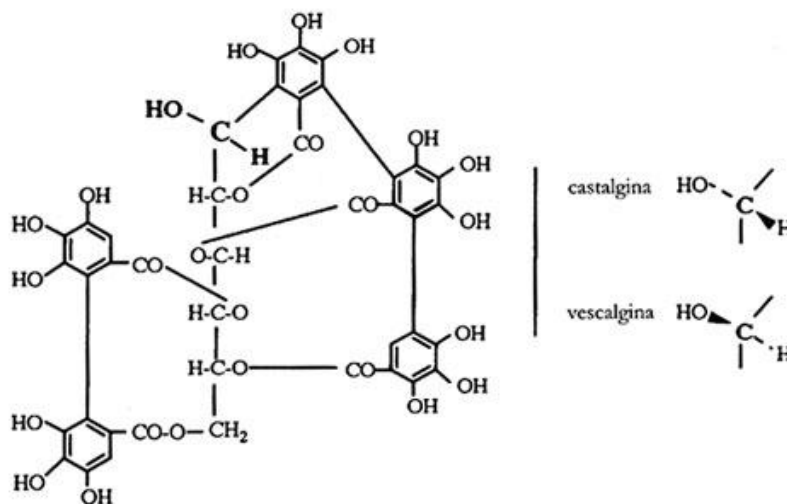
Tannini ellagici. Appartengono al gruppo dei tannini idrolizzabili e sono copolimeri degli acidi gallico e ellagico con gli zuccheri (soprattutto il glucosio) e sono pertanto chiamati tannini gallici e ellagici.



Il totale dei tannini idrolizzabili contenuti nel legno costituiscono circa il 5-10% del suo peso secco. Nei legni di quercia (*Q. petraea*, *Q. robur*) e di castagno (*Castanea sativa*) si riscontrano prevalentemente due isomeri, la vescalgina e la castalgina le cui strutture, determinate di



recente, sono:

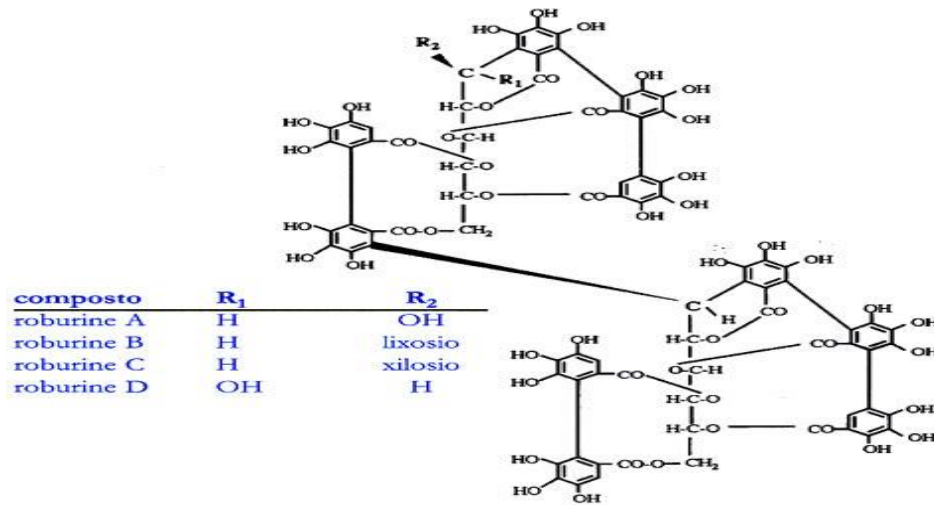


La castalginin e la vescalginin sono composte da cinque anelli di acido gallico esterificati ad una molecola di glucosio, nella sua forma a catena aperta. I due composti sono epimeri in C1 del glucosio. Nella grandininin l'idrossile in C1 della vescalginin è sostituito dalla molecola di zucchero (lixosio).

Più recentemente, sono stati descritti dei tannini ellagici dimeri e delle forme pentosilate, si tratta di roburine A, B, C, D, E e di grandininin. Queste varie strutture sono costituite da un glucosio

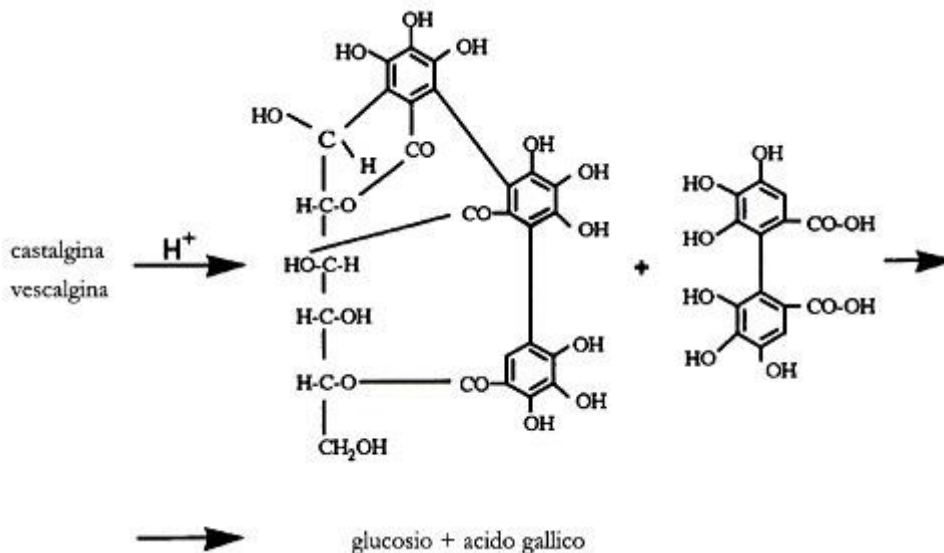
lineare i cui OH sono esterificati con delle funzioni carbossiliche di gruppi esaidrossidifeniche e nonaidrossitrifeniche.

La dimerizzazione (legame C-C) avviene tra il carbonio in C1 nel frammento di glucosio del primo



monomero ad uno degli anelli dell'acido gallico nel secondo, come illustra la prossima figura. I

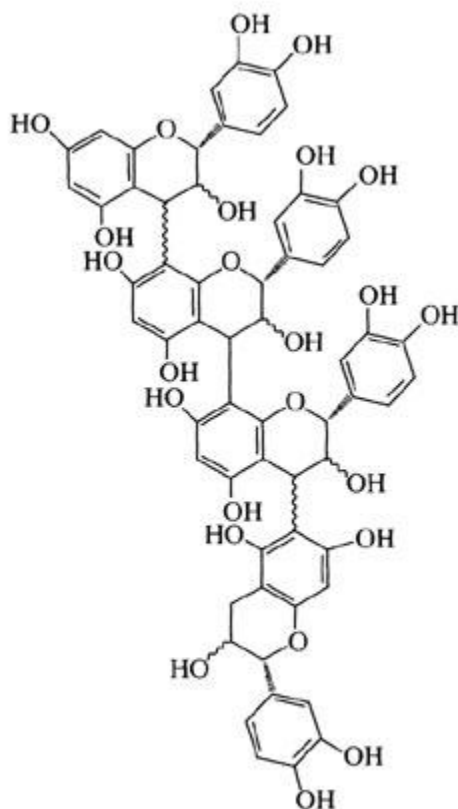
sostituti in C1 del secondo monomero determinano l'identificazione dei composti I tannini ellagici più abbondanti nelle querce europee *Quercus robur* e *Quercus sessilis* sono la castalagina e la vescalagina, presenti in quantità comprese tra 3-10 mg/g nel legno secco. Il contenuto degli altri tannini ellagici è compreso tra 1 e 3 mg/g, mentre la quantità in tannini ellagici totali è di circa 20-50 mg/g di legno secco. Non si rilevano differenze significative nei loro contenuti (totale e individuale) tra le due specie di quercia, neanche nella posizione del taglio delle doghe (parte alta dell'albero o orientamento radiale). L'unico fattore che incide sul contenuto di tannini ellagici è l'età del legno dell'albero, vale a dire la distanza dall'alburno. Nel durame, la concentrazione diminuisce verso il centro dell'albero, quindi il maggiore contenuto di tannini ellagici si riscontra negli anelli più giovani (senza includere l'alburno il cui contenuto in tannini ellagici è molto ridotto). I tannini ellagici idrolizzabili possono essere soggetti ad idrolisi, prima ad acido difenico e



castalagina + vescalagina e poi a glucosio e acido gallico:

Tannini proantocianidici. Le proantocianidine appartengono al gruppo dei tannini condensati. Hanno come unità di ripetizione un flavan-3-olo. Le querce, in particolare *Q. robur* e *Q. petraea*, sono capaci di sintetizzare delle proantocianidine. Generalmente sono presente in grande quantità nelle foglie, ghiande e corteccia. Scarsissime quantità sono dosabili nel durame. I valori medi in

proantocianidine solubili variano da 0,3 a 0,8 mg/g nel legno secco. Il tenore in flavonoli è



procianidina tetramera

compreso tra 0,8 e 2,7 mg/g.

I COMPOSTI VOLATILI DELLE QUERCE Sono molto diversi per natura e origine. Pochi composti aromatici partecipano significativamente all'aroma di quercia fresca. La principale molecola aromatica è il β -metil- γ -octalattone *cis* e *trans* che possiede degli odori di noce di cocco, la forma *cis* è notevolmente più odorosa. L'eugenolo, con l'odore fenolico di chiodo di garofano, è il secondo composto più importante. Infine l'iso-eugenolo e la vanillina sono i due composti secondari più abbondanti. Quantitativamente si nota che le querce americane *Q. alba* contengono in media più β -metil- γ -octalattone e eugenolo. Tra le querce francesi, senza che sia sistematico, *Q. petraea* è più

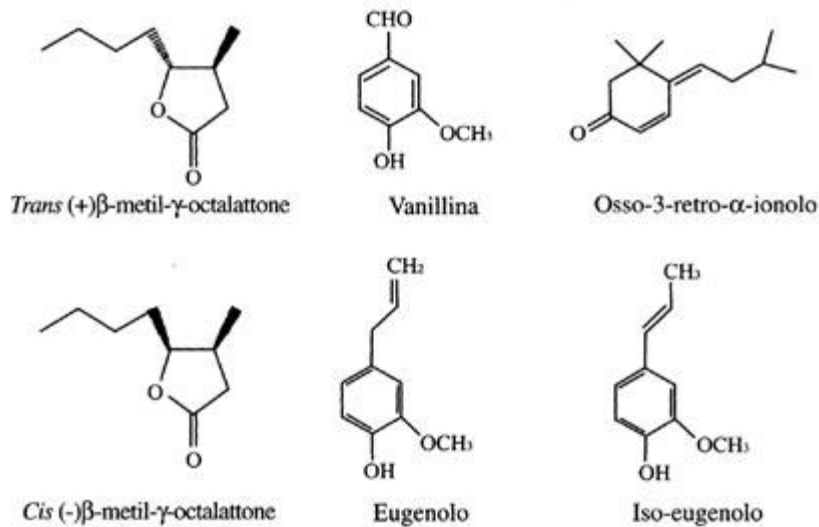
Paragone tra il tenore in alcuni composti aromatici di diverse specie di legno di quercia fresca

	<i>Q. petraea</i>	<i>Q. robur</i>	<i>Q. alba</i>
β -metil- γ -octalattone	80 \pm 12	5,5 \pm 3,1	228 \pm 4,1
Eugenolo	11,5 \pm 3,4	1,1 \pm 0,6	17,5 \pm 6,2
Vanillina	9 \pm 4,3	7 \pm 3,6	12 \pm 4,1

ricca di *Q. robur* in queste varie molecole.

Sul piano qualitativo non ci sono differenze tra le due specie francesi. Al contrario, *Q. alba* si distingue da queste ultime per la presenza di un composto norisoprenoidico caratteristico, l'osso-3-retro-a-ionolo, sotto due forme isomeriche. Tuttavia questo composto presenta solamente un interesse chemiotassonomico, visto il suo scarso potere odoroso.

Principali composti volatili del legno di quercia fresca.



COMPOSTI SECONDARI Si trovano piccole quantità di lignani, come il lioniresinolo e dei flavonoidi, in particolare la quercetina. Senza essere responsabili della colorazione del legno, questi due prodotti rispettivamente colorati in rosso-aranciato e in giallo, partecipano al colore del legno. Nel legno fresco sono presenti dei carotenoidi. Queste molecole, molto ossidabili, conferiscono al legno un colore rosato. Scompaiono dopo il taglio e l'esposizione per alcune settimane all'aria.

Si ritrovano anche dei terpeni e, in particolare, dei triterpeni pentaciclici come il lupeolo e l'amirina. Si nota anche la presenza di steroidi, ad esempio il sitosterolo.

Il legno possiede degli acidi grassi, anche insaturi (C18:1 e C18:2) e dei trigliceridi.

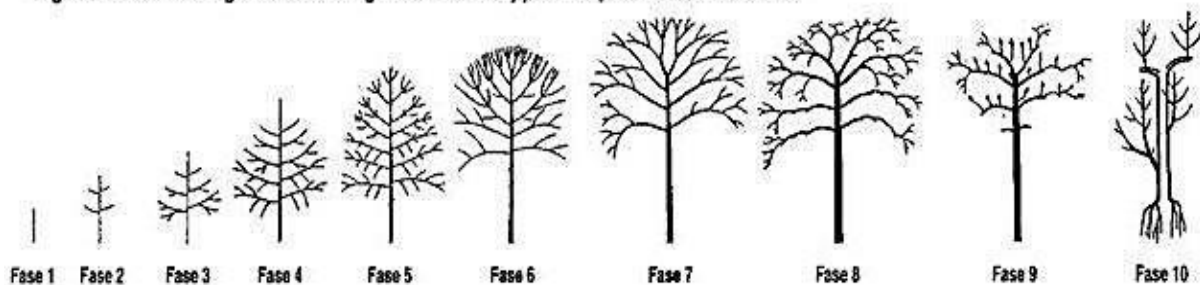
Possiede pure una frazione minerale rappresentata prevalentemente da calcio, potassio e magnesio. Sono presenti alcuni metalli, ad esempio il ferro, il rame, l'alluminio, lo zinco, il piombo, il nichel, il bario, il cobalto, il molibdeno.

Una frazione proteica può essere identificata, ma rimane molto minoritaria e resta difficile da caratterizzare.

6.3 IL CONCETTO DI SENESCENZA NEGLI ALBERI

Cosa si intende esattamente il concetto di senescenza riferito ad un albero è sicuramente di difficile definizione senza correre il rischio di antropomorfizzare un concetto così comune nella nostra esistenza come la vecchiaia.

Figura 1 - Fasi fisiologiche e morfologiche dello sviluppo della parte aerea dell'albero



Quali sono i benefici ed i costi per un albero all'aumentare delle dimensioni? Perché gli alberi muoiono? A queste domande non è ancora possibile dare risposte certe (Midgley 2003). Molte ricerche sono state condotte a riguardo: alcune hanno approfondito le relazioni tra età/dimensione e aumento di biomassa a scala di popolamento, altre invece a scala di singolo individuo. Ritengo importante tenere ben separate le due scale di analisi perché i processi coinvolti sono diversi: ad esempio, a scala di popolamento è necessario tenere in considerazione la competizione per le risorse, la dinamica di selezione tra gli alberi e la differenziazione in posizione sociale.

Voglio limitare le considerazioni solo a quello che può avvenire a livello di singolo individuo. Dal momento che ogni albero può raggiungere una data altezza massima (che è specie e sito dipendente), ci deve essere una ragione che determina una riduzione dell'incremento in altezza e quindi una stabilizzazione dell'incremento corrente di massa cormometrica nelle piante molto grandi (o molto vecchie). Bond (2000) riporta che nelle piante vecchie rispetto a quelle giovani si osserva di frequente una diminuzione dell'assimilazione netta, e quindi della capacità della piante di produrre sostanza organica. Più recentemente Koch et al. (2004), osservando ciò che avviene sulle piante più alte del pianeta (delle sequoie di quasi 113 m), hanno dimostrato che le foglie delle parti più alte della chioma rispetto a quelle poste in basso hanno assimilazione minore e minore discriminazione del carbonio "pesante". Gli autori ritengono che queste due risposte siano essenzialmente da collegare alla difficoltà della pianta nel trasportare l'acqua contro il gradiente gravitazionale fino alla cima dell'albero; in altre parole l'efficienza complessiva del sistema di trasporto dovrebbe avere un ruolo primario nel determinare la massima dimensione dei singoli individui. Peraltro, bisogna anche considerare che gli individui più alti sono di norma anche quelli più vecchi per cui potrebbe essere lecito chiedersi se i bassi tassi di assimilazione delle piante grandi siano in qualche modo collegati a processi di "senescenza" meristemica (ossia dipendenti intrinsecamente all'età dell'individuo) oppure siano determinati da fattori estrinseci (come ad esempio una limitazione idraulica dipendente solo dalla dimensione dell'individuo).

A questa semplice, ma importante domanda, hanno voluto rispondere Mencuccini et al. (2005). Su un campione di 4 specie legnose (frassino maggiore, acero montano, pino silvestre e un clone di pioppo) hanno raccolto dei rametti nella parte alta della chioma da individui di età diversa (da un minimo di 1-39 anni ad un massimo di 32-269 a seconda della specie) e li hanno innestati su piccole piante radicate della stessa specie. In questo modo hanno potuto valutare le risposte (accrescimento relativo, assimilazione netta, conduttanza stomatica e altro) dei rami di piante "vecchie" ma, adesso, di piccole dimensioni rispetto agli omologhi rametti rimasti, invece, sulle piante madri. Sottolineo che questo modo di procedere può indagare solo sugli effetti fisiologici che si osservano a scala di singolo individuo.

I risultati sono chiari: tutti i rametti di piante "vecchie" innestati dimostrano accrescimenti molto superiori rispetto ai corrispondenti sulle piante madri. Non vi sono effetti legati all'età della pianta madre in nessuno dei parametri fisiologici dei rametti innestati in nessuna specie, ossia l'età della pianta madre non determina variazioni sulla performance di rametti che vengono da questa prelevati e fatti vegetare indipendentemente. In sostanza, sembra plausibile rifiutare l'ipotesi della senescenza meristemica nelle piante anche se, come gli autori sottolineano alla fine dell'abstract, alberi di età maggiore rispetto a quelli campionati potrebbero dimostrare sintomi di senescenza. Per cercare risolvere anche questo dubbio posto degli autori è possibile discutere quanto viene riportato in lavori sul medesimo argomento. In particolare, non possono essere dimenticati i lavori di Connor & Lanner (1990) e Lanner & Connor (2001) che hanno cercato di valutare possibili sintomi di senescenza nelle piante più vecchie del pianeta ossia in esemplari di *Pinus longaeva* di 4713 anni (!) rispetto a piante "giovani" della stessa specie (di circa 200 anni). Sono stati analizzati molti parametri che in genere si associano alla senescenza come vitalità pollinica, germinabilità dei semi, peso dei semi e anche altri come struttura dello xilema e del floema, lunghezza dei getti annuali. In nessuno di questi parametri si sono potute osservare delle variazioni determinate dall'età degli individui. Lanner & Connor (2001) concludono, quindi, che il concetto di senescenza dei meristemi apicali o cambiali non si può applicare nel caso della specie indagata perché nessun tipo di degenerazione funzionale è stata osservata.

In sostanza, se possiamo ritenere le osservazioni su *Pinus longaeva* generalizzabili e in linea con quanto osservato da Mencuccini et al. (2005) potremmo rispondere alla domanda iniziale (perché gli alberi muoiono) con la seguente risposta: "Probabilmente non muoiono perché sono vecchi!".

I lavori sul *Pinus longaeva* sono estremamente importanti anche perché si contrappongono idealmente a quelle osservazioni di "breve periodo" del forestale-selvicoltore (1-2 secoli) che hanno fatto evolvere il concetto di age related decline (o, invece, size-related decline come

suggerito da Mencuccini et al. 2005) sposato da Bond (2000) e da molti altri. Questo approccio sostanzialmente sostiene che gli alberi, dopo alcuni decenni di vita, cadano irrimediabilmente in uno status di stress progressivo (ossia sempre più grave) che ha degli effetti deleteri sul tasso di assimilazione, quindi sulla produttività ed in ultima analisi sulla sopravvivenza dell'individuo.

Non sembrano essere compatibili con questa ipotesi né le osservazioni di Connor & Lanner (1990) né i recenti lavori di Körner (2003) e Körner et al. (2005) che riportano come l'assimilazione per se non sembra essere fattore limitante la crescita degli alberi adulti dato che nessun effetto si riscontra sull'accrescimento in condizioni di alta CO₂. Un'ipotesi che, invece, mi pare compatibile con i sopracitati dati sperimentali potrebbe essere delineata in base ad alcune delle conseguenze che derivano dal modello di West et al. (1999), verificato empiricamente da Anfodillo et al. (2006), e da alcuni lavori collegati (Enquist 2002, Enquist 2003). Al concetto di size-related decline (ossia stress progressivo in funzione della dimensione) verrebbe sostituito un concetto che potrei definire di optimal adjustment ossia di permanenza in uno status fisiologico ottimale durante la crescita che viene realizzato con modificazioni strutturali del sistema di conduzione (rastremazione degli elementi di conduzione) atte a mantenere una conduttanza specifica fogliare praticamente costante. Gli alberi, man mano che aumentano le proprie dimensioni, manterrebbero una struttura di trasporto dell'acqua sempre ottimale (quando sono in fase giovanile di crescita molto attiva) o al limite dell'ottimalità (quando hanno raggiunto l'altezza massima). In questo stato limite, che in natura è oscillante a seconda delle condizioni d'ambiente (concetto analogo a quello della numerosità di una popolazione animale arrivata alla capacità portante), la conduttanza specifica fogliare potrebbe anche diminuire leggermente (e così la fotosintesi) in accordo a quanto osservato in piante alte (Koch et al. 2004) rispetto a quelle piccole (Ryan et al. 2005). Una volta raggiunta la loro dimensione massima gli alberi potrebbero mantenere questo status sub-ottimale virtualmente per un tempo infinito (come ci potrebbe suggerire il *Pinus longaeva*) senza, quindi, essere soggetti ad un progressivo declino. Similmente, le piante arrivate alla loro altezza massima (al limite dell'ottimizzazione del sistema di trasporto) non hanno alcun beneficio se "fertilizzate" in CO₂ dato che non è la mancanza di carbonio che limita l'optimal adjustment. Questo induce a domandarsi cosa conduca la pianta al limite nella possibilità di mantenere un sistema di trasporto ottimizzato (ossia cosa determini l'altezza massima degli individui). Evidentemente, ci sono altre domande a cui dobbiamo ancora rispondere. Questi giganti, rilevandone condizioni e caratteristiche in fase di censimento è infatti capitato frequentemente, tornando a visitare un grande albero già conosciuto, di verificare un peggioramento delle sue condizioni, una riduzione della chioma o addirittura di trovare al suo posto solo il grande vuoto che normalmente si crea in seguito all'abbattimento di un esemplare storico. Se, da un lato, gran parte degli alberi monumentali ha raggiunto tale condizione perché conservata dall'uomo (molti degli esemplari censiti si sono conservati in quanto ubicati in giardini e parchi pubblici o per il loro valore affettivo o funzionale), d'altra parte è proprio l'uomo a costituire la prima fonte di pericolo per questi patriarchi. Potature errate, traumi al tronco e alle branche principali, danni agli apparati radicali, conflitti con impianti tecnologici, manufatti e pavimentazioni sono infatti le principali cause della prematura morte di molti grandi alberi. Detto questo, appare fondamentale la tutela e la protezione dei grandi alberi non tanto come intervento semplicemente vincolistico ma, piuttosto, come programmazione della cura e della corretta gestione dell'albero in tutte le sue fasi di sviluppo, soprattutto nel caso degli alberi che convivono con noi in ambiente urbano. È a questo fine che si ritiene utile approfondire argomenti quali la gestione degli alberi maturi o il funzionamento di un albero. Un fondamentale compito degli arboricoltori è quindi, quello di sviluppare programmi di gestione e governo degli alberi; si tratta di un compito particolarmente complesso a causa del numero di specie presenti e della diversità delle condizioni ambientali incontrate. Inoltre le esigenze e la biologia dell'albero variano in funzione dell'età, tanto che l'albero maturo non può ricevere né sopportare gli stessi trattamenti riservati all'albero giovane ma, anzi, richiede cure colturali profondamente diverse. In cosa consiste il processo di invecchiamento negli alberi e quando possiamo considerare "maturo" un albero? È possibile mantenerlo in questa condizione ritardandone l'inevitabile morte? Se, per qualsiasi causa, l'attività fotosintetica verrà ridotta, l'albero potrà immagazzinare solo una limitata quantità di sostanze o, al limite, dovrà consumare parte delle proprie riserve, indebolendosi. Allo stesso tempo, se verranno asportati o comunque persi molti tessuti vivi, l'albero non disporrà di un "magazzino" sufficientemente ampio. Mentre l'albero giovane, formato per la maggior parte da tessuti fotosintetici, è in grado di ristabilire in breve tempo le proprie riserve, quello maturo sarà costretto ad abbassare temporaneamente il livello delle proprie difese; un nuovo fattore di stress potrebbe spingerlo in una spirale dalla quale sarebbe impossibile uscire. Un albero adulto sopporta quindi molto meno di uno giovane trattamenti scorretti e variazioni ambientali. In sostanza, la gestione di un patrimonio arboreo adulto va impostata sul mantenimento di un ambiente stabile il

che vuol dire che anche gli interventi di cura e manutenzione costituiscono un beneficio solo se impostati e mantenuti secondo programmi a lungo termine: interventi “una tantum” sono generalmente inefficaci (per il tipo di “risposta” che un albero adulto è in grado di dare) o sono addirittura dannosi quando comportano variazioni improvvise nell’ambiente cui l’albero si era adeguato. Facciamo alcuni esempi: decidere di irrigare o concimare un albero adulto, al di fuori di una programmazione pluriennale, comporta reazioni nell’albero che rischiano di comprometterne l’equilibrio energetico; se poi l’albero è sofferente o addirittura in declino (caso tipico in cui si interviene in maniera emotiva irrigando e concimando a caso) stimolare la vegetazione può comportare, nell’immediato, una diminuzione delle riserve energetiche a disposizione per la difesa; non va poi dimenticato che anche i patogeni - tra cui gli agenti di marciumi radicali - traggono particolare beneficio da questo tipo di pratiche colturali.

Per quanto riguarda la potatura, va ricordato che questa pratica, oltre ad influire direttamente sulla crescita e sulla fonte energetica dell’albero (l’apparato fogliare) è causa di ferite e può quindi facilitare i processi di decadimento (ad.es. carie del legno), specialmente se eseguita in modo scorretto: essa andrà effettuata, nel rispetto delle difese naturali dell’albero, cominciando quando l’albero è giovane (gli alberi nei primi anni di vita possono sopportare anche potature drastiche, se utili per impostare la forma di allevamento voluta: un esempio estremo è fornito dall’arte Bonsai, limitandosi poi all’eliminazione dei seccumi e a leggere potature di mantenimento e rinnovamento quando l’albero è adulto. La riduzione del tasso di crescita e l’aumentata suscettibilità a parassiti e a stress ambientali, insieme alla capacità di produrre fiori e frutti, sono gli indici più evidenti del passaggio dell’albero dalla fase giovanile a quella adulta.

Questi cambiamenti, ben visibili dall’esterno, riflettono una serie di mutamenti di natura fisiologica che avvengono all’interno dell’albero. Ogni sistema, per il proprio funzionamento, richiede energia; consideriamo ora il destino dell’energia catturata durante il processo di fotosintesi: una parte verrà prontamente utilizzata per il mantenimento delle funzioni vitali (metabolismo, crescita e riproduzione), la restante sarà conservata nelle cellule vive del legno, nel tronco e soprattutto nelle radici.

Questa energia di riserva verrà utilizzata dall’albero durante la fase critica della ripresa vegetativa e servirà inoltre per mantenere attivo il sistema difensivo. Per difendersi dalle ferite l’albero consuma molta energia: le sostanze di riserva, immagazzinate principalmente sotto forma di amido nelle cellule vive del legno, vengono infatti trasformate in composti con funzione difensiva (fenolici nelle latifoglie, terpenici nelle conifere), con un “costo” energetico di circa il doppio rispetto alla formazione di nuovo legno. Pertanto, quando un albero invecchia, aumenta molto il suo consumo di energia: per la crescita, per la riproduzione, per la difesa, per il mantenimento della massa in continua crescita; aumenta quindi anche il rapporto tra massa ed energia scienziato statunitense Alex Shigo ed indica un processo dinamico con cui l’albero forma delle barriere che si oppongono alla diffusione di organismi patogeni che aggrediscono il legno causandone il decadimento (“carie”). A differenza degli animali, quindi, gli alberi non sono in grado di “cicatizzare” e guarire le ferite, ma isolano i tessuti lesionati e producono nuovi tessuti in nuove posizioni: ciò rende evidente come la cura delle ferite negli alberi sia molto diversa dalla “chirurgia” impiegata per gli animali. Interventi di cura dei grandi alberi prima di un qualsiasi intervento di cura di un albero monumentale è auspicabile un intervento tecnico di verifica delle sue condizioni. La potatura diminuisce la biomassa non fotosintetica Incrementa la compartimentalizzazione.

Negli alberi senescenti la potatura ha principalmente la funzione di migliorare la stabilità della pianta: prevenendo rotture e crolli di rami e branche, e riducendo le sollecitazioni a cui le parti dell’albero sono sottoposte. Gli interventi dovranno primariamente consistere nell’asportazione delle parti secche della chioma. Queste infatti, oltre a costituire fonti di infezioni da parte di agenti patogeni, possono staccarsi dall’albero danneggiando l’albero stesso e/o cose e persone sottostanti. Altra operazione che può essere necessaria in un albero vecchio, caratterizzato da problemi di degenerazione del legno, al fine di migliorarne la stabilità, è la riduzione della chioma. Questa infatti, soprattutto in caso di eventi meteorici avversi (pioggia e vento), è sottoposta a notevoli sollecitazioni meccaniche che sono maggiori tanto più è ampia la chioma e grande la superficie fogliare. L’operazione viene detta “riduzione dell’effetto vela” in quanto la chioma investita dal vento si comporta come una vela. La riduzione della chioma può avvenire asportando per intero rami o branche selezionando quelle “peggiori”: più deperite, con poca superficie fogliare, mal inserite, con cavità, ecc. oppure accorciando i rami e le branche, operazione da effettuare praticando tagli in corrispondenza di ramificazioni che sostituiscano la cima eliminata col taglio (“tagli di ritorno”). Nel complesso queste operazioni di alleggerimento della chioma, una volta stabilita la loro effettiva necessità, dovranno esser eseguite con molta cautela, da personale

esperto e sotto la guida di un tecnico specializzato ed abilitato. Errori nell'esecuzione di questi interventi possono infatti compromettere definitivamente la vita dell'albero.

In effetti la semplice attribuzione di un età anagrafica ad un albero è priva di significato se non in termini puramente statistici, concettualmente potremmo quindi immaginare, secondo la esemplificazione di Alex Shigo *che ogni anno un albero nuovo va a ricoprire quello preesistente* in quanto negli alberi non vi sono specifici meccanismi genetici che presiedono ad un progressivo ed ineluttabile processo di invecchiamento. In altre parole per un albero la vecchiaia costituisce solo una tappa ovviamente l'ultima, di un costante processo di modifica tanto nella fisiologia che nella morfologia.

Poiché le funzioni biologiche dell'albero sono le stesse per tutta la durata della vita, con il concetto di senescenza o vecchiaia per un albero si intende sostanzialmente *un rallentamento dell'efficienza di tali funzioni che comporta un rallentamento della realtà metabolica dell'albero ed infine un minore accumulo di biomassa*.

Il concetto sopra esposto risulta maggiormente comprensibile se noi pensiamo all'albero come un sistema energetico nel quale l'energia immagazzinata, che in una dimensione fisica potremmo definire "energia potenziale" funge da motore per garantire la sopravvivenza che corrisponde quindi ad una situazione di equilibrio. Tale energia quindi si trasforma in energia cinetica e viene spesa nell'opera di "resistenza" cioè nei confronti dei fattori causa di stress che richiedono ovviamente energia metabolica.

Questi i passaggi fondamentali che caratterizzano lo *stato di salute dell'albero* garantiscono la sopravvivenza mentre quando questo bilancio è negativo l'esaurimento delle riserve accumulate portano ineluttabilmente, ad un livello energetico in cui non è più in grado di garantire il complesso sistema cioè un calo della resistenza portando l'albero ad essere suscettibile agli stress.

Le cause che conducono a questo collasso energetico sono molto complesse e per lo più non molto chiari anche se successivamente tenteremo di ipotizzare, comunque tentando una semplificazione si potrebbe immaginare l'organismo albero che continua a crescere perseguendo quella condizione ideale di equilibrio tra le risorse disponibili ovvero luce, risorse nutrizionali del substrato etc.

Raggiunto questo equilibrio cessa il suo incremento dimensionale inteso come crescita spaziale ed entra in una fase di mantenimento di questa condizione ideale.

Questo stato di equilibrio non essendo statico ma caratterizzato dalla dinamicità ad esempio il progressivo impoverimento del substrato, con il calo dell'energia disponibile in rapporto della massa della struttura anatomica che cresce in complessità riducendo l'efficienza del meccanismo di conduzione.

In termini molto generali potremmo affermare che un albero monumentale è di norma caratterizzato da una specifica condizione morfofisiologica che lo rende particolarmente vulnerabile e suscettibile alle più diverse modifiche delle condizioni ambientali siano esse di origine biotica o abiotica, inducendo uno stato di stress la cui irreversibilità è strettamente connessa alle condizioni generali dell'albero.

6.4 LO SVILUPPO DEGLI ALBERI

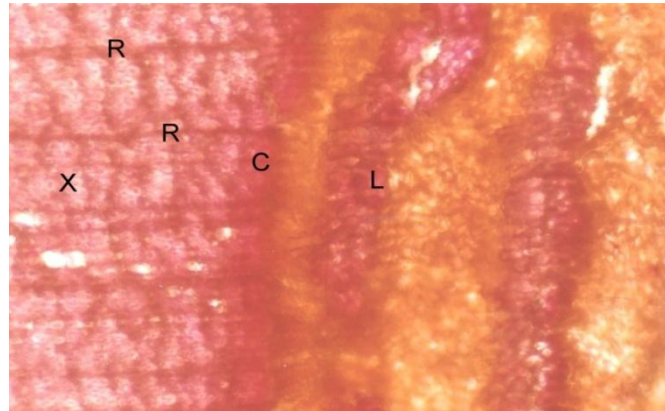
La crescita secondaria rappresenta una delle caratteristiche tipiche degli alberi in quanto esseri vegetali superiori.

Questa modalità di crescita è legata dagli apici vegetativi è attribuibile soltanto alla struttura anatomica propria delle porzioni lignificate dell'albero.

Se esaminiamo la sezione di un elemento legnoso, ad esempio una rondella di tronco procedendo dall'esterno verso l'interno troviamo la corteccia con funzione protettiva, meccanica, termica ed antitranspiranti, seguito dal floema con funzione di conduzione secondo un flusso prevalente basipeta, più internamente troviamo il cambio che rappresenta il motore della crescita secondaria costituito da cellule meristematiche che attraverso la divisione cellulare producono nuova biomassa.

- Dal cambio dipende la produzione di nuovo floema verso l'esterno e soprattutto di xilema verso l'interno

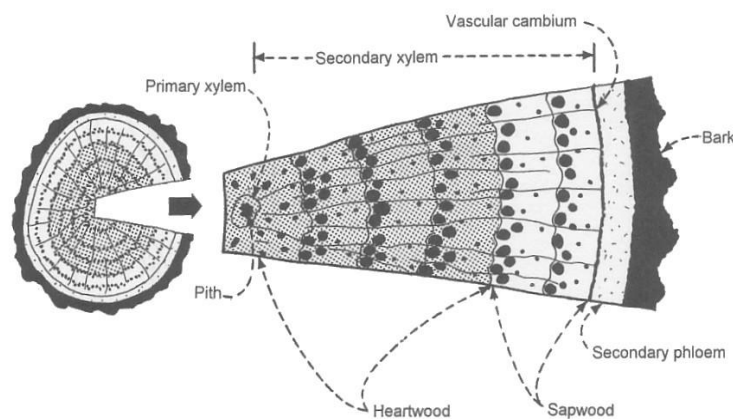
- Il cambio. È formato dalle cellule iniziali fusiformi e dalle iniziali dei raggi. Le prime sono presenti in numero maggiore e danno origine al tessuto legnoso e liberiano. In sezione trasversale appaiono molto piccole e appiattite, mentre si sviluppano notevolmente lungo l'asse verticale.
- Il cambio è un tessuto insostituibile ed è per questo motivo che la sua attività meristemica è molto lenta: più bassa è la velocità di divisione, minore è il rischio di mutazioni somatiche che accompagnano la replicazione del DNA.



Lo xilema anno dopo anno secondo una successione ritmica della sua apposizione conferisce la tipica struttura ad anelli concentrici annuali.

La funzione prevalente svolta dallo xilema è il trasporto sia di acqua che di sostanze disciolte secondo una direzione per lo più acropeta.

Quando lo xilema rientra in questa funzione prende il nome di alburo.



I tessuti posti esternamente al cambio sono destinati ad un progressivo sfaldamento che ne comporta la perdita.

Al contrario quelli posti internamente come lo xilema finiscono per fornire la struttura storicizzata e permangono stabilmente a formare cerchie annuali.

Di questi anelli quelli più esterni rimangono attivi funzionalmente e costituiscono l'alburo. Gli anelli di accrescimento più giovani (1-5 anni) sono caratterizzati da un colore chiaro e il loro insieme è detto alburo. Quando questi invecchiano, le pareti cellulari si riempiono di tannini, terpeni e flavonoidi e per tale motivo appaiono scuri, di color brunastro e assumono il nome di duramen. La sua presenza è fondamentale e molto efficace contro possibili attacchi di funghi e batteri.

Si tratta di un notevole sforzo energetico da parte dell'albero che di fatto finisce per immobilizzare una grande quantità di energia non più recuperabile.

Un altro modo di definire questi tessuti non più attivi metabolicamente è quello di massa statica contrapponendosi in tal modo alla massa dinamica cioè l'alburno che svolge funzioni metaboliche dirette.

Per cui l'albero nel corso della sua vita tenderà ad incrementare la sua massa statica, questa modificazione in un albero monumentale finisce a rendere l'albero quasi interamente costituito da massa statica

Col procedere dell'età, si assisterà quindi ad una serie di fasi caratterizzate fondamentalmente dalla dominanza apicale, dalla sua riduzione e dal suo arresto che porterà nel tempo allo sviluppo laterale della pianta e successivamente alla sua senescenza attraverso una serie di fasi che possono essere così schematizzate:

- Acrotonia. Sviluppo più vigoroso delle gemme apicali causato dalla dominanza (apicale) - (selezione fondamentale)
- Plagiotropismo. Crescita più o meno orizzontale dei rami dominati dal germoglio terminale del fusto con un conseguente maggior accrescimento delle branche più alte - (post-selezione)
- Ipotonia. Sviluppo più evidente nella parte inferiore della chioma delle gemme che si trovano più lontane da quella apicale che perciò sfuggono al suo controllo (pre selezione).
- Isotonia. Quando la dominanza diminuisce, le branche oramai indipendenti, si accrescono con simmetria radiale (Pre-selezione, reiterazione sillettica)
- Epitonia. I rami che crescono verso l'alto eliminano quelli che vanno verso il basso.
- Basitonia. Fenomeno attraverso il quale (a causa dell'invecchiamento del sistema radicale) il vigore vegetativo finisce per trasferirsi dall'apice del germoglio alla branca (passando per il ramo secondario)
- Reiterazione prolettica. Evidente quando si sviluppano, sulle branche, dei germogli vigorosi a partire da gemme avventizie. E' sintomo dell'invecchiamento della pianta.

6.5 L'APPARATO RADICALE

Le radici sono una parte di fondamentale importanza per la pianta poiché svolgono la funzione di assorbimento dell'acqua, dei sali minerali, di riserva e di ancoraggio e di biosintesi di alcune sostanze essenziali.

Il loro stato è strettamente legato alla salute degli alberi ma questo aspetto viene scarsamente preso in considerazione poiché le radici non sono visibili e non possono essere costantemente e facilmente controllate come la parte epigea e perché il loro declino avviene prima del deperimento dell'intera pianta, rendendo problematica una interazione causa effetto.

Esse rappresentano circa il 15-25% della biomassa totale dell'albero, si concentrano in prossimità del colletto e sono generalmente comprese nell'area della proiezione orizzontale della chioma, anche se in alcune situazioni raggiungono dimensioni superiori.

Hanno un comportamento opportunistico e perciò si accrescono nel suolo in direzione verticale e orizzontale e si espandono nelle parti in cui le condizioni sono più favorevoli al loro accrescimento.

Il loro portamento e distribuzione sono in parte legati alla specie, in quanto funzione del corredo genetico, ma dipendono anche dalle caratteristiche e dalla qualità del terreno.

L'apparato radicale è una struttura molto complessa costituita da segmenti che svolgono funzioni diverse che in linea schematica possono essere suddivise in due grandi gruppi: con diametro superiore a 2 mm con la funzione di trasporto e di ancoraggio

con diametro inferiore ai 2 mm terminano con migliaia di apici che sono le strutture mediante le quali la pianta riceve il nutrimento.

Hanno un comportamento opportunistico e perciò si accrescono nel suolo in direzione verticale e orizzontale e si espandono nelle parti in cui le condizioni sono più favorevoli al loro accrescimento.

Il loro portamento e distribuzione sono in parte legati alla specie, in quanto funzione del corredo genetico, ma dipendono anche dalle caratteristiche e dalla qualità del terreno.

L'apparato radicale è una struttura molto complessa costituita da segmenti che svolgono funzioni diverse che in linea schematica possono essere suddivise in due grandi gruppi:

con diametro superiore a 2 mm con la funzione di trasporto e di ancoraggio

con diametro inferiore ai 2 mm terminano con migliaia di apici che sono le strutture mediante le quali la pianta riceve il nutrimento.

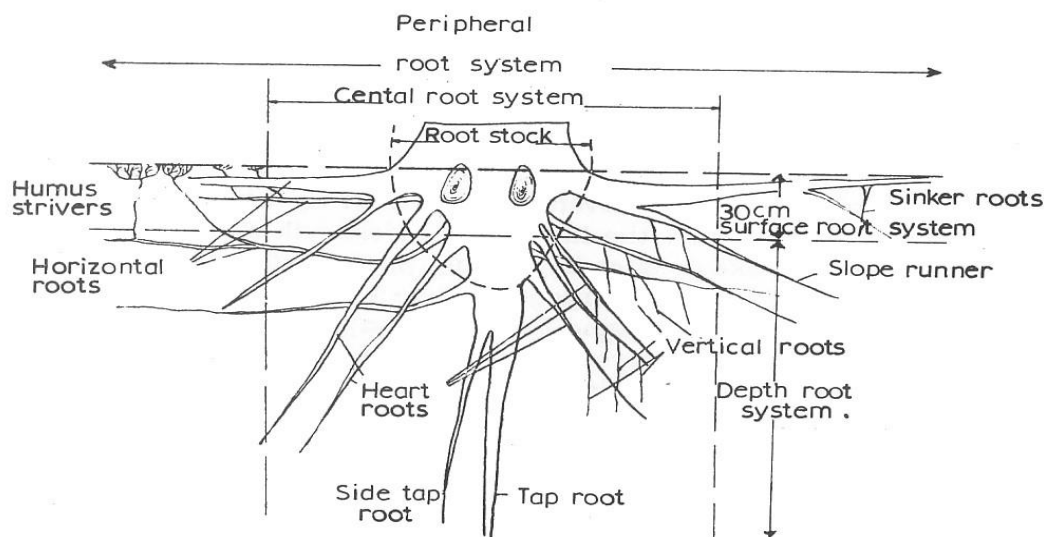
Il sistema delle radici principali e secondarie è composto da per la maggior parte da segmenti cilindro-conici, i quali si collocano in direzione orizzontale preferenzialmente nei primi strati del terreno, compresi prevalentemente tra i 5 e i 75 centimetri e la cui funzione principale è il trasporto della linfa.

Esse agiscono inoltre come un intreccio di cavi che legano il suolo, sostengono la pianta e le permettono di rimanere in posizione verticale. Durante le situazioni meteorologiche avverse quali forti venti, neviccate, ecc., infatti le radici e la massa del suolo che esse inglobano costituiscono la contro spinta per mantenere in equilibrio la pianta.

Gli apparati radicali degli alberi subiscono gli stessi condizionamenti della parte aerea, sono normalmente legati al genotipo, ma anche a fattori ambientali quali la struttura e tessitura del suolo che possono fortemente influenzare lo sviluppo centripeto della radice. Le piante possono avere un apparato radicale:

fittonante, caratterizzato dalla presenza di una grossa radice che si sviluppa in direzione verticale e da altre più piccole che crescono in senso orizzontale.

fibroso costituito da più radici di dimensioni simili ad andamento orizzontale.

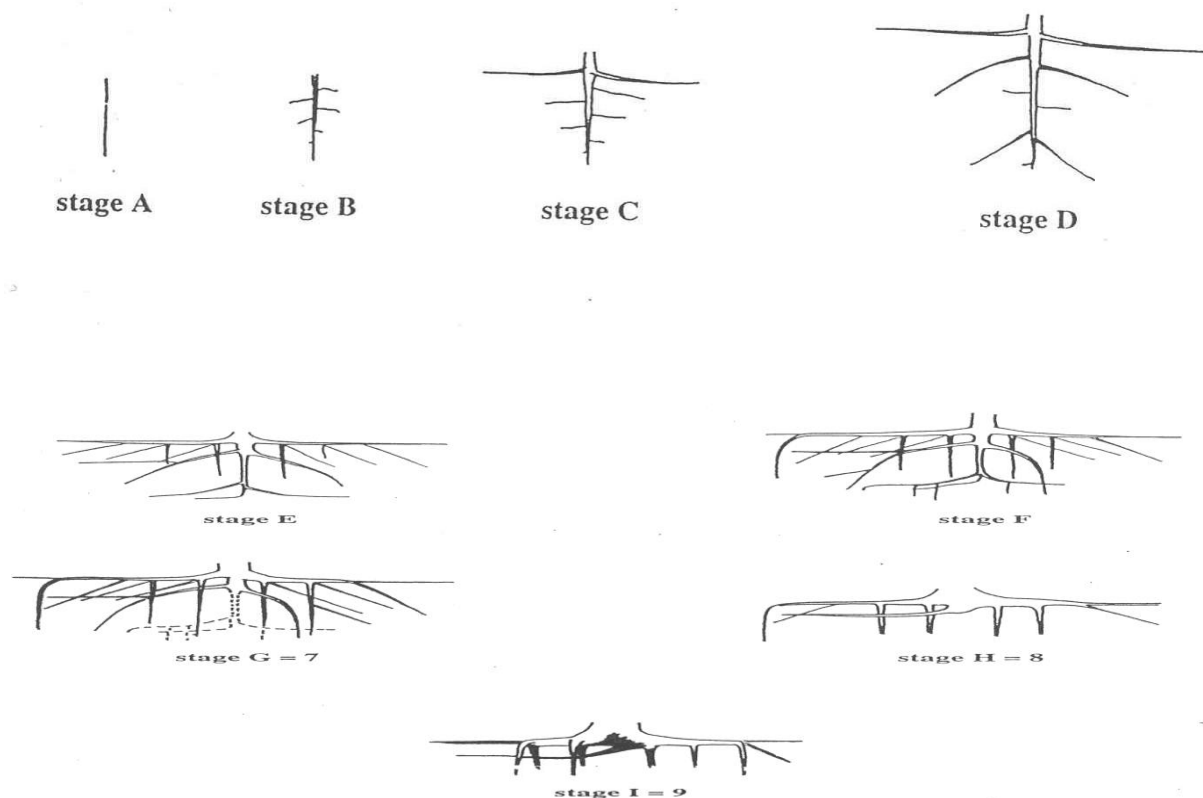


La radice verticale può degenerare o deviare direzione e permettere la formazione di un apparato ipogeo fascicolato, in questo caso si accrescono con grande rapidità delle radici secondarie che hanno direzione relativamente orizzontale e che danno anche origine all'apparato radicale assorbente che è superficiale

- Esse costituiscono in peso la maggior parte della biomassa radicale e sono la quasi totalità dello sviluppo in lunghezza.
- La funzionalità degli apparati radicali si esplica al massimo nei terreni forestali ben strutturati che hanno elevata resistenza al compattamento, disponibilità e capacità di trattenere l'aria, l'acqua e gli elementi nutritivi.
- Tali caratteristiche sono direttamente legate alla: tessitura, struttura, pH, capacità di scambio cationico e alla presenza di sostanza organica umificata.

le radici non sono visibili e non possono essere costantemente e facilmente controllate come la parte epigea

il loro declino avviene prima del deperimento dell'intera pianta, rendendo problematica una interazione causa effetto



La CO₂ cresce con l'aumentare della profondità, mentre il tasso di ossigeno decresce.

Quando l'ossigeno raggiunge valori inferiori al 12-18%, le radici cominciano ad essere danneggiate e possono arrestare il loro sviluppo attorno al 10-11%.

A concentrazioni minori del 3%, aumenta la perdita di aminoacidi e di carboidrati e i simbionti micorrizici cessano di crescere, vengono devitalizzati e riducono l'assorbimento delle sostanze nutritive.

Le radichette assorbenti muoiono

6.6 LE MICORRIZE

Il rapporto tra le piante e i funghi micorrizici è molto antico e probabilmente risale all'inizio della colonizzazione terrestre da parte delle piante (410-360 milioni di anni fa - devoniano)

L'importanza delle micorrize non si riduce soltanto all'assorbimento di acqua e nutrienti dal terreno. Le piante micorrizzate si presentano spesso più competitive e più tolleranti nei confronti degli stress ambientali rispetto alle piante non micorrizzate, anche per ragioni legate a:

- acquisizione di nutrienti presenti in forme normalmente non disponibili per le piante (ad esempio N nei composti organici);
- capacità di abbattere la presenza di composti fenolici e metalli tossici nel suolo;
- protezione dagli stress idrici;
- protezione nei confronti di funghi parassiti e nematodi;
- benefici non nutrizionali dovuti, ad esempio, alla produzione di fitormoni;
- accumulazione di nutrienti;
- costituzione di reti nutrizionali;

- supporto per i semenzali fornito dalle reti di ife nel terreno;
- trasferimento di nutrienti dalle piante ormai morte a quelle vive

A livello di ecosistema, tutto questo si traduce in una importante influenza:

- sui cicli dei nutrienti;
- sulle popolazioni microbiche della rizosfera, tramite modifiche qualitative e quantitative degli essudati radicali;
- sulla struttura del suolo, che viene migliorata;
- sulle successioni primarie e secondarie delle vegetali.

Nella maggior parte dei tipi di micorrize gli scambi nutrizionali consistono sostanzialmente nel movimento di carbonio organico dalla pianta verso il fungo e, nel senso opposto, di sostanze nutritive (come P, N, Zn e Cu), in forma organica o inorganica, verso la pianta.

La funzionalità dei sistemi micorrizici dipende dunque:

dal trasferimento, nella maggior parte dei tipi micorrizici, di C organico derivato dalla fotosintesi dalla pianta alle varie strutture fungine (micelio, spore e corpi fruttiferi in via di sviluppo);

dalla capacità dei simbionti fungini di captare le sostanze nutrienti disponibili in forma inorganica e/o organica nel terreno e di cederle alla pianta attraverso una o più interfacce simbiotiche.

Vi sono però delle eccezioni: sebbene il movimento bidirezionale dei nutrienti costituisca il meccanismo fondante del mutualismo, tra le micorrize si possono riscontrare dei casi in cui diventa decisamente difficile dare una definizione netta del rapporto simbiotico, come nel caso delle orchidee e delle monotrope, che sembrano spesso beneficiare del trasferimento sia del C organico che delle sostanze nutrienti.

Il micelio che si diparte dalle radici colonizzate svolge un ruolo chiave nell'assorbimento dell'acqua e delle sostanze nutrienti da parte delle piante, proliferando in particolare nelle zone più ricche di sostanze e competendo efficacemente con altri microrganismi del terreno. Alcune differenze si possono riscontrare, tra le varie categorie micorriziche, nella capacità dei simbionti fungini di captare un numero più o meno elevato di elementi diversi dal terreno. La continua ricerca dei nutrienti da parte del fungo porta sostanzialmente ad un aumento della superficie complessiva del sistema radicale della pianta e del volume di suolo esplorato, fatto che porta ad un generale aumento della competitività di queste piante nei sistemi naturali.

Non bisogna comunque dimenticare che per le piante vi è un costo, rappresentato dalla sottrazione di una certa quantità di carbonio fotosintetizzato. Le piante micorriziche avranno dunque, dal punto di vista selettivo, un vantaggio nei confronti delle piante non micorriziche, se il costo - in termini di C - per unità di nutriente minerale acquisito non è troppo elevato. Considerando che in natura viene sempre raggiunto in modo spontaneo un punto di equilibrio atto a garantire un vantaggio selettivo per entrambi i simbionti, si tratta di considerazioni utili soprattutto in un'ottica di applicazioni in ambienti controllati come i vivai.

È da rilevare, infine, che in certe situazioni le piante non rispondono alla colonizzazione tramite aumento dello sviluppo o miglioramento dello stato nutrizionale - come avviene nella maggior parte dei casi -, ma con la variazione di altri parametri legati più in generale alla fitness. In questi casi vi possono quindi essere altre, meno evidenti, basi per il beneficio, quali ad esempio il controllo degli agenti patogeni e la sottrazione di metalli tossici dal suolo.

7 LA FARNIA INQUADRAMENTO BOTANICO

La Farnia inquadramento botanico.

Farnia



Portamento

Classificazione scientifica

Regno: *Plantae*

Divisione: *Magnoliophyta*

Classe: *Magnoliopsida*

Ordine: *Fagales*

Famiglia: *Fagaceae*

Genere: *Quercus*

Specie: *robur*

Nomenclatura binomiale

Quercus robur L., 1753

Nomi comuni

Farnia

La farnia (*Quercus robur L.*) è un albero a foglie decidue appartenente alla famiglia delle Fagacee. Essa è la specie tipo attraverso cui il genere *Quercus* è definito.

È la quercia più diffusa in Europa, e il suo areale è alquanto vasto.

Questa pianta è caratterizzata da notevoli dimensioni, crescita lenta (cosa che ne determina il raro impiego come pianta ornamentale) e da rinomata longevità. Se lasciata crescere in autonomia può vivere sino a qualche secolo, mentre con interventi di potatura o di taglio alla base del fusto la vita può estendersi in maniera rilevante. Si calcola che alcuni esemplari viventi superino i 1000 anni di vita. Alcuni esempi: a Stelmužė, in Lituania, c'è un esemplare che si dice superi i 1500 anni (sarebbe la quercia vivente più vecchia d'Europa); a Jægerspris in Danimarca l'età di un altro esemplare, chiamato Kongeegen (Quercia Re), è stimata attorno ai 1200 anni. Nel Parco del Delta del Po Veneto, in provincia di Rovigo, c'è la Quercia di San Basilio, una farnia di oltre 500 anni di età, una delle ultime testimoni dell'antico bosco che ricopriva la Pianura Padana.

7.1 MORFOLOGIA



Foglie e ghiande della farnia

Portamento

La farnia è un albero dal portamento maestoso ed elegante, con una chioma espansa, molto ampia e di forma globosa ed irregolare. Raggiunge un'altezza che va dai 25 ai 40 m, eccezionalmente 50. Il fusto è diritto e robusto ed alla base si allarga come per rafforzare la pianta; i rami con il passare del tempo divengono via via più massicci, nodosi e contorti.

Corteccia

La corteccia, che in giovane età appare liscia ed opaca, è di colore grigio-bruno pallido e fessurata in piccole placche.

Foglie

Le foglie, lunghe dai 7 ai 14 cm, sono decidue, alterne, subsessili (con picciolo molto breve), glabre, di forma obovata con margini lobati (da 4 a 7 lobi per lato) e due vistose orecchiette alla base della foglia. La pagina superiore è di colore verde scuro, quella inferiore mostra un riflesso bluastrò.

Fiori

Essendo una pianta monoica, ogni esemplare porta fiori di entrambi i sessi, molto simili a quelli delle altre querce. I fiori maschili si presentano in amenti filiformi di colore giallognolo; quelli femminili sono da 1 a 3 su un lungo peduncolo. La fioritura avviene nel periodo di aprile-maggio.

Frutti

I frutti sono acheni, più precisamente ghiande. Esse sono lunghe fino a 4 cm, di forma ovale-allungata, con cupola ruvida e ricoperta di squame romboidali che le ricopre per circa un quarto. Il colore va dal verde chiaro al marrone con il procedere della maturazione. Crescono singolarmente o a gruppi di fino 4 ghiande su lunghi gambi (da 3 a 7 cm). Maturano l'autunno seguente alla fioritura.



pianta in inverno



Fusto e corteccia



Sezione del fusto



Gemme



Fiori maschili



Foglie e ghiande

7.2 HABITAT

Un tempo formava le vaste foreste della Pianura Padana assieme ad altri alberi quali il cerro (*Quercus cerris*) e il carpino bianco (*Carpinus betulus*). Attualmente esistono relitti di questi boschi planiziali, che ci danno una idea di quello che doveva essere l'ambiente padano prima dei massicci disboscamenti operati dall'uomo nelle varie epoche. Un esempio di tale habitat lo possiamo ritrovare a Bosco Fontana, presso Mantova. È comunque diffusa ancora con una certa frequenza nelle campagne, soprattutto come albero isolato, ad indicare antichi confini territoriali. È inoltre spesso presente in parchi cittadini e giardini di grosse dimensioni, così come in vicinanza di vecchie residenze di campagna.

Cresce comunemente nelle aree europee continentali, spesso in boschi, spingendosi sino ad un'altitudine di 800-1000 m. È in grado di adattarsi a diversi tipi di terreno, sebbene predilige quelli profondi, freschi, argillosi, acidi e ben irrigati. Resiste bene ai geli invernali e richiede temperature elevate nel periodo estivo, nonché una discreta esposizione alla luce.

La farnia costituisce a sua volta un habitat per altri esseri viventi, in particolare animali. Numerosi insetti vivono sulle foglie, sulle gemme e nelle ghiande. Queste ultime, poi, costituiscono un'importante fonte di cibo per diversi piccoli mammiferi e alcuni uccelli tra cui la ghiandaia (*Garrulus glandarius*). Nei boschi padani di farnia lo strato erbaceo ospita specie botaniche tra cui: il sigillo di Salomone dei boschi (*Polygonatum multiflorum*), la canapetta pelosa (*Galeopsis pubescens*) e l'asparago selvatico (*Asparagus tenuifolius*).



Areale della farnia

7.3 DIFFUSIONE

È la quercia più diffusa in Europa, e il suo areale si estende fino alla Scandinavia, alle isole britanniche, all'Anatolia e al Caucaso. In Italia è presente su tutto il territorio ad esclusione delle isole e della Puglia.

7.4 DIFFERENZE CON PIANTE SIMILI

Si distingue dalla rovere (*Quercus petraea*), dalla roverella (*Quercus pubescens*) e dal farnetto (*Quercus frainetto*):

- per il picciolo delle foglie quasi assente, mentre nelle altre due specie è più lungo;
- per il gambo a cui sono attaccate le ghiande: lungo nella farnia, quasi assente nelle altre due specie.

7.5 COLTIVAZIONE E UTILIZZI

La coltivazione della farnia inizia con la semina delle ghiande entro due mesi dalla raccolta. A differenza delle altre querce, la ghianda emette la radichetta appena interrata, mentre la parte aerea della plantula spunta all'inizio della primavera. Le piante che ne nascono sono messe a dimora dopo due o tre anni.

La farnia è coltivata per il rimboschimento e per il pregiato legname che ne costituisce il prodotto più importante. Il legno di questa quercia, noto come "rovere di Slavonia", è di colore bruno chiaro, resistente, durevole e pesante (peso specifico 0,75). Esso viene impiegato per costruire mobili pregiati, parquet, e botti, oltre che per la produzione di carbone e l'impiego diretto come combustibile. In epoche passate la farnia era largamente utilizzata nelle costruzioni navali. È inoltre utilizzata come pianta simbiote per la coltivazione del tartufo

7.6 INQUADRAMENTO ECOLOGICO DELLA FARNIA

Nella bassa pianura Lombarda ma soprattutto lungo il corso del Ticino, e in frammentati tratti lungo i grandi fiumi piemontesi è presente un querceto a netta prevalenza di farnia, privo di

carpino bianco, ma con partecipazione significativa dell'olmo campestre, anche se limitata dalla grafiosi. Si tratta del querceto di farnia che si localizza sui depositi fluviali generalmente fini. I suoli caratterizzati da un livello della falda abbastanza superficiale (anche 40 cm), sono periodicamente interessati da fenomeni di esondazione. Là dove l'acqua ristagna, come avviene, per esempio, in prossimità delle vecchie anse del fiume tagliate fuori dalla corrente si ha spesso la presenza anche dell'ontano nero.

Al margine delle lanche o in situazioni intermedie: falda superficiale e periodiche inondazioni e ristagni idrici a fianco della farnia e al meno diffuso olmo campestre, sono presenti l'orniello, il pioppo bianco e quello nero e il pado. Viceversa, dove la copertura della farnia si fa più rada, magari a causa di una disomogeneità nei sedimenti, ora fini ora grossolani, o al margine delle formazioni s'incontra frequentemente, sotto il piano delle farnie, un fitto strato a biancospino o a ligustro o a pruno spinoso. Infine dove i depositi sono solo grossolani, dando luogo ad uno strato superficiale o sottosuperficiale fortemente drenante, si formano dei consorzi a struttura con singoli alberi sparsi di farnia, tozzi e di limitata altezza, talora anche solo cespugliosi, alternati ad arbusti di biancospino e brugo. Il querceto di farnia può essere considerato come uno degli elementi dell'ecotono presente fra l'ecosistema fluviale e quello terrestre. Si tratta, infatti di una formazione prevalentemente appartenente al sistema terrestre che però saltuariamente e per tempi anche relativamente lunghi (eccezionalmente anche per due mesi all'anno) è occupata dal sistema fluviale, situazioni frequenti nei grandi fiumi europei.

Fin tanto che il querceto di farnia conserva la sua condizione di ecotono, vale a dire finché viene periodicamente o anche saltuariamente sommerso, non sono possibili evoluzioni verso altre formazioni, cosicché esso può essere considerato un sistema di tipo C. Il passaggio, infatti al querceto-carpineto è precluso dalla permanenza dell'acqua nei momenti d'inondazione che è mal tollerata dal carpino bianco, mentre è sopportata dalla farnia, dai pioppi e dall'olmo. L'area in cui il querceto di farnia ha questa condizione di ecotono non è sempre di facile individuazione essendo condizionata anche dalla dinamica fluviale.

Essa infatti può repentinamente cambiare a seguito di un'eccezionale piena che modifichi significativamente il corso dell'alveo attivo che così andrà annualmente ad allagare una zona diversa. Il querceto di farnia non è però in grado di adeguarsi rapidamente a questo cambiamento ma rimarrà a lungo tempo uguale a prima dell'evento, venendo così a costituire una sorta di ecotono storico interpretabile solo ricostruendo la dinamica fluviale.

8 PROBLEMATICHE FITOPATOLOGICHE DEGLI ALBERI MONUMENTALI

Molte sono le iniziative volte alla riscoperta della natura nei suoi vari aspetti - ecologico, paesaggistico, ricreativo e tutte hanno, come fattore comune, il vuoto e lo smarrimento lasciato nell'uomo da un'era industriale sempre più urbanizzata.

Una di queste iniziative, nata abbastanza recentemente, è l'attenzione rivolta all'albero monumentale nella sua maestosa presenza, reale o immaginaria, intesa come testimonianza storico-culturale del percorso umano. Di qui il termine di alberi monumentali a quegli esemplari che, carichi di anni, rimangono documento vivente e archivi naturali su cui meditare.

Come altri monumenti, come sono quelli in pietra su cui l'uomo si è cimentato identificandosi, essi emergono dal passato o , meritando altrettanta attenzione conservativa, affinché non vada persa la nostra stessa identità cultura . Ma non trattandosi di ruderi, bensì di esseri viventi, spesso segnati dalla comune vetustà nel fusto, nella chioma e nelle radici, su cui il tempo e i malanni non hanno risparmiato la propria inesorabile ipoteca, occorre dedicare loro cure ancora più sollecite e assidue per garantirne la sopravvivenza.

Sono alberi da ammirare, da studiare e da capire ma soprattutto da difendere. Sono grandi patriarchi botanici nei confronti dei quali la tradizione è debitrice. Sono solitamente esemplari che costellano i parchi di dimore nobiliari o gentilizie in genere o che, talvolta, quali veri e propri cimeli dispersi in contrade e borghi, testimoniano le tracce del cammino e degli insediamenti di popoli venuti da lontano, com'è la cinque centenaria quercia di San Basilio Proprio la loro vecchiaia è da tenere in debita considerazione quando se ne valutano gli aspetti patologici: le malattie più comuni del verde storico sono causate da funghi patogeni di debolezza, ovvero da organismi la cui aggressività è connessa a fenomeni di sofferenza e di senescenza delle piante.

Da un punto di vista terapeutico, se da un lato si ha la necessità di mantenere le piante in vita il più a lungo possibile, dall'altro si è, comunque, condizionati dal loro stato di senescenza e vincolati alle loro deboli risposte fisiologiche. Terapie adeguate e tempestive non sempre possono scongiurare lo schianto della pianta, comunque prossima alla fine.

Talvolta la ferma intenzione di salvare un esemplare può trasformarsi in una sorta di "accanimento terapeutico" non sempre condivisibile, in quanto l'albero, come entità biologica, deve giungere prima o dopo alla fine del suo ciclo non potrà mai diventare un monumento, potato, fino a cambiarne le caratteristiche peculiari e sostenuto da strutture metalliche per garantirne la sopravvivenza nei secoli.

Considerando la funzione ornamentale e ricreativa del verde storico, in questo contesto vengono prese in esame solamente le malattie in grado di alterare il valore estetico delle piante o di comprometterne la stabilità.

Processi di invecchiamento negli alberi in relazione con il decadimento fungino

Lo sviluppo delle disfunzioni fisiologiche all'interno del legno di vecchi alberi è una delle maggiori caratteristiche dei processi di invecchiamento insieme alla tendenza a diventare inabili a mantenere la funzionalità esterna dei tessuti vascolari.

La longevità del albero e la resistenza ai processi di decadimento è sia in funzione della specie e la biologia interspecifica di meccanismi di difesa ma anche in funzione dell'agente fungino causa di danno ipnocneuretico.

Per cui l'espressione delle caratteristiche della specie è determinante nello sviluppo dei processi di invecchiamento in funzione anche dell'ecologia della stessa e il livello di successione.

La maggior parte degli alberi hanno un modello di crescita indefinita con la reiterazione cadenzata di nuove gemme , radici e incrementi legnosi radiali per tutta la durata della loro vita a differenza degli organismi animali che hanno un modello di crescita definito che termina al raggiungimento della maturità, cessando la crescita e limitando l'attività plastica alla sostituzione e riparazione di cellule danneggiate o logorate. Sebbene alcune specie possano incrementare la loro crescita

durante tutta la loro vita, la riparazione e l'estensione di parti del loro corpo non può essere mantenuto in modo indefinito, causando così la morte.

Al contrario gli alberi che crescono ad ogni stagione vegetativa sono potenzialmente immortali.

In pratica gli alberi hanno una vita meno predeterminata ad esempio rispetto a quella umana con una longevità legata anche alla specie all'inquadramento ecologico e allo stato di entropia.

Sebbene sono fondamentalmente differenti a organismi con modelli a crescita definita, esistono però alcune analogie con quest'ultimi, come ad esempio dell'invecchiamento delle cellule che normalmente sopravvivono per un certo numero di stagioni di crescita e forse anche l'accumulo di errori nel genoma delle cellule del meristema cambiale (per questo forse la crescita di questo particolare tessuto totipotente è così lenta).

Nonostante qualche indicazione che l'invecchiamento possa avere effetti fisiologici sui tessuti neoformati, in realtà recenti ricerche fatte su alberi secolari di diverse specie affermano che non vi è nessuna influenza fisiologica e che i tessuti neoformati non presentano segni di senescenza.

Mentre invece è da ritenere che la longevità venga influenzata dall'accumulo di vecchi tessuti morti all'interno della struttura, in particolare gli strati più vecchi dell'alburno perdono la conducibilità idrica e le cellule del parenchima muoiono. Anche se sono fisiologicamente non più funzionali vascolarmente rimangono strutturalmente e meccanicamente funzionali.

Per quali motivi un nucleo di legno non più vascolarmente funzionale tende a limitare la longevità di un albero, possono essere diversi e articolate le ipotesi in modo particolare:

- Il diradamento e la progressiva attenuazione degli incrementi radiali del legno nuovo su circonferenze incrementali sempre più grandi
- Lo sviluppo del degrado nel legno non più vascolarmente funzionale, con due possibili conseguenze; lo schianto da rottura dell'albero o la compromissione dell'alburno causato dalla patogenità degli agenti ipnocheuretici capaci di superare le difese dei tessuti ancora funzionali fisiologicamente.
- L'alterazione delle strutture in crescita con la limitazione delle condizioni ottimali, come il depauperamento dei nutrienti minerali che bloccano la crescita, l'alterazione del contenuto di umidità e soprattutto l'areazione del suolo nella rizosfera sempre più ampia che influisce sulla crescita e sui rapporti simbiotici delle radici con una regressione delle radici.
- Buon ultimo ma altrettanto importante le spese energetiche per il mantenimento dei tessuti funzionali vascolarmente e meccanici per il mantenimento della crescita dei rami.

8.1 CAMBIAMENTO DI LARGHEZZA DELL'ANELLO CON L'ETA'

Durante i primi anni della sua vita la scelta strategica per la sopravvivenza degli alberi, porta alla colonizzazione dello spazio disponibile sia nell'accrescimento primario della parte epigea che nella colonizzazione del terreno nella parte ipogea (*Raimbault, 1995*) in funzione soprattutto della pressione ambientale e dalle caratteristiche genetiche.

Durante questa fase che potremmo indicare sinteticamente formativa e di esplorazione, il volume dei successivi incrementi radiali tende ad aumentare perché il volume della corona e quindi della capacità fotosintetica della pianta è in aumento (*White, 1998*).

La capacità fotosintetica cessa di aumentare quando l'albero raggiunge la maturità, su questa base si possono distinguere tre fasi della vita di un albero: la formazione, la maturità e la senescenza.

Anche se la senescenza non è il termine adeguato a descrivere gli organismi a crescita indefinita visto, che ancora in questa fase si alternano momenti di iperattività nella crescita con momenti di degrado e regressione.

Inoltre va' osservato che Raimbault ha descritto un numero di tappe intermedie secondo le modificazioni della corona della chioma. L'aumento del diametro del cilindro legnoso durante la fase matura fa sì che gli incrementi della crescita secondaria siano sempre progressivamente più stretti (come ben sanno i forestali che su l'analisi delle crescite incrementali basano il periodo di curazione del bosco).

Questo perché quando la chioma ha raggiunto la maturità tende a produrre sempre la stessa quantità di fotosintetati ogni anno, pur con fluttuazioni legate alla pressione degli agenti abiotici e biotici; gli incrementi radiali del legno nuovo e della corteccia hanno quindi lo stesso volume ma distribuiti su un aumento della circonferenza.

Bianco suggerisce che gli incrementi continuano con un incremento radiale di 0,5 mm. all'anno.

Anche se gli incrementi radiali potrebbero in teoria formarsi per secoli o addirittura millenni, si può ipotizzare che questo processo è turbato dalle diminuzioni degli incrementi fino ad avere ripercussioni sui tessuti conduttivi e di riserva influenzando la capacità di sostenere la corona della chioma causandone regressione a causa dell'insufficiente energia per la crescita ed il consolidamento meccanico.

La diminuzione del sostegno fisiologico del sistema vascolare e di stoccaggio porta ad una conseguente diminuzione del sistema fotosintetico con minori apporti al cambio, che genera a sua volta un'accelerazione del restringimento di nuovi incrementi radiali, più di quanto sia previsto per la geometria della pianta stessa. Quando un albero entra in questa fase mostra evidenti regressioni della corona che caratterizzano questa fase di declino della sua vita che portano a perdite di tessuti vascolarmente funzionali nell'alburno.

In osservazioni fatte su alberi molto vecchi, questi sintomi sono evidenti anche superficialmente sul tronco e le branche primarie con ampie necrosi sul legno e in alcuni casi possono interessare ampi settori della circonferenza del tronco fino al colletto che sembrano funzionalmente collegate a regressioni di ampie porzioni dell'apparato radicale.

E' noto che danni su alberi molto vecchi della chioma e alle radici portano alla necrosi di ampi settori del cambio funzionalmente collegato ma è anche possibile che il degrado del cambio porta a perdita di settori della corona e dell'apparato radicale dalla perdita di tessuto funzionale dell'alburno e del floema che avvia i processi di declino.

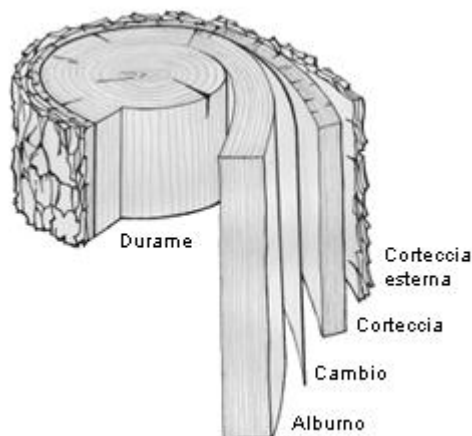
Anche se le necrosi superficiali possono aumentare il tasso di decadimento, la riduzione del cambio funzionale a settori discreti della circonferenza del fusto può anche essere vista come una strategia di sopravvivenza per un albero che non può più mantenere una struttura funzionale completa di alburno e corteccia.

8.2 DECADIMENTO INDOTTO DA LESIONI

Un albero sano ha una copertura completa sul cilindro legnoso di corteccia, epidermide o di altri strati di protezione.

Quasi tutti gli alberi sono sensibili all'esposizione dei tessuti sottostanti all'alterazione ambientale. In particolare l'alburno se esposto va incontro ad essiccazione con un conseguente aumento degli scambi gassosi (*Boddy e Rayner 1983*). Questi cambiamenti portano ad una perdita della funzione fisiologica dei tessuti colpiti, spesso si conclude con la compartimentazione del tessuto morto (*Shigo e Marx 1977*). In vecchi alberi tali modifiche sono accompagnate da processi di senescenza.

In casi estremi, gli alberi possono perdere completamente la funzionalità vascolare e morire. Ciò è particolarmente probabile che accada in alberi secolari che hanno uno strato molto ridotto di xilema e floema funzionali sovrastante una grande massa di legno disfunzionale. Inoltre in specie con un duramen poco resistente che viene rapidamente colonizzato da carie queste possono superare le difese dell'alburno.



Anche se tutta la corona della chioma viene rimossa, questo danno non causa direttamente la morte dell'albero ma lo fa indirettamente distruggendo i tessuti vascolari.

La perdita del fogliame riduce la capacità fotosintetica determinando gravi perdite sulle riserve dei carboidrati e una conseguente compromissione dei processi attivi nella formazione di barriere difensive (*Shigo e Marx 1977*) inoltre l'alburno perde la sua capacità funzionale quando si isola dalla rete del simplasto che esiste in tutta la pianta a partire dalle radici.

Come accennato in precedenza, un albero con vaste aree di necrosi superficiali può sopravvivere a condizione che il fusto conservi zone di legno funzionale tali da rappresentare dei canali che collegano le foglie alle radici e che risultano fondamentali per la sopravvivenza di alberi secolari (*Lonsdale 1996*) .

Nella gestione di questi alberi può essere necessario alleggerire il carico di rami pesanti che potrebbero spezzarsi è necessario però riconoscere le connessioni di tessuto funzionale che dovrebbero essere protette mantenendo alcuni rami legati ai tessuti funzionali..

Errori fatti in gran Bretagna nella gestione di alberi secolari trascurati con eccessive riduzioni e alla interruzione delle zone ancora vascolarizzate ha portato alla morte gli alberi in questione.

Il rischio di antichi alberi di morire dopo la rottura o la riduzione delle branche principali porta ad un aumento di stress da siccità, con perdita di umidità del legno con una maggiore esposizione diretta all'esposizione solare e forse anche del riscaldamento della superficie nel piatto radicale a causa della riduzione dell'ombreggiamento (E. Green comunicazione personale) D'altro canto un eccessivo ombreggiamento può inibire lo sviluppo sano di nuovi germogli. La misura in cui l'ombreggiamento deve essere ridotto o mantenuto dipende dalla specie di albero cioè se si tratta di ombra tollerante o no il clima locale il periodo dell'anno e le condizioni del terreno sono importanti in questo senso.

Se un albero perde gran parte del suo fogliame, la sua capacità di sopravvivenza dipende in larga misura dalla sua capacità di formare nuovi rami e foglie, si è osservato che alberi molto vecchi hanno una forte tendenza a produrre nuovi germogli epicormici (reiterazione prolettica Muto Accordi) se un ramo viene rotto o ridotto si riformano nuovi germogli mantenendo così la connessione con le parti associate al fusto principale. Inoltre questa capacità di produrre nuove gemme si differenzia da specie a specie la capacità di produrre nuovi germogli da gemme dormienti (*Leggi et al 1996; Read 2000*) in rami che sono cresciuti più lentamente hanno più nodi per metro e quindi più gemme dormienti. Un'altra osservazione riguarda le gemme avventizie che in alcune specie(*Fraxinus excelsior*) si formano più facilmente lungo sbrancature che su rami recisi meccanicamente.

Quando si formano nuovi rami su lesioni questi possono sopravvivere e quindi contribuire alla vitalità della pianta solo se diventano indipendenti dai tessuti esistenti prima che questi vengono degradati da agenti ipnocheuretici

Una volta che è avvenuta la reiterazione tale da produrre sufficienti fotosintati per sostenere la rigenerazione di radici e la produzione di nuovo legno funzionale dal tronco capitozzato la sopravvivenza è di solito assicurata.

Si sono osservati in alberi monumentali lunghe sopravvivenze seguite da morte improvvisa dovute in larga parte dalla perdita di connessione di tessuti vascolari legati all'apparato radicale.

Tale degrado può essere associato con la colonizzazione di colonie di funghi, in tali casi l'albero può morire rapidamente, talvolta tuttavia in vicinanza di radici superstiti possono avvenire nuove reiterazioni epicormiche.

Anche se un albero capitozzato può morire dal taglio della corona ci sono alcune specie come *Salix* sp., *Tilia* sp e *Taxus baccata* che spesso producono nuovi germogli dopo la capitozzatura, altre specie che possono rispondere bene alla mutilazione aumentano la capacità di sopravvivenza se una o più branche vengono conservate come *Ilex aquifolium*, *Carpinus betulus* e *Fraxinus excelsior*.

Alcune specie di quercia compresa *Quercus robur* e *Q. petraea* spesso rispondono bene anche ad una riduzione totale della corona.

8.3 DECADIMENTO DELLE RADICI PRIMARIE

Il decadimento ipogeo nella rizosfera sembra essere una caratteristica comune di tutti gli alberi monumentali, se non sono già interessati a danni ipocheuretici da ferite al tronco.

La sede apparente del decadimento ipogeo è il fittone di origine embrionale. Non è ben chiaro quando si origina o facendo riferimento a Raimbault in quale fase queste radici di origine embrionali diventino disfunzionali ma certo la presenza di carie non è evidente all'esterno fino alla fase di post-maturità

Le carie radicali possono svilupparsi anche in giovani alberi quando le radici vengono danneggiate da scavi. Ben noti esempi di funghi che colonizzano l'apparato radicale primario sono i Basidiomiceti come *Armillaria spp* *Ganoderma spp* *Meripilus giganteus*, *Phaeolus schweinitzii* e l'ascomicete *Ustulina deusta* (Lonsdale 1999 Schwarze et al 2000)

Vasti decadimenti possono essere causati anche da *Inonothus* e *Grifola frondosa* comuni anche su quercie questi funghi sembrano anche che non attacchino le radici fascicolate garantendo una discreta stabilità.

8.4 IL SIGNIFICATO DELL'ALBURNO E DEL DURAMEN NEGLI ALBERI MONUMENTALI

L'alto contenuto di umidità dell' alburno l'insufficiente quantità di ossigeno ostacolano la penetrazione dei funghi nell'alburno. Questa è una forma di difesa passiva contro il decadimento da funghi. (Boddy e Rayner, 1983). Anche se l'alterazione si sviluppa nell'alburno a causa di ferite o malattie la stessa rimane compartimentata dai tessuti legnosi preesistenti il legno è quindi un'ulteriore difesa passiva (Shigo e Marx 1977).

E' possibile che la zona alterata aumenti le dimensioni a causa del disseccamento del legno, ma viene subito contrastato e bloccata dalla reazione dell'alburno che aiuta a compartimentare i tessuti danneggiati, in questa risposta il lume cellulare e gli spazi intercellulari vengono impregnati con sostanze che vengono prodotte dalle cellule del parenchima. Questi materiali di impregnazione possono includere gomme, resine e suberina, nonché composti fenolici che inibiscono la crescita dei funghi e gli incrementi annuali che si formano successivamente all'infezione sono ben protetti da una successiva colonizzazione. La capacità dell'alburno però di rispondere alle lesioni si riduce con l'età, perché le cellule del parenchima hanno una vita limitata.

In alcune specie come il faggio (*Fagus sylvatica*), Il processo di declino delle cellule parenchimali avviene gradualmente nel corso di alcuni decenni riducendo così gradualmente la capacità di risposta alle invasioni fungine come risposta a danni e ferite.

Lo stesso vale per altre specie come *Aesculus hippocastanum* e *Fraxinus excelsior* in cui il duramen è distinto dall'alburno ma è assente l'attività di difesa dell'alburno mentre in specie come *Quercus robur* e *Q. petraea* nonostante la riduzione del parenchima programmata in un certo numero di anni la trasformazione di alburno in duramen è contraddistinta dall'impregnazione di sostanze fenoliche che svolgono un ruolo di difesa passiva .

Specie in cui il duramen è facilmente colonizzato da funghi tendono a vivere di meno rispetto a specie con duramen resistente alla colonizzazione fungina.

Questa differente durata media è dovuta probabilmente alla tendenza del patogeno causa di malattie ipnocheuretiche di necrotizzare l'alburno che con l'esposizione all'esterno del legno che ne viene colonizzato accelerano i problemi di decadimento portando la pianta a morte.

Tale sequenza di eventi è ben riconosciuta in specie come *F. sylvatica*, ma tuttavia se il duramen è resistente come ad esempio in *Q. robur* il degrado causato dai funghi è spesso così lento i danni meccanici sulla massa statica si evidenziano molto tardi, magari dopo secoli, ed in ogni caso si assiste prima ad una riduzione della corona, bisogna tenere conto inoltre che la crescita radiale può in qualche misura compensare lo sviluppo di carie.

8.5 IL RUOLO DI SPECIE FUNGINE NEL DEPERIMENTO O NELLA SOPRAVVIVENZA DEGLI ALBERI MONUMENTALI

Le specie di funghi differiscono notevolmente nella loro capacità di colonizzare gli alberi e incidono diversamente nel loro decadimento e nello sviluppo di carie. (Rayner Bloody 1988 Schwarz et al 2000). Queste differenze si riferiscono alla diversa tolleranza alle condizioni interne del legno come il contenuto di umidità il rapporto ossigeno e anidride carbonica il contenuto di azoto e di varie sostanze di difesa comprese composti che formano barriere fisiche e altre sostanze ad azione fungi tossica o fungistatica. (Pearce 1998) La diversa capacità di adattamento a queste diverse condizioni determina il successo della colonizzazione della massa statica e della massa dinamica dell'albero in funzione della resistenza alla colonizzazione.

Sono diverse le strategie di virulenza dei patogeni fungini che adottano strategie diverse in riferimento alla risposta di difesa dell'albero.

Nella colonizzazione dell'alburno la velocità nel penetrare prima che l'albero produca risposte di difesa post infezionali è fondamentale nel successo della colonizzazione sfruttando energie facilmente assimilabili come gli zuccheri che oltre ad anticipare le strategie di difesa dell'ospite producono micotossine che danneggiano e uccidono le cellule dello xilema e del parenchima .

Funghi di questo tipo sono generalmente conosciuti come patogeni da ferita del tronco e delle radici sono specializzati a penetrare in tessuti funzionali come l'alburno ma non sono in grado di colonizzare vecchie ferite con legno non più funzionale.

Il più aggressivo da ferita fresca è il *Chondrosterum purpureum* che di solito non è associato ad alberi monumentali, ma ci sono altri funghi come lo *Stereum* e la *Bjerkandiera adusta* che possono colonizzare alburno non più funzionale.

Un altro fungo che colonizza alberi deperenti ha seguito di stress termici è lo *Schizophyllum* comune.

Un'altra strategia di infezione della massa dinamica di legno funzionale dell'alburno è quella di colonie consolidate nel durame che riescono a superare le difese e colonizzano l'alburno, funghi di questo tipo sono maggiormente influenti nella longevità delle piante monumentali colonizzando la massa statica.

Per esempio Schwarze e Ferner hanno dimostrato che le specie di *Ganoderma* differiscono nella loro capacità di colonizzare l'alburno Hanno trovato che *G. adspersum* è stato in grado di superare la barriera difensiva tra legno funzionale e massa statica.

Mentre *G. applanatum* non ha avuto questa capacità di penetrazione della barriera ma ha prodotto carie più profonde nella massa statica.

All'interno del legno duramizzato ed impregnato di sostanze antimicrobiche possono vivere solo specie in grado di resistere alle condizioni avverse.

Questi funghi sono in grado di provocare carie estese altri invece come il *Laetiporus sulphureus* tendono ad assumere comportamento endemico e svilupparsi lentamente spesso coesistendo per decenni in alcuni casi secoli prima di determinare danni evidenti uno dei funghi che è più caratteristico in questo senso è la *Fistulina hepatica* che degrada prima i tannini e solo successivamente degrada le pareti cellulari Schwarze 2000

Un'altra strategia importante è quella che alcune specie endofite non mostrano patogenità fino a quando un cambiamento dello stato fisiologico non li rende virulenti (Lonsdale, 1983)

Questi funghi sono comuni in una vasta parte di latifoglie. In alcuni casi una specie è presente all'interno di una striscia di legno di diversi metri di lunghezza all'interno del legno funzionale (Rayner 1981)

Questi funghi diventano virulenti quando cambiano le condizioni di umidità del legno. In alberi monumentali secolari alcuni funghi come *Comedens*, *Vuilemina* e *Pheniophora quercina* svolgono un ruolo positivo nella degradazione di rami deperienti favorendone l'autopotatura prima che questi spezzandosi provochino danni alla corona (Boddy e Rayner 1991). Alcuni di questi endofiti come *Eutypa spinosa* sono in grado di uccidere alberi che ne sono stati attaccati, si conosce peraltro la tossicità della micotossina prodotta la eutopina che gioca un ruolo fondamentale nel mal dell'esca della vite nel causare la morte.

La diversa capacità di sopravvivere negli alberi monumentali dipende dal tipo caria e la capacità di adattamento conservativo nella competizione.

La principale distinzione è tra degrado fragile e decadimento non fragile anche se tra questi estremi si riscontrano molte situazioni intermedie. Nella degradazione meccanica.

Per esempio *Laetiporus sulphureus* produce una caria bruna degradando prevalentemente in maniera selettiva la cellulosa lasciando praticamente intatta la lignina il cui peso specifico rimane sostanzialmente invariato lasciando un legno assai fragile non in grado di sopportare flessione e di estrema rigidità. Al contrario funghi causa di carie bianche degradano in maniera selettiva la lignina lasciando intatta la cellulosa, in alcuni casi estremi come in *Ganoderma* rimane così tanta cellulosa che il legno si può piegare senza spezzarsi.

Un decadimento relativamente fragile può essere prodotto da carie simultanee in cui viene degradata simultaneamente sia cellulosa che lignina come in caso di *Fomes fomentarius*, altre forme di degrado del legno è il marciume molle nel cui vengono degradate le pareti cellulari che perdono così rigidità. Il marciume molle è indotto da un'ampia gamma di specie come *Inonothus* (Schwarze 1995) si trova comunemente in vecchi esemplari di frassino maggiore.

Gli alberi modificano la loro capacità di crescita in funzione del loro modello indefinito quest'idea è basata più su l'osservazione e su ipotesi teoriche piuttosto che su dati di rigore scientifico.

Una delle maggiori cause di decadimento in alberi monumentali è data dalle condizioni della rizosfera per quanto riguarda asfissia e umidità dove si è osservato una colorazione bluastro in alberi in asfissia da condizioni idropiche della rizosfera o suoli compattati.

Ma sembra che anche in terreni con struttura ricca di scheletro e drenanti si sono osservate alcune radici bluastre, sembra a causa della respirazione nella rizosfera sia di radici che della flora microbica in grado di creare locali condizioni di anossiche.

Anche se ci sono molte incertezze sulla quantificazione dei danni è ormai convinzione comune che la senescenza degli alberi monumentali sia in larga parte attribuibile a regressioni della rizosfera.

Nutrienti minerali come il potassio sono sequestrati nel legno di vecchi alberi ma non è chiaro se questo processo determini un deficit fisiologico all'albero.

Inoltre il processo di decadimento rilascia sostanze nutritive che possono essere riassorbite dall'albero stesso. In molti casi l'albero stesso produce reiteratione di radici avventizie all'interno di cavità degradate in modo da riassorbire i nutrienti rinchiusi nella sua cavità. In conclusione l'invecchiamento degli alberi è spesso paragonato a quello degli animali e ci sono in effetti alcune analogie che possono essere riconosciute.

Tuttavia ci sono differenze fondamentali sia a causa del modello di crescita indefinita e lo sfruttamento dei loro tessuti morti e degradati microbicamente.

8.6 I MARCIUMI RADICALI

Sono causati da funghi in grado di alterare la vitalità e la funzionalità meccanica del sistema vascolare ipogeo. L' infezione può limitarsi ad un settore delle radici: in tal caso la pianta colpita non muore, difficilmente manifesta sintomi sulla chioma, ma può schiantarsi, se sollecitata dal vento, venendo a mancare l' ancoraggio al terreno.

Se invece l' infezione interessa tutto l' apparato radicale, provoca in tempi più o meno brevi il deperimento e la morte del soggetto colpito. Nelle latifoglie la chioma ingiallisce perdendo progressivamente densità o, talvolta, disseccando all' improvviso.

Gli agenti di marciume radicale, comuni in forma endemica in foresta, possono assumere carattere epifitico quando si passa a formazioni artificiali, quali parchi e giardini.

Possono diffondersi per contatto radicale tra piante sane e infette (*Armillaria spp.*, *Heterobasidion annosum*, *Ganoderma spp.*), avvalendosi di organi di propagazione quali le rizomorfe (*Armillaria spp.*) o partendo da residui legnosi infetti presenti nel terreno.

Ganoderma spp. è certamente il più subdolo perché può comportarsi sia come agente di carie, rimanendo per anni nel tronco della pianta senza indurre la manifestazione di sintomi esteriori, sia come agente di marciume radicale, passando dal tronco alle radici.

È dotato di elevata potenzialità diffusiva, essendo in grado di infettare molte specie,

come dimostrano le sempre più frequenti forme di deperimento segnalate su vecchi esemplari di platano , pioppo, acero, quercia, ippocastano, tiglio ecc.

Negli alberi il cilindro legnoso è costituito da xilema e floema secondari generati dalla periodica attività del cambio responsabile dell' aumento diametrico del fusto, o della radice, e della formazione degli anelli di crescita.

9 LA SENESCENZA DEI TESSUTI VASCOLARI

La principale causa della perdita di funzionalità degli elementi vascolari è l'embolia gassosa favorita dalla depressione che si viene a creare durante la traspirazione quando il liquido che si viene a creare durante la traspirazione ha una pressione inferiore a quella atmosferica.

L'embolia degli elementi conduttori segna l'inizio della senescenza del legno. Alcune cause d'embolia possono essere grave siccità, ferite ed infezioni di microorganismi. Durante il periodo di riposo, quando la temperatura scende di almeno 1- 2 gradi sotto lo zero, la soluzione negli elementi conduttori gela, aumenta di volume e produce bolle gassose. Al disgelo molti elementi conduttori rimangono embolizzati. L'evidenza sperimentale condotta indica che quanto è più piccolo il volume interno dell'elemento conduttore tanto è più facile è la reversibilità dell'embolo al disgelo, per questo le tracheidi ed i vasi autunnali sono meno soggette ad embolismo invernale rispetto ai vasi primaverili.

L'embolia da disgelo degli elementi vascolari è il motivo per cui molte angiosperme arboree lo sviluppo delle foglie deve essere preceduto dalla generazione di nuovo cambio di nuovo xilema funzionale. Si ritiene che i vasi primaverili perdano per primi la funzionalità, addirittura già al termine del primo anno, mentre i vasi autunnali e le tracheidi trasportano linfa ancora per qualche anno.

L'inizio del marcato incremento centripeto del contenuto d'aria del legno è tanto più anticipato quanto maggiore è la conduzione di acqua è affidata esclusivamente ai grossi vasi primaverili. Gli elementi embolizzati vengono isolati da quelli ancora sani attraverso vari meccanismi nelle conifere ad esempio attraverso l'aspirazione delle punteggiature e poi con il ritorno in posizione normale del toro e la sua saldatura ai bordi della cavità con sostanze che incrostanto la membrana. Nelle dicotiledoni gli elementi embolizzati sono chiuse con tille e/o con versamenti di gomme. La formazione di tille è possibile solo attraverso punteggiature di almeno 10 micron di diametro, di regola segue e non precede l'embolia degli elementi conduttori.

Alla nostra latitudine, la comparsa di tille entro vasi primaverili è osservabile già in ottobre ed in dicembre è quasi completa; vasi autunnali, invece, rimangono funzionali per parecchi anni. I versamenti occlusivi di gomme possono essere fatti da cellule paranchematiche paratracheali attraverso le punteggiature. Alternativamente a questi meccanismi in certe piante l'occlusione è realizzata mediante suberificazione e /o lignificazione delle punteggiature.

Tutti questi fenomeni occlusivi si evidenziano a partire della zona di transizione tra alburno e duramen, di conseguenza il duramen ha una capacità di trasportare acqua di gran lunga inferiore a quella dell'alburno.

La formazione del duramen, conseguenza della senescenza dello xilema secondario, è contraddistinta da un calo di tutti quei parametri che vengono usati come marcatori dei processi vitali cellulari (es. la respirazione) e da trasformazioni degenerative delle cellule parenchimatiche, radiali ed assiali, con comparsa di depositi di olii, resine, gomme, tannini e sali minerali.

Queste sostanze possono impregnare le pareti, riempire i lumi cellulari, gli spazi intercellulari o le tille già versate negli elementi vascolari. La loro deposizione può implicare o meno a seconda della specie botanica, un trasporto attivo centripeto attraverso i raggi midollari. La colorazione scura del duramen è di regola effetto della deposizione di lignina e di polifenoli..

9.1 MECCANISMI DI DIFESA ANTIMICROBICA NEL TESSUTO SECONDARIO

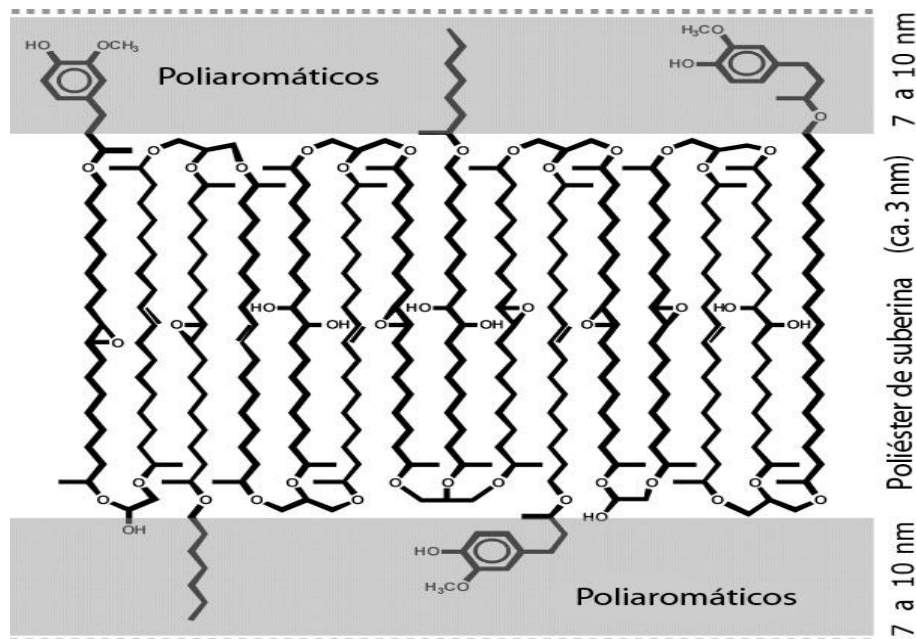
Nelle piante legnose, contrariamente a quanto accade in quelle erbacee, si ha un notevole sviluppo dei tessuti secondari.

Lo xilema secondario costituisce il legno, mentre floema, corteccia e peridermi formano la corteccia che rappresenta una notevole difesa costitutiva. Infatti oltre alle pareti suberificate agenti da barriere strutturali all'infezione, sono presenti sostanze a basso peso molecolare con

proprietà antimicrobiche tollerate solo da alcuni funghi che così riescono a penetrare queste superfici secondarie.

La riparazione del periderma in corrispondenza del sito danneggiato, che viene isolato dal resto della pianta mediante una barriera suberificata duratura, è una comune risposta di difesa nei confronti di ferite ed infezioni microbiche a livello dei tessuti corticali e floematici.

Nella corteccia e nel legno i meccanismi di difesa spesso devono rimanere efficaci per parecchi anni a tal fine le difese strutturali sono più durature degli inibitori chimici spesso facilmente diffusibili o chimicamente labili. In molte specie legnose la suberificazione dei tessuti xilematici indotta da infezioni o ferite riveste un ruolo importante nella difesa dell'ospite. Inoltre, considerando che la suberina è un etero polimero (alifatico e aromatico) completamente diverso dalle altre componenti della parete cellulare, è verosimile che la maggior parte dei funghi lignicoli siano provvisti di mezzi adeguati per neutralizzarla



Infatti, finora solo in *Armillaria mellea* è stata evidenziata la capacità di degradare tale polimero (Zimmermann & Seemüller, 1984). Nelle piante la suberina costituisce una barriera di permeabilità associata soprattutto alle ferite. Nell'alburno, la suberificazione può quindi limitare l'entità del danno al trasporto xilematico causato dalla colonizzazione microbica. Naturalmente altri meccanismi di difesa di tipo chimico sono di estrema importanza nelle prime fasi delle infezioni.

9.2 MECCANISMI DI DIFESA CHIMICA

9.2.1 Le difese chimiche passive

comprendono una serie variamente diversificata di metaboliti secondari assieme a composti di natura proteica avente attività biocida.

Le piante in mancanza di un sistema immunitario hanno esaltato il metabolismo secondario nel corso dell'evoluzione, specie quello degli isoprenoidi, nella sintesi di innumerevoli composti di difesa. Alcuni già formati e biologicamente attivi altri nella forma di precursori inattivi, che vengono attivati da enzimi, come le glicosidasi, di norma segregati in specifici spazi cellulari, i quali in seguito al danneggiamento entrano in contatto con i loro precursori.

La localizzazione di questi composti è spesso specifica, tuttavia è stato osservato che sono concentrati negli strati cellulari più esterni, dei vari organi della pianta in tale modo riescono ad interferire più facilmente con i vari patogeni

I composti chimici preformati ad attività antifungina maggiormente indagati con esclusione delle proteine da difesa sono le saponine, i glucosidi ciangenetici, glucosinolati, polifenoli, o i felpropanoidi

9.2.2 Le difese attive o inducibili

Al riconoscimento fa seguito una cascata di eventi a livello cellulare biochimico inducendo la trascrizione di geni codificanti per proteine da difesa queste proteine, definite "pathogenesis-related (PR)", sono state per la prima volta isolate dal tabacco infettato con virus TMV e successivamente anche da altre piante sottoposte a vari tipi di stress. Le proteine PR sono state recentemente suddivise in 17 famiglie sulla base della loro sequenza primaria, delle relazioni sierologiche e sulla base dell'attività enzimatica o biologica. Alcune di queste, in particolar modo quelle appartenenti alla famiglia PR-4, hanno ancora una funzione sconosciuta, altre sono dotate di un'attività enzimatica, altre esercitano una azione di permeabilizzazione della membrana plasmatica ed, in generale, tutte mostrano una più o meno spiccata attività antifungina nei confronti di numerosi fitopatogeni.

Le proteine PR vengono principalmente indotte durante la risposta sistemica acquisita (SAR) e compaiono in tessuti della pianta distanti rispetto a quello infettato. In effetti, rispetto alle alterazioni caratteristiche che avvengono nell'ospite successivamente all'incontro con il patogeno, quello della trascrizione dei geni che codificano per le proteine PR è un evento piuttosto ritardato. Questo ha, in un primo tempo, lo scopo di ridurre la grandezza ed il numero delle lesioni generate al sito di infezione che determina la risposta ipersensibile (HR) ed, in generale, blocca la diffusione del patogeno negli altri tessuti della pianta. L'espressione di queste proteine viene indotta da una serie di elicitori che possono, ad esempio, originarsi dalla parete cellulare del patogeno e che includono frammenti di chitina e di glucano, peptidi e glicoproteine extracellulari secrete da alcune specie di funghi, oligosaccaridi e proteine di origine batterica. Oltre a questi si è, però, visto che anche sostanze prodotte dall'ospite, che servono come segnali secondari per attivare le difese della pianta, possono indurre l'espressione dei geni per le proteine PR. Tra queste ritroviamo, ad esempio, specie reattive dell'ossigeno, acido salicilico (SA), etilene e giasmonato. Le proteine PR acide vengono principalmente espresse in risposta al rilascio di SA, mentre i geni che codificano per quelle basiche vengono trascritti in risposta alla produzione di etilene e giasmonato. Questi elicitori si pensa che svolgano la loro azione interagendo con delle sequenze regolatorie che sono state identificate a livello del promotore di alcuni geni per le proteine PR

Tra tutte le famiglie descritte la PR4 è tra le meno caratterizzate. Essa è costituita da proteine con una massa molecolare compresa tra i 13 kDa (classe I) ed i 20 kDa (classe II), caratterizzate da una spiccata attività antifungina nei confronti di numerosi funghi patogeni.

Le proteine appartenenti alla prima classe, sono caratterizzate da un dominio NH₂-terminale ricco di cisteina di circa 5 kDa simile all'eveina, una piccola proteina antifungina che lega la chitina, e da un dominio C-terminale di circa 13 kDa. Anche se il meccanismo d'azione di tali proteine non è stato ancora completamente chiarito è stato ipotizzato che le proteine PR4 di classe I, possedendo il dominio N-terminale hevein-like, potrebbero legare la chitina in via di formazione sulla parete cellulare fungina, alterando la polarità cellulare e, di conseguenza, anche la crescita del fungo.

La seconda classe della famiglia PR4, invece, è contraddistinta da proteine prive del dominio N-terminale eveina-simile e caratterizzate esclusivamente dal dominio C-terminale di 13 kDa; di queste, ne sono state isolate alcune isoforme sia da dicotiledoni che da monocotiledoni

9.3 LA RESISTENZA INDOTTA

L'induzione di resistenza è il fenomeno mediante cui la pianta, qualora opportunamente acquisisce una sorta di immunità nei confronti di patogeni virulenti essa può instaurarsi in seguito al contatto con un patogeno incompatibile, e quindi ad HR o mediante trattamento con composti chimici.

Inoltre può essere locale

La resistenza sistemica acquisita

Gli aspetti di base e applicativi della resistenza indotta nelle piante, fenomeno descritto per la prima volta all'inizio del XX secolo, sono stati ampiamente studiati negli ultimi trent'anni. Due forme di resistenza indotta: systemic acquired resistance (SAR) e induced systemic resistance (ISR) sono state descritte come distinti fenomeni, sulla base degli induttori che le generano e delle vie metaboliche ad esse associate (Walterse Heil, 2007).

La SAR indotta biologicamente nelle piante si sviluppa in presenza di morte cellulare localizzata, principalmente quella causata da patogeni che inducono reazione di ipersensibilità.

Questa resistenza segue una via metabolica dipendente dall'acido salicilico ed è associata all'espressione di geni per le proteine della patogenesi (PR). L'ISR è indotta invece da alcuni rizobatteri in grado di promuovere lo sviluppo delle piante; si manifesta attraverso l'attivazione di una via metabolica

dipendente da etilene e acido jasmonico; non è associata all'espressione di geni PR.

SAR e ISR hanno un ampio spettro d'azione che si esplica nei confronti di virus, batteri, fitoplasmi, oomiceti, funghi e stress abiotici.

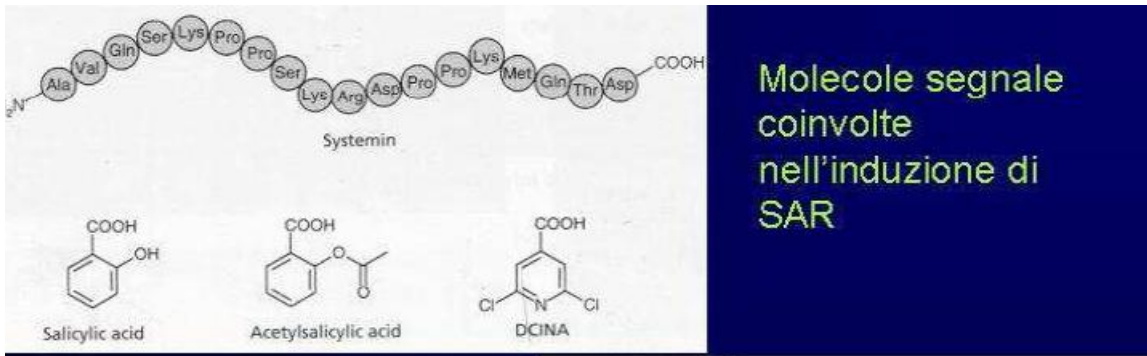
Mediante indagini genetiche e molecolari è stato possibile: i) chiarire molti aspetti delle vie di trasduzione di segnale che conducono all'espressione della resistenza indotta, soprattutto nella pianta modello *Arabidopsis thaliana*; ipotizzare alcuni meccanismi responsabili della resistenza.

I risultati di tali ricerche hanno condotto tra l'altro alla scoperta di diversi induttori chimici di SAR (Schreiber e Desveaux, 2008), tra i quali l'acibenzolar-S-metile, un analogo funzionale dell'acido salicilico, risulta essere il più efficace nella difesa delle malattie delle piante (Scarponi et al., 2000; Buonauro et al., 2002; Iriti e Faoro, 2003; Leadbeater e Staub, 2007; Faoro et al., 2008). Nonostante l'intensa attività di ricerca di quest'ultimi anni, molti aspetti della resistenza indotta rimangono ancora da chiarire.

La ricerca di base, attraverso genomica, trascrittomica e soprattutto proteomica e metabolomica, potrà stabilire tra l'altro la natura del/i segnale/i di lunga distanza che assicurano le proprietà sistemiche della resistenza e fornire ulteriori informazioni sulle complesse intercomunicazioni esistenti tra le vie metaboliche della SAR e della ISR (Pieterse e Van Loon, 2007), un punto assai utile per sfruttare entrambi i tipi di resistenza, che come noto hanno in *Arabidopsis* spettri d'azione diversi. La ricerca applicativa, attraverso lo studio degli effetti di fattori climatici, edafici e delle pratiche colturali sull'espressione della resistenza potrà, ad esempio, permettere di spiegare la variabile efficacia degli induttori chimici di SAR osservata in pieno campo, un aspetto che rappresenta uno dei principali ostacoli allo sfruttamento nella pratica della resistenza indotta.

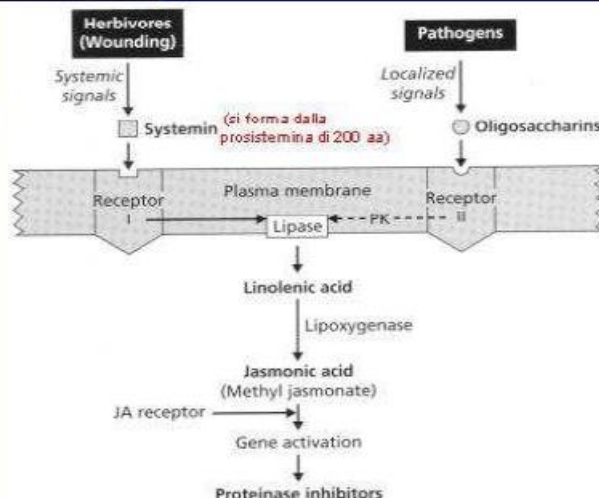
La resistenza sistemica acquisita(SAR) si manifesta verso un ampio spettro di patogeni, di natura fungina batterica e virale, ed è indotta da lesioni ad esito necrotico, comunque prodotte, ma più spesso di HR/SAR si manifesta dopo intervalli di tempo variabili ma relativamente ampi (1 e 2 giorni) anche in organi distali rispetto a quelli in cui è avvenuto il contatto con l'induttore. In questi ultimi si parla di resistenza locale acquisita(LAR).

L'acquisizione di resistenza è associata all'espressione dei geni PR(Pathogenesis



Risposta alle ferite

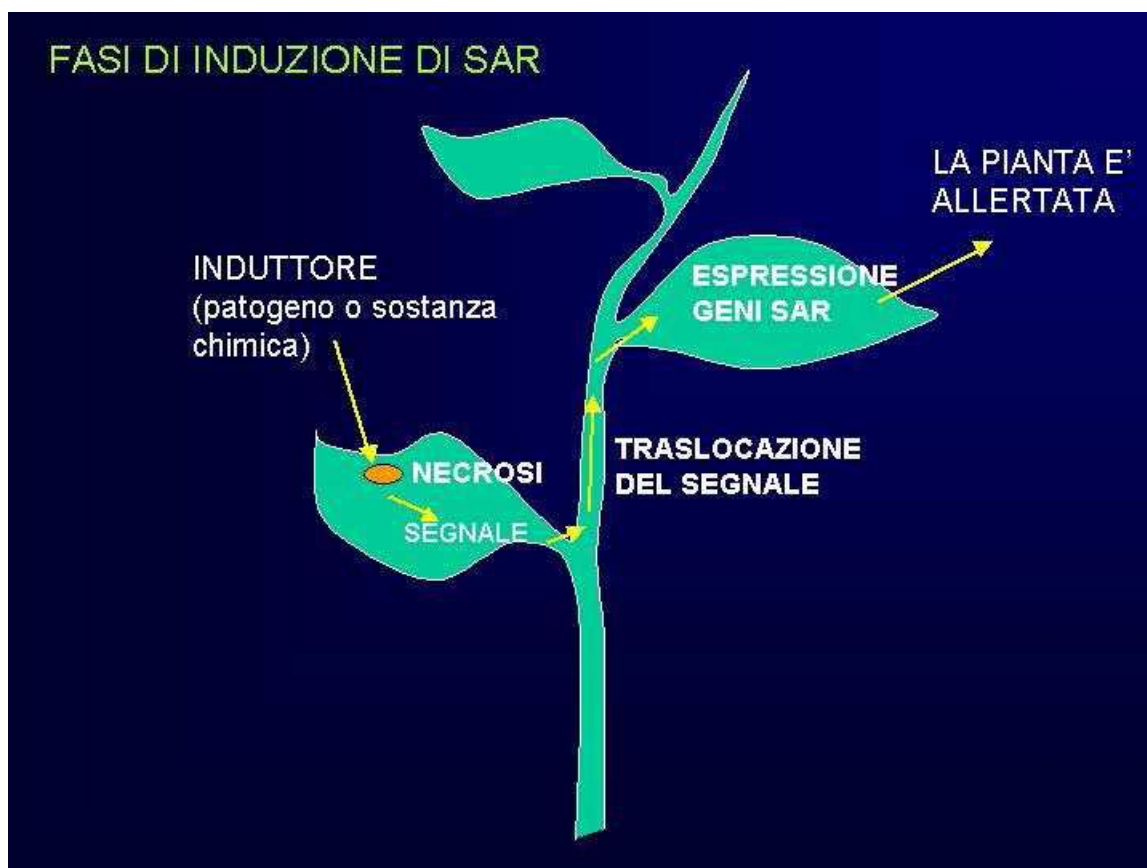
Quando i tessuti della pianta sono danneggiati da ferite meccaniche, insetti ecc. i geni di difesa sono attivati nelle cellule vicine alla ferita. Questi geni codificano ad es. inibitori delle proteasi che rendono la pianta "indigesta" all'insetto ed erbivori. Tali inibitori vengono sintetizzati anche in parti lontane della pianta.



related) codificanti per le proteine di patogenesi(PR) considerate i marcatori molecolari di SAR.

L'attivazione dei geni PR è a sua volta, mediata dall'acido salicilico(S.A)

SA elicit le difese attive delle piante in due differenti modi. Nel primo, funge da stimolo nell'attivazione del segnale molecolare di SAR, inducendo la neosintesi di proteine legandosi ad una proteina specifica (salicylic acid binding protein) coinvolta in qualche modo nella trasduzione del segnale stesso. Nel secondo, inibisce le catalasi, inizialmente come SAPB1, e l'ascorbato per ossidasi, enzimi capaci di degradare H2O2, incrementando la produzione cellulare di questa importante ROS.



Poiché SAR rientra nella normale risposta di difesa dei binomi incompatibili, essa può essere artificialmente indotta mediante una preinoculazione con patogeni necrogeni, oppure usando degli induttori chimici di resistenza.. Questi sono dei composti sintetici in grado di attivare le difese inducibili della pianta, comportandosi come elicitori.

Tra i più noti, data l'alta efficacia, è il benzotidiazolo(BTH).

La resistenza indotta, nella sua accezione di SAR, può essere elicitata mediante il trattamento a base di composti, sia naturali che di sintesi, i quali al pari degli elicitori, stimolino la risposta di difesa della pianta.

I più importanti induttori di resistenza sono il benzotidiazolo(BTH), l'acido B-aminobutirrico(BABA) ed il chitosano.

BTH è un analogo funzionale di SA e pertanto come quest'ultimo, è in grado di attivare i meccanismi di resistenza legati a SAR.

Tuttavia, mentre il trattamento per via esogena di SA determina citotossicità ed induce una resistenza locale, BTH al contrario è ben tollerato dalle piante alle comuni dosi di impiego, attivando una difesa di tipo sistemico.

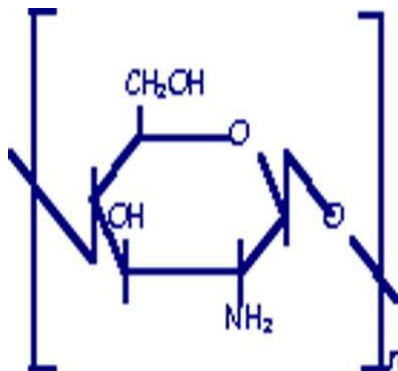
Inoltre è immediatamente metabolizzato e quindi non lascia residui ed ha impatto ambientale molto basso se non nullo.

BTH al pari e più efficacemente di SA, funge da attivatore di SAR così come dimostrato dall'espressione di geni di PR ed è in grado di indurre SAR anche in piante che non accumulano SA senza che venga indotta morte cellulare.

Gli studi condotti sull'aminoacido non proteico BABA sono decisamente più rari rispetto a BTH si è dimostrato efficace nei confronti di patogeni batterici, virali e fungini, BABA sembra inoltre avere efficacia curativa.

Tuttavia l'intervallo di concentrazione tra la dose efficace e la soglia di citotossicità non è molto ampio.

Il suo meccanismo d'azione oltre a non essere completamente chiarito, sembra che ci possa essere anche una risposta non solo legata all'ospite ma dall'interazione pianta-patogeno. Pertanto in alcuni casi, esso induce una resistenza mediata da SA con sintesi di PR mentre in altre sembra agire



indipendentemente da SA, JA o dall'etilene.

Il chitosano è un polimero naturale dalla deacetilazione della chitina, il principale costituente della parete cellulare dei funghi essi posseggono delle deacetilasi per compiere tale trasformazione, incorporando nei loro rivestimenti esterni una certa quantità di chitosano, al fine di eludere l'azione delle chitinasi dell'ospite almeno in certi funghi.

Molteplici sono le malattie verso le quali il chitosano si è dimostrato efficace, il suo meccanismo di azione è mediato da una reazione di ipersensibilità HR con la conseguente sintesi di proteine di PR, di fitoalessine, di ribonucleasi e l'induzione finale di LAR e di SAR. E stimolando la via del Jasmonato.

9.4 MECCANISMI DI RESISTENZA DELLE PIANTE ARBOREE A PATOGENI E INSETTI

Per lungo tempo, e a tutt'oggi in molti casi, il principio di base per incrementare le difese naturali delle piante è stato quello di favorire il cosiddetto 'vigore', una misura piuttosto soggettiva del 'benessere' della pianta, quasi sempre equiparato alla chioma.

Non c'è dubbio che una certa visione antropocentrica sia una componente significativa di questo approccio.

Per esempio, una delle raccomandazioni più comuni per aumentare la resistenza delle piante arboree, particolarmente in ambienti più controllati come quello urbano, è quella di fertilizzare le piante per renderle più resistenti. In realtà, vigore e resistenza sono spesso contrapposti.

9.5 L'EVIDENZA

Nel caso degli insetti nocivi, una sintesi fornita da Koricheva et al., (1998) illustra questo punto molto bene. La cosiddetta "plant stress hypothesis" (PSH), secondo la quale piante soggette a condizioni di stress sono più suscettibili ad attacchi d'insetti perché i tessuti diventano più nutritivi o le concentrazioni di fenoli si abbassano, è diventata quasi paradigmatica, ma in realtà gran parte dell'evidenza a supporto della PSH è alquanto circostanziale.

La meta-analisi di 70 studi diversi dimostra che, in generale, non c'è relazione fra stress abiotico (idrico, da carenza di nutrienti, o inquinamento atmosferico) e tasso di crescita, fecondità, sopravvivenza o densità di colonizzazione di insetti nocivi appartenenti a diverse categorie funzionali: insetti fitomizi, minatori, galligeni, defogliatori e xilofagi.

Gli autori hanno inoltre rilevato una grande variabilità nei risultati, associata soprattutto alle diverse categorie.

In termini di prestazioni, la meta-analisi dimostra che, in generale, gli insetti xilofagi e i fitomizi sono favoriti su piante stressate, mentre i defogliatori e gli insetti galligeni sono sfavoriti. In definitiva, lo studio conferma le ipotesi di Larsson (1989), secondo cui, in termini di prestazioni su piante stressate, le diverse categorie possono essere classificate come favorite da condizioni di stress dell'ospite come segue: xilofagi > fitomizi > minatori > defogliatori > galligeni. In situazioni sperimentali in cui più di due livelli di stress (piante stressate/non stressate) sono stati usati è stato notato che spesso le prestazioni degli insetti aumentano con lo stress fino ad un livello soglia, per poi diminuire, cioè in funzione quadratica.

Ovviamente la situazione è complicata ulteriormente da interazioni fra l'ambiente, il genotipo della pianta ospite, e il background genetico della particolare popolazione dell'insetto.

In ogni caso, fra i defogliatori, un risultato molto interessante della meta-analisi è che questi insetti sembrano più favoriti dallo stress su piante a crescita rapida che non su piante a crescita lenta.

Anche questo risultato appare quindi in contrapposizione con il paradigma vigore = resistenza.

È comunque ovvio che per poter prevedere le risposte degli insetti a varie situazioni di stress per l'ospite è fondamentale capire quali siano le risposte fisiologiche della

pianta alle varie situazioni di stress. Uno degli stress più importanti è, naturalmente, lo stress idrico, ma in molti casi altrettanto importante è il cosiddetto stress nutrizionale, spesso dovuto a carenze di azoto, l'elemento meno disponibile e più limitante alla crescita vegetale in ambienti più o meno naturali.

Studi sugli effetti della disponibilità di azoto sono principalmente, e per necessità, incentrati su piante arboree in ambienti controllati, come ad esempio nel paesaggio urbano.

Varie ipotesi hanno cercato di modellare la risposta della pianta alla disponibilità variabile di azoto.

Praticamente tutte evidenziano una compensazione fra condizioni che favoriscono la crescita della pianta (per esempio alta fertilità azotata) e accumulo di sostanze di difesa

contro insetti e patogeni (principalmente metaboliti secondari). Fra le varie ipotesi con maggior credito, forse la più matura (Stamp, 2003) è la "growth-differentiation balance hypothesis" (GDBH) (ipotesi del bilancio crescita differenziamento) (Herms e Mattson, 1992).

In situazioni in cui il tasso netto di assimilazione (fotosintesi) ha raggiunto livelli stabili (di saturazione) la GDBH prevede una compensazione fra carbonio usato per il metabolismo primario (fondamentalmente, tasso di crescita relativa) e quello usato per il metabolismo secondario costitutivo.

In effetti, Herms (2002) ha dimostrato che in quasi tutti i casi in cui è stata studiata, la fertilizzazione azotata, pur rendendo gli alberi più vigorosi, o non ha effetto sulla resistenza, o gli alberi diventano più suscettibili agli insetti nocivi.

Questo è vero anche per grandi esperimenti di fertilizzazione in bosco, che comunque in generale non sono attendibili perché caratterizzati da mancanza di replicazione a fini statistici.

Casi in cui la maggior vigoria di piante conduce a maggior suscettibilità a insetti sono stati documentati anche in situazioni di gradienti naturali di fertilità del suolo.

Recentemente è stato dimostrato un effetto in questa direzione anche nel caso dell'interazione fra *Pinus resinosa* e *Diplodia pinea* (agente di disseccamenti comune anche in Italia) (Blodgett et al., 2005).

Resta comunque vero che, in generale, conifere in condizioni di stress moderato, anche nutrizionale, sono in genere più suscettibili ad insetti floematici come gli scolitidi.

Uno dei fatti più interessanti venuti alla luce in studi recenti condotti è che l'eccessiva fertilità del suolo può portare anche a scompensi a livello di colonizzazione da parte di microrganismi benefici come i funghi micorrizici. Finora si era pensato che un eccesso di azoto o fosforo fosse direttamente inibitorio per questi funghi associati così intimamente al suolo, ma è senz'altro possibile che la depressione della colonizzazione micorrizica di piante soggette ad eccessiva fertilità

sia dovuta anche a complessi meccanismi di feedback positivo attuati attraverso effetti incrociati a livello di metabolismo secondario. Kleczewski, Herms, e Bonello (non pubblicato) hanno infatti documentato, su *Betula papyrifera*, effetti della fertilità eccessiva a livello di apparato radicale che sono praticamente opposti a quelli evidenziati più sopra per la parte epigea della pianta.

Se infatti il metabolismo secondario a livello di foglie e floema secondario del fusto e dei rami tende ad essere soppresso in condizioni di elevata fertilità (in correlazione negativa con i tassi di crescita del fusto e della chioma), a livello di radici primarie e secondarie la situazione è invertita, con ridotti tassi di crescita/espansione dell'apparato radicale, associati a maggiori livelli di metaboliti secondari (particolarmente lignine) e ad una riduzione della colonizzazione micorrizica.

Come se non bastasse, la situazione si complica ulteriormente quando le piante sono contemporaneamente interessate da organismi diversi, per esempio un patogeno radicale e uno scoltide (una situazione comunissima nei soprassuoli forestali). Indipendentemente dalla comunità biotica nel suo complesso, la mera presenza di un patogeno può rendere una pianta più o meno suscettibile ad un insetto (e viceversa), a seconda di molti fattori, alcuni ambientali (tipo quelli esposti qui sopra), altri biotici.

Nel secondo caso, è sempre più chiaro che fenotipi attenenti a fenomeni di resistenza (o suscettibilità) sistemica indotta possono essere molto importanti nella definizione della resistenza di un albero. In studi è stato dimostrato, per esempio, che piante mature di *Pinus ponderosa*, inoculate in bosco con *Heterobasidion annosum* (agente di marciume radicale), diventano più resistenti all'attività trofica del coleottero scoltide *Ips paraconfusus*

(McNee et al., 2003) Similmente, piante di pino di Monterey (*Pinus radiata*) inoculate in campo con *Fusarium circinatum* (agente del cancro resinoso dei pini) diventano più resistenti ad inoculazioni successive con lo stesso patogeno (Bonello et al., 2001).

In entrambi i casi il fenomeno descritto viene definito come resistenza sistemica indotta (systemic induced resistance o SIR). Più recentemente abbiamo dimostrato che l'ospite, in

questo caso il pino nero, è in grado di mediare interazioni fra un patogeno come *D. pinea* e un insetto defogliatore come *Neodiprion sertifer* (comune in Italia). In particolare, inoculazioni con il patogeno possono rendere l'ospite ancora una volta più resistente a successivi attacchi, sia da parte dello stesso patogeno, sia dell'insetto, e viceversa (Eyles

et al., 2007). Tali fenomeni di SIR sono stati dimostrati ripetutamente nel sistema *P. nigra* - *D. pinea*, a patto che l'induzione venga praticata nel floema secondario del fusto o di un ramo e l'inoculazione successiva avvenga pure in un'area diversa del fusto o un ramo (Blodgett et al., 2007; Eyles et al., 2007).

In tutti questi casi, se si ritiene che l'inoculazione iniziale (l'induzione) sia un caso di stress biotico, allora nuovamente la contrapposizione fra vigore e resistenza appare lampante. D'altro canto però, abbiamo documentato casi in cui un'induzione da patogeno sul fusto induce suscettibilità sistemica indotta (systemic induced susceptibility - SIS) sui getti, sia allo stesso patogeno (Blodgett et al., 2007), sia a patogeni diversi, per esempio nel caso *H. annosum* - *P. nigra* - *D. pinea* (Bonello et al., 2008).

Questi fenomeni hanno quasi sicuramente un significato ecologico, perché appare possibile che alberi interessati da stress biotico possano risultare più, e non meno, resistenti ad attacchi successivi.

Questo fenomeno è esemplificato dal fatto che in studi sull'epidemiologia del cancro resinoso del pino di Monterey è stato notato che, in parecchie zone d'incidenza della malattia, molte piante sono andate in remissione nel tempo, anche a partire da situazioni di epidemia molto diffusa (Gordon, 2006). E più recentemente Gordon et al., (comunicazione personale) hanno condotto inoculazioni di alberi in aree con due tipologie contrastanti: la prima comprendente zone affette da più di un decennio di epidemia, la seconda senza segni evidenti di malattia o con una storia epidemica molto più breve (< 2 anni). Le piante nella zona a più lunga incidenza della malattia si sono rivelate, in media, più resistenti di quelle caratterizzate da una storia epidemica più breve. Inoltre, la frequenza delle lesioni più lunghe causate dal patogeno in seguito alle inoculazioni (la misura della suscettibilità) si è rivelata più alta fra le piante nella seconda area. Tutto ciò suggerisce che le piante esposte al patogeno (senz'altro una fonte di stress biotico) in media diventano più, e non meno, resistenti allo stesso patogeno nel tempo. Si crede chesia un esempio convincente dell'espressione del fenomeno di SIR in bosco. Recentemente, tutti questi concetti sono stati usati per la formulazione della cosiddetta ipotesi SIR (Bonello et al., 2006)

9.6 EFFETTI DELLA RESISTENZA INDOTTA SULLA FITNESS DELLA PIANTA

Un aspetto non trascurabile correlato all'attivazione ed all'induzione di SAR, riguarda il costo energetico che la pianta deve sostenere , e che potrebbe gravare sul suo stesso adattamento.

Difatti, i vari meccanismi di resistenza indotti in seguito all'elicitazione sia essa legata al riconoscimento di geni del patogeno che all'impiego di elicitori sintetici come il BTH, impongono all'organismo vegetale il dirottamento di parte delle proprie risorse genetiche verso quelle vie metaboliche secondarie responsabili della sintesi dei composti di difesa, quali le fitoalesine, la lignina ed altre sostanze impregnanti la parete della cellula , della sintesi proteica delle proteine da patogenesi PR, a questo bisogna aggiungere gli effetti auto tossici, il tutto però deve essere valutato dalla compensazione della riduzione del danno da parte del patogeno.

In genere è stato osservato che l'influenza dell'induttore sulla fitness è legato a fattori delle singole specie, ma soprattutto dalle condizioni di equilibrio in definitiva dallo stato di salute come espressione di sto energetico ottimale

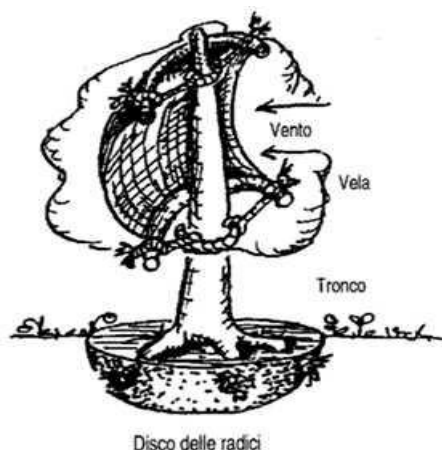
In conclusione è di fondamentale importanza capire che ogni singolo meccanismo di difesa non può da solo essere responsabile della resistenza ad un determinato patogeno, anche nel caso in cui determinati geni della pianta e del patogeno siano coinvolti in una resistenza di tipo gene per gene (Ellingboe,1981;Dixon&Lamb 1990 Gabriel&Rolfe,1990; Minardi,1995.

Negli alberi la resistenza alle malattie deve essere piuttosto considerato come il risultato di diversi meccanismi di difesa operanti in modo complementare e tra questi bisogna aggiungere quelli passivi operanti prima dell'infezione,

Diverse risposte di difesa vengono attivate dopo l'infezione e la sequenza temporale con cui coinvolgono il sito di infezione è determinante per la resistenza alla malattia.

9.7 LE TECNICHE DI VALUTAZIONE DELLA STABILITA DEGLI ALBERI (vta - visual tree assessment)

Solo su esemplari molto vecchi e con grosse ferite le carie sono evidenziate da seccumi alla chioma. Per tale motivo, in mancanza di sintomatologie evidenti, la loro presenza ed estensione



all'interno della pianta richiede controlli strumentali periodici e mirati.

Il metodo VTA (valutazione visiva dell'albero) consta di tre fasi.

Controllo visivo dell'albero al fine di ricercare sintomi esterni di difetti interni. Se la distribuzione costante delle tensioni nell'albero viene disturbata a seguito di difetti, l'albero reagisce producendo

più legno nel punto sovraccaricato. In tal modo rigonfiamenti e depressioni si formano in prossimità delle cavità cariate e costolature vicino alle fenditure.

Se vengono riscontrati dei sintomi bisogna procedere ad un esame più approfondito per confermare e misurare il difetto correlato. Questo è possibile o misurando la velocità di un'onda sonora che passa attraverso la sezione trasversale o con metodi penetrometrici. La resistenza del legno sano rimasto viene determinata utilizzando il Fractometer, strumento tascabile per la valutazione del legno.

Conosciuta la dimensione del difetto e la qualità del legno vengono applicati dei criteri di previsione di schianto per determinare se l'albero sia o meno pericoloso.

Il VTA è un metodo non distruttivo per gli alberi sani. Solo nel caso di crescente preoccupazione l'albero viene sottoposto ad una ispezione più approfondita ma, anche in questo caso, le ferite provocate devono essere mantenute al minimo. Il VTA è un metodo di ispezione visiva che, guidato dai principi della biomeccanica e basato sull'assioma della tensione costante, prende in considerazione e rispetta l'attuale giurisdizione tedesca.

Resistenza alla frattura:

Si individua attraverso la determinazione dei fattori seguenti.

Vitalità:

Valutazione del fogliame, presenza di rami secchi, collari indicanti rotture imminenti, corteccia mancante, crescita stentata, lenta chiusura delle ferite.

Stato fitosanitario:

Corpi fruttiferi fungini, fuoriuscita di liquido dalle ferite aperte o altri indicatori di presenza di funghi o di altri parassiti.

Sintomi di difetti meccanici:

In genere ogni deposito di materiale superfluo è un sintomo di difetto, questi sintomi possono assumere un'infinita varietà di forme in relazione all'estensione ed alla natura del difetto. Rigonfiamenti e depressioni. Sovente la corteccia si fessura oppure si stacca facilmente in seguito alla locale crescita di riparazione; le depressioni sono sintomo di carie unilaterale localizzate in prossimità di un lato (conferma con percussione); i rigonfiamenti sono sintomi di una carie quasi simmetrica (conferma con percussione); depressioni e rigonfiamenti chiaramente delimitati sono sintomo di rotture di fibre (alla percussione il legno suona come sano).

Costolature e costolature a spirale. Le costolature sono sintomi di spaccature radiali. Costolature arrotondate indicano che il processo di rinforzo si è concluso positivamente o perlomeno suggeriscono la formazione di parecchie cerchie legnose per colmare l'apice della fenditura. Costolature appuntite rivelano invece la presenza di spaccature che si allungano costantemente e che la chiusura non è avvenuta completamente.

Le "Crackledvarnish(screpolature di vernice costolature a spirale sono sintomi di spaccature radiali nel caso in cui le fibre del legno abbiano un andamento a spirale) sorgono solo quando le cariche di torsione sono opposte al senso della spirale di crescita delle fibre e sovente sono la conseguenza di una forma asimmetrica della chioma o di carico unilaterale del vento indicatori di fratture friabili:

Mentre i sintomi visti fin qui derivano da processi di crescita di riparazione, i difetti che verranno descritti di seguito sono originati dalla frattura friabile di parti morte.

Fenditure trasversali e longitudinali della corteccia esterna indicano estremi allungamenti interni causati da un locale cedimento del legno o da trasformazione di sintomi.

Parti di corteccia localmente staccata che si solleva indicano un aumento di crescita e la formazione di un sintomo.

Fenditure trasversali in ferite riempite artificialmente o su mastici sigillanti indicano un aumento dei carichi di tensione.

Carie bruna

Attualmente il Fractometer è l'unico strumento in grado di fornire una determinazione definitiva e quantitativa della carie bruna. Il tipico processo di degradazione selettiva della cellulosa che accompagna la carie bruna spiega il rapido deterioramento della resistenza alla frattura nonostante rimangano inalterate le caratteristiche di rigidità.

Nella maggior parte non si hanno sintomi.

Indizi riscontrabili sugli elementi di consolidamento di un albero.

Corde o fasce troppo tese sono indicative di parti dell'albero che si stanno inclinando. Spesso si possono inoltre osservare fenditure trasversali e piegature ad onda sulla corteccia nella parte inferiore del ramo interessato; rondelle che affondano nel legno indicano che i tiranti sono sovraccarichi.

Verifica dei difetti e determinazione dello spessore residuo di tessuto legnoso (parete) in prossimità di parti cariate per escludere rotture causate da imbozzamento flessionale.

Questa verifica può essere fatta attraverso apparecchi semplici quali martello, metro e nastro, succhiello, binocolo, raggio di bicicletta e apparecchi più raffinati quali martello ad impulso Metriguard, Resistograph, Fractometer. In generale lo spessore dei tessuti legnosi è più sottile dove i difetti sono più evidenti. La percussione con il martello di gomma può, a volte, confermare la condizione sospetta ma non può fornire una risposta definitiva. Prove assolutamente attendibili di carie con delignificazione dei tessuti possono essere ottenute utilizzando il martello ad impulsi Metriguard. In molti casi lo spessore residuo del legno può essere misurato con una bacchetta (asta di ferro). L'uso del succhiello di Pressler fornisce sempre le informazioni desiderate ed un raggio di bicicletta inserito nel foro precedentemente prodotto è un ulteriore utile e semplice espediente.

Sezioni aperte. Il fattore di sicurezza degli alberi è più grande di $S=4.5$, quindi la frattura per piegatura è importante solo in presenza di sezioni trasversali ampiamente aperte. Per poter escludere la frattura dovuta a una riduzione della sezione trasversale occorre che il rapporto t/R sia maggiore di 0.3-0.35 dove t rappresenta lo spessore del legno sano residuo e R il raggio del tronco per l'albero ancora in completa fogliazione. Studio di campo in Germania, Inghilterra e Stati Uniti su alberi spezzati e su alberi cavi, hanno mostrato che quasi tutti gli alberi che presentano un rapporto t/R minore di 0.3 si spezzano. Solo pochi alberi si sono spezzati quando lo spessore residuo era anche di poco superiore al 30% del raggio.

Resistenza allo schianto da vento

Sintomi di difetti localizzati nella zona delle radici

La presenza di rami secchi in un solo lato della chioma denota difetti unilaterali alle radici.

L'arresto di crescita, accompagnato per lo più da corteccia secca e friabile nella zona in cui le radici penetrano nel terreno denota un loro ridotto ancoraggio.

La crescita intensiva della base di singole radici di ancoraggio, per lo più accompagnata da spaccature longitudinali nella corteccia o da rigonfiamenti arrotondati della superficie, è segno di un accresciuto carico di questa radice. Queste manifestazioni visibili possono derivare dal cedimento o dalla perdita di altre radici oppure da variazioni del carico del vento come pure da perturbazioni della simmetria della chioma. Possono essere anche sintomo di carie interna.

Fenditure nel suolo situate nel lato di sopravvento indicano un rischio di schianto imminente.

Scavi e diagrammi VTA .

Per poter valutare il rischio di schianto per sradicamento dell'albero in relazione alla dimensione della zolla occorre eseguire le operazioni seguenti.

Misurare il raggio R del tronco. Determinare il raggio R_w che dovrebbe avere la zolla (disco delle radici) per garantire un sufficiente ancoraggio.

Realizzare uno scavo alla distanza R_w misurata dal centro del fusto per valutare la capacità di ancoraggio offerta dalle radici. Se si trovano radici sane si può assumere che la zolla sia completa. Questo metodo può essere applicato solo ad alberi collocati in parchi o giardini e deve essere modificato in tutti gli altri casi.

Perdite di radici possono essere valutate con scavi eseguiti proprio presso l'albero e misurando semplicemente la circonferenza del fusto. La distanza fra lo scavo ed il piede del fusto viene poi paragonata col raggio R_w . Questo metodo consente di valutare difetti nella zona periferica delle radici.

Attrezzi per la verifica dei difetti e per la loro misura

Il VTA è un metodo che interpreta il linguaggio corporeo degli alberi e fornisce agli esperti i criteri per predire stroncamenti. Il VTA è un metodo flessibile che non è strettamente legato ad un particolare strumento ma è aperto a nuove idee e nuovi metodi. Di seguito vengono illustrate le tecniche di misurazione attualmente raccomandabili, basate sulle più recenti acquisizioni scientifiche e disponibili ad un costo relativamente contenuto. Martello a impulsi Metriguard, è in grado di evidenziare la presenza di parti marcescenti con degradazione della lignina, spaccature, cortecchia inclusa, ecc. mediante una drastica riduzione della velocità dell'onda sonora.. Succhiello di Pressler e Fractometer. La carota di legno che può essere estratta con un succhiello non sempre è in grado di evidenziare il reale spessore residuo del legno (parete). Il Fractometer determina la forza del legno e lo spessore della parete in grado di sopportare il carico.

La semplice ispezione visiva non è in grado di fornire misure affidabili.

Alberi inclinati

Ogni ramo dal punto di vista puramente biomeccanico è un albero inclinato. Se ogni albero inclinato fosse un albero a rischio, allora ogni ramo inclinato e con questo quasi tutti i rami, sarebbero rami pericolosi. Gli alberi inclinati sopportano naturalmente carichi più elevati e devono utilizzare più materiale, specialmente legno di reazione, per impedire un aumento dell'inclinazione, per opporsi allo schianto. Gli alberi possono crescere inclinati per diversi motivi. Questi alberi non solo sopportano il carico oscillante di piegamento del vento, ma anche un piegamento statico in seguito alla eccentricità del centro di gravità rispetto alla chioma. Si crea pertanto una situazione critica poiché il legno potrebbe "strisciare" sotto carichi statici e, se la vitalità dell'albero diminuisce, i contromeccanismi di riparazione possono fallire.

Alberi sani

Anche un albero sano e completamente privo di difetti può spezzarsi o schiantarsi a causa del vento. Questa possibilità è il prezzo del sistema di costruzione leggero e a basso consumo di energia che la natura ha inventato per garantire la preservazione a basso costo delle specie nella lotta per la sopravvivenza. Il metodo VTA valuta fino a che punto l'albero ritenuto difettoso è maggiormente esposto a schianto rispetto ad un albero perfettamente sano. Non si può comunque fornire una garanzia assoluta di sicurezza poiché i principi di costruzione leggera della natura impongono una quota naturale di schianto anche per alberi senza difetti.

Queste tecniche sono state sviluppate attraverso l'investigazione tomografica che consente di ricostruire una sezione trasversale di un oggetto, per mezzo di misure effettuate sulla sua superficie, misurando l'energia che passa attraverso l'oggetto stesso. Differenti tipi d'energia possono dare informazioni su diverse proprietà fisiche del legno: le onde ultrasoniche forniscono indicazioni sulle proprietà elastiche, i campi elettrici e le onde elettromagnetiche alle frequenze radar sulla conduttività (a sua volta in relazione con il contenuto di umidità e la concentrazione ionica), i raggi g e i raggi x danno informazioni sulla densità del legno.

Mentre il VTA da anni rappresenta l'approccio base per la valutazione di stabilità, di più recente acquisizione sono invece le tecniche SIA e SIM (Wessoly e Erb 1998) che valutano la capacità di resistenza di un albero una volta determinati parametri quali la specie botanica, l'altezza, l'effetto vela della chioma, il diametro del tronco e l'esposizione al vento.

Gli schianti da sradicamento

Si tratta di cadute improvvise di grossi esemplari , che si verificano di frequente soprattutto durante i temporali estivi, dovute al cedimento della zolla radicale, senza che questa sia necessariamente affetta da marciumi.

10 CONSIGLI PER LA BUONA CONSERVAZIONE DI UN GRANDE ALBERO

1. Evitare potature improvvisate ed affidarsi alle indicazioni di un tecnico specializzato.
2. Evitare scavi o modifiche del livello del suolo in un'area pari ad almeno la proiezione della chioma maggiorata di 2-3 metri.
3. Evitare concimazioni o pratiche agronomiche non suffragate da dati analitici.
4. Evitare brusche modifiche delle condizioni ambientali in prossimità dell'albero come ad esempio la nuova semina di tappeto erboso oppure la realizzazione di impianti (irrigazione, illuminazione, ecc.).
5. Ispezionare abitualmente l'albero al fine di individuare eventuali sintomi di patologie o di danni (rami secchi, anomalie nella colorazione o dimensione del fogliame, danni meccanici a seguito di temporali, presenza di parassiti o patogeni, ecc.)
6. Alla comparsa dei primi sintomi interpellare un tecnico specializzato per la diagnosi precoce.
7. Evitare l'impiego di fitofarmaci, diserbanti o altri prodotti chimici sulla chioma o alla base dell'albero senza prescrizioni di un tecnico abilitato.

Esiste una alternativa alla potatura che può ridurre i rischi connessi ai difetti strutturali nella chioma, senza alterare il valore estetico dell'albero. Questo sistema può permettere di gestire le alberature, specie quelle storiche o monumentali, lasciando inalterata la loro bellezza e salvaguardando maggiormente la loro fisiologia e funzionalità.

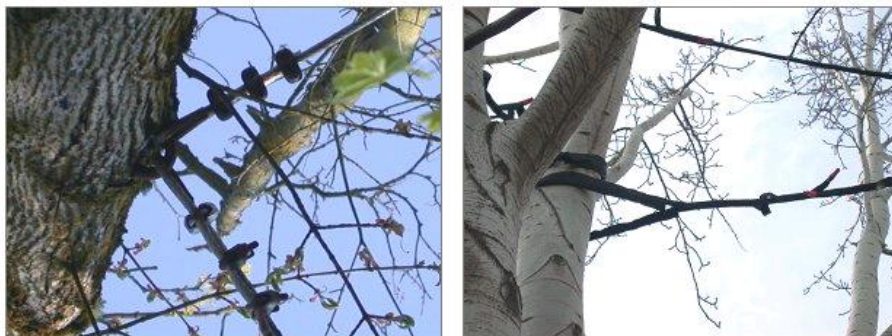
10.1 LE TECNICHE DI ANCORAGGIO

La tecnica consiste nell'ancorare con tiranti in materiale sintetico le branche che vengono ritenute non sicure, dopo un'attenta analisi dell'intera pianta, creando così consolidamenti dinamici e statici (orizzontali) o di tenuta (verticali). Ancorando in questo modo grossi rami malformati, difettosi o codominanti se ne previene la rottura, dovuta per esempio al carico di vento o neve, e se ne controlla la caduta.

Le tecniche di ancoraggio su rami e branche sono in realtà conosciute ed applicate da molti anni, (Bridgeman, 1977). Nel corso del tempo, soprattutto grazie alla spinta dell'arboricoltura americana hanno avuto un progressivo miglioramento raggiungendo anche un certo livello di complessità e un progressivo perfezionamento del materiale. Queste tecniche sono attualmente codificate negli standard dell'arboricoltura americani (American National Standards Institute, Inc.) (Ansi A300, 2000) e adottate dall'ISA (International Society of Arboriculture) americana.

Però questi sistemi di ancoraggio ancora oggi in uso avevano ed hanno la caratteristica di essere statici ed invasivi, prevedendo l'utilizzo di cavi costituiti da funi in acciaio con aste filettate per l'inserimento nel legno; proprio quest'ultime possono causare rotture dei tessuti legnosi e problemi di carie, portando a problematiche peraltro già ben evidenziate dagli studi condotti da Shigo (Shigo, 1986).

A partire dagli anni 90, soprattutto in Europa, dopo svariati studi (Sinn, 1989; Schröder, 1990) e la constatazione che i sistemi rigidi ed invasivi non funzionavano in maniera ottimale, si sono cercate nuove tecniche non invasive con materiali innovativi che consentissero comunque di ridurre la pericolosità delle piante, mantenendo nel contempo integra la chioma degli esemplari monumentali o di maggior pregio (Wessolly e Vetter, 1999; Schröder, 2004).



sx: ancoraggio invasivo con cavo in acciaio

dx: consolidamento con cavi dinamici (BOA)

L'ancoraggio della chioma con i nuovi sistemi non invasivi è finalizzato ad evitare la rottura e in una seconda battuta a controllare l'eventuale caduta di parti della chioma e quindi a ridurre il rischio per i possibili bersagli.

L'intervento ovviamente è conseguente alla valutazione attenta dell'intera pianta, attraverso il Visual Tree Assessment (VTA), che deve portare alla scelta delle operazioni da eseguire: consolidamento, potatura o spesso entrambe.

Bisogna quindi essere in grado di valutare se per la riduzione del rischio di una pianta sia più opportuno effettuare un taglio su un grosso diametro con i noti problemi di marciumi e carie, oppure preferibile l'utilizzo dei tiranti che mantengano la chioma integra (Lobis e Tomasi, 2003).

Va ricordato che il taglio di grosse branche può anche provocare all'interno della chioma e per la pianta stessa un cambiamento degli assetti statici e dinamici, modificando l'equilibrio che l'albero aveva raggiunto sotto l'influsso delle forze esterne tipiche del sito di impianto.

L'ancoraggio della chioma può risultare necessario nei seguenti casi: consolidamento di singoli rami/branche e fusti codominanti

protezione di bersagli significativi sottochioma (persone, cose e strutture)

protezione delle ramificazioni deboli (presenza di carie o cavità)

protezione delle biforcazioni deboli (presenza di corteccia inclusa)

protezione di rami ad "L" ("trave della sventura")

riequilibrio di chioma asimmetrica dopo una rottura di rami

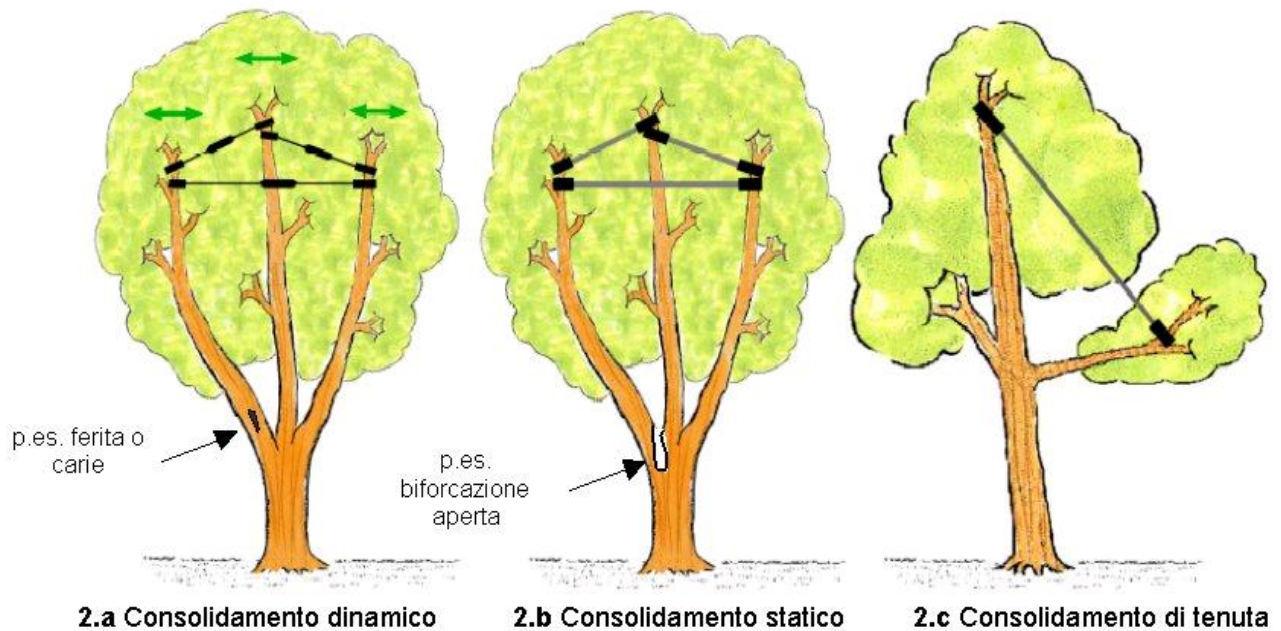
aumento della stabilità radicale attraverso l'ancoraggio ad edifici o altri alberi sani

protezione degli alberi giovani nei primi anni dalla piantagione

Sistemi non invasivi ed elastici di ancoraggio della chioma

Sulla tematica sono stati effettuati recenti studi in Germania (Wessolly, 2005). Le indicazioni di questa sperimentazione sono state recepite nell'ultima edizione (2006) della ZTV - Baumpflege il regolamento tecnico del verde arboreo adottato in Germania (AA VV, 2006). A questo testo fanno riferimento le indicazioni e le figure di seguito riportate.

Gli interventi di consolidamento sono suddivisi in tre categorie (Fig. 2)



10.1.1 Installazione

Per la definizione dell'intervento (metodo, materiali, dimensionamento, applicazione) è necessario tenere in considerazione le caratteristiche specifiche del soggetto arboreo su cui si opera (tipologia di difetto, altezza dell'albero, portamento della chioma, fattibilità dell'intervento, ecc.). La parte della chioma alla quale viene fissato l'ancoraggio deve essere sicuramente resistente alla rottura e quindi priva di difetti.

Le oscillazioni della chioma non devono essere ostacolate. In questo modo l'albero ha la possibilità di rafforzare i punti sottoposti al carico meccanico attraverso la crescita delle parti legnose. Nel caso di ancoraggi non sottoposti a carico continuo, va applicato pertanto un sistema di ancoraggio flessibile con ca. 20% di elasticità in poliammide (PA), oppure per tiranti più rigidi in polipropilene (PP) elementi di anti vibrazione, cioè sistemi ausiliari per il controllo dell'allungamento (p. es. cilindro anti shock = ammortizzatore dei prodotti BOA o COBRA).

A seconda del rischio (dimensione della parte di chioma, danni al legno), l'ancoraggio viene eseguito su un livello o in casi eccezionali su due.

Il consolidamento orizzontale dinamico o statico della chioma deve essere possibilmente fissato ben in alto. Questo riduce le forze derivanti grazie un utilizzo ottimale dell'effetto leva. L'ideale sarebbe determinare l'altezza a 2/3 della lunghezza dei rami/fusti da consolidare (Fig. 3). Tale indicazione nasce dall'esperienza accumulata in ca. 15 anni di prova in campo e tiene conto del potenziale baricentro della chioma che si colloca per l'appunto a 2/3 della dell'altezza della struttura (Wessolly, 2007).

Nel caso di consolidamenti di tenuta il tirante deve essere installato sull'asse portante con un angolo molto acuto, praticamente quasi verticale all'asse del tronco. Qualora questo non fosse possibile per i dimensionamenti dei rami viene consigliato un ulteriore cavo aggiuntivo in prossimità della biforcazione.

Realizzabile su almeno quattro rami/fusti codominanti. La struttura di collegamento ad anello va applicata in caso di necessità di assorbire forze oscillanti laterali. Nei singoli casi va verificata la necessità di utilizzare anche collegamenti diagonali.

10.1.2 Collegamento composito centralizzato

Realizzabile per più di tre rami/fusti codominanti. La struttura di collegamento composito centralizzato va applicata se sussiste il pericolo che le diramazioni si sviluppino verso l'esterno (p.es. nel caso di chiome cave), ma laddove non sia necessario evitare le oscillazioni laterali.

Ovviamente l'uso dei sistemi dinamici non può essere la risoluzione di tutti i problemi ed in nessun caso può portare ad una de-responsabilizzazione del proprietario-custode della pianta, sempre tenuto a regolari controlli ed ad una corretta gestione dell'intera pianta. Attualmente i costi dei materiali non sono proibitivi e possono anche essere competitivi con altri interventi, come abbattimenti o ridimensionamenti significati effettuati in tree-climbing.

La possibilità di salvaguardare grandi piante monumentali nella loro interezza è sicuramente l'aspetto vantaggioso più significativo ed evidente, ma risulta molto importante anche la nuova filosofia che sta alla base di queste tecniche: si tratta infatti di adeguarsi sempre più alla realtà dell'albero, assecondandone il più possibile lo sviluppo ed il comportamento naturale imposto dal sito in cui vegeta.

11 LA QUERCIA DI SAN BASILIO

La quercia di San Basilio si trova nei pressi dell'omonima località, importante sito archeologico, alla base dell'argine del Po di Goro, in direzione Ariano nel Polesine.

La quercia, per il suo valore storico e monumentale, può essere considerata un bene di preminente interesse pubblico.

La pianta, come detto, soggiace alla base dell'argine sinistro del Po di Goro, il quale, proprio in corrispondenza della quercia, presenta un rientro lasciato appositamente per fare spazio alla pianta.

La quercia è perciò incassata tra l'argine, a sud, e un podere agricolo a nord, dal quale la separa un modesto pianello di circa 10 metri fino all'unghia di campagna dell'argine stesso.

Vista la posizione si evince il fatto che la quercia si trova all'interno del perimetro del Parco Regionale Veneto del Delta del Po il cui confine, lungo i rami del Po, coincide sempre con il profilo dell'unghia arginale a campagna.

Il terreno su cui la pianta soggiace è pianeggiante, però già a due metri a sud del tronco inizia a salire lungo l'argine. Il rientro di questo è una superficie pianeggiante rettangolare lunga circa 20 metri e profonda circa 3 metri rispetto alla base ordinaria dell'argine. La quercia ha un'età stimata di circa 500 anni, essendo citata in documenti risalenti alla metà del '500 quale monumentale pianta segna confine. La sua circonferenza a 1.30 dal suolo è di 6.15 metri, mentre la sua altezza è di circa 26 metri e la chioma anche se in alcuni punti è irregolare ha un diametro di 19 metri.

La Quercia di San Basilio (*Quercus robur*) chiamata dagli abitanti locali "Rovra" è considerata l'albero più antico del polesine. La pianta riveste un notevole interesse dal punto di vista naturalistico, botanico, storico e paesaggistico e la sua particolare forma è riconoscibile e visibile anche a distanza. E' un vero e proprio monumento della natura e nonostante negli ultimi anni abbia subito gli effetti della senescenza, delle avversità naturali e dell'azione dell'uomo, ha un imponente maestosità. e la chioma anche se in alcuni punti è irregolare ha un diametro di 19 metri. L'età da più parti stimata dovrebbe aggirarsi intorno ai 500 anni. L'albero si trova a ridosso dell'argine sinistro del Po di Goro, poco a monte dell'omonima località, nei pressi dell'idrovora di Cà Verzola in un rientro lasciato appositamente durante i lavori di sistemazione della sponda arginale. Dopo aver passato indenne quasi cinque secoli, con tutti gli eventi storici che li hanno caratterizzati, guerre, piene, inondazioni, ecc.. la Rovra si trova oggi in uno stato di grave deperimento. Esso è imputabile solo in parte alla senescenza ed è stato aggravato dall'incuria e dallo spostamento dell'argine del Po di Goro che, per esigenze di sicurezza idraulica, è stato posizionato solo a 2 metri di distanza dal tronco. Ciò ha comportato un notevole costipamento del suolo e l'innalzamento della quota di terreno di circa 30-35 cm, avvenuto con substrato fortemente argilloso che ha pregiudicato il funzionamento dell'apparato radicale. Nelle immagini del 1969 si può infatti notare che la corona era già in parte rarefatta, sintomo dell'inizio di uno stato di salute precario. Inoltre nel 1976, durante un violento temporale, la Rovra fu colpita da un fulmine che stronco alcune grosse branche, ridusse notevolmente la chioma e provocò una lunga lesione estesa dalla cima alla base dell'albero la quale distrusse completamente vasti settori della zona corticale del cambio e del tessuto xilematico superficiale danneggiando gravemente il tronco.



L'ampia ferita aperta dal fuoco non fu completamente compartimentata dalla pianta che non avendo sviluppata una protezione naturale adeguata, permise l'ingresso di funghi agenti di carie e insetti che aggredirono il tronco

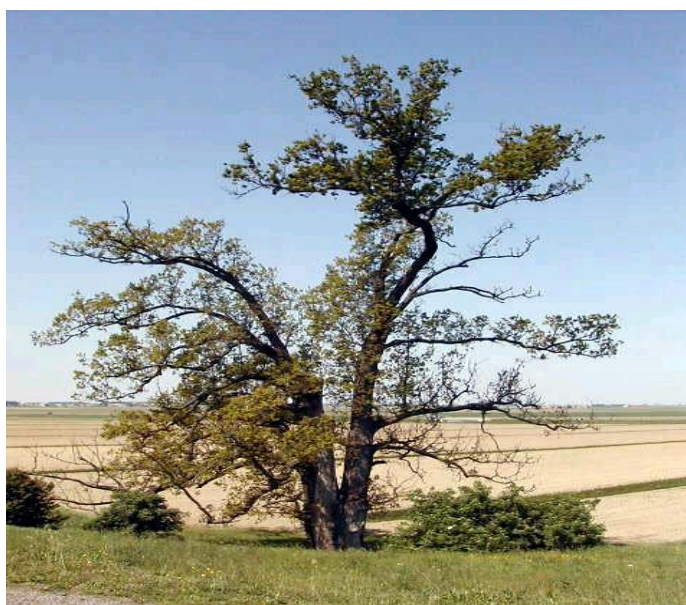






Il soggetto, abbandonato per lungo tempo e privo di qualsiasi intervento di manutenzione o di correzione degli squilibri manifestati, subì un declino che sembrava inesorabile

Nel 1995 il Comune di Ariano nel Polesine promosse uno studio sulla situazione dell'albero nel quale era stato analizzato lo stato dell'apparato aereo e radicale.



Dalle indagini emerse che dal tronco a 4,10 metri dal suolo si dipartivano tre branche di cui una era completamente disseccata.



I maggiori problemi però furono riscontrati a carico delle radici assorbenti che si trovavano anche se scarsamenti vitali fino ad un raggio di 2,70 metri dal colletto.



Mentre oltre tale misura erano estremamente rarefatte e quasi del tutto assenti a 3,90 metri, limite in cui mostravano gravi segni di deperimento. Si decise perciò di effettuare alcuni lavori urgenti per la conservazione del tronco e degli apparati radicali i quali diedero inizialmente esito favorevole. Dopo un anno infatti la quercia presentava una chioma uniformemente rinverdita ed erano visibili su tutta la superficie della chioma numerosi e vigorosi nuovi germogli. Solo in alcuni punti ben circoscritti e di limitata estensione si potevano notare delle parti disseccate che erano però

presenti negli anni precedenti. Le porzioni basali del tronco avevano reagito positivamente all'intervento di dendrochirurgia e le superfici trattate avevano formato un callo di cicatrizzazione vitale ad eccezione di una ristretta area nella quale era ancora riscontrabile una necrosi che interessava la corteccia nella porzione di tronco rivolta verso San Basilio. Ciò derivava in buona parte dai risultati ottenuti dalla rivitalizzazione e dall'aumentato numero e funzionalità delle radici assorbenti.

Nonostante avesse reagito positivamente la quercia non poteva considerarsi completamente recuperato e per consolidare e potenziare quanto ottenuto e mantenerlo più a lungo vitale avrebbe dovuto essere costantemente monitorato per verificare l'evoluzione delle radici fini e del callo di cicatrizzazione. A questa fase seguì purtroppo un nuovo periodo di abbandono e un'ulteriore regressione. Viste le premesse si può affermare che la pianta riveste un notevole interesse dal punto di vista naturalistico, botanico e storico. Del resto anche in altri soggetti appare evidente la connessione di cancri da danni antropici. Con decreti n. 32 e 37 del 2002 la Regione del Veneto ha approvato e finanziato il progetto di "Recupero e conservazione della quercia di San Basilio" nell'ambito del bando di cui alla D.G.R. 2631/2002.

Nel 2002 L'Ente Parco con la collaborazione del Comune di Ariano nel Polesine e dell'Università di



Padova, decise di intervenire.

Il presente progetto prevede perciò l'avvio di interventi volti al recupero di uno stato fisiologico soddisfacente della pianta e ad una sua conservazione nel tempo.

Anamnesi

Con decreti n. 32 e 37 del 2002 la Regione del Veneto ha approvato e finanziato il progetto di "Recupero e conservazione della quercia di San Basilio" nell'ambito de bando di cui alla D.G.R. 2631/2002.

Nel 2002 L'Ente Parco con la collaborazione del Comune di Ariano nel Polesine e dell'Università di Padova, decise di intervenire.

Il presente progetto prevede perciò l'avvio di interventi volti al recupero di uno stato fisiologico soddisfacente della pianta e ad una sua conservazione nel tempo.

In particolare, furono fatte delle indagini all'apparato aereo e dei campionamenti, con successive analisi in laboratorio, delle radici.

Indagini affidate al Prof. Sergio Muto Accordi portarono alla relazione di seguito riportata.

11.1 DESCRIZIONE DELLA PIANTA

E' stato eseguito un sopralluogo e alcune indagini di laboratorio presso la quercia di San Basilio (RO) per accertare lo stato fitosanitario della pianta e redigerne il piano per la sua salvaguardia.

E' una maestosa quercia accresciutasi liberamente che forma un cono visuale particolarmente scenografico e di grande valenza paesaggistica, ambientale e storica.



E' localizzata tra l'argine del Po e la campagna su terreno nudo fortemente inerbito.



Il meraviglioso esemplare di notevoli dimensioni e dal magnifico portamento ha grosse radici principali e tronco diritto e possente dal quale si dipartono grandi branche verticali e orizzontali.

La chioma è irregolare poiché un fulmine ha provocato la degenerazione della parte superiore di una grande branca e la morte di importanti settori della corteccia e del cambio.



11.2 METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELLO STATO GENERALE E FITOSANITARIO DELLA PIANTA

11.2.1 Rilievi a terra

E' stata elaborata una scheda (Allegato 1) per valutare la situazione fisiologica e fitosanitaria della chioma, del fusto, delle branche principali, per verificare lo stato delle radici e la presenza di sintomi nel terreno che potessero indicare anomalie strutturali.

Per evidenziare la distribuzione delle radici, durante il sopralluogo sono stati effettuati scavi tra 5 e 30 cm di profondità a distanza di 1,30 m, 3 m e 5 m dal fusto, utilizzando il piccone.

Sono stati quindi prelevati campioni dell'apparato radicale in corrispondenza del prolungamento delle radici principali a 3,60 m e 4,60 m dal tronco, sui quali sono state eseguite in laboratorio indagini su:

- vitalità delle radici fini;
- presenza di abbozzi di radici laterali degenerate;
- reattività all'ossigenazione;
- contenuto in amido;

- presenza di patogeni.

Queste analisi, congiunte con quelle di campagna, sono ritenute indispensabili per valutare lo stato della pianta e redigere le prescrizioni per la sua salvaguardia.

11.2.2 Indagini in quota

Sono state eseguite osservazioni in tree climbing per valutare l'eventuale presenza in quota di carie o debolezze strutturali difficilmente visibili dal suolo, data la rilevante altezza della pianta e la complessità della situazione.

11.2.3 Indagini di laboratorio

I campioni di apparato radicale prelevati durante il sopralluogo sono stati chiusi in sacchetti di plastica e posti successivamente in un contenitore refrigerato.

In laboratorio il campione è stato poi suddiviso in due porzioni: sulla prima sono state eseguite le indagini fitopatologiche e sulla seconda le rimanenti analisi.

Per effettuare il primo rilievo sono state prelevate le radici che potevano indicare alterazioni di natura parassitaria e non, che sono state valutate direttamente o dopo incubazione in camera umida.

Per eseguire le rimanenti analisi, le radici sono state immerse in acqua per 6 ore in modo che il terreno si ammorbidisse e fosse possibile eliminarne i residui più grossolani.

Trascorso tale periodo esse sono state prelevate, lavate e quindi lasciate in acqua per una notte.

Infine sono state nuovamente deterse con un pennello a setole morbide e osservate direttamente.

Queste operazioni sono state condotte molto delicatamente per evitare che gli apici si rompessero, venissero danneggiati o perduti.

I risultati delle analisi sono stati riportati in una scheda, appositamente redatta, a seguito riportata (Allegato 2).

11.2.4 Indagini fitopatologiche

Le radici sono state inizialmente osservate mediante stereo microscopio per rilevare la presenza di insetti o di artropodi dannosi.

Dopo questa fase esse sono state suddivise in due sottogruppi: il primo è stato collocato, al buio, in camera umida a temperatura di 20°C (+/-5°C) dopo una sommaria eliminazione dei residui di terreno con un pennello sterile a setole morbide, il secondo è stato posto ad incubare, alle medesime condizioni del primo, dopo accurato lavaggio con acqua distillata sterile, pulizia con pennello sterile a setole morbide e successivo risciacquo con acqua distillata sterile.

I campioni così ottenuti sono stati osservati giornalmente allo stereomicroscopio per evidenziare l'eventuale presenza di effluorescenze fungine e di essudati. Quando questi sono stati rinvenuti sono stati esaminati al microscopio ottico 10-100 X.

11.2.5 Vitalità delle radici fini e presenza di abbozzi di radici laterali degenerate

Tale analisi è stata eseguita allo stereo microscopio con ingrandimenti variabili tra 10x e 40x prelevando in maniera casuale i campioni di radichette sulle quali sono state contate le radici vitali.

E' stato formulato un giudizio sulla funzionalità degli apici basato sulla loro morfologia, tenendo presente che quelli vitali sono turgidi con punta lucida, mentre quelli morti appaiono raggrinziti, secchi e opachi.

Con la stessa metodologia sopra descritta è stata valutata la percentuale di radici laterali degenerate sommando le radici laterali degenerate propriamente dette, le cicatrici derivanti dalla loro perdita e gli apici rotti o danneggiati.

In entrambi i casi la percentuale è stata calcolata rispetto al totale di radici laterali presenti nel campione.

11.2.6 Valutazione della presenza dell'amido nelle radici

E' stata eseguita sezionando a mano le radici di 5/20 mm di diametro, trattandole con una soluzione di ioduro di potassio iodurato e valutando la presenza di amido secondo l'indice descritto, in relazione alla colorazione dei campioni.

11.2.7 Reattività all'ossigenazione

E' stata effettuata ponendo in una camera umida segmenti di radici di vario diametro, della lunghezza di cm 15 e contando, dopo quindici giorni dall'inizio della prova, la comparsa di nuovi abbozzi o il numero degli abbozzi di radici laterali degenerate che manifestavano segni di callo e quindi capacità di reagire.

ALLEGATO 1 – SCHEDA PER LA VALUTAZIONE DELLA PIANTA

N. pianta <input type="text" value="1"/>		
Regione <input type="text" value="Veneto"/>	Provincia <input type="text" value="Rovigo"/>	Comune <input type="text" value="Ariano nel Polesine"/>
Località <input type="text" value="San Basilio"/>		
GENERALITA' E DESCRIZIONE DEL SITO INDAGATO		
Famiglia <input type="text" value="Fagaceae"/>	Specie <input type="text" value="Quercus robur"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Albero singolo <input type="checkbox"/> Albero in filare		
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza spazio libero al colletto		
Copertura del suolo <input type="text" value="Permeabile"/>	Tipo di copertura del suolo <input type="text" value="Erbia"/>	
STUDIO DEL SUOLO		
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di compattamenti	<input type="checkbox"/> Presenza di lacerazioni	<input type="checkbox"/> Presenza di rigonfiamenti
Variazione qualità del terreno <input type="text" value="Assente"/>	<input type="checkbox"/> Ristagno idrico	
DESCRIZIONE DELLA PIANTA		
Circonferenza a pella d'uomo (cm) <input type="text" value="633"/>	Circonferenza al colletto (cm) <input type="text" value="880"/>	
Altezza (m) <input type="text" value="25-30"/>		
Posizione sociale <input type="text" value="Isolata"/>	Forma della chioma <input type="text" value="Irregolare"/>	
INDAGINI APPARATO RADICALE		
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza danni alle radici	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza radici superficiali	<input type="checkbox"/> Presenza marciumi radicali
<input type="checkbox"/> Presenza radici tagliate	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza corpi frulliferi lunghi	<input checked="" type="checkbox"/> Sospelli problemi radicali

ALLEGATO 2

ANALISI ESEGUITE SUGLI APPARATI RADICALI			
Campione numero	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
Specie	<input style="width: 150px;" type="text"/>		
Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate	<input style="width: 100px;" type="text"/>	Presenza di radici fini vitali	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Reattività all'ossigenazione	<input style="width: 100px;" type="text"/>	Presenza di amido	<input style="width: 100px;" type="text"/>

LEGENDA DELL'ALLEGATO 2

Indice adottato in relazione alla percentuale di radici fini vitali presenti

Assente	0%
Scarsa	0-30%
Media	30-60%
Abbondante	60-90%
Abbondantissima	>90%

Indice adottato in relazione alla percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate:

Assente	0%
Scarsa	0-15%
Mediocre	15-30%
Media	30-50%
Abbondante	50-70%
Abbondantissima	>70%

Indice adottato per la presenza di amido nelle radici:

Assente	Colorazione naturale
Bassa	Colorazione violetto chiaro
Media	Colorazione blu chiaro
Alta	Colorazione blu nerastro

Indice di reattività all'ossigenazione:

Assente	Assenza di calli nelle cicatrici delle radici degenerate
Molto debole	Presenza di calli sullo 0 - 10% delle cicatrici delle radici degenerate.
Debole	Presenza di calli sul 10-20 % delle cicatrici delle radici degenerate.
Media	Presenza di calli tra il 20% e il 50% delle cicatrici delle radici degenerate
Forte	Presenza di calli su più del 50 % delle cicatrici delle radici degenerate.

11.2.8 Esito del sopralluogo

Le indagini effettuate all'apparato ipogeo hanno messo in evidenza che la pianta è dotata di un massiccio apparato radicale, costituito da numerosi segmenti di grandi dimensioni che hanno un andamento tendenzialmente orizzontale, per circa 1- 1, 5 m, e poi si approfondiscono rapidamente.







Nonostante la quercia poggi su contrafforti radicali ben sviluppati sono presenti carie in diverso stato di avanzamento che in alcuni punti hanno completamente compromesso la consistenza di grossi segmenti.

Nella parte circostante vi sono solo radici di piccole e medie dimensioni che si estendono fino al limite di un piccolo arginello, effettuato alcuni anni fa per contenere l'acqua di irrigazione e che risentono della forte competizione esercitata da un compatto cotico erboso.





Le radichette vitali sono state individuate solo in vicinanza del tronco, mentre nelle altre zone si notano evidenti segni di regressione, scarse ramificazioni e numerose cicatrici causate dalla caduta delle diramazioni laterali.

Sul tronco sono visibili gli esiti di interventi pregressi effettuati per recuperare la pianta dai danni causati da un fulmine e dall'innalzamento della quota del terreno.



Partendo dalla zona antistante l'argine si nota una fascia di corteccia sana dotata di un buon callo di cicatrizzazione da entrambi i lati . Spostandosi verso destra si rileva una superficie di legno nudo in buono stato di conservazione dove in alcuni punti sono ancora evidenti esiti di attacchi di insetti e una leggera carie basale.

Procedendo in questa direzione si incontra un'area dove il callo di cicatrizzazione, che si era instaurato in seguito all'intervento di recupero si è degenerato e sono presenti una necrosi e una carie, che interessa i primi 3/5 cm del legno. Queste alterazioni hanno una larghezza di circa 70 cm e con varia profondità si estendono dalla zona radicale fino all'impalcatura delle branche principali.

Tale fatto ha causato problemi alla risalita della linfa e la comparsa dei disseccamenti nella parte superiore della chioma.



Continuando verso la campagna si nota alla base del fusto un'ampia cavità.

Sono presenti inoltre carpofori di *Ganoderma aplanatum* e *Ganoderma lucidum* e una carie bianca che ha completamente compromesso l'integrità di una grossa radice.





In corrispondenza dell'inserzione delle branche principali, sono visibili sulla corteccia delle zone di frattura che sono state recuperate

La chioma della quercia è irregolare ed eterogenea con settori in apparente buono stato vegetativo ed altri con evidenti segni di deperimento.

La parte distale, che è sbilanciata verso il Po, ha una vegetazione ben espansa e compatta con aree che però mostrano lieve microfillia e rami secchi.

Nelle superfici sottostanti si rilevano forti segni di regressione che si manifestano con disseccamenti estesi di rami o di intere branche che si notano maggiormente in direzione di San Basilio e di Ariano.

Nella zona apicale e laterale della corona compare della microfillia, in molte parti della chioma sono rinvenibili numerosi riscoppi epicormici e si osserva una grossa branca che si sta quasi completamente disseccando.

Dall'ispezione in quota è stato possibile notare che non sono presenti ramificazioni pericolose, il callo di cicatrizzazione della vecchia ferita causata dal fulmine è ben affermato e la parte che aveva subito la slupatura si presenta priva di difetti evidenti.

Alcuni grossi rami orizzontali inoltre mostrano legno di tensione e rigonfiamenti in corrispondenza dell'inserzione con il tronco.

La scheda che contiene le indicazioni sopra esposte è riportata nell'Allegato 3.

N. pianta <input type="text" value="1"/>		
INDAGINI COLLETO		
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza lesile non cicatrizzate	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza esudati	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza carie
<input type="checkbox"/> Presenza rigonfiamenti	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza corpi frulliferi lunghi	<input type="checkbox"/> Presenza marciumi radicali
INDAGINI TRONCO		
<input type="checkbox"/> Presenza corpi frulliferi lunghi	<input type="checkbox"/> Tronco inclinato	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di lesile non cicatrizzate
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di carie	<input type="checkbox"/> Presenza di legni di tensione	<input type="checkbox"/> Corteccia inclusa
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di rigonfiamenti	<input type="checkbox"/> Crelli	<input type="checkbox"/> Fibra lora
INDAGINI BRANCHE		
<input type="checkbox"/> Presenza di carie	<input type="checkbox"/> Presenza di branche spezzate	<input type="checkbox"/> Presenza di lesile non cicatrizzate
<input type="checkbox"/> Cancro		<input type="checkbox"/> Presenza di corpi frulliferi lunghi
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di legni di tensione		<input type="checkbox"/> Corteccia inclusa
INDAGINI CHIOMA		
<input checked="" type="checkbox"/> Rami secchi	<input checked="" type="checkbox"/> Rami epicormici	
<input type="checkbox"/> Presenza di clorosi	<input checked="" type="checkbox"/> Chioma rada	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di microlillia
<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di danni su foglie e aghi	Accrescimento dei getti terminali	<input type="text" value="Normale"/>
MANUTENZIONE		
<input checked="" type="checkbox"/> Necessità di potature	Tipo di potature	<input type="text" value="Rimonda del secco e riequilibrio della chioma"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Necessità di ancoraggi		<input checked="" type="checkbox"/> Necessità di paralumine
<input checked="" type="checkbox"/> Necessità di interventi al suolo	Tipo di interventi	<input type="text" value="Rivitalizzazione dell'apparato radicale"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Necessità di trattamenti	Tipo di trattamenti	<input type="text" value="Disinfezione delle lesile"/>

ALLEGATO 3 - SCHEDA PER LA VALUTAZIONE DELLA PIANTA

Risultati delle analisi di laboratorio

I risultati delle indagini di laboratorio sono a seguito riportati nell'allegato 4.

Dalla loro analisi si può evidenziare che la pianta ha una dotazione molto scarsa di radici fini le quali hanno normalmente una vitalità scarsa.

La perdita di radici fini è quasi sempre molto abbondante e ciò indica che la pianta è in una fase di forte regressione dell'apparato radicale.

Durante le indagini eseguite sulle necrosi delle radici fini, su segmenti alterati mantenuti in camera umida a 25°C +/-5, sono stati individuati solo normali abitatori del suolo ad attitudine saprofitaria quali *Fusarium* sp., *Graphium* sp., *Alternaria* sp. e *Cylindrocarpon* sp..

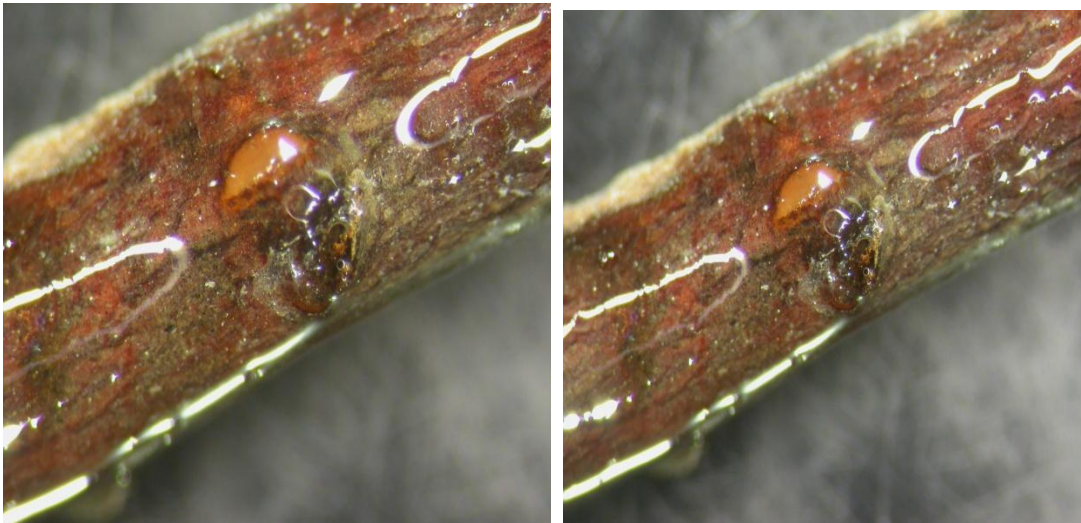
Le radici hanno una mediocre reattività all'ossigenazione e dotazione di amido che indicano che la pianta possiede una sufficiente energia per reagire agli interventi di rivitalizzazione.

ALLEGATO 4 -SCHEDA PER LA VALUTAZIONE DELLE RADICI DELLA PIANTA

ANALISI ESEGUITE SUGLI APPARATI RADICALI			
Campione numero		1	
Specie		<i>Quercus robur</i>	
Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate	Abbondantissima	Presenza di radici linivitali	Scarsa
Reattività all'ossigenazione	Debole	Presenza di amido	Bassa
Campione numero		2	
Specie		<i>Quercus robur</i>	
Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate	Abbondante	Presenza di radici linivitali	Scarsa
Reattività all'ossigenazione	Media	Presenza di amido	Bassa

ANALISI ESEGUITE SUGLI APPARATI RADICALICampione numero **5**Specie Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate Presenza di radici linivitali Realтивità all'ossigenazione Presenza di amido Campione numero **6**Specie Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate Presenza di radici linivitali Realтивità all'ossigenazione Presenza di amido **ANALISI ESEGUITE SUGLI APPARATI RADICALI**Campione numero **3**Specie Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate Presenza di radici linivitali Realтивità all'ossigenazione Presenza di amido Campione numero **4**Specie Percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate Presenza di radici linivitali Realтивità all'ossigenazione Presenza di amido

Fase 0



Fase 1



Fase 2



Fase 3



11.3 MISURE DI SALVAGUARDIA PROPOSTE

Le osservazioni effettuate indicano che la pianta aveva reagito in misura soddisfacente agli interventi pregressi.

La necrosi della corteccia e del cambio si era arrestata e si era formato un nuovo callo di cicatrizzazione.

Le radici si erano diffuse in tutta l'area in cui era stato aggiunto un substrato soffice e la quercia aveva mostrato evidenti segni di ripresa.

Successivamente però la pianta non era stata più seguita, il terreno non è stato più smosso e la pacciamatura non è più stata in grado di contenere la diffusione dell'erba, che ha così costituito un forte cotico che ha fatto regredire le radici fini.

La situazione è stata aggravata dalla ripresa della carie del tronco che ha provocato la morte del cambio e la degenerazione di un ampio settore dello xilema e del libro. La carie affligge alberi di tutte le dimensioni, dalle gigantesche sequoie della California alle specie di piccola taglia delle regioni artiche e delle zone semiaride.

11.4 MISURE DA EFFETTUARE ENTRO IL 20 SETTEMBRE

Le osservazioni effettuate indicano che le radici sono presenti anche se in misura decrescente man mano che ci si allontana dal tronco. Esse però hanno subito una fortissima regressione causata dalla perdita di superficie fotosintetizzante e dalla forte concorrenza esercitata dal cotico erboso che ne ha a lungo andare compromesso la vitalità ed il ricambio.

Per invertire la tendenza sarà quindi necessario procedere anche alla rivitalizzazione dell'apparato radicale, che però è attualmente sconsigliabile a causa dell'eccessiva temperatura e per tale motivo si consiglia di differire l'intervento che sarà effettuato alla fine dell'estate.

In quella sede, il cotico erboso dovrà essere completamente eliminato, per un raggio di 6 m e in seguito il terreno dovrà essere smosso manualmente, utilizzando inizialmente solo il piccone, fino a una profondità media di 25 cm, senza danneggiare le radici della pianta.

Successivamente il suolo dovrà essere asportato con un soffiatore.

Le superfici liberate dovranno essere smosse, utilizzando il piccone facendo attenzione a non danneggiare l'apparato ipogeo, e su di esse dovranno essere irrorati a pioggia con un annaffiatoio, biostimolanti nella quantità di 10 litri ogni 10 mq.

Quindi le radici saranno coperte con una miscela di argilla espansa, sabbia e terra di coltivo, che dovrà essere inferiore di 2-5 cm rispetto alla quota originaria del terreno.

Su questo substrato sarà messo a dimora uno strato di pacciamatura o di cippato stabilizzato di 5 cm.

Oltre a ciò dovranno essere eseguiti alcuni fori con una trivella da 25 cm fino a una profondità di 1, 30, che dovranno essere riempiti di argilla espansa o di ghiaia.

L'operazione dovrà essere effettuata facendo attenzione a non danneggiare le radici di grosse dimensioni.

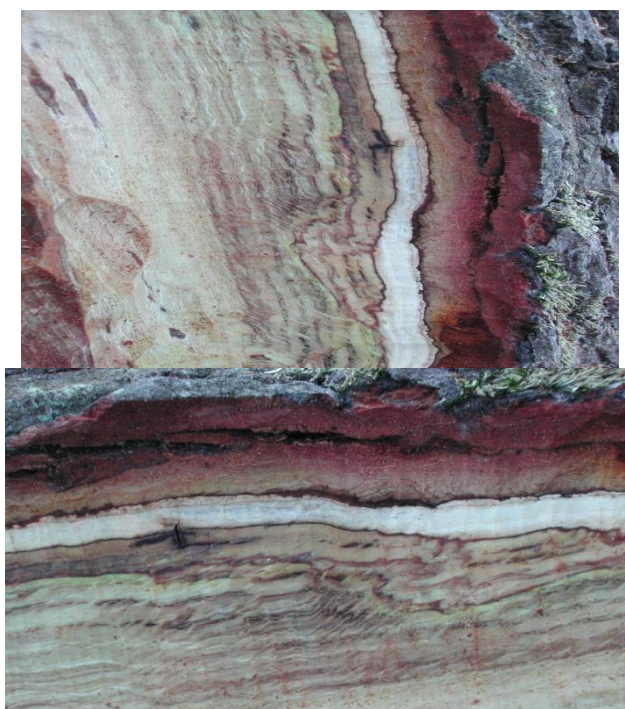
Tale intervento dovrà essere realizzato a una distanza di 6 m dal tronco effettuando lungo l'arco di circonferenza un foro ogni metro.

12 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

I primi interventi hanno portato alla potatura delle parti secche della chioma e alla ripulitura del tronco per tentare di bloccare l'avanzata della carie. La riduzione della branca cariata e la slupatura fino al legno funzionale a cui è seguita il trattamento con Sali quaternari di ammonio



sezione di branca con carie estese fino all'alburno



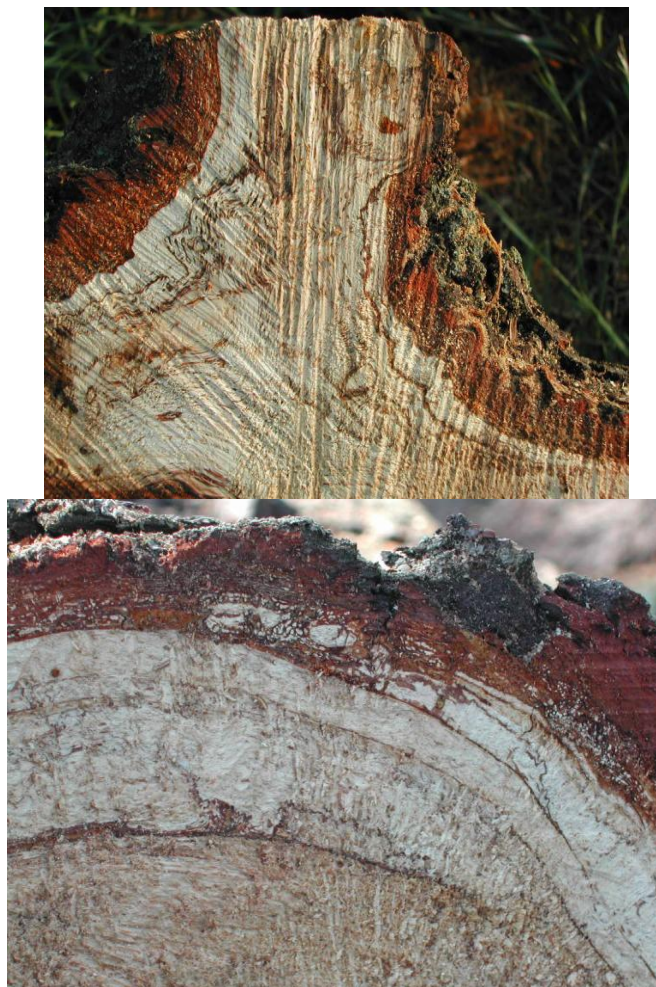






Riduzione di legno cariato e trattamento con Sali quaternari di ammonio





12.1 SEZIONE DI LEGNO E BRANCHE CARIATE

Durante l'autunno 2004 sono stati eseguiti lavori di rimozione del terreno attraverso air spade, uno strumento che insufflando aria ad alta pressione è in grado di operare senza danneggiare le radici. È stata effettuata la sostituzione del suolo asportato con un substrato più permeabile e facilmente aerabile contenente terriccio, sabbia e argilla espansa. Sono stati inoltre aggiunti biostimolanti e micorrize. Per ragioni di bilancio tali lavori sono stati programmati solo su metà della circonferenza che rappresenta idealmente la proiezione della chioma al suolo. In alcuni punti con un intervallo di circa 1,5 m sono stati portati a termine sempre con lo stesso strumento fori circolari della larghezza di circa 30 cm e della profondità media di 60 cm. Essi sono stati riempiti con argilla espansa per facilitare il richiamo di acqua da una zona all'altra e favorire così gli scambi idrici e la maggiore ossigenazione del terreno.

Per impedire la dispersione della soluzione circolante per evaporazione e rallentare l'accrescimento dell'erba è stata posta in opera una pacciamatura.

Durante i sopralluoghi è stato anche controllato accuratamente il callo di cicatrizzazione e poiché in alcuni punti esso si presentava necrosato e il legno era interessato dalla presenza di insetti si proceduto all'asportazione delle parti morte e alla disinfezione delle aree residue.

Tale operazione è stata portata a termine anche in quota dove era stata asportata una grossa branca gravemente carinata per un forte attacco di *Phellinus punctatus*.

Tale agente patogeno colpisce piante sane e deperenti e provoca danni importanti poiché è in grado di attaccare i tessuti del duramen e dell'alburno provocando la carie. La sua azione più pericolosa però si esplica nei confronti del cambio e della corteccia in corrispondenza della quale provoca cancri. Tale situazione si è verificata anche nel caso della quercia ed è stata una delle cause del deperimento della pianta.

L'operazione di ripulitura delle necrosi è stata effettuata numerose volte ed è stata programmata ed attuata la sua ripetizione ad intervalli regolari.

Durante un sopralluogo effettuato nella primavera del 2005 è emersa la necessità di recintare una superficie pari all'area di insidenza della chioma poiché il terreno sottostante, nonostante l'apporto di un substrato soffice e della pacciamatura mostrava evidenti sintomi di costipamento a causa del forte calpestio operato dai visitatori i quali hanno dimostrato scarsa sensibilità per un esemplare di così alto valore. Durante la primavera - inizio estate 2005 sono continuati i controlli del callo di cicatrizzazione che si era ampiamente stabilizzato ed è emersa solo necessità di operare piccoli ritocchi in alcune zone ben circoscritte. Sono stati effettuati inoltre controlli sugli esiti degli interventi di rivitalizzazione dell'apparato radicale e si sono riscontrati segni promettenti di ripresa con la comparsa di numerose radici neoemesse le quali però si presentavano non ancora micorrizzate. A seguito dei risultati incoraggianti ottenuti, è stato deciso di completare la rivitalizzazione a tutti i settori dell'apparato ipogeo estendendolo a quello non ancora trattato. Poiché il suolo precedentemente smosso presentava sintomi di costipamento si è deciso di attuare anche un blando rimescolamento dei primi strati per favorire l'arieggiamento.

Durante i lavori eseguiti a metà settembre è stata operata la rimozione del terreno e la sua sostituzione con un substrato contenente 1/3 di argilla espansa, 1/3 di sabbia e 1/3 di terriccio. Sono stati inoltre aggiunti biostimolanti e micorrize. Sono stati inoltre compiuti sondaggi nelle zone trattate nell'autunno del 2004 e sono state riscontrate numerose radici neoemesse, che, nella parte compresa tra il tronco e i 4 m, erano ben micorrizzate.

Anche nella zona più esterna del trattamento erano presenti, in buona quantità, nuove radici che però non si erano ancora micorrizzate.

E' stato inoltre controllato il callo di cicatrizzazione che si presentava stabile.

La pianta è stata recintata con una staccionata la quale però assume solo un significato simbolico.

La serie delle operazioni portate a termine indica che la quercia ha reagito bene agli interventi emettendo numerose radici che successivamente si sono micorrizzate rendendo più armonico ed efficiente l'apparato radicale. Tale situazione si è ripercossa sulla chioma dove è evidente la presenza di numerosi germogli con foglie ampie e ben conformate che vengono mantenute a lungo dalla pianta.

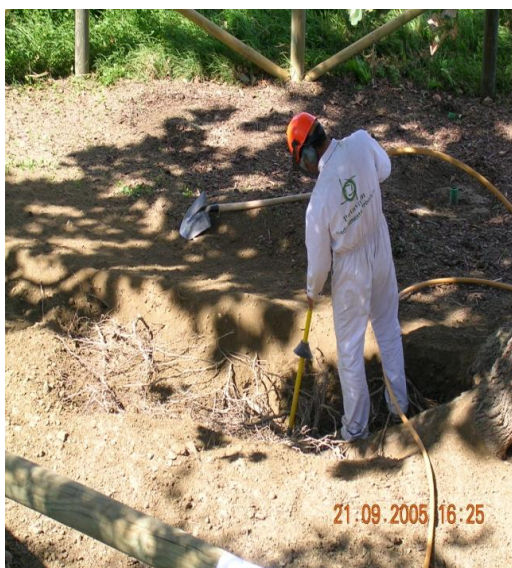
La migliore situazione nutritiva si è ripercossa anche sul callo di cicatrizzazione che appare più stabile. I lavori hanno quindi avuto un esito altamente favorevole ma saranno ancora necessari alcuni interventi correttivi sulla chioma la quale appare ancora sbilanciata nella parte apicale rivolta verso il Po che è fortemente sollecitata dagli effetti del vento e dove le branche mostrano forti sintomi di tensione.

Sarà inoltre indispensabile continuare il monitoraggio dell'apparato radicale e dei calli di cicatrizzazione per non perdere quanto fino ad ora ottenuto.

Sarà infine necessario espandere l'apparato radicale verso la campagna per affrancare ulteriormente la pianta.



Galleria fotografica dei lavori svolti





12.2 RISULTATI DEL LAVORO DI RIGENERAZIONE

Sono stati inoltre compiuti sondaggi nelle zone trattate nell'autunno del 2004 e sono state riscontrate numerose radici neoemesse, che, nella parte compresa tra il tronco e i 4 m, erano ben micorrizzate.

Anche nella zona più esterna del trattamento erano presenti, in buona quantità, nuove radici che però non si erano ancora micorrizzate.

E' stato inoltre controllato il callo di cicatrizzazione che si presentava stabile.

La pianta è stata recintata con una staccionata la quale però assume solo un significato simbolico.

La serie delle operazioni portate a termine indica che la quercia ha reagito bene agli interventi emettendo numerose radici che successivamente si sono micorrizzate rendendo più armonico ed efficiente l'apparato radicale. Tale situazione si è ripercossa sulla chioma dove è evidente la presenza di numerosi germogli con foglie ampie e ben conformate che vengono mantenute a lungo dalla pianta.





13 SOPRALLUOGO E VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE EFFETTUATO IL 25/02/2010

SCHEDA

• NUMERO DELL'ALBERO	1
• SPECIE	Quercus robur
• ALTEZZA	22 metri
• DIAMETRO	2 metri
• LARGHEZZA DELLA CHIOMA	19 metri
• POSIZIONE SOCIALE	dominante
• COMPRESSIONE DELLA CHIOMA competizione	chioma libera o senza evidenti effetti di
• VISIBILITÀ	chioma completamente visibile
• STRUTTURA DELLA RAMIFICAZIONE secondar	Carie al castello, sulle branche primarie e
• TRASPARENZA DELLA CHIOMA	50%

PARTE DELLA PIANTA DANNEGGIATA E DESCRIZIONE DEL SINTOMO/SEGNO

COLLETO		FUSTO		BRANCHE I ORDINE		BRANCHE II ORDINE		BRANCHE III ORDINE	
	Allargato		Costoluto		Cancri		Cancri		Cancri
	Bombato		Fessurato		Capitozzature		Capitozzature		Capitozzature
	Collo di bottiglia		Inclinato		Carie		Carie		Carie
	Cordoni di reazione		Policormico		Carpofori		Carpofori		Carpofori
□	Depresso		Rigonfiamenti		Corteccia incluse		Corteccia incluse		Corteccia incluse
	Rastremato		Rigonfiato ad anello		Ferite		Ferite		Ferite
	Rigonfiato		Segni di crak		Inserzioni deboli		Inserzioni deboli		Inserzioni deboli
	Rigonfiato ad anello		Riscoppi epicormici		Monconi		Monconi		Monconi
	Ferita		Sciabolato		Potature corrette		Potature corrette		Potature corrette
	Inclusione corpi estranei		Spiralato		Potature scorrette		Potature scorrette		Potature scorrette
	Necrosi corticali		Cordoni di reazione		Rigonfiamenti		Rigonfiamenti		Rigonfiamenti
	Screpolature corticali		Tensioni del legno		Segni di crak		Segni di crak		Segni di crak
	Carie		Torsione del legno		Tensioni del legno		Tensioni del legno		Tensioni del legno

COLLETO		FUSTO		BRANCHE I ORDINE		BRANCHE II ORDINE		BRANCHE III ORDINE	
	Carpofori		Carpofori I medio	□	Orizzontali		Orizzontali		Orizzontali
	Cavità		Carpofori II medio		Cordoni di reazione		Cordoni di reazione		Cordoni di reazione
	Insetti lignicoli		Carpofori III medio		Torsioni		Torsioni		Torsioni
	Riscoppi		Essudati I medio		Riscoppi epicormici		Riscoppi epicormici		Riscoppi epicormici
	Cancri		Essudati II medio	CHIOMA		RADICI		RADICI (LABORATORIO)	
			Essudati III medio	□	Regolare		Affioranti decorticate		
SUOLO		□	Ferite I medio		Irregolare		Affioranti non decorticate		
□	Compattamento		Ferite II medio		Sbilanciata	□	Strozzanti		
	Fessurazioni		Ferite III medio		Sbilanciata grave		Tagliate		
	Rigonfiamenti		Insetti lignicoli I medio		Affastellata		Carie		
□	Ristagno idrico		Insetti lignicoli II medio		Asimmetrica		Carpofori		
□	Variazione quota		Insetti lignicoli III medio		Cimata		Cavità aperta		

SUOLO		FUSTO		CHIOMA		RADICI		RADICI (LABORATORIO)	
□	Sollevamento ceppaia		Necrosi I medio		Compressa		Insetti lignicoli		Vedi oltre
	Strati impermeabili		Necrosi II medio		Filata		Riscoppi		
			Necrosi III medio		Rada	□	Danni meccanici		
			Cavità I medio		Filloptosi precoce		Sospetti problemi radicali		
			Cavità II medio		Necrosi fogliare				
			Cavità III medio	□	Alterazioni su foglie				
					Cima secca				
					Rami secchi				
					Rami epicormici				
					Microfillia				

Misure di protezione a salvaguardia dell'apparato radicale e di protezione agli atti vandalici



Vista l'inefficacia della staccionata di protezione l'amministrazione dell'ente del Parco ha commissionato la costruzione di una passerella che impedisse il contatto con la quercia al fine di evitare danni vandalici all'esemplare monumentale.

Al rafforzamento di tale funzione sono stati posizionati cartelli informativi che spiegano perché proteggere l'albero, e gli sforzi compiuti per il trattamento ed il mantenimento.





PANNELLO 1
Quercia Secolare di San Basilio



2008

E' stata fatta la rimonda di tutti i rami secchi della chioma. E' stata eliminata la parte di corteccia danneggiata nel tempo con apposita attrezzatura meccanica, favorendo la reazione cicatrizzante della pianta, stimolando così le sue difese naturali. Il lavoro è stato svolto da un operatore mediante tecnica tree-climbing.



OS-ITALY
PARCO REGIONALE VENETO

PANNELLO 2
Quercia Secolare di San Basilio



2008

L'apparato radicale sottostante la proiezione della chioma è stato liberato dal terreno compatto, mediante l'uso di getti d'aria per rendere il suolo più permeabile all'aria e all'acqua e ricreare un ambiente più favorevole allo sviluppo delle radici.



PANNELLO 3
Quercia Secolare di San Basilio



2008

Sono stati posati tubi arieggianti riempiti di argilla espansiva per favorire lo sviluppo e il mantenimento delle radici.

Il terreno è stato trattato con materiali inerti leggeri ed arricchito di sostanze organiche.





Và sottolineato come la costruzione della passerella non sia invasiva nei confronti dell'albero, i plinti sono stati posizionati con l'uso dell'air spade senza lesionare le radici dell'albero. Inoltre l'intera struttura risulta completamente smontabile essendo stata progettata e messa in opera soltanto con viti ed incastri. Ad una prima analisi sembra che lo scopo di regolamentare il flusso dei turisti e il loro comportamento sia stato raggiunto.

13.1 ISPEZIONI RADICALI

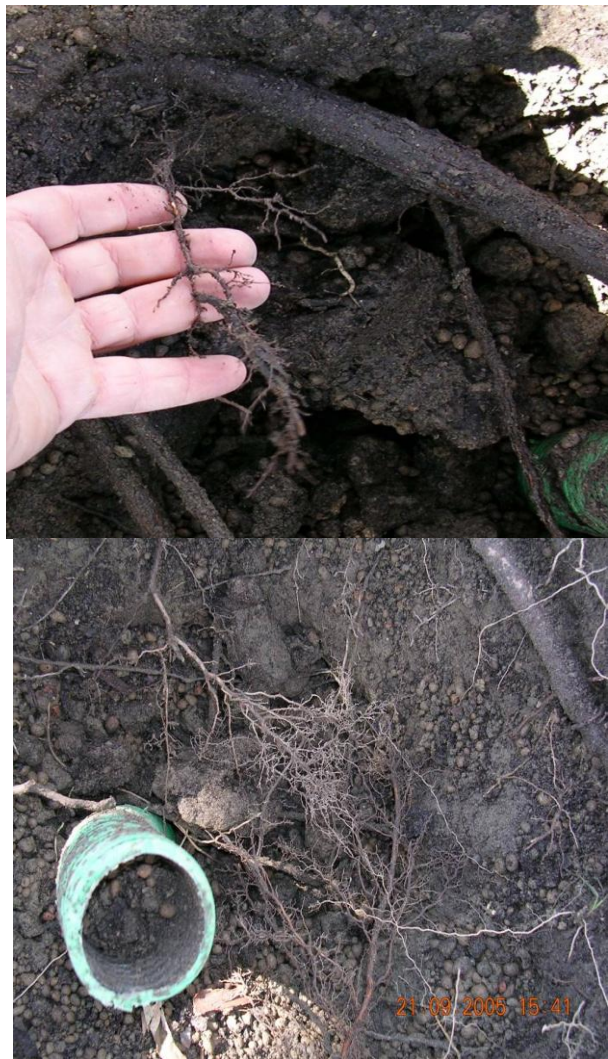
Nell'ultima ispezione radicale nel 2005 la situazione di sondaggi compiute nelle zone trattate nell'autunno del 2004 si erano riscontrate numerose radici neoemesse, che, nella parte compresa tra il tronco e i 4 m, erano ben micorrizzate.

Anche nella zona più esterna del trattamento erano presenti, in buona quantità, nuove radici che però non si erano ancora micorrizzate.

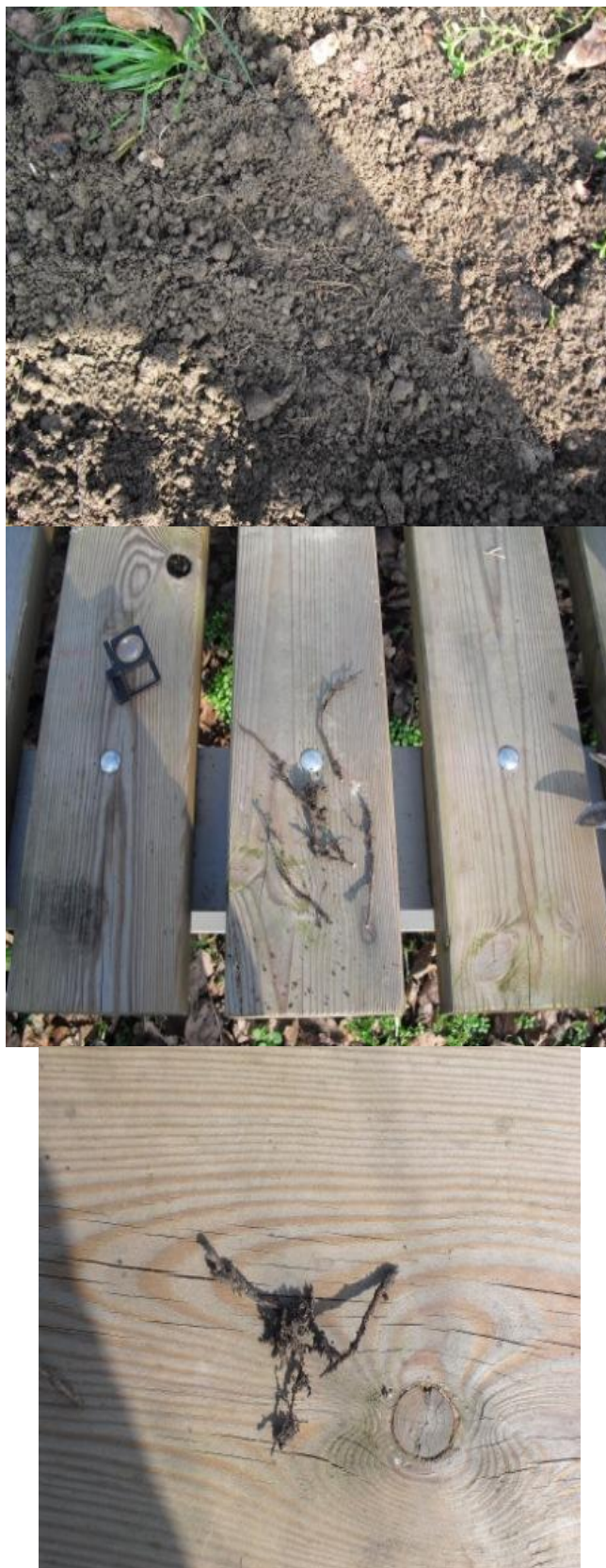
E' stato inoltre controllato il callo di cicatrizzazione che si presentava stabile..

La serie delle operazioni portate a termine indica che la quercia ha reagito bene agli interventi emettendo numerose radici che successivamente si sono micorrizzate rendendo più armonico ed efficiente l'apparato radicale. Tale situazione si è ripercossa sulla chioma dove è evidente la presenza di numerosi germogli con foglie ampie e ben conformate che vengono mantenute a lungo dalla pianta.

E' quanto si può osservare dalle foto fatte nel 2005.



Una buona reiterazione delle radici assorbenti vitali e micorizzate purtroppo a distanza di circa 4 anni nel ultimo sopralluogo la situazione è radicalmente modificata.



Si rileva una regressione dell'apparato radicale, le radici pur essendo ancora vive presentano necrosi degli apici vegetativi.

Si presenta un inerbimento comparabile con la situazione precedente all'arieggiatura con una forte predominanza delle specie presenti; di gramigna ,stolonifera macroterma favorita dal substrato

prevalentemente composto di sabbia, che esercita una pronunciata competizione con il capillizio radicale della quercia essendo più competitiva delle radici della quercia non escludendo fenomeni di allotropia.



13.2 CONTROLLO DEL CALLO DI CICATRIZZAZIONE

Nel 2005 il callo di cicatrizzazione si presentava stabile senza ulteriore espansione di *Phellinus punctatus*. Tale agente patogeno colpisce piante sane e deperenti e provoca danni importanti poiché è in grado di attaccare i tessuti del duramen e dell'alburno provocando la carie.



Nell'ultima ispezione dopo circa quattro anni dall'ultimo intervento di curazione la caria mostra una colonizzazione in circa il 6% del legno funzionale con regressione del callo



Nuove necrosi anche sulle branche evidenziano una progressione ipnocneuretica



Si rileva presenza di carpofori sul tronco e al colletto



La situazione sui contrafforti radicali evidenzia una progressione delle carie bianche



E una progressiva perdita dei tessuti legnosi





Buon incremento dei getti nel 2009 lasciano sperare ad una buona riserva energetica.



Si evidenzia inoltre lo stress nel 2007 caratterizzato da temperature elevate mentre la corona non è uniforme e ben strutturata.



La quercia in questa fase sta evidenziando in maniera netta la chioma bassa più vigorosa e caratterizzata da una elevata vigoria e la chioma alta più trasparente e sofferente.

Ciò indica chiaramente che la pianta è in una fase di regressione dell'apparato radicale. In alberi in questa fase la lenta degradazione dell'apparato radicale indebolisce la parte aerea. La crescita annuale sviluppa solamente foglie già formatesi all'interno dei germogli prima della schiusura. I rami si rinnovano parzialmente non più alla loro estremità ma a partire dalle zone più interne (epitonia e basitonia nella chioma).

Progredendo nello stadio 9 la chioma regredisce e l'albero si ripiega sulle posizioni più interne. Allo stadio 9, il periodo in cui si ha la regressione della cima, l'albero non può mantenere il volume di chioma che ha raggiunto nella maturità descritta nei due stadi precedenti: la mortalità nella chioma supera le sue capacità di rinnovamento e raggiunge branche periferiche (e non solo interne) via più importanti. Questa mortalità è preceduta dall'emissione di succhioni sempre maggiori che appaiono nelle zone sempre più interne della. In specie come la *Quercus rubra* e la *Quercus petraea*, ci siano invece delle possibilità di reazione degli apparati radicali che si verificano proprio alla base del tronco.

Osservando numerose ceppaie di querce di età diversa si può passare da un apparato radicale iniziale nel quale si distinguono quello a fittone e quello fascicolato, a dei passaggi intermedi nei quali si notano un numero sempre maggiore di reiterazioni

sulla struttura originale che sono raggiunte da un'attività cambiale circolare che si verifica attorno al vecchio tronco; si termina poi con la morte del vecchio apparato.

Si può affermare che la mancanza di cure per circa 4 anni ha determinato una rilevante regressione della quercia, compromettendo i successi dei lavori svolti.

14 PROGETTO DI PIANO DI GESTIONE

Si articola in cinque fasi

- analisi e monitoraggio
- Interventi arboricolturali e di coltivazione
- Interventi chemioterapici
- Interventi di regolamentazione e pianificazione gestionali
- Interventi straordinari

14.1 ANALISI E MONITORAGGIO

Come si desume dall'ampia discussione sopra riportata il quadro clinico appare articolato e complesso.

Non è possibile infatti parlare di senescenza e invecchiamento perché il concetto di senescenza dei meristemi apicali o cambiali non si può applicare perché nessun tipo di degenerazione funzionale è stata osservata (Anfodillo) ma Bond (2000) riporta che nelle piante vecchie rispetto a quelle giovani si osserva di frequente una diminuzione dell'assimilazione netta, e quindi della capacità della piante di produrre sostanza organica. Più recentemente Koch et al. (2004), osservando ciò che avviene sulle piante più alte del pianeta (delle sequoie di quasi 113 m), hanno dimostrato che le foglie delle parti più alte della chioma rispetto a quelle poste in basso hanno assimilazione minore e minore discriminazione del carbonio "pesante". Gli autori ritengono che queste due risposte siano essenzialmente da collegare alla difficoltà della pianta nel trasportare l'acqua contro il gradiente gravitazionale fino alla cima dell'albero; in altre parole l'efficienza complessiva del sistema di trasporto dovrebbe avere un ruolo primario nel determinare la massima dimensione dei singoli individui e ne determina la "sofferenza".

Al concetto di size-related decline (ossia stress progressivo in funzione della dimensione) verrebbe sostituito un concetto che potrei definire di optimal adjustment ossia di permanenza in uno status fisiologico ottimale durante la crescita che viene realizzato con modificazioni strutturali del sistema di conduzione (rastremazione degli elementi di conduzione) atte a mantenere una conduttanza specifica fogliare praticamente costante. Gli alberi, man mano che aumentano le proprie dimensioni, manterrebbero una struttura di trasporto dell'acqua sempre ottimale (quando sono in fase giovanile di crescita molto attiva) o al limite dell'ottimalità (quando hanno raggiunto l'altezza massima). In questo stato limite, che in natura è oscillante a seconda delle condizioni d'ambiente (concetto analogo a quello della numerosità di una popolazione animale arrivata alla capacità portante), la conduttanza specifica fogliare potrebbe anche diminuire leggermente (e così la fotosintesi) in accordo a quanto osservato in piante alte (Koch et al. 2004) rispetto a quelle piccole (Ryan et al. 2005). Una volta raggiunta la loro dimensione massima gli alberi potrebbero mantenere questo status sub-ottimale virtualmente per un tempo infinito senza, quindi, essere soggetti ad un progressivo declino.

Per cui sono i problemi idraulici a determinare il declino dell'albero. Infatti è la regressione dell'apparato radicale che bisogna contrastare. Del resto gli interventi terapeutici realizzati dal Prof. Sergio Muto Accordi dimostrano chiaramente che ad una stimolazione rigenerativa del sistema radicale è corrisposta una ripresa vegetativa.

In un piano di gestione della quercia risulta necessario il controllo e il monitoraggio. La quercia presenta due problemi la carie di *Ganoderma* sp. al colletto, e sui contrafforti una caria non stabilizzata sulle branche e la produzione di biomassa nella valutazione della vitalità in una situazione di regressione sia di efficienza fotosintetica che di regressione radicale. Pertanto è necessario pianificare in un piano di gestione interventi di controllo. La carie affligge alberi di tutte le dimensioni, dalle gigantesche sequoie della California alle specie di piccola taglia delle regioni artiche e delle zone semiaride.

La carie colpisce anche gli arbusti e persino i grandi cactus dei deserti la cui parte legnosa è paragonabile al duramen degli alberi convenzionali, le malattie ipnocheuretiche si stima causano

danni ad oltre il 30% degli alberi ed al legno in opera Resti di legno cariato trovati in Germania e negli U.S.A. in stratificazioni del Pliocene testimoniano la presenza di agenti di carie già alla fine dell'era terziaria cioè circa un milione di anni fa. Carpofori pleistocenici californiani di *Ganoderma*



applanatum sono stati giudicati quasi identici a quelli attualmente associati alle carie del medesimo albero ospite nella stessa regione. Negli alberi viventi, l'alburno è più resistente del duramen alla degradazione microbica, mentre nel legno in opera la situazione si inverte. La resistenza dell'alburno è in larga parte attribuibile alla maggiore percentuale di cellule vive e reattive rispetto al duramen. La carie si verifica in seguito alla colonizzazione microbica e alla degradazione delle pareti secondarie delle cellule del legno. Le caratteristiche morfologiche della degradazione della parete sono diverse tra le varie specie fungine. Dalla depolimerizzazione dei costituenti di parete insolubili ed ad alto contenuto energetico si liberano oligomeri e monomeri utilizzati poi dai microorganismi lignicoli. In natura, comunque è raro che un singolo microorganismo sia capace di degradare completamente le pareti e generalmente la carie è il risultato dell'attività di numerosi organismi operanti secondo una successione spaziale e temporale e tra i quali si instaurano rapporti di sinergismo ed antagonismo. I microorganismi colonizzatori producono enzimi extracellulari aventi come bersaglio determinati polimeri del legno e caratteristiche fisico chimiche tali da condizionare la penetrazione microbica entro il substrato, l'efficienza della colonizzazione e la loro mobilità. I sistemi microbici più studiati sono quelli responsabili della degradazione della cellulosa e della lignina. In base al colore del legno degradato e al carattere della degradazione, le carie vengono convenzionalmente distinte in carie bianca e carie bruna. La carie bianca è caratterizzata dalla degradazione della cellulosa e della lignina di parete associata ad una notevole perdita di consistenza del legno.

Sottotipi di carie bianca sono la lacunosa la bianco fibrosa e la bruno giallastra fibrosa. Questa notevole varietà tra i diversi processi di carie bianca dipende principalmente dalla quantità di lignina, emicellulosa o cellulosa degradata (Erikson *et al.*, 1990). La carie bruna è invece



caratterizzata dalla degradazione della cellulosa di parete e dalla modificazione della lignina con limitata perdita di consistenza del legno. Sottotipi di carie bruna sono la bruno chiara e la bruno rossastra (Wagner & Davidson, 1954). Si riscontrano ovviamente diverse forme intermedie tra i tipi e i sottotipi. Le diverse modalità di azione degli enzimi cellulolitici di funghi agenti di carie bianca e di carie bruna sono state evidenziate misurando il grado di polimerizzazione della cellulosa dopo diversi periodi di esposizione di funghi agenti di carie (Cowling, 1961). Nei processi di carie bruna le endocellulasi rompono rapidamente numerose catene di cellulosa liberando corti frammenti, mentre nei processi di carie bianca tali enzimi agiscono su un numero limitato di catene i cui frammenti vengono poi completamente degradati da esocellulasi.

Perciò, gli agenti di carie bruna, rompendo numerose e lunghe catene, causano una drammatica e rapida perdita di consistenza del legno, mentre i funghi agenti di carie bianca impiegano molto più tempo per degradare un numero di elementi strutturali e causare perdite di consistenza comparabili a quelle di caria bruna.



Fase comune:

staccano i ponti idrogeno che legano tra loro le micelle di cellulosa e queste ultime alla lignina.

Carie bianca

sono dotati di esoglucanasi e attaccano perciò il polimero di cellulosa dagli estremi staccando da essi singole molecole di cellobiosio (2 molecole di glucosio) necessario per il loro supporto energetico.

avanzano lentamente nel tessuto poiché si accrescono nello strato interno della parete demolendola enzimaticamente man mano che avanzano.

Carie bruna

Sono dotati di endoglucanasi e intervengono perciò in maniera casuale nel polimero di cellulosa rompendolo in molti punti.

Avanzano velocemente perché:

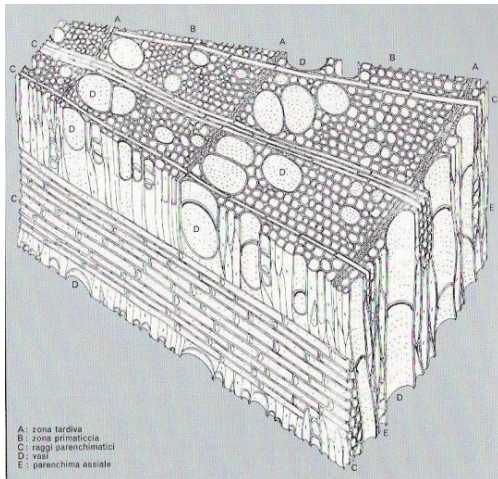
- hanno numerosi siti di attacco per le esoglucanasi
- il substrato si degrada più rapidamente, una caduta verticale della polimerizzazione
- vi è una forte diminuzione della resistenza
- ife non si trovano all'interno della parete ma nel lume cellulare dove incontrano pochi ostacoli alla loro diffusione.

Tipo di carie ed agente casuale	Perdita media di peso %	Percentuale dei costituenti cellulari		
		Cellulosa	Emicellulosa	Lignina
Carie bianca, <i>Coriolus versicolor</i>	0 ^a	52	25	23
	25	40	19	17
	55	23	11	11
Carie bruna, <i>Poria placenta</i>	0 ^a	52	25	23
	20	40	17	23
	45	22	10	23

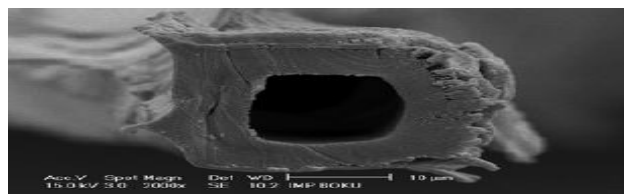
^a Legno sano

Nella tabella si nota che in un processo di carie bianca, quando il campione ha subito una perdita di circa il 50% del suo peso originale, la lignina e la cellulosa sono diminuite di circa il 50%, mentre nella carie bruna la lignina non subisce alcuna variazione (Cowling).

Numerosi studi hanno evidenziato che ai due tipi tradizionalmente distinti corrispondono peculiari ultrastrutture di degradazione. Nella carie fibrosa le ife colorate colonizzano il lume degli elementi vascolari e delle cellule morte causano una marcata erosione della parete ai lati del punto di adesione; di conseguenza in direzione assiale, l'ifa finisce per trovarsi su una sorta di



- A: Zona tardiva
- B: zona primaticcia
- C: raggi parenchimatici
- D: vasi
- E: parenchima assiale



cresta di parete tra due fossette lisigene. Nella carie bianca lacunosa le ife colonizzano cavità lisigene. Nella carie bianca lacunosa le ife colonizzano cavità lisigene assiali, a sezione rotondeggiante, da loro prodotte entro lo strato S2, della parete secondaria; per colonizzare lo strato S2, le ife perforano e attraversano, formando una sottilissima ifa ponte, lo strato S3, degli elementi conduttori e delle cellule morte, bersagli della colonizzazione primaria. Nella carie bruna le ife colonizzatrici sono localizzate esclusivamente entro il lume degli elementi conduttori e delle cellule morte e la parete è degradata uniformemente per un certo tratto attorno al punto di adesione dell'ifa senza che si verifichi alcuna erosione. Il legno può essere degradato anche da funghi o batteri agenti di carie molle. Nel legno degli alberi viventi questi microrganismi non sono generalmente associati alla degradazione della parete cellulare, ma le loro modalità di azione e di degradazione sono state ampiamente studiate per quanto riguarda la degradazione dei prodotti del legno (Blanchette, 1987; Blanchette et al., 1990; Eriksson et al., 1990).

14.2 DEGRADAZIONE DELLA CELLULOSA

La degradazione della cellulosa può avvenire per via enzimatica e non enzimatica; il primo caso si verifica nella carie bianca grazie all'azione di eso-ed endo-glucanasi operanti per via idrolitica. Le eso-glucanasi liberano glucosio e cellobiosio dalle estremità delle catene di cellulosa, ma sono incapaci di degradare la cellulosa cristallina quando le estremità delle catene sono adeguatamente protette. Le endo-glucanasi operano invece in punti qualsiasi lungo le catene di cellulosa generando estremità libere. Secondo l'interpretazione corrente i due tipi di enzimi opererebbero in modo sinergico. Le endo-glucanasi genererebbero estremità di catene facilmente aggredibili dalle eso-glucanasi; d'altra parte l'azione terminale delle eso-glucanasi impedirebbe il riallineamento delle catene spezzate. Il termine eso-glucanasi è sinonimo dell'enzima un tempo denominato C.1; mentre endo-glucanasi dall'enzima denominato Cx. Secondo un'altra interpretazione, pur ammettendo l'esistenza di un sistema bi-enzimatico sinergico, si ritiene che l'enzima C1 sia semplicemente un tipo speciale di endo-glucanasi capace di attaccare substrati a struttura assai ordinata.

La degradazione non enzimatica della cellulosa si verifica nella carie bruna, in presenza di certi basidiomiceti che causano una marcata depolimerizzazione della cellulosa con perdita di peso piuttosto limitata. Si ritiene inoltre che questo processo sia determinato da un sistema H_2O_2/Fe^{2+} . Secondo questa ipotesi lo ione ferroso (Fe^{2+}) deriverebbe dalla riduzione non enzimatica dello ione ferrico (Fe^{3+}) che nel legno soggetto a carie è sempre disponibile in quantità sufficienti. L'acqua ossigenata sarebbe prodotta in seguito all'ossidazione degli zuccheri a lattoni per opera di enzimi

fungini. Lo schema della. l'esistenza di un tale sistema H_2O_2/Fe^{2+} presuppone che l'acqua ossigenata, tossica per le cellule viventi, perché capace di causare rotture omolitiche ed innescare la formazione di radicali liberi dell'ossigeno denaturanti le membrane biologiche, venga in qualche modo neutralizzata. I meccanismi di protezione possono consistere nella generazione di H_2O_2 a distanza di sicurezza dall'ifa, nella neutralizzazione dei radicali liberi dell'ossigeno generati (ad es. per mezzo della superossido dismutasi) o nella conversione dell'acqua ossigenata in acqua e ossigeno per mezzo della catalasi.

14.3 DEGRADAZIONE DELLA LIGNINA

Nel processo di carie anche la degradazione della lignina, come quella della cellulosa, riveste un ruolo determinante. Basta pensare che la lignina, pari in peso al 20-30% del legno, costituisce circa un quinto della biomassa terrestre, valutabile quest'ultima a 1011 tonnellate. Solo i basidiomiceti in natura sono efficienti degradatori della lignina e tra questi spiccano ovviamente gli agenti di carie bianca capaci di metabolizzare i prodotti di degradazione sia della lignina che dei polisaccaridi di parete. Gli agenti di carie bruna, invece, degradano la lignina solo per accedere ai polisaccaridi e metabolizzare i loro prodotti di degradazione. In quest'ultimo caso, tuttavia, non è chiaro il motivo per cui la degradazione non raggiunga mai i livelli propri della carie bianca. Attualmente, nonostante i numerosi studi in proposito, le modalità di degradazione della lignina sono note solo in parte. Le interpretazioni si fondano sui risultati di analisi chimiche dei prodotti di trasformazione della lignina in seguito all'attacco di basidiomiceti agenti di carie bianca. Il meccanismo primario di biodegradazione della lignina consiste nell'ossidazione delle catene alifatiche laterali e degli anelli aromatici senza che avvenga il loro distacco dal polimero. Alcune prove dirette dell'ossidazione delle catene laterali nel polimero degradato sono la presenza di gruppi aromatici acidi e l'aumento di gruppi α -carbonilici, mentre prove indirette della rottura degli anelli aromatici nel polimero degradato sono l'alto contenuto di ossigeno e di gruppi carbossilici - non giustificato dalla sola ossidazione delle catene laterali - il basso contenuto di metossili, l'assenza di anelli aromatici intatti demetilati, il calo della parte aromatica e degli ossidrilici fenolici, ed infine alla presenza sia di gruppi carbossilici che di gruppi insaturi. Infatti l'ossidazione e la rottura di un anello, che si verificherebbe quando è ancora legato ad un altro, porterebbe alla produzione di diverse molecole aromatiche a basso peso molecolare. Ormai è assodato che l'attività ligninolitica dei basidiomiceti non è indotta dalla presenza nell'ambiente in cui vivono i microrganismi di lignina o di sostanze fenoliche a basso peso molecolare. L'incapacità della lignina di indurre la sintesi dei corrispondenti enzimi degradativi dipende principalmente dalla sua eterogeneità chimica, irregolarità strutturale e dall'assenza di sequenze ripetitive di monomeri uguali. Queste caratteristiche rendono improbabile un riconoscimento specifico del polimero da parte di recettori o di soppressori fungini. L'evidenza sperimentale degli ultimi anni indica che la comparsa del sistema ligninolitico nelle colture dei basidiomiceti lignicoli è correlata alla limitata disponibilità o carenza di azoto. L'aggiunta alle colture di semplici sorgenti di azoto, come ioni ammonio (NH_4^+) o glutammato, reprime l'attività ligninolitica. La comparsa del sistema ligninolitico è interpretata come uno dei tanti processi del metabolismo secondario attivati da certi microrganismi in condizioni di crescita limitata per carenza di azoto; altri processi associati alla comparsa del sistema ligninolitico sono la sintesi dell'alcool veratrilico e l'attività fenolossidasi. Non è ancora chiaro quali rapporti intercorrano tra i tre processi, né si comprende il motivo per cui la degradazione della lignina sia regolata dalla nutrizione azotata. Probabilmente la chiave interpretativa del fenomeno sta nella scarsa disponibilità di azoto nel legno. La degradazione della lignina rende accessibili e metabolizzabili gli altri polimeri strutturali di parete; questo carattere vantaggioso, pur essendo espressione del metabolismo secondario, si sarebbe conservato nel corso dell'evoluzione.

14.4 LA DINAMICA DELLA CARIE

Il tedesco Hartig (1878), padre della patologia forestale, interpretò la carie del legno degli alberi come il risultato della crescita saprofitaria di basidiomiceti nel duramen. L'interpretazione era suffragata sia dalla stretta correlazione tra carie interna e comparsa di basidiocarpi alla superficie

delle parti cariate, sia dal costante isolamento di colture di basidiomiceti dal legno cariato. Gli altri tipi di microrganismi, eventualmente isolati, erano considerati occasionali contaminanti. Le idee di Hartig sulla carie hanno dominato in fitopatologia fino agli anni sessanta. Le conoscenze microbiologiche maturate negli ultimi vent'anni hanno evidenziato che la genesi della carie è assai più complessa di quanto si ritenesse in passato. L'interpretazione corrente è che la carie sia il risultato finale di una serie di interazioni tra numerosi microrganismi, inclusi batteri, ascomiceti, basidiomiceti, funghi imperfetti, lieviti ed attinomiceti (Mercer, 1982). Inoltre, l'evoluzione di certi tipi di carie coinvolgerebbe anche organismi superiori come nematodi, insetti ed uccelli. Per quanto riguarda i meccanismi di difesa dell'alburno nei confronti della carie, i primi studi su tale argomento, risalenti agli anni 20, sono stati per lo più ignorati ed è forse soprattutto per questo motivo che fino a non molti anni fa si pensava che la resistenza degli alberi viventi alla carie fosse essenzialmente un processo passivo (Peace, 1962) e solo recentemente è stato attribuito un ruolo essenziale a meccanismi di difesa attiva. Dalla letteratura emerge che le principali teorie proposte per spiegare la dinamica della carie all'interno degli alberi sono essenzialmente due: la teoria di compartimentazione e quella del condizionamento microambientale (CM). In base all'osservazione della distribuzione della carie nel cilindro legnoso in prossimità delle grosse ferite degli alberi (Shigo & Marx, 1977; Shigo, 1984) è stato elaborato il modello di compartimentazione, denominato CODIT dalle iniziali delle parole inglesi "Compartmentalisation of decay in trees", secondo cui lo sviluppo della carie sarebbe condizionato dalle risposte di difesa attiva della pianta. Al contrario, secondo il modello CM lo sviluppo della carie sarebbe condizionato in modo aspecifico da fattori fisici prevalenti nel legno in seguito alla perdita di funzionalità e all'ebollita per danni di origine biotica o abiotica (Boddy & Rayner, 1983). In conclusione, la differenza fondamentale tra i due principali modelli consiste nell'interpretazione del ruolo svolto dalle barriere messe in atto dall'albero per circoscrivere, o per lo meno tentare di circoscrivere, il legno cariato: nel primo caso i meccanismi di difesa attivi rivestono un ruolo essenziale nell'ostacolare il processo di carie, mentre nel secondo sono dei fattori passivi ad influenzare lo sviluppo di tale affezione.

14.5 TEORIA DI COMPARTIMENTAZIONE

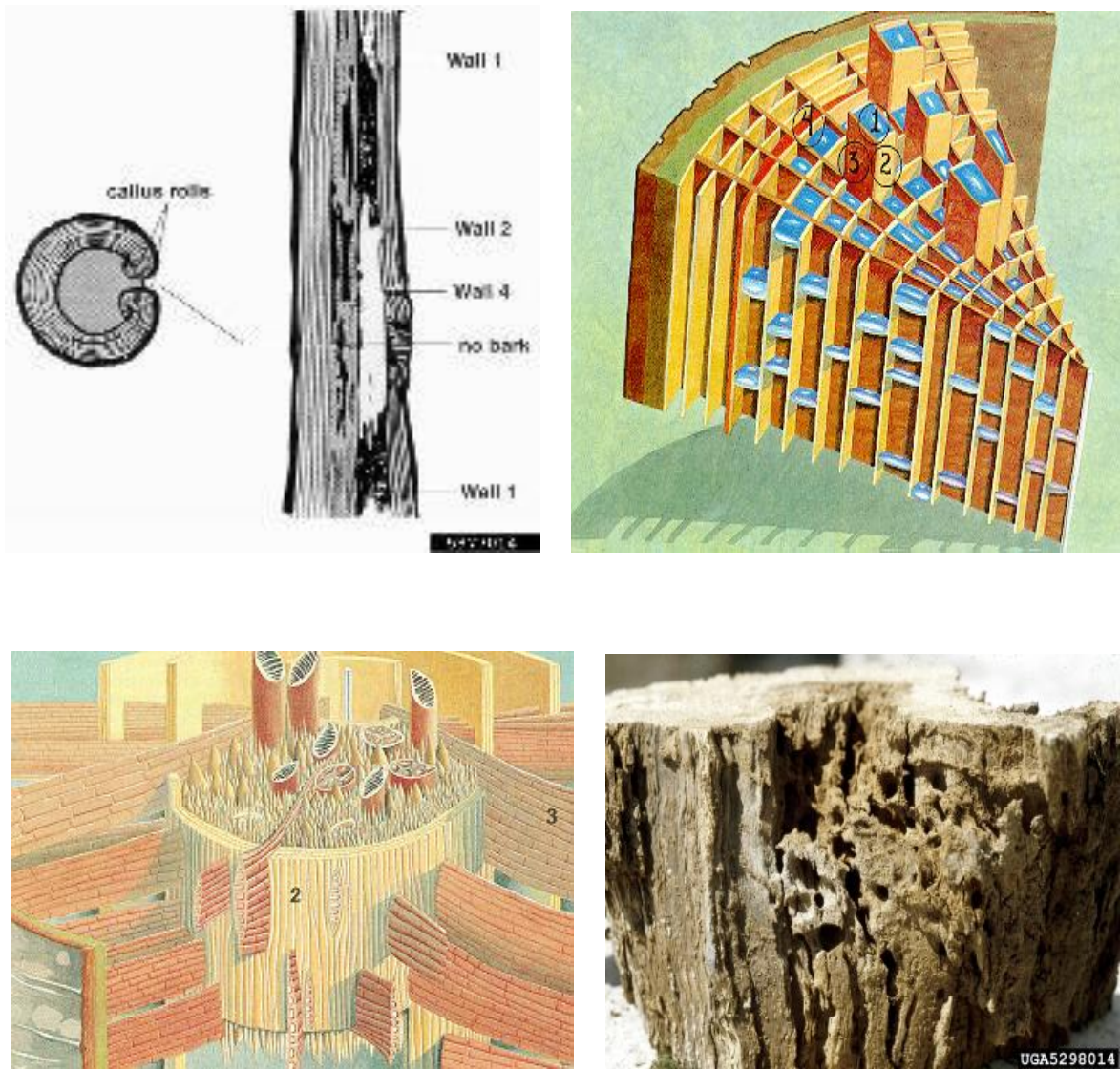
Negli alberi viventi la compartimentazione è una strategia di difesa con cui i tessuti esistenti al momento della ferita e/o dell'infezione vengono separati da quelli formati successivamente grazie alla formazione di barriere morfologiche e chimiche che, pur arginando o bloccando la colonizzazione da parte dei funghi lignicoli, non rendono il legno immune a colonizzazioni microbiche successive. Infatti, nel caso in cui la ferita rimanga aperta, i microrganismi si insediano e cambiano le condizioni del microambiente tanto da superare la barriera compartimentale. A questo punto ad una maggiore distanza dalla ferita e ad una profondità superiore si formano altre barriere in modo da creare un nuovo compartimento. Il legno che scolora subito dopo la ferita non favorisce la crescita della maggior parte dei funghi agenti di carie. L'elevato contenuto fenolico, l'aumento del pH, l'alta concentrazione di micro-elementi e le ostruzioni fisiche nelle cellule xilematiche impediscono la rapida crescita di basidiomiceti (Shigo, 1984). La compartimentazione si articola in due fasi: nella prima si forma una zona di reazione che rallenta la colonizzazione microbica dei tessuti già presenti al momento della ferita e/o dell'infezione; nella seconda si forma una barriera zonale che isola o separa gli anelli interni dello xilema, già esistenti al momento della ferita e/o dell'infezione, da quelli esterni formati solo in seguito. In un tronco cariato sezionato si può constatare che il margine della carie è generalmente caratterizzato da una banda di spessore variabile con spiccata colorazione più scura o addirittura bruna all'interfaccia tra alburno sano e xilema cariato denominata zona di reazione (Shain, 1967, 1971, 1971); altre sue denominazioni sono duramen patologico (Busgen & Munch, 1929), legno di protezione (Jorgensen, 1961), legno a colore alterato (Shigo, 1967), ed infine pareti 1,2 e 3 nello schema CODIT, proposto da Shigo e Marx (1977).

La zona di reazione, determinante per la resistenza dell'ospite, si forma davanti al fronte di avanzamento dei microrganismi colonizzatori ed è costituita da tessuto necrotico, spesso suberificato e ricco di sostanze antimicrobiche (Kemp & Burden, 1986; Pearce & Woodward, 1986; Shain, 1967, 1971; Biggs, 1987; Pearce, 1987, 1990; Pearce & Rutherford, 1981). Dalla parte del legno ancora sano, la zona di reazione, è preceduta da una zona più ristretta, chiamata zona di transizione (Shain, 1967, 1971, 1979), più asciutta, costituita da cellule parenchimali metabolicamente attive e produttori composti antimicrobici, che in seguito alla loro morte si trasformano in zone di reazione (Tattar & Rich, 1973; Johansson & Stenlid, 1985).

Il contenuto d'acqua della zona di transizione è di gran lunga inferiore a quello dell'alburno: in *Picea abies* attaccata da *Heterobasidion annosum*, ad esempio, la zona di transizione l'alburno hanno rispettivamente un contenuto d'acqua pari al 40 e 120% (riferito al peso secco). Il basso contenuto d'acqua dipende probabilmente dallo stato di embolia degli elementi conduttori indotto da ferita e/o da infezione. Iniziata l'embolia, l'acqua residua di quegli elementi seguendo il gradiente di potenziale idrico è richiamata progressivamente dal vicino legno ancora funzionante con gli elementi conduttori in tensione (Shain, 1979); di fatto, nelle conifere, si è notato che nella zona di transizione oltre l'0% delle punteggiature sono aspirate con toro spostato all'erno (Harris, 1954).

Nel legno della zona di transizione le cellule parenchimatiche assiali e radiali sono soggette a processi apparentemente simili a quelli già visti a proposito della formazione del duramen come ad esempio l'attivazione del metabolismo secondario accompagnato da scomparsa dei granuli d'amido, l'accumulo di etilene e di sostanze fenoliche, e l'eventuale morte cellulare. Si ritiene che l'accumulo di etilene sia l'evento chiave che regola il metabolismo delle cellule parenchimatiche nella zona di transizione ed in particolare la sintesi di sostanze fenoliche. Le zone di reazione sono state interpretate come il risultato estremo di fenomeni necrobiotici in atto nelle zone di transizione. Le sostanze antimicrobiche accumulate nelle zone di reazione sono per lo più di natura fenolica ed appartengono a vari gruppi: stilbeni, lignani, alcaloidi, biarili, flavonoidi, fenilpropanoidi, terpenoidi, sesquiterpeni, diterpeni, triterpeni, ed altri ancora non ben identificati (Kemp & Burden, 1986; Shain, 1971; Biggs, 1987; Pearce, 1990). La zona di reazione è contraddistinta anche da modificazioni delle pareti cellulari consistenti principalmente in suberificazione nelle cellule parenchimatiche, assiali e radiali, e nelle tille (Pearce & Ruthford, 1981; Pearce & Woodward, 1986). Le zone di reazione frenano, ma di solito non arrestano la colonizzazione microbica, principalmente perché certi microrganismi pionieri hanno la capacità di degradare e neutralizzare i composti fenolici in esse accumulati. La stabilità della zona di reazione è più o meno limitata nel tempo; nell'alburno i tratti più stabili sono quelli tangenziali ai raggi midollari. Il superamento della zona di reazione in qualche tratto di minor resistenza porta ad un rapido avanzamento del fronte microbico entro il legno sano e la formazione di una nuova zona di reazione ad adeguata distanza (Pearce, 1987). In passato il processo con cui si verifica l'invasione dell'alburno vivente in corrispondenza del margine della zona di reazione veniva considerato continuo con la presenza di alburno funzionale, zone asciutte di transizione, zone di reazione, carie incipiente, legno cariato (Shain, 1967, 1971, 1979). Recenti evidenze sperimentali, tuttavia, suggeriscono che almeno nelle angiosperme non si verifica un continuo avanzamento del patogeno nell'alburno vivente che passa attraverso la formazione delle zone di reazione prima di infettarsi e cariarsi. In *Acer pseudoplatanus* e in *Fagus sylvatica* infatti sono stati osservati dei residui strutturali e chimici di zone di reazione nell'alburno cariato dietro i cancri (Cooke & Rayner, 1984; Rayner, 1986; Rayner & Boddy, 1988).





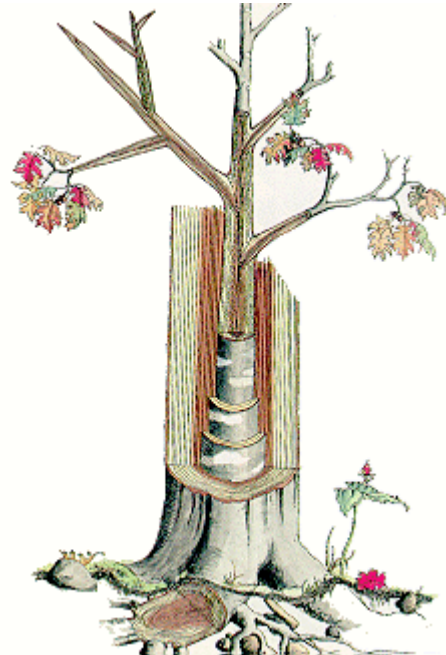
Nei confronti delle carie le zone di reazione più che formare barriere dinamiche che ritraendosi continuamente davanti al fronte di avanzamento dell'infezione fungina agiscono come barriere statiche efficaci anche per lunghi periodi e cioè fin quando non vengono interrotte o superate permettendo così il rapido avanzamento fungino bloccato poi dalla formazione di una nuova barriera di reazione (Pearce, 1987).

L'ipotesi che le zone di reazione siano essenzialmente delle barriere statiche contro la carie è compatibile con il loro ruolo di barriere durature ipotizzato nel modello CODIT della carie del legno (Shigo, 1984; Shigo & Marx 1977; Shortle 1979).

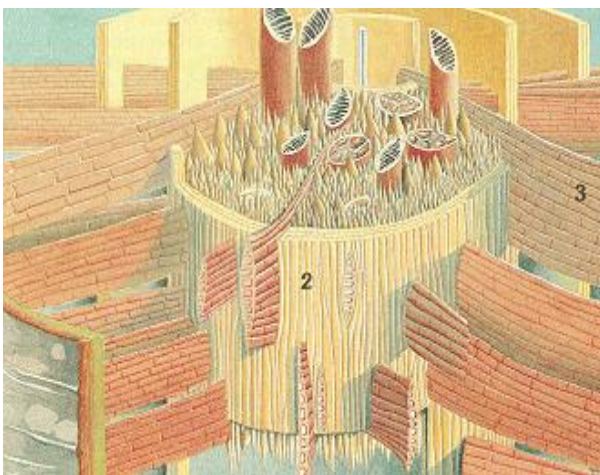
Studi successivi sulla disposizione dei caratteristici residui delle zone di reazione hanno suffragato la suddetta ipotesi relativa alla dinamica della formazione delle zone di reazione nelle angiosperme (Pearce, 1991) infatti in sezioni trasversali di legno cariato, tali residui hanno una disposizione radiale discontinua indicando che le zone di reazione si formano entro i tessuti ospiti solo in determinate posizioni.

Negli alberi viventi quindi i margini delle carie, delimitate da una zona di reazione, sono essenzialmente statici e vengono interrotti da periodi di avanzamento del fungo con conseguente colonizzazione dell'alburno sano. I periodi di invasione possono essere relativamente brevi considerando che il legno colonizzato in corrispondenza delle zone di reazione presenta poche o nessuna risposta di difesa e, in sezioni di alberi viventi, i margini della carie sono generalmente delimitati da zone di reazione completamente sviluppate. Contrariamente alla barriera 4 del modello CODIT (Pearce & Rutherford, 1981; Shigo & Marx, 1977) le zone di reazione non sono strutturalmente omogenee essendo formate da diversi tipi di cellule (vasi morti, fibre ecc.) e non

formano una barriera morfologica continua contro l'attacco fungino (Pearce 1987, Rayner & Boddy, 1988). Negli alberi considerando che esiste un forte allineamento assiale dei tessuti xilematici, la colonizzazione longitudinale dei funghi si sviluppa molto più rapidamente (Greaves & Levy, 1965) di quella radiale o laterale perché in questo caso il fungo deve attraversare più pareti cellulari agenti come potenziali ostacoli.



Recentemente è stato proposto un modello ipotetico sulla dinamica delle carie nel legno vivente di una angiosperma legnosa basato essenzialmente sulla disposizione dei residui delle zone di reazione che rimangono nelle lesioni tipiche delle carie (Pearce, 1991). In un primo momento la carie, delimitata da una zona di reazione, rimarrebbe statica a lungo fino a quando non si verifica una frattura localizzata che permetterebbe al patogeno di avanzare nel legno funzionale.



In seguito alla diffusione fungina in corrispondenza della frattura si potrebbero formare delle necrosi dell'alburno e delle zone più asciutte. Di conseguenza il legno più asciutto che rispetto all'alburno funzionale, è più favorevole alla crescita fungina verrebbe ben presto colonizzato dal fungo agente di carie. A questo punto è possibile prevedere due meccanismi di risposta della pianta: la colonizzazione si blocca in corrispondenza del tessuto compromesso grazie a barriere ambientali passive formatesi nell'interfaccia con lo xilema funzionale saturo d'acqua e una zona di reazione si forma solo dopo che il fungo ha cessato di avanzare, oppure, all'interfaccia tra lo xilema compromesso e quello sano, si forma subito una zona di reazione che blocca l'avanzata del

patogeno. La zona cariata aumentata così di dimensione va incontro ad un'altra fase di stasi (almeno localizzata) delimitata da una zona di reazione. I residui caratteristici delle zone di reazione interrotte rimarrebbero così inclusi nella regione cariata oppure verrebbero lentamente degradati (Pearce, 1991).

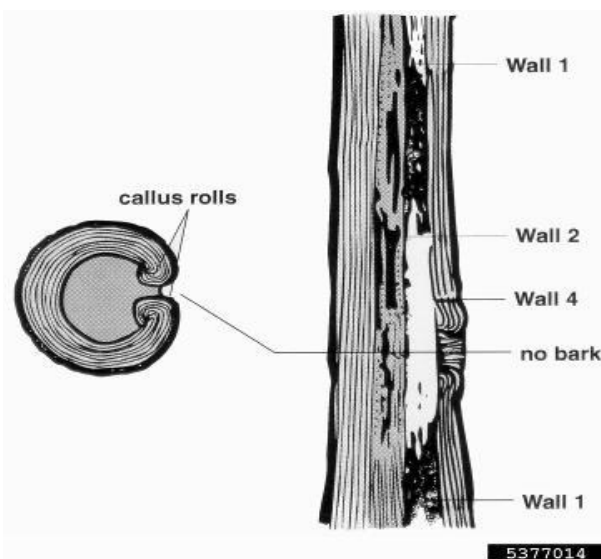


Le barriere di reazione possono proteggere i tessuti funzionali sia mediante un'attività antimicrobica sia fungendo da "guarnizioni" che mantenendo l'integrità idraulica dell'adiacente alburno sano, assicurano un livello di saturazione idrica sfavorevole per la crescita fungina. Nonostante i meccanismi di protezione dello xilema funzionale, una prolungata attività fungina può causare fratture localizzate nelle barriere di difesa permettendo così l'invasione fungina nel legno sano. I raggi possono funzionare come canali di resistenza minima per la diffusione radiale centrifuga (Greaves & Levy, 1965). Questa diffusione inizialmente limitata nei tessuti adiacenti saturi di acqua, può distruggere l'integrità di una porzione xilematica in prossimità della frattura con successivo essiccamento localizzato nel legno compromesso e creazione di un microambiente favorevole alla crescita fungina. Nelle gimnosperme la formazione di zone asciutte nell'alburno viene associata alla morte dei raggi parenchimatici (Coutts, 1997).

La porzione di legno asciutto può essere poi rapidamente colonizzata da funghi agenti di carie senza che vengano indotte risposte di difesa almeno fino a quando non si raggiunge il margine di tessuto asciutto. A questo punto la crescita fungina può essere bloccata dal microambiente saturo d'acqua lasciando all'ospite il tempo sufficiente per innescare risposte di difesa. In alternativa le zone di reazione possono essere indotte solo in seguito al solo essiccamento del tessuto o all'azione di alcuni elicitori diffusibili traslocati prima del fronte di infezione fungina. Questa nuova zona di reazione può poi agire come barriera duratura nei confronti sia della diffusione fungina sia dell'essiccamento del tessuto, bloccando l'ulteriore invasione per un lungo periodo forse anche per anni, fino alla successiva frattura localizzata causata dal patogeno e si ripete la sequenza di eventi già descritta. Secondo recenti evidenze sperimentali si ritiene quindi che l'avanzata fungina sia intermittente e non continua. Le zone di reazione coinvolgono spesso sia l'alburno che il duramen. Nell'alburno esse sono, come si è visto, il risultato di una risposta attiva delle cellule parenchimatiche vive, attivando processi necrobiotici. Infatti, nonostante sia possibile che nel duramen ci sia un'attività enzimatica residua (Shigo & Shortle, 1979), è verosimile che la capacità di risposta attiva sia estremamente limitata contrariamente ai notevoli cambiamenti chimici abiotici conseguenti alle variazioni di ossigeno o di umidità associate al processo di carie. Nel duramen ci sono difese costitutive capaci di creare delle condizioni ambientali sfavorevoli alla crescita dei microorganismi come ad esempio l'accumulo di diversi composti antifungini determinante per la resistenza delle carie (Kuc & Shain, 1977, Hart 1981). Inoltre, nell'alburno infettato sono stati rilevati composti fitoalesinici simili spesso identici a sostanze costitutive del duramen sano. Tra i normali cambiamenti associati con la formazione del duramen quelli che si verificano nell'alburno in corrispondenza delle zone di reazione in risposta ad infezione fungina esistono sorprendenti similitudini (Kemp & Burden, 1986). Un'interpretazione possibile è che durante la formazione del duramen si attivino meccanismi di difesa che rendono il futuro xilema morente resistente alla colonizzazione microbica.

La seconda fase della compartimentazione comprende la formazione della barriera zonale.

Considerando una carie di tronco che coinvolge duramen ed albarno, si può constatare che la zona più scura che circonda le carie perde l'aspetto di banda sinuosa lungo l'anello più interno di albarno sano trasformandosi in una linea più o meno nitida, coincidente circa con quella demarcante la separazione di quell'anello con il precedente. In quel tratto la caria è delimitata dalla barriera zonale e non più dalla zona di reazione. La barriera zonale varia di spessore da pochi a circa 50 strati di cellule parenchimatice assiali generate dal cambio; in altre parole quel tratto, le cellule generate dal cambio non hanno subito la normale differenziazione caratteristica dello xilema secondario. Questi tessuti traumatici sono stati chiamati "barriere zonali" senza considerare la loro modalità di azione (Moore, 1978). Le cellule parenchimatice della barriera zonale sono vive con pareti suberificate. La deposizione di suberina nei tratti posti di fronte al legno cariato più intensamente colonizzato da ife fungine (Pearce, 1987). Questo indica che la deposizione di suberina è una risposta attiva delle cellule parenchimatice ad elicitatori di origine fungina. In certi alberi la barriera zonale tangenzialmente può estendersi appena oltre il limite della zona cariata come in *Quercus robur* (Pearce, 1984) oppure su tutta la circonferenza come in *liquidambra* (Shigo, 1984) mentre assialmente si estende di norma assai oltre la parte cariata. L'accumulo di sostanze antimicrobiche è possibile nelle cellule della barriera zonale in concomitanza o meno con la deposizione di suberina. La suberina è un etropolimero bistratificato con una parte molto idrofoba affine alla cutina legata ad una parte meno idrofoba affine alla lignina (Kolattukudy, 1984). La deposizione di suberina è una adrostazione di parete con il compito principale di impermeabilizzarla limitando la disidratazione dei tessuti in prossimità di ferite e/o infezioni e nel, caso dello xilema secondario, previene o minimizza l'embolismo degli elementi conduttori. Nel caso del legno la teoria della compartimentazione prevede che ogni porzione di legno privata della propria funzionalità in seguito a ferita e/o invasione microbica sia isolata dalla restante parte ancora attiva per mezzo di appropriate barriere antimicrobiche messe in atto dalla pianta. La formazione delle zone di reazione e quella delle barriere zonali sono i meccanismi di risposta attivi previsti dalla teoria della compartimentazione (Shigo, 1984). Il modello CODIT prevede che la progressiva colonizzazione del tessuto xilematico da parte dei microorganismi responsabili della carie contenuta dalla formazione di barriere denominate pareti 1, 2, 3 e 4



Nella formulazione originale del modello non erano specificate quali meccanismi concorressero a rendere più o meno efficaci le pareti.

- La parete 1 limita la colonizzazione in maniera assiale,
- la parete 2 quella radiale mentre
- la parete 3 quella laterale ovvero tangenziale ai raggi midollari.
-

Queste pareti operano già nel legno al momento della ferita, da cui inizia l'invasione microbica, ed equivalgono alle zone di reazione. La parete 4 limita la colonizzazione in senso radiale centrifugo e si forma nel legno formato dal cambio dopo la ferita da cui è iniziata la colonizzazione microbica, ed equivale alla barriera zonale.

Questa è la barriera più importante e caratteristica perché difende il cambio e i tessuti funzionali dall'invasione. Anche se ognuna delle quattro pareti ha un proprio grado di efficienza nel contenimento dell'invasione microbica, ma la più efficiente e duratura è la barriera, 4 a cui seguono con grado decrescente le altre barriere. Di conseguenza l'invasione microbica del cilindro legnoso procede a velocità massima in direzione verticale sia acropetamente che basitonicamente, a velocità minima in senso radiale, a velocità intermedia tangentialmente ai raggi midollari. Il fronte di avanzamento della carie entro il cilindro legnoso progredisce assialmente secondo una superficie assimilabile ad una paraboloide.

Strettamente associata al modello CODIT è l'idea che la caria sia causata da una vasta gamma di microorganismi interagenti, operanti in successione nello spazio e nel tempo per sfuggire alla compartimentazione messo in atto dall'albero (Shigo, 1979). L'idea è nata fondamentalmente dall'osservazione che, immediatamente oltre la zona di reazione, nel legno cromaticamente alterato circostante la parte più cariata, si isolano solo batteri e funghi non Basidiomiceti; l'isolamento dei basidiomiceti è possibile solo dalla zona più cariata. Il legno sarebbe colonizzato prima da microorganismi pionieri, batteri funghi non basidiomiceti, e poi dai basidiomiceti, veri degradatori del legno.

Nell'ambito del modello CODIT sono state proposte due diverse sequenze di eventi associati alla dinamica delle carie. Inizialmente si propose la seguente sequenza (Shigo, 1967)

- Ferita > alterazione cromatica di natura chimica del legno > colonizzazione dei batteri e di funghi non basidiomiceti > colonizzazione di basidiomiceti > carie

Al contrario alla fine degli anni 70 Shortle e Cowling 1978 proposero la seguente sequenza:

- Ferita > inizio colonizzazione dei basidiomiceti e dei funghi pionieri non agenti di carie > alterazione cromatica del legno colonizzazione dei basidiomiceti > carie

Secondo l'ultima sequenza, i basidiomiceti, penetrati attraverso la ferita, cominciano a colonizzare il legno, ma ogni loro ulteriore diffusione viene inibita dalle sostanze fenoliche accumulate nelle zone di reazione per effetto della risposta attiva dell'albero.

L'alterazione cromatica del legno sarebbe causata dall'azione della polifenossidasi liberata dai basidiomiceti. Le sostanze fenoliche sarebbero poi detossificate per via enzimatica dai microorganismi pionieri particolarmente di certi funghi non basidiomiceti dotati di tolleranza ai fenoli (ad es *Phialophora*), successivamente a detossificazione avvenuta dai basidiomiceti che erano stati solo temporaneamente repressi, riprendono la colonizzazione attiva del legno con spiccati effetti degradativi. Alcuni autori pur accettando quest'ultima sequenza di eventi, ammettono un'attività relativamente maggiore dei basidiomiceti in corrispondenza delle zone di reazione (Mercer, 1982)

14.6 TEORIA DELLA CONDIZIONAMENTO MICROAMBIENTALE

La teoria di compartimentazione non è universalmente accettata pur ammettendo la correttezza di molte sue premesse e deduzioni. Infatti certi casi di carie non sono spiegabili con il modello CODIT. Il disaccordo riguarda l'insorgenza, la distribuzione e gli aspetti microbiologici della carie. Innanzitutto i propugnatori dell'ipotesi di condizionamento microambientale ritengono che la crescita dei funghi nel legno sia condizionata da fattori nutrizionali e fisici (Boddy, 1992; Boddy & Rayner, 1983; Rayner 1986; Rayner & Boddy, 1988). Il pH ottimale per la crescita di molti funghi è compreso tra 4 e 6 il quale corrisponde all'intervallo di pH del legno di molte specie. Il pH del legno può avere un'influenza selettiva sui funghi colonizzanti ad esempio nella quercia è molto basso < pH 3 e nell'olmo è relativamente alto > pH 7. Nel legno le sostanze nutritive facilmente accessibili ed assimilabili dai funghi sono poche e si trovano associate alle cellule parenchimatiche meno del 10% in peso secco dell'alburno. La maggior parte delle sorgenti di carbonio è legata ai polimeri in forma poco accessibile ed assimilabile solo dopo adeguata trasformazione; d'altra parte le sorgenti di azoto sono minime tanto che passando dall'alburno al duramen il rapporto C/N varia da 350:1. Pertanto i funghi viventi nel legno devono adottare adeguate strategie per far fronte alla

scarsa disponibilità di azoto: mobilitarlo, concentrando all'apice delle ife e riciclarlo dalle ife vecchie o morte (Levy, 1982; Frankland, 1982; Hedger & Basuki, 1982).

L'elevato contenuto di acqua nell'alburno funzionale sarebbe responsabile della resistenza del legno vivente alla colonizzazione dei funghi agenti di carie e lignicoli inibendone la crescita. La distribuzione della carie associata alle ferite potrebbe quindi corrispondere alla distribuzione dell'alburno danneggiato. I limiti della colonizzazione fungina, corrispondenti alle pareti di compartimentazione 1-4, potrebbero essere definiti da caratteristiche anatomiche del legno e dai meccanismi che occludono i vasi al fine di mantenere la funzionalità xilematica. La natura essenzialmente passiva di questo processo ricalca il modello classico del marciume del legno e nonostante chiarisca alcune apparenti debolezze dei modelli di difesa attiva (ad es. la lunga permanenza della parete 3 di compartimentazione), non fornisce una spiegazione conclusiva per altri aspetti come ad esempio l'esistenza di risposte di difesa ben distinte in corrispondenza dei tessuti ai margini della carie e l'arresto della colonizzazione fungina a livello delle zone di reazione più asciutte rispetto all'alburno funzionale (Shain, 1971).

Secondo questo modello le zone di reazione svolgono un ruolo essenzialmente passiva. Infatti, la disfunzione dell'alburno retrostante a tali linee non ostacolerebbe lo sviluppo fungino nello xilema in precedenza sano e quindi la principale funzione delle zone di reazione sarebbe quella di riparazione e non di difesa. L'impiego di particolari tecniche di rivelazione sta incominciando a chiarire i relativi ruoli dei meccanismi di difesa attiva e di riparazione, e ad individuare i fattori microambientali determinanti per limitare lo sviluppo della carie negli alberi viventi e per determinare la successione temporale di questi processi.

Il contenuto d'acqua e di gas del legno sono fattori interdipendenti condizionanti la crescita fungina. L'alburno è saturo d'acqua, mentre il duramen contiene una grande quantità di gas (vedi fig. 13). La crescita dei funghi responsabili di carie negli alberi viventi si verifica nel legno con contenuti d'acqua compresi tra il 25 e il 40% in peso fresco; nel legno quando il contenuto di acqua supera il 40% la tensione di ossigeno, per la sua scarsa solubilità in acqua, diventa insufficiente per la crescita fungina ed entro certi limiti si creano invece condizioni favorevoli alla crescita batterica; inoltre quando il valore di CO₂, si avvicina al 100%, situazione molto comune nel duramen, la crescita della maggior parte dei funghi comincia ad essere inibita. I basidiomiceti agenti di carie, tuttavia, riescono a tollerare fino al 20% di CO₂ e questo carattere conferisce loro un indiscutibile vantaggio per la colonizzazione del duramen. Per quanto riguarda l'insorgenza della carie, l'ipotesi di compartimentazione ammette che qualsiasi grossa ferita coinvolgente il legno possa essere punto di partenza dell'affezione. La ferita offre da un lato una via di penetrazione ai microrganismi e dall'altro attiva il meccanismo di riparazione mediante barriere chimiche e strutturali condizionanti l'attuazione del compartimento. In realtà, a livello della corteccia, la carie può insorgere in seguito ai più svariati stress biotici ed abiotici caratterizzati da uno stesso meccanismo primario di patogenesi che consiste nella riduzione del contenuto idrico tissutale a livelli favorevoli allo sviluppo micelico e morte del cambio. Nel sicomoro (*Acer pseudoplatanus*) la carie può trarre origine da cancri della corteccia causati da siccità; in tal caso l'invasione microbica ed il deterioramento del legno iniziano nell'alburno, proprio sotto la corteccia malata, e causano comparsa di un'area più scura cuneiforme che s'allarga centripetamente lungo i raggi midollari seguendo gli anelli periferici. Altre volte la carie è il risultato diretto di malattie infettive la cui patogenesi ha inizio nella corteccia; *Heterobasidion annosum* e *Armillaria mellea* invadono l'alburno solo dopo aver colonizzato la corteccia ed ucciso il cambio.

Per quanto riguarda la distribuzione della carie esistono alcune discrepanze con il modello CODIT. Così, ad esempio, lo sviluppo longitudinale della carie interna è spesso correlata ai punti di attacco delle branche nel senso che nel tronco od in una grossa branca la zona cariata s'interrompe bruscamente proprio in corrispondenza della sezione di attacco della branca di ordine inferiore. In altri casi all'interno di tronchi cariati è possibile trovare ampie zone di cilindro legnoso esenti da carie. In sezione longitudinale queste zone, lunghe anche tutto un internodo, appaiono come prismi triangolari rivolti a cuneo verso il centro dell'albero. In sezione trasversale i cunei sono delimitati da bande scure, due disposte radialmente ed una, ricca di tulle, situata poco sotto gli anelli di alburno. Le bande radiali emergono spesso in prossimità dei punti di transizione tra cambio vivo e morto. nelle querce, i cunei inalterati hanno aspetto simile al duramen e per questo sono denominati "ali del duramen". Questi particolari cunei di legno sono resistenti alla carie, spesso si trovano tra ampie zone di legno cariato e possono rimanere inalterate anche quando il corrispondente alburno periferico comincia a deteriorarsi.

La teoria CM, oltre a spiegare meglio i casi di carie appena citati, ammette che la dinamica della carie come descritta nel modello CODIT possa essere spiegata senza prevedere alcuna risposta attiva antimicrobica della pianta. Le barriere messe in atto dall'alburno avrebbero semplicemente lo scopo di salvaguardare la funzionalità dei propri tessuti.

Ogni volta che un danno coinvolge una zona di cambio e/o di alburno, una striscia di alburno adiacente a quella zona perde la funzionalità, embolizza e l'albero crea barriere atte ad isolare quella parte di legno. Tra alburno ancora attivo e quello embolizzato si crea una zona di transizione caratterizzata da un gradiente di umidità, di gas e probabilmente di altri fattori legati al metabolismo secondario che si è instaurato. Questa zona di transizione, relativamente asciutta, coincide con quella descritta a proposito del modello CODIT ed è paragonabile a quella di passaggio tra alburno e duramen conseguente alla senescenza del legno. Se si presuppone che il contenuto di acqua e di gas del legno siano i fattori condizionanti lo sviluppo micelico, è facile comprendere come l'alburno attivo rimanga esente da carie e come il duramen ne sia invece più soggetto. La barriera zonale sarebbe prodotta tutte le volte che il cambio è esposto a disidratazione ed avrebbe la mera funzione di impedire agli elementi del legno di nuova formazione di perdere acqua o di embolizzare a causa dell'ingresso di aria. Secondo l'ipotesi CM le zone di reazione sono interpretate come linee al di là delle quali il legno non è più favorevole allo sviluppo micelico a causa del suo contenuto d'acqua. Il superamento di una zona di reazione si verifica solo se oltre quella linea il tenore d'acqua del legno scende sotto un livello critico. Questa interpretazione è suffragata dall'osservazione che le successive zone di reazione si trovano spesso ad interdistanza decrescente (Mercer, 1982). Il ruolo delle sostanze fungistatiche o fungitossiche presenti nel legno, particolarmente nel duramen, sarebbe più quello di selezionare i microrganismi che impedirne la colonizzazione. Nonostante poi alcuni funghi lignicoli siano in grado di degradare i prodotti delle zone di reazione, alcune di queste, ed in particolare quelle che agiscono come pareti di compartimentazione (soprattutto la parete 3), sembrano costituire barriere statiche e durature contro la carie e questo è a favore dell'ipotesi secondo cui la carie non sarebbe bloccata da meccanismi di difesa attivi, ma dalle normali proprietà fisiologiche dell'alburno (Cooke & Rayner, 1984). L'ipotesi CM non esclude che l'albero possa attuare barriere post-infezionali.

Questo accadrebbe ogni volta che un fungo, penetrato per ferita, riesce a colonizzare rapidamente l'alburno prima che le barriere connesse alla riparazione abbiano piena efficacia; in altre parole, il fronte di invasione del fungo riesce a superare il bordo del legno alterato prima che esso sia stato isolato dall'alburno funzionante.

Questo tipo di invasività dei funghi sarebbe positivamente correlato alla loro tolleranza ad alta tensione di anidride carbonica e a bassa tensione di ossigeno. Le discrepanze tra le due ipotesi riguardano, come si è detto, anche la microbiologia della carie. La sequenza (2a) del modello CODIT è stata prevista per gli alberi viventi estrapolando risultati di esperimenti in laboratorio compiuti su pezzi di alburno. I basidiomiceti colonizzano bene pezzi sterilizzati a vapore, ma crescono poco o non crescono affatto su pezzi non sterilizzati, pur inducendo alterazioni cromatiche (Shortle & Clowling, 1978). D'altra parte certi funghi pionieri non basidiomiceti (ad es. *Ceratocystis coerulea*, *Fusarium oxysporum* e *Fusarium moniliforme*) crescono bene su pezzi non sterilizzati senza indurre alterazioni cromatiche e sono capaci di tollerare concentrazioni di acido gallico tossiche per i basidiomiceti agenti di carie in pianta, ma non di quelli agenti di carie del legname. L'interpretazione favorevole al modello CODIT ammette che l'alterazione cromatica indotta dai basidiomiceti nei pezzi di alburno sia identica a quella del legno negli alberi viventi e che il meccanismo di scolorazione sia anche responsabile dell'inibizione di crescita dei basidiomiceti. Una semplice interpretazione alternativa è che la sterilizzazione a vapore renda disponibile per i basidiomiceti una maggiore quantità di sostanze nutritive e migliori l'aerazione.

Infine i sostenitori della teoria CM rilevano che l'insorgenza nel duramen di risposte antimicrobiche attive ed efficaci prevista dal modello CODIT (parete 2) sia assai poco probabile. Nonostante sia possibile che nel duramen esistano attività enzimatiche residue, la loro importanza come barriera antinfettiva deve ritenersi minima. Come è stato precedentemente accennato, l'accumulo di prodotti del metabolismo secondario nel duramen funge, comunque, da barriera preinfettiva. Spesso i composti antimicrobici del duramen sono qualitativamente molto simili a quelli ritrovabili nell'alburno dello stesso albero; analogamente per le adrostazioni di suberina, delle tulle e dei parenchimi. In generale è stata rilevata una notevole somiglianza tra i normali cambiamenti connessi alla formazione del duramen e quelli osservabili nelle zone di reazione dell'alburno in risposta ad infezioni fungine (Pearce, 1987). Secondo un'interpretazione corrente, durante la formazione del duramen sarebbero attivati gli stessi meccanismi indotti in fase postinfettiva conseguenti alla colonizzazione fungina del legno.

Nell'alburno di piante arboree l'estensione delle lesioni tipiche di un processo di carie è limitata dalla pianta ospite attraverso meccanismi ancora poco conosciuti.

Tuttavia, si ritiene che le cosiddette pareti di compartimentazione o zone di reazione siano il risultato di una difesa attiva degli alberi nel contenere la carie e che anche le alterazioni di parete (Pearce, 1990) e l'accumulo in tali regioni di composti simili a fitoalessine (Kemp & Burden, 1986; Pearce & Rutherford, 1981; Shain, 1967) siano meccanismi attivi capaci di influenzare le funzioni di tali barriere antifungine.

In alternativa, alcuni ritengono che nell'alburno intatto il fatto principale limitante la crescita fungina sia quello ambientale e precisamente l'alto contenuto di acqua e la bassa tensione di ossigeno tipica dei tessuti xilematici funzionali sarebbero responsabili della limitazione passiva del fungo (Boddy, 1992). Secondo questo modello i cambiamenti associati alle zone di reazione e alle barriere zonali non sono altro che meccanismi di riparazione con la principale funzione di mantenere l'integrità idraulica dello xilema in prossimità delle lesioni da carie separando i tessuti non più funzionanti. Naturalmente questi due meccanismi di base proposti per spiegare le modalità di protezione dei tessuti xilematici colpiti da carie non si escludono a vicenda e anzi è possibile proporre modelli in cui tali meccanismi attivi e passivi agiscono di concerto.

Per stabilire il contributo effettivo di questi diversi meccanismi al processo di difesa degli alberi contro i funghi agenti di carie è necessario seguire l'interazione ospite-parassita nel suo evolversi. Le analisi di tipo distruttivo dei residui delle zone di reazione formatesi all'interno delle lesioni di carie hanno evidenziato che l'avanzamento del fronte di infezione fungine è discontinuo con zone di reazione ai margini delle lesioni essenzialmente costituite da strutture statiche (Pearce, 1991).

Purtroppo, studi approfonditi sulla dinamica della malattia e delle risposte dell'ospite nei tessuti secondari di piante arboree sono ostacolati da difficoltà tecniche nel seguire fenomeni che avvengono in profondità. Gli approcci morfologici e biochimici fondamentali danneggiano l'integrità di questi tessuti e quindi possono alterare l'interazione ospite-fungo.

Attualmente sono disponibili tecniche non-invasive per l'analisi di materiali biologici. All'inizio queste tecniche sono state utilizzate per la diagnosi e la ricerca medica e solo successivamente sono state applicate con successo in altri campi. Per quanto riguarda il legno, la sua struttura è stata visualizzata usando gli ultrasuoni (Tomikawa et al., 1987), la tomografia computerizzata con raggi X e Y (Dobos et al., 1989; Hall et al., 1986 a, 1986 b; Olson et al., 1990; Pearce et al., 1994). In particolare con l'analisi NMR non-invasiva sono state evidenziate le caratteristiche anatomiche di pezzi di tronco, le strutture presenti nel legno sano (Hall et al., 1986) e regioni cariate (Hall et al., 1986b). Inoltre l'analisi dei parametri NMR, ottenuti applicando determinate metodologie, può fornire informazioni fisiologiche e biochimiche di grande utilità per gli studi sulla dinamica delle interazioni ospite-patogeno nelle piante considerando soprattutto che con questo tipo di analisi non vengono perturbati i processi vitali del campione analizzato.

Nelle gimnosperme è stato evidenziato che i tessuti delle zone di reazione sono generalmente più asciutti dell'alburno funzionale (Shain, 1971; Yamada et al., 1988), per quanto riguarda invece le angiosperme dati simili non sono disponibili.

Difese attive e fattori ambientali, entrambi proposti come fattori limitanti i patogeni nel legno vivente (Yamada, 1992; Pearce et al., 1994) non si escludono a vicenda.

Da recenti studi con l'NMR è stato evidenziato che nella fase iniziale di formazione di una zona di reazione aumenta il livello di acqua nel legno vicino al margine della lesione. La saturazione acquosa che ne consegue potrebbe limitare la diffusione fungina fintanto che il margine della lesione non viene completamente rinforzato da barriere fisiche e chimiche essenziali per il completo sviluppo della zona di reazione che in questo modo agirebbe come una barriera strutturale duratura nei confronti della carie contrariamente alla protezione offerta allo xilema funzionale dell'anossia e dalla saturazione acquosa che nel corso di un prolungato attacco fungino possono più facilmente andare incontro a modificazioni.

14.7 I FUNGHI DI RILEVANZA STATICA DEGLI ALBERI

La reazione dell'albero attaccato ha come conseguenza delle manifestazioni esterne, per cui sarà indispensabile valutare i danni provocati da una infezione micotica per definire la sua stabilità.

Di seguito vengono presentati e descritti i funghi più frequenti, responsabili della distruzione o disorganizzazione del corpo legnoso delle piante

Agenti fungini e carie

1. *Armillaria spp.*
2. *Fistulina hepatica*
3. *Fomes fomentarius*
4. *Ganoderma applanatum, Ga. adspersum, Ga. resinaceum*
5. *Inonotus hispidus, In. dryadeus*
6. *Laetiporus sulfureus*
7. *Meripilus giganteum*
8. *Perennipora fraxinea*
9. *Phellinus igniarius, Ph. dryadeus, Ph. punctatus*
10. *Pholiota squarrosa*
11. *Polyporus squamosus*
12. *Ustulina deusta*

La maggior parte dei difetti degli alberi, che possono ridurre la loro sicurezza, sono normalmente già rilevabili da sintomi esterni, prima che la situazione diventi pericolosa.

I sintomi più classici per giudicare la situazione statica di un albero sono: mancanza del legno di compensazione, cavità, corteccia necrotica e morta, fessurazioni aperte, costolature, fenditure e solchi assiali e, soprattutto, la presenza di corpi fruttiferi dei funghi.

Tante specie dei funghi sono responsabili negli alberi della carie del legno. Questo fenomeno, preso molto in esame negli ultimi anni (*Shigo, A.; Jahn, H; Reinharz & Schlag, Butin, H.; Lonsdole, D.; Schwarze, F.; ecc.*) ha fortunatamente cambiato e modificato la mentalità e la tecnica di cura delle piante arboree. Per tutti noi, che controlliamo gli alberi, rimane sempre da decidere quanta cavità o meglio, quanto spessore della parete legnosa residua è ancora accettabile per garantire la sicurezza statica dell'oggetto. L'ingegneria però ci insegna (così come altre piante quali il bambù e tante graminacee) che una struttura tubolare è molto efficace e spesso migliora la portata del sistema. Perciò è forse eccessivo allarmarsi appena vediamo un fungo con carie o una cavità sul tronco.

Le strategie di attacchi fungini

La profondità della cavità e la dimensione del legno cariato (t/r) non hanno nessun particolare messaggio significato, se non conosciamo il valore della sicurezza statica basale dell'albero, la sua dimensione (altezza, circonferenza) e il carico del vento della quale viene sollecitato.

Un albero vitale si "cura" da solo. Esso forma delle barriere tra legno sano e legno attaccato (CODIT). Per tenere l'equilibrio statico, produce del legno di compensazione. Si crea una lotta tra formazione di legno all'estero e decomposizione del legno al cilindro centrale. Deve essere garantita la minima funzione biologica della pianta per formare abbastanza legno nuovo. Si origina così quel fenomeno che spesso possiamo osservare in natura, quando alberi di una certa età sono completamente cavi, però resistono a venti fortissimi per decenni. Generalmente la densità della chioma, o meglio, il coefficiente cx di essa corrisponde allo stato di vitalità, così come alla superficie di attacco del vento.

Come ben sappiamo, la capacità dell'albero di "curarsi" dipende da tanti fattori. Soprattutto dalla specie dei funghi lignicoli, dall'albero, dalla sua vitalità e dal luogo di entrata. Alcuni microrganismi hanno però una costituzione genetica tale che gli permette di superare le difese dell'albero provocandone nuove degradazioni. Questo ci spiega perché non tutte le specie lignicole presenti sugli alberi richiedano subito un controllo approfondito della pianta. Spesso basta l'esame visivo di un esperto biostatico dell'albero, cioè un metodo scevro di ferite.

Conoscendo i funghi principali che attaccano la pianta arborea si può valutare la sua strategia ed efficienza. Le forme di infestazione sono da dividere in tre categorie:

- Primo caso: l'albero attaccato da un fungo si presenta vitale ma con una stabilità ridotta. Questo spesso può causare il crollo improvviso di un albero con fogliame rigoglioso. È un caso molto raro p.e. *Ustulina deusta*, *Meripilus giganteus*. (Indagine strumentale)
- Il caso più frequente è la riduzione sia della vitalità che della stabilità dell'albero. Vale per la maggioranza dei funghi sotto descritti.
- Il terzo caso, anche molto raro, è dato da una vitalità ridotta accompagnata però da stabilità alta. La pianta è già morta, però non crolla, p.e. *Armillaria spp.*, *Chryphonectria parasitica*, *Ceratocystis ulmi*.

Agenti fungini e carie

Le specie fungine lignicole sono in grado di utilizzare i componenti delle cellule legnose (cellulose, lignina e emicellulose) come fonte principale di energia per la loro crescita e riproduzione. Secondo i loro sistemi enzimatici usati nel degradare i componenti delle cellule legnose si può raggrupparli in tre categorie: carie bruna, carie bianca, marciume soffice

Il marciume soffice, nel passato riconosciuto solo per il legno da costruzione, è stata trovata anche nell'albero vivo e riguardando la resistenza del legno attaccato è da considerare tra marciume bruna e marciume bianca con elevata rigidità ma una rottura fragile. È caratterizzata in una decomposizione simultanea di cellulosa e emicellulosa con la demolizione crescente della lignina.

Gli agenti patogeni fungini da carie, qui riportati, sono i più comuni tra quelli che riescono a insediarsi con successo nei tessuti vivi delle piante arboree. La frequenza nei centri urbani e l'importanza statica per gli alberi sono stati i criteri di scelta delle specie fungine da descrivere.

1. *Armillaria spp.*

Un fungo molto esteso che attacca latifoglie e conifere. Attacca specialmente alberi deboli tramite ferite nel tronco o negli radici. Il fungo entra nel cambio e nell'alburno, dove interrompe i vasi conduttori, per cui la pianta avvizzisce. Cresce lungo il tronco, tra corteccia ed alburno, con micelio e rizomorfe nere. L'attività del fungo continua finché il processo non arriva ad interessare tutta la circonferenza del fusto, di conseguenza la pianta muore prima che si formi del legno cariato.

Alberi, come il faggio e la quercia, riescono a creare compartimenti intorno alle infezioni, così da isolare la regione lesa. Il pioppo, il salice o l'abete rosso p.e. sono meno capaci di creare compartimenti forti, di conseguenza il micelio del fungo entra anche nel legno e crea una carie bianca. Soprattutto per questo gruppo di piante il fungo è causa del marciume radicale fibroso. Indebolisce la pianta, riducendone la stabilità.

Il micelio e le rizomorfe che si sviluppano nel legno sono fosforescenti: nell'oscurità si nota una leggera luminescenza verdastra.

I corpi fruttiferi sono presenti tra agosto e novembre, soprattutto alla base del tronco.



Armillaria mellea
Carpofori al colletto di un abete rosso



Armillaria sp.
Rizomorfi neri sotto corteccia di un pioppo



Armillaria mellea

2. *Fistulina hepatica*

Il fungo vive come parassita e anche saprofito soprattutto sulla quercia (*Quercus* sp.) e sul castagno (*Castanea stiva*), ma anche su frassino, tiglio e platano. Il fungo è poco aggressivo e può vivere per molto tempo senza sintomi nel duramen dell'albero, alla base del tronco. Evidentemente "aspetta", finché diminuisce la vitalità della pianta, per dare origine alla malattia. Il legno diventa marrone, fragile e leggermente cubiforme.

Il fungo non produce una crosta dura. La sua polpa è morbida, dove fuoriesce un liquido rosso sanguineo se viene ferito con un coltello.

Il fungo, che continua a crescere anche su tronchi abbattuti e ceppaie, fruttifica dalla fine d'estate a tutto l'autunno.



Fistulina hepatica

Carpofori alla base di un quercia; il fungo a polpa morbida produce un liquido rosso sanguineo sulla ferita (vedi foto destra).

3. *Fomes fomentarius*

Agente sapro - parassita, vive su diverse latifoglie come: faggio, pioppo, platano, quercia, ippocastano, tiglio ed acero. E' un fungo facile da riconoscere, in caso di dubbio basta mettere un pezzettino della crosta superiore in idrossido di potassio (KOH), che diventa rosso scuro per il suo contenuto di Formenatriol.

L'agente fungino attacca l'ospite debole tramite ferite sul tronco. È responsabile di una carie bianca nel cilindro centrale. Negli stati avanzati di marciume, la pianta cade, ad opera del vento, con una frattura piatta e regolare. Lungo il legno attaccato si notano delle linee nere: sono le linee di demarcazione che si sviluppano tra i miceli di differenti colonie del fungo. E' un fenomeno che si può notare anche da altri funghi come L'Armillaria e L'Ustulina.

Fruttifica per anni, di modo che i carpofori si può notare già da lontano. Si ha un alto pericolo di rottura, quando si sviluppa un nuovo corpo fruttifero, molto distante (2-3 m) dal luogo originario.

Il fungo viene spesso accompagnato da sintomi tipici sul tronco quali scanalature assiali e solchi sul cilindro corticale. Crea problemi soprattutto nei parchi e nel bosco.



Fomes fomentarius

I corpi fruttiferi a forma di cappello, compaiono lungo il tronco di alberi deboli.

Nella foto alla sinistra si vede la “polvere bianca” delle spore, emesse in migliaia dal carpoforo.

4. *Ganoderma applanatum*, *G. adspersum*, *G. resinaceum*

Tutte e tre le specie riescono a insediarsi con successo nei tessuti vivi di quasi tutti gli alberi. Sono i più aggressivi e perciò pericolosi tra i funghi lignicoli. La loro distinzione risulta difficile e richiede spesso verifiche microscopici. Per la sua capacità di degradare le barriere anche di alberi vitali, l’agente più pericoloso è *Ga. adspersum*.

L’ospite viene colonizzato attraverso radici ferite. Il fungo si sviluppa lentamente e crea una carie bianca che si estende soprattutto nella parte sotterranea del tronco e nell’ apparato radicale. Finché il cambio può formare tanto legno alla base del tronco, creando così contrafforti e un colletto molto alto, la pianta può ristabilirsi e risulta stabile. Questo, un sintomo molto importante, richiede un controllo strumentale periodico della stabilità.

La stabilità dell’albero è in pericolo quando si nota che i corpi fruttiferi del fungo spuntano numerosi, direttamente dalla corteccia. Si determina di conseguenza, anche una diminuzione della



Ganoderma applanatum
Corpo fruttifero giovane con mensola piatta alla base di un ipocastano

Ganoderma adspersum,
Lato inferiore del corpo fruttifero bianco, con tipica sporulazione a colore marrone/bruno.

Ganoderma resinaceum, alla base di una quercia.
Il lato superiore della mensola con uno strato di resina giallastra. (test fiammifero)

vitalità nella chioma. (valutazione stabilità con il metodo SIM)

Il fungo, sapro - parassita che si trova anche sul legno morto, cresce alla base e sui tronchi di latifogli. I carpofori sono visibili tutto l’anno.

5. *Inonotus hispidus*, *I. dryadeus*

Due patogeni molto attivi che determinano una carie bianca. *In. hispidus* vive su tante latifoglie, ma soprattutto su noce, melo, platano, frassino e sul cordone. Il fungo è considerato pericoloso per certe specie botaniche, come p.e. il frassino, dove riesce a sviluppare strategie differenti per la decomposizione del legno. È un parassita che entra nel cilindro centrale del tronco o dei rami tramite ferite e tagli. Da lì si nota anche il primo sviluppo, accompagnato da lunghe lesioni corticali. Il fungo diventa pericoloso appena invade l'alburno: in questo caso può distruggere il cambio. Viene così a mancare la possibilità di sviluppare legno nuovo, necessario per l'equilibrio statico. Negli stadi avanzati di carie indebolisce la pianta riducendone la stabilità.

- I. *dryadeus* è un fungo specifico delle Querce, sulle quali cresce alla base o sulle radici. L'agente patogeno attacca il legno tramite ferite nelle radici. Man mano che
- II. la carie si estende, l'albero si ammala: si nota una riduzione della vitalità nella corona e della corteccia necrotica alla parte basale. I funghi di questo genere fruttificano durante l'estate, lungo il tronco e sulle branche più grosse nella corona per *I. hispidus*, sulla parte basale e sulle radici invece per *I. dryadeus*.



Inonotus hispidus è responsabile per lo sviluppo di vistosi cancri associati alla carie, nota dall'autore sulla branca primaria di un Platano, parassitizzato per anni dal fungo.

6. *Laetiporus sulfureus*

Lo spettro del fungo è grande. Quercia, robinia, salice, pioppo, ciliegio, melo, castagno e larice sono le piante preferite. Il legno interno, cioè il duramen dell'ospite, viene attaccato attraverso ferite e si formato della carie bruna, cubiforme con poca solidità. Con gli anni si crea una cavità. L'alburno rimane sano per tanto tempo e sviluppa del legno di reazione per stabilizzare l'albero. Questo si nota all'esterno, dove il diametro si allarga intorno alla ferita. Appena si nota che in queste parti si sgretola la corteccia morta, si può dedurre che il fungo ha aggredito anche il cambio. Inizia ad esserci il pericolo di una rottura al cilindro centrale, come pure il pericolo di una rottura di rami grossi.

Il fungo può vivere su tutto il tronco ma anche sui rami grossi. I corpi fruttiferi compaiono sempre su ferite o potature grosse, durante l'estate.



Laetiporus sulfureus

Fungo giallo zolfo con mensole sovrapposte a forma di tegole. Il corpo fruttifero fresco è morbido con materia succulenta. In seguito asciutta e dura, con materia fragile, il colore cambia al bianco. Ancora per qualche settimana, dopo che il fungo sparisce, si nota le strisce bianche delle mensole "attaccate" al tronco.

7. *Meripilus giganteum*

Questo fungo attacca alberi deboli tramite radici morte o ferite. Il fungo preferisce faggio, quercia e sorbo. L'induzione della carie bianca rimane localizzato nel piede del tronco e nell'apparato radicale. L'efficienza dell'avversario dipende in gran parte dalla reazione dell'albero.

Una sicurezza di crollo molto alta risulta, se la pianta risponde subito formando delle radici avventizie per garantire l'alimentazione della corona e creando del legno reattivo alla base del tronco, per stabilizzare l'albero attaccato. La situazione diventa pericolosa solo se l'albero risponde poco, o molto tardi, all'attacco del fungo. Si può avere qui il caso raro, sopra descritto, dell'albero che crolla all'improvviso, pur avendo una chioma ancora folta. (Indagine strumentale con il metodo SIM - metodo Inclinometro)

Il fungo appare, tra estate e autunno, sulla terreno intorno al tronco. Questo è un agente



Meripilus giganteum

Fungo con materia biancastra, che annerisce alla compressione.

I corpi fruttiferi con diametri fino ad un metro, crescono alla base di latifogli anche lontano di qualche metro dal tronco.

8. *Perennipora fraxinea*

Un fungo del fusto basale, che crea della carie bianca. La carie interessa la parte basale del cilindro centrale e le radici grosse, determinando anche un marciume dell'apparato radicale. Gli ospiti tipici sono il frassino, il platano e la robinia.

L'agente fruttifica molto tardi, fatto questo, che rende più difficile il riconoscere la sua presenza nel legno. Ci aiuta però la deformazione gonfiata del tronco alla base e una corteccia morta o atipica tra gli anfratti e i solchi delle radici superficiali. Un fungo pluriennale, che non dà molto rilievo nella corteccia grossa dell'albero, soprattutto quando è ancora giovane.

L'attacco crea problemi di stabilità alla base della pianta. Si consiglia un prova della tenuta radicale con il metodo SIM.



9. *Phellinus* spp.

L'agente fungino crea una carie bianca nel cilindro centrale e lungo le branche grosse. Il fungo si presenta di varie specie a seconda dell'ospite.

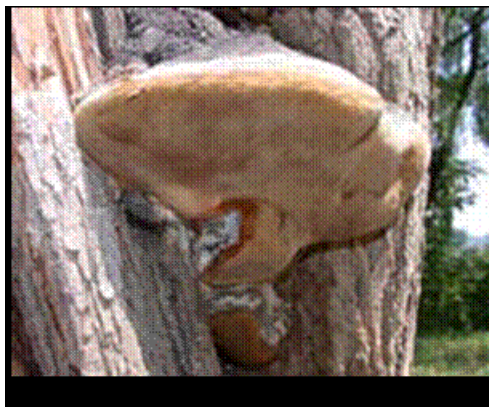
P. robustus, parassita di forma pileata con crosta sottile e materia chiara durissima, su vecchi esemplari di quercia. *P. ignarius* parassita di forma pileata con mensole spesse e materia bruna scura, dura, che vive su varie latifoglie.

P. tuberculosus, parassita nel specifico delle varie specie di *Prunus*, ma molto frequente nel *Prunus cerasifera*. La forma dei corpi fruttiferi può essere variabile, ma soprattutto aderente al substrato.

P. punctatus, saproparassita di forma resupinata, su diverse latifoglie, con imenoforo piatto e corpo fruttifero strutturato a più strati.

Attaccano l'albero tramite le ferite sul tronco e nella corona. Le specie più aggressive sono capaci di parassitare anche il cambio: in questo caso si noterà all'esterno una corteccia deformata, chiara e una mancanza di legno nuovo. Il tratto attaccato è più profondo. (valutazione strumentale SIM metodo Elastometro)

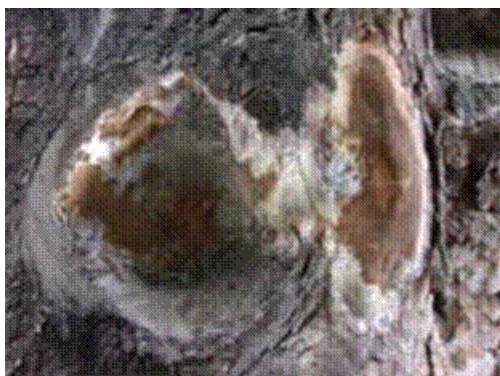
Tutte le specie presentano dei corpi fruttiferi pluriennali. Normalmente si parla di una colonizzazione fungina lenta, soprattutto se vengono attaccati alberi come le querce, la robinia e il tiglio.



Phellinus trivialis
Corpo fruttifero al tronco di un salice. Le caratteristiche microscopiche sono simile a *Ph. igniarius*, ma con mensola a sezione triangolare.



Phellinus igniarius
Corpo fruttifero con mensola stratificata, pluriennale, alla base di una Robinia



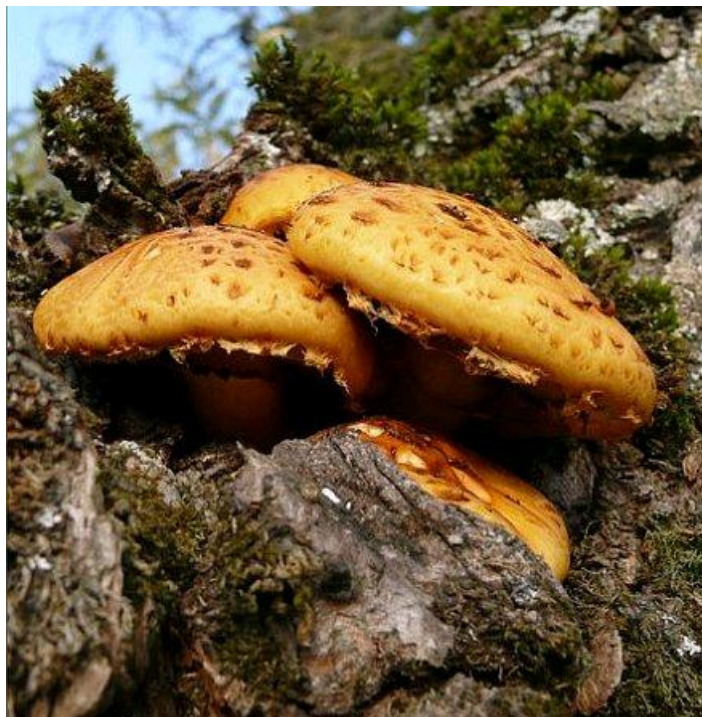
Phellinus punctatus sulla branca di un Platano.

Funghi resupinati, sono di sviluppo piatto, e aderente al substrato.

10. *Pholiota* spp.

Le specie più comuni sono *Ph. squarrosa* e *Ph. destruens* su latifoglie. Si tratta di un organismo poco aggressivo. Esso provoca una carie bianca nel tronco e nell'apparato radicale. Se la lesione viene localizzata in tempo, l'albero rimane stabile e vive a lungo. Più pericolo si ha p.e. nei pioppi (*Ph. destruens*) e nelle tante rappresentanti arboree della famiglia delle Rosaceae, perché si creano dei compartimenti deboli. Se si nota questo fungo, c'è sempre da controllare anche la contemporanea presenza di altri avversari.

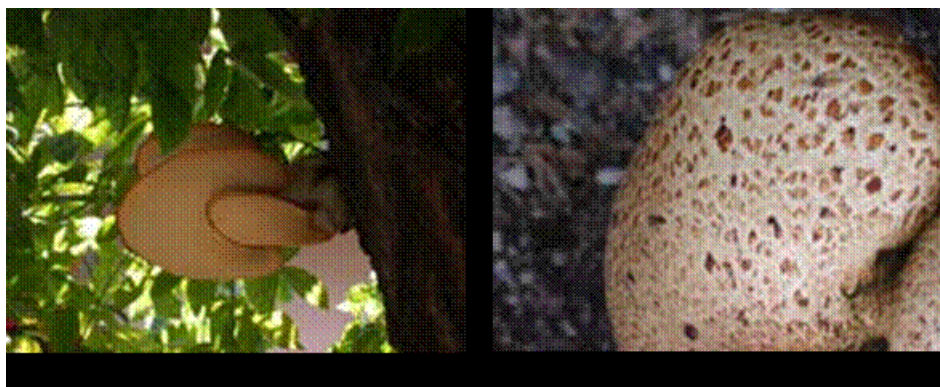
Le specie di *Pholiota* vengono accompagnate spesso da altri parassiti più aggressivi, come *Ustulina deusta* e *Armillaria* spp. È un fungo tipico dei parchi e giardini, dove si trovano i corpi fruttiferi, con capello e gambo sottile, raggruppati, alla base del tronco tra luglio e ottobre.



11. *Polyporus squamosus*

Esso attacca come parassita una larga gamma di alberature tramite ferite al tronco o ai rami. Da lì spuntano anche i corpi fruttiferi a forma di cappello (10-40 cm) con gambo scuro, tra primavera e estate. Il fungo è agente di carie bianca. Questa si distribuisce su tutto il cilindro centrale e può causare delle rotture improvvise di rami grossi. Il danno del fungo è pericoloso, quando riesce ad invadere l'alburno. Si nota allora una deformazione alla circonferenza del tronco e spesso delle zone necrotiche sulla corteccia.

Il grado di debolezza che si crea dipende dalla specie dell'albero, da come è capace di circoscrivere l'agente fungino. È un fungo annuale, che fruttifica durante primavera/estate spesso su alberi nei parchi. I corpofori vecchi, neri, rimangono per tutto l'autunno nell'albero.



Polyporus squamosus:
Il cappello del fungo è caratterizzato con un cappello largo fino a 40 cm, con grosse squame adiacenti a colore bruno.

12. *Ustulina deusta*

Un fungo molto pericoloso per la stabilità dei nostri alberi in città.. Il fungo, che, per il suo colore nero è molto difficile da notare, attacca il legno tramite ferite nel tronco e nelle radici. L'agente è un cosmopolita, sapro - parassita, che vive su quasi tutte le latifoglie e le palme. Egli è responsabile di un'intensa carie bianca nel ceppo e lungo il tronco. Lungo il legno attaccato si notano delle linee nere: sono le linee di demarcazione che si sviluppano tra i miceli di differenti colonie del fungo. Nella fase finale può venire distrutto tutto il duramen, senza per questo scalfire l'alburno. Perciò non si nota una riduzione della vitalità, l'albero risulta sano, però il rischio di uno schianto improvviso è alto. Una valutazione strumentale con il metodo SIM è consigliabile.

Un occhio attento osserva degli anfratti al cilindro corticale o dei solchi lungo il tronco provocati da una carie puntiforme. In questi punti la carie ha sicuramente raggiunto il cambio. Alla superficie della sezione sul ceppo risultano delle linee nere. Queste linee di demarcazione sono tipiche del fungo e vengono formate da sostanze del micelio e del legno.

L'*Ustulina* è un fungo pluriennale, durante la primavera si notano gli stadi imperfetti del fungo che formano delle macchie bianche/grigie sulla struttura nera.



Ustulina deusta: Ascomiceti con piccolo stroma nero (*Hypoxyton deustum*), foto a sinistra; il fungo è facile da controllare durante la primavera quando si sviluppano i corpi fruttiferi imperfetti, di colore bianco, che producono conidi grigi (foto a destra).



Se in un ecosistema naturale i funghi agenti di carie svolgono l'importante funzione ecologica di decomposizione del legno in sostanze umiche, essi divengono invece particolarmente pericolosi nei parchi e nelle alberate, monumentali e non, dove lo schianto anche di un solo grosso ramo può avere conseguenze gravi sui fruitori.

Nelle parti alte del fusto e a livello della chioma, le vie d'infezione sono rappresentate soprattutto da grossi tagli di potatura che favoriscono l'aggressione di questi patogeni.

Alla base dei fusti le vie d'infezione sono rappresentate da ferite accidentali.

In genere le manifestazioni esterne nelle piante cariate, a livello della chioma o lungo il fusto, sono assai tardive e difficilmente rilevabili anche nei casi in cui l'integrità meccanica delle piante colpite è irrimediabilmente compromessa.

Controllo *Ganoderma sp.*

Ganoderma sp., quando è agente di carie, determina un'intensa e rapida degradazione della porzione interna del tronco che può causare lo schianto dell'albero. Sia la comparsa dei carpofori sul tronco, sia la loro dimensione non sono correlabili con l'estensione della carie interna che può essere valutata con tecniche diagnostiche strumentali. Come la tomografia ultrasonica.

Per quanto riguarda la tomografia sonica ed ultrasonica, dobbiamo subito notare che la velocità delle onde elastiche nel legno può variare tra 1000 e 5000 m/s, in dipendenza dal tipo di legno e dalla direzione (longitudinale o trasversale rispetto alla direzione delle fibre), comportando una lunghezza d'onda dell'ordine di diverse decine di centimetri, limitando quindi il potere risolvante delle indagini al di sopra di decine di centimetri o, addirittura, il metro. Ciò in dipendenza anche dalla frequenza delle onde soniche utilizzate. In pratica esse risultano allora praticamente poco utili per studiare oggetti di piccole dimensioni.

Si sono quindi orientati sulle alte frequenze, quelle ultrasoniche, utilizzando di massima i 55 kHz, che nei legni comportano lunghezze d'onda dai 2 ai 10 cm, permettendo così un potere risolvante accettabile. In più, per minimizzare le incertezze derivanti dalle variazioni nell'accoppiamento tra i trasduttori ed il campione da studiare, adoperiamo un nuovo strumento multicanale (da 4 a sedici canali) della Boviar, in modo da poter utilizzare precisi segnali di riferimento per la taratura di eventuali traslazioni lungo l'asse dei tempi a seguito dello spostamento di uno o più trasduttori. Con

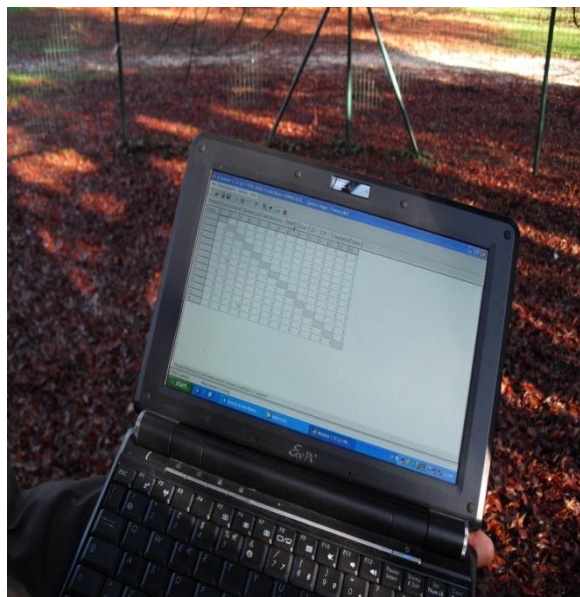
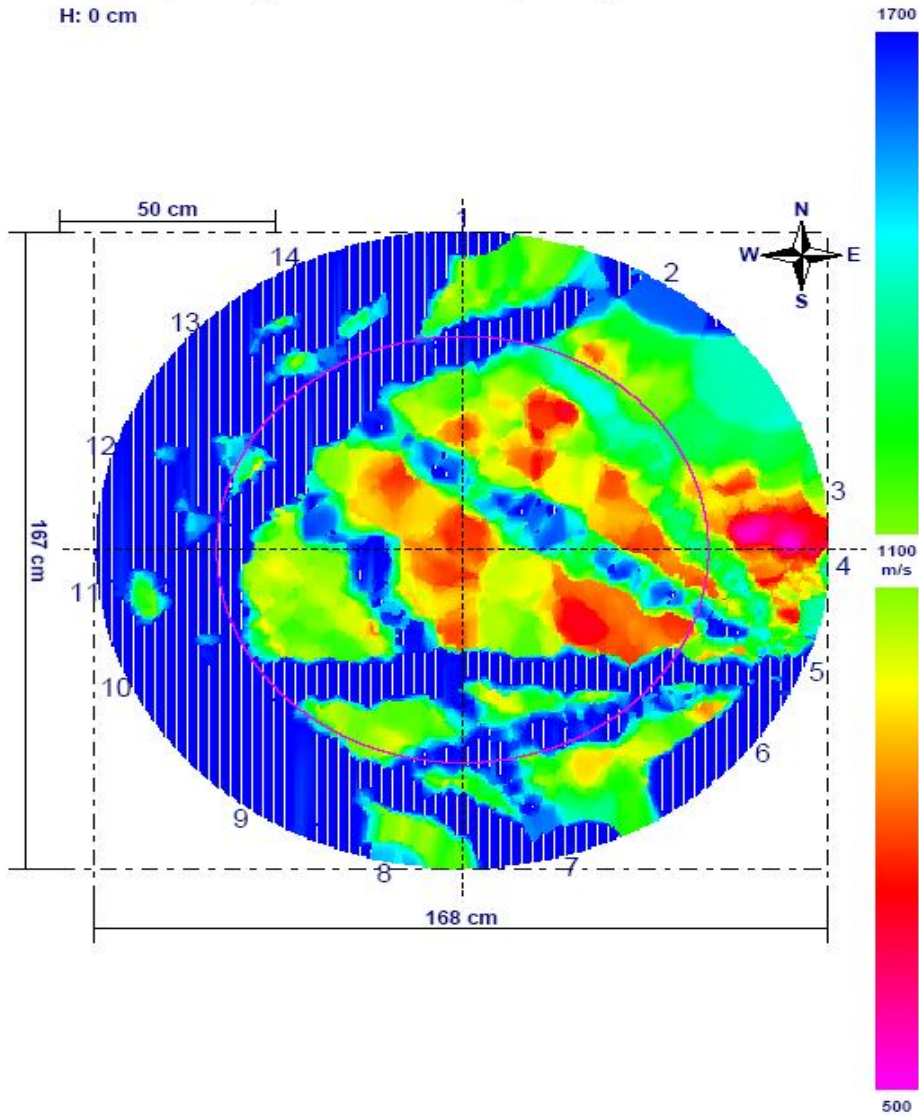
uno strumento multicanale l'acquisizione tomografica acquista un'affidabilità molto più elevata.

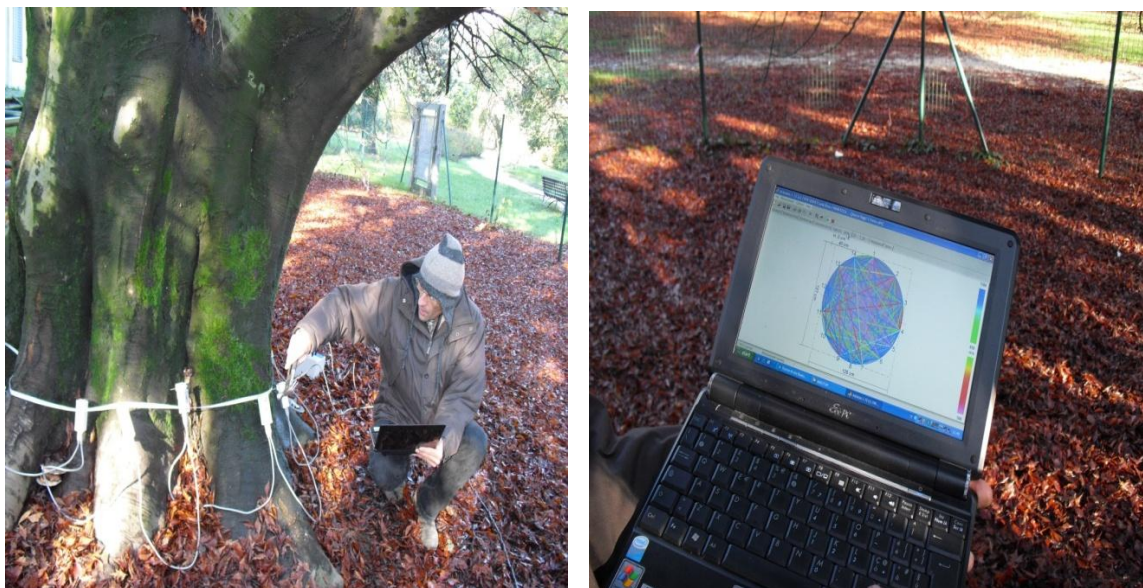
Anche la tomografia con onde ultrasoniche può essere effettuata con due modalità:

- per riflessione (onde riflesse sulle superfici di discontinuità) per evidenziare le superfici di separazione tra zone con

differenti parametri elastici (che influenzano la velocità delle onde);

- per trasmissione, per evidenziare particolari zone volumi caratterizzati da velocità differente (cioè, con differenti valori dei parametri elastici predetti).





Anche per meglio paragonare i risultati conseguibili con la tomografia ultrasonica per riflessione, sia una foto della fase di acquisizione (a sinistra) sia il profilo ottenuto con una modalità cosiddetta “monostatica”, perché la distanza tra sorgente e ricevitore è fissa e molto piccola, come spesso avviene per i profili radar. L’osservazione del profilo radar acquisito) mette in luce molto bene le varie superfici di discontinuità già visibili dall’esterno, fino all’ultima riflessione ottenuta sulla superficie esterna. Va detto però che la tomografia ultrasonica basandosi su una restituzione grafica del piano delle onde sonico che attraverso un processore analizza anche le restituzioni anomale per la sua interpretazione corretta necessita di grande esperienza e sensibilità che sono poi fondamentali per la sua interpretazione e tenendo conto della necessità di confrontare i diagrammi di anni consecutivi per valutare l’andamento e la progressione nel legno di patogeni cariogeni è fondamentale che la valutazione venga fatta dallo stesso professionista.

Per valutare la progressione della caria è necessaria almeno una tomografia annuale per la durata del piano di gestione

14.8 CONTROLLO DELLA VITALITA’ DELLE RADICI

I prelievi radicali devono essere effettuati a campione sulla popolazione, smuovendo il cotico con il badile e tagliando con forbice le radici affioranti. Le radici raccolte devono essere conservate fino al laboratorio per poi essere lavate in acqua corrente e lasciate a bagno per rimuovere tutta la terra. Asciugate in carta assorbente e in seguito analizzate allo stereoscopio per valutare le necrosi, gli apici vivi e morti, il turn-over, la presenza di ectomicorizze.



Massa radicale prelevata e lavata



Segmenti di radice pronti per essere analizzati allo stereoscopio



Operatore analizza radice fine allo stereoscopio



Postazione di lavoro in laboratorio presso il Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali

14.8.1 Vitalità delle radici fini e presenza di abbozzi di radici laterali degenerate

Tale analisi viene eseguita allo stereo microscopio con ingrandimenti variabili tra 10x e 40x prelevando in maniera casuale i campioni di radichette sulle quali sono state contate le radici vitali.

Si formula quindi un giudizio sulla funzionalità degli apici basato sulla loro morfologia, tenendo presente che quelli vitali sono turgidi con punta lucida, mentre quelli morti appaiono raggrinziti, secchi e opachi.

Con la stessa metodologia sopra descritta viene valutata la percentuale di radici laterali degenerate sommando le radici laterali degenerate propriamente dette, le cicatrici derivanti dalla loro perdita e gli apici rotti o danneggiati.

In entrambi i casi la percentuale sarà calcolata rispetto al totale di radici laterali presenti nel campione.

14.8.2 Valutazione della presenza dell'amido nelle radici

Viene eseguita sezionando a mano le radici di 5/20 mm di diametro, trattandole con una soluzione di ioduro di potassio iodurato e valutando la presenza di amido secondo l'indice descritto, in relazione alla colorazione dei campioni.

14.8.3 Reattività all'ossigenazione

Viene effettuata ponendo in una camera umida segmenti di radici di vario diametro, della lunghezza di cm 15 e contando, dopo quindici giorni dall'inizio della prova, la comparsa di nuovi

abbozzi o il numero degli abbozzi di radici laterali degenerate che manifestavano segni di callo e quindi capacità di reagire.

Indice adottato per la presenza di amido nelle radici:

Assente	Colorazione naturale
Bassa	Colorazione violetto chiaro
Media	Colorazione blu chiaro
Alta	Colorazione blu nerastro

Indice di reattività all'ossigenazione:

Assente	Assenza di calli nelle cicatrici delle radici degenerate
Molto debole	Presenza di calli sullo 0 - 10% delle cicatrici delle radici degenerate.
Debole	Presenza di calli sul 10-20 % delle cicatrici delle radici degenerate.
Media	Presenza di calli tra il 20% e il 50% delle cicatrici delle radici degenerate
Forte	Presenza di calli su più del 50 % delle cicatrici delle radici degenerate.

Indice adottato in relazione alla percentuale di radici fini vitali presenti

Assente	0%
Scarsa	0-30%
Media	30-60%
Abbondante	60-90%
Abbondantissima	>90%

Indice adottato in relazione alla percentuale di abbozzi di radici laterali degenerate:

Assente	0%
Scarsa	0-15%
Mediocre	15-30%
Media	30-50%
Abbondante	50-70%
Abbondantissima	>70%

14.9 CONTROLLO DELLE CARIE SULLE BRANCHE

La necessità di seguire costantemente l'andamento del callo di cicatrizzazione sul tronco e sulle branche dove è stata effettuata la dendrochirurgia, con il curettaggio del legno morto fino al cambio attivo e la disinfezione delle ferite con sali quaternari di ammonio con cadenza quindicinale da aprile ad ottobre.

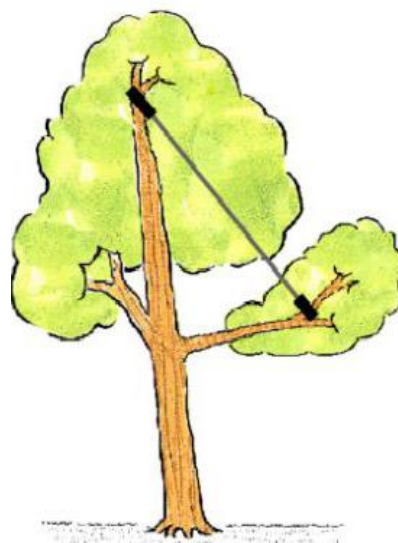
14.10 CONTROLLO DELLA BIOMASSA

Per la verifica della vigoria e dei parametri di risposta alla rigenerazione dell'apparato radicale uno dei parametri per il controllo e l'incremento della biomassa (produzione s.o.). Sia in riferimento all'energia complessiva che per valutare lo sforzo dell'albero nelle spese energetiche sull'accumulo di carboidrati per la produzione del legno. Come abbiamo già visto la diminuzione dell'efficienza fotosintetica della parte distale della chioma, comporta un'elevata produzione di legno di reazione per il sostentamento meccanico.

Il controllo almeno due volte all'anno fine primavera inizio autunno sulla crescita ponderale dei getti dell'anno opportunamente elaborati ci restituisce un diagramma sulla distribuzione energetica.

Questo ci permette di avere la situazione sulla vitalità della quercia sotto controllo e valutare interventi correttivi.

Interventi Arborcolturali e di coltivazione



Consolidamento di tenuta

La branca bassa che dà verso l'argine estremamente importante nella dinamica di produzione di Carbonio pesante non può essere ridotta.

Esiste però una situazione di sofferenza con produzione di legno di reazione per cui la pianta mobilita molte risorse per il suo mantenimento pertanto bisogna scaricare il suo peso con un consolidamento di tenuta. Il consolidamento orizzontale dinamico o statico della chioma deve essere possibilmente fissato ben in alto. Questo riduce le forze derivanti grazie a un utilizzo ottimale dell'effetto leva. L'ideale sarebbe determinare l'altezza a $2/3$ della lunghezza dei rami/fusti da consolidare (Fig. 3). Tale indicazione nasce dall'esperienza accumulata in ca. 15 anni di prova in campo e tiene conto del potenziale baricentro della chioma che si colloca per l'appunto a $2/3$ della dell'altezza della struttura (Wessolly, 2007).

Nel caso di consolidamenti di tenuta il tirante deve essere installato sull'asse portante con un angolo molto acuto, praticamente quasi verticale all'asse del tronco. Qualora questo non fosse

possibile per i dimensionamenti dei rami viene consigliato un ulteriore cavo aggiuntivo in prossimità della biforcazione.

14.11 RIMONDA DEL SECCO

L'ontogenesi della quercia progressivamente tenderà ad sempre maggiore trasparenza ed a abbassamenti distali dei rami.

La fase fisiologica della quercia non permette però riduzione della chioma di frazioni superiori al 5%, pertanto alla fine della primavera quando la pianta è massimizzata le riserve energetiche accumulando carbonio nei sink source di riserva si dovrà intervenire con rimonda del secco da effettuarsi in tree-climbing con ritorni e tiralinfa superiori al 50% della riduzione.

14.12 DISERBO NELL'AREA DI PROIEZIONE DELLA CHIOMA

Mantenere, durante l'intera stagione vegetativa il terreno dalle erbe infestanti abbassa la competizione tra gli apparati fascicolati delle infestanti soprattutto delle vivaci estive, sia in riferimento alla competizione nutrizionale sia nei confronti di effetti allopatrici. L'allelopatia o antagonismo radicale è un fenomeno che interviene molto frequentemente nella competizione interspecifica e intraspecifica tra le piante nell'ecosistema, per cui una pianta rilascia nel terreno, a seguito del metabolismo della stessa, sostanze che inibiscono la crescita e lo sviluppo di piante concorrenti. Tali sostanze si comportano perciò come fitotossine radicali.

L'abbandono subito in questi cinque anni, ha seguito anche della ricarica effettuata con una ricarica con una elevata quantità di sabbia ha purtroppo favorito la colonizzazione di gramigna.

La **Gramigna** (*Cynodon dactylon*) è la pianta infestante più conosciuta al mondo. È della famiglia delle graminacee, molto competitiva, presenta un esteso apparato radicale, che può arrivare a 2 metri di profondità. Viene anche utilizzata in tappeti erbosi con clima caldo, vista la sua elevata resistenza al calpestamento. Volgarmente è anche conosciuta con il nome di *Erba Canina*. Nonostante sia una graminacea, le proprietà allergeniche dei suoi pollini si distinguono dalle altre piante della famiglia.

È una graminacea rustica con fortissimo apparato radicale. Le giovani piante emettono dei piccoli sarmenti striscianti che affondano subito le radici nel terreno; forma un tappeto folto molto adatto per prati in pendio o soggetti a frequente calpestio. Si adatta in modo particolare ai terreni sabbiosi nei quali offre una grande resistenza all'asciuttore: si sviluppa favorevolmente soprattutto nei paesi caldi. Se incontra forti gelate ingiallisce ma a primavera rivegeta regolarmente.

Pianta perenne, alta sino a 40 cm, infestante con rizoma tenace, formante lunghi stoloni sopra il suolo e radicante ai nodi; Foglie distiche, con lamina lineare-lanceolata larga 2-4 mm, brevi quelle dei getti sterili, le altre lunghe 3-5 cm, ruvide ai margini e cosparsa di peli; Culmi fioriferi eretti o ascendenti, con 3-7 spighe digitate portanti due dense file unilaterali di spighe quasi sessili, glume e glumette sprovviste di reste, spesso venate di viola

Tipo di danno: da medio ad elevato; causato essenzialmente dallo spazio sottratto dalle sue radici.

Più difficili da controllare sono le infestanti a foglia stretta, graminacee simili a quelle che costituiscono il prato, ma di aspetto più grossolano, sia annuali (*Digitaria sanguinalis*, *Setaria glauca*, *Eleusina indica*) che perenni (la più nota è il *Cynodon dactylon*, meglio conosciuto come gramigna). Contro queste è possibile intervenire solo nel momento in cui spuntano i nuovi germogli, in genere nel periodo compreso tra il 20 Aprile e il 10 Maggio (prima della germinazione), con dei prodotti che agiscono in pre-emergenza.. I diserbanti attivi contro le graminacee annuali sono formulati a base di Benfluralin, Pendimetalin e Chlorthal-methyl. Il sistema migliore per eliminare la gramigna consiste invece nell'irrorare le zone deturpate con una soluzione a base di Glyphosate, e dopo uno o due trattamenti distanziati di 20-30 giorni. Per i tappeti erbosi solitamente vengono impiegati i diserbanti da diluire in acqua e irrorare mediante un'apposita attrezzatura dotata di barra da diserbo, o con la pompa a spalla, preferibilmente munita di ugello a ventaglio. Durante la preparazione della soluzione è molto importante attenersi alle dosi

indicate, in quanto una quantità eccessiva di principio attivo potrebbe danneggiare. Per effettuare correttamente il diserbo, si consiglia di irrigare molto bene prima di intervenire, e di attendere che le foglie siano asciutte e che l'acqua sia penetrata nel terreno. Questa operazione serve a costituire una riserva idrica per il tappeto erboso, che non potrà essere bagnato subito dopo il trattamento erbicida.

Tenuto conto che il controllo chimico non è sostenibile anche per gli effetti e ricadute di fitotossicità che potrebbero colpire la quercia l'unica alternativa alla scerbatura manuale delle infestanti rimane il pirodiserbo. Il **pirodiserbo** è una pratica agronomica usata per eliminare piante nocive da terreni agricoli facendo ricorso al fuoco per eliminare le piante infestanti. Il pirodiserbo si effettua con calore secco o il pirodiserbo è una pratica agronomica usata per eliminare piante nocive da terreni agricoli facendo ricorso al fuoco per eliminare le piante infestanti. Il pirodiserbo si effettua con calore secco o umido, prodotto con diversi metodi tra cui onde elettromagnetiche, elettricità, vapore acqueo o energia termica, nelle varie forme di fiamma libera e raggi infrarossi. Il principio sul quale si basa il pirodiserbo è quello di provocare il veloce innalzamento della temperatura all'interno dei tessuti della pianta da eliminare, provocando la distruzione delle membrane cellulari e la coagulazione delle proteine. Per ottimizzare tale intervento la fiamma viene regolata in modo da scottare le piante fino al colletto in modo da impedirne la ricrescita. Il passaggio della fiamma è rapido, e al contrario del semplice incenerimento non brucia completamente le piante. L'efficacia dell'incenerimento non è elevata. Basti pensare alla pratica usata nei prati incolti di bruciare le sterpaglie rinsecchite: l'erba su tali superfici spunta più verde e rigogliosa perché concimata dalla cenere (composta soprattutto da sali minerali e azoto) e perché non resta ombreggiata dalle sterpaglie. Il pirodiserbo risolve in parte questi problemi, anche se l'efficacia di tale pratica è assai variabile in funzione della specie e dell'età della pianta. Il principio sul quale si basa il pirodiserbo è quello di provocare il veloce innalzamento della temperatura all'interno dei tessuti della pianta da eliminare, provocando la distruzione delle membrane cellulari e la coagulazione delle proteine. Ma anche se remoto il rischio di danneggiare direttamente le radici assorbenti o indirettamente vedi effetto sterilizzante e colonizzazione di potenziali patogeni è reale e nello stato attuale della quercia è un rischio non sostenibile. Pertanto l'unica soluzione praticabile rimane la scerbatura manuale. Eliminata la popolazione di infestanti per mantenere libera la superficie è indispensabile la pacciamatura e la stesa di teli pacciamanti.

14.13 PACCIAMATURA

Interessante sembrerebbe l'uso del Plantex Du Pont ®, Du Pont Plantex ha una struttura porosa unica che permette all'acqua ed ai fertilizzanti di filtrare attraverso fino a raggiungere il terreno vegetale e permette al terreno stesso di respirare. Allo stesso tempo, le fibre di polipropilene che sono termicamente legate formano un materiale resistente ed impenetrabile dalle erbe infestanti. Essendo chimicamente inerte, Plantex non irrita la pelle e può essere usato in ogni area senza rischi per i bambini, adulti, animali, uccelli, pesci e per l'ambiente in generale. Plantex lavora impedendo la crescita delle erbe infestanti. Quando combinato con uno strato di materiale pacciamante, la luce non riesce a raggiungere le erbe infestanti impedendone la crescita. Per una garanzia di successo nella realizzazione di un nuovo giardino, non ci deve essere mancanza di acqua, né luce e oltre a ciò non ci deve essere competizione da parte delle erbe infestanti durante i primi tempi della crescita.

Mentre la maggior parte di disinfestanti chimici alterano l'equilibrio chimico fisico del terreno,

Il Plantex Du Pont ® è un tessuto non tessuto termolegato il cui impiego è estremamente versatile sia nelle opere di giardinaggio che nell'impiego in orticoltura; esso permette il controllo nella crescita delle erbe infestanti, nel trattenere l'umidità e svolge a pieno la funzione di separazione.

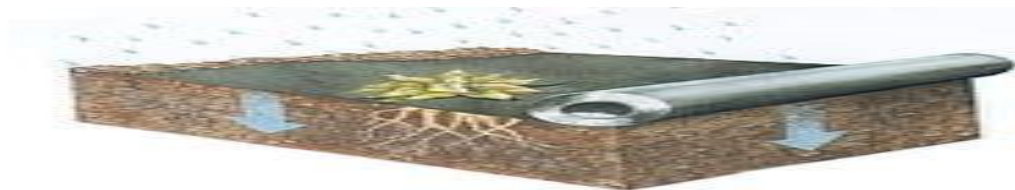
Plantex Du Pont ® è stato realizzato per offrire un ottimo equilibrio tra copertura e permeabilità; inoltre ha un alto grado di stabilizzazione ai raggi UV che lo proteggono per lunghe permanenze all'esposizione solare diretta

Effetti paesaggistici: Il tessuto non tessuto Plantex Du Pont ® produce un'effettiva eliminazione di erbe infestanti impedendone la crescita, permette il mantenimento di un elevato grado di umidità a contatto con il terreno vegetale, creando così un ambiente favorevole alla crescita delle piante.

Conseguentemente, usando Plantex Du Pont ® si riducono drasticamente sia i costi di manutenzione del verde che l'uso di erbicidi. Il tessuto non tessuto Plantex Du Pont ® ha inoltre tutte le proprietà di un geosintetico .

Benefici, l'acqua viene drenata senza formazione di pozzanghere eliminando problemi di manutenzione e di crescita di erbe infestanti.

Qualità: Plantex Du Pont ® ha ottenuto una larga approvazione dagli operatori del settore per le sue caratteristiche di qualità e in molti casi rappresenta una scelta di molte amministrazioni pubbliche oltre che di privati.



Caratteristiche: Il Plantex Du Pont ®

Peso	g/mq 90
Assottigliamento allo schiacciamento a 2kN/mq	mm.0,38
Assottigliamento allo schiacciamento a 200kN/mq	mm.0,31
Resistenza alla trazione	kN/m.5,1
Allungamento	45%
Energia assorbita	kJ/m 2
Resistenza allo strappo	N 430
Porosità	mm 0,180
Permeabilità	mm/s 95
Flusso/ portata	lt/mq/s 165

Tenuto conto delle caratteristiche tecniche questa stuoia si comporta come un geotessile diminuendo il carico e ridistribuendolo su una maggiore superficie (comportandosi come una barra stabilizzante sul terreno) limitando in tal modo l'azione antropica dei visitatori sul suolo arieggiato.

Si ridurrebbe inoltre lo strato pacciamante di corteccia a solo 50 mm e si andrebbero a diminuire consistentemente le perdite di traspirazione del terreno.

14.14 IRRIGAZIONE DI SOCCORSO

Come prescritto già dal Prof. Muto Accordi, almeno dopo 15 giorni dall'ultima pioggia bisogna irrigare l'area d'incidenza della chioma con circa 3 metri cubi di acqua di buona qualità. Al fine della classificazione della qualità irrigua delle acque si propone la classificazione fatta da Giardini nel 1999 per le caratteristiche delle acque da irrigazione.

- Limiti di accettabilità per i parametri chimici fondamentali

Parametri Unità mis. Classe I

pH - 6.0 - 8.5 5-6

Conduttività (ECw) $\mu\text{S} / \text{cm}$ <750

SAR - <6

Sodio mg / l <50

Cloruri mg / l <100

Solfati mg / l <100

Boro mg / l <0.3
 Cromo trivalente mg / l <0.1
 Cromo esavalente mg / l <0.003
 Cadmio mg / l <0.003
 Rame mg / l <0.2
 Mercurio mg / l <0.004
 Nichel mg / l <0.2
 Piombo mg / l <1
 Selenio mg / l <0.002
 Zinco mg / l <2
 Alluminio mg / l <5
 Berillio mg / l <0.1
 Cobalto mg / l <0.05
 Ferro mg / l <2
 Litio mg / l <1
 Manganese mg / l <0.2
 Fluoro mg / l <1
 Molibdeno mg / l <0.01
 Vanadio mg / l <0.1
 Arsenico mg / l <0.02
 Tensioattivi mg / l <0.5
 Olii minerali mg / l <5.
 Grassi animali e vegetali mg / l <20
 Fenoli mg / l <0.5
 Aldeidi mg / l <0.4
 Solventi org.aromatici mg / l <0.02 0
 Solventi org. azotati mg / l <0.025
 Solventi clorurati mg / l <0.2
 Cianuri mg / l <0.05
 Mercaptani mg / l <0.15
 Policlorodifenili µg / l - - -
 Fitofarmaci totali mg / l <0.05
 Fitofarmaci clorurati mg / l <0.015
 Fitofarmaci fosforati mg / l <0.05 (Da Giardini, L et al., 1999)

Tabella - Limiti di accettabilità per i parametri complementari

Parametro Unità di misura Classe A
 Solidi sospesi inorg. mg / l (ppm) < 30
 BOD5 mg / l (ppm) < 20
 COD mg / l (ppm) < 35

Azoto totale mg / l (ppm) < 40

Fosforo totale mg / l (ppm) < 10

Bicarbonati mg / l (ppm) < 250

(Da Giardini, L. et al., 1999)

Limiti di accettabilità per i parametri microbiologici fondamentali

Parametro Unità di misura Classe A

Coliformi totali MPN / 100 ml < 5000

Coliformi fecali MPN / 100 ml < 1000

Streptococchi fecali MPN / 100 ml < 1000

Uova di Elminti n. uova vitali / l assenti 0-1 > 1

(Da Giardini, L et al., 1999)

Al fine di utilizzare acqua rispondente ai requisiti proposti si ritiene di utilizzare acqua potabile dopo un periodo di almeno 24 ore di decantazione dal prelievo al fine di favorire l'evaporazione del cloro presente.

Si ritiene che ca 150/200 mm annui nel periodo da giugno alla fine di settembre siano sufficiente corrispondenti a ca 15/20 irrigazioni di soccorso chiaramente tenendo conto dell'andamento stagionale.

14.15 INTERVENTI DIFESA

14.15.1 Interventi Biologici

Si definisce lotta biologica o biocontrollo “l'utilizzo di organismi naturali o modificati, di geni o prodotti genici, atti a ridurre gli effetti degli organismi indesiderati, e per favorire quelli utili all'uomo, alle coltivazioni, agli animali e ai microrganismi simbiotici”, includendo in questa definizione anche le pratiche di lotta agronomica e l'applicazione delle recenti tecniche di biologia molecolare per lo sviluppo di nuove biotecnologie (Accademia Nazionale della Scienza degli Stati Uniti -NAS, 1987). L'obiettivo principale del controllo biologico è la riduzione, tramite uno o più organismi, della densità di inoculo o delle capacità patogeniche di un parassita, nel suo stato attivo o dormiente, riduzione che si verifica naturalmente. I meccanismi attraverso cui si esplica il controllo biologico sono molteplici ed includono l'inibizione del patogeno attraverso la produzione di composti antimicrobici (antibiosi); la competizione per nutrienti o siti di colonizzazione; l'inattivazione di fattori di germinabilità del patogeno presenti su semi o radici; l'inibizione di fattori di patogenicità, quali ad esempio tossine ed enzimi, prodotti e rilasciati dall'agente patogeno; il micoparassitismo attraverso la produzione di una vasta gamma di enzimi degradativi la parete cellulare.

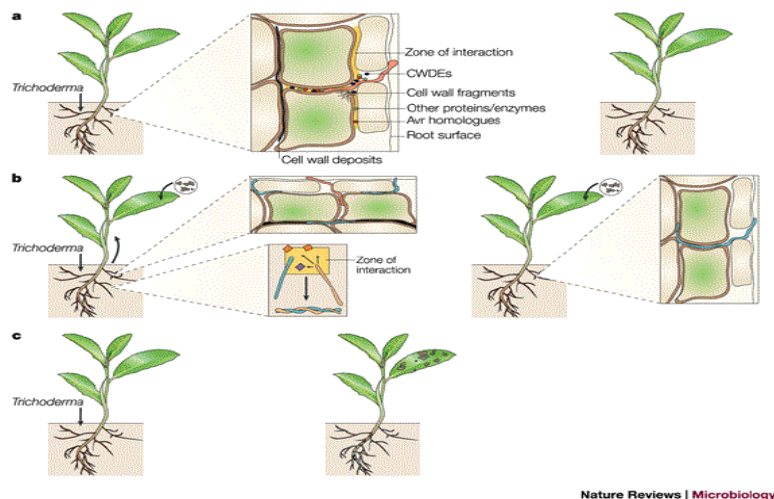
Altri meccanismi, per lo più indiretti, includono tutti quegli aspetti che producono variazioni morfologiche e biochimiche nella pianta ospite, a seguito dell'interazione con l'agente antagonista, aumentandone la tolleranza a stress biotici e abiotici.

Inoltre, negli ultimi anni, è emersa la capacità di alcuni agenti antagonisti di modulare i meccanismi di difesa della pianta, inducendo l'attivazione della risposta ipersensibile (HR) e della resistenza sistemica indotta (ISR).

Nessuno di questi meccanismi esclude l'altro ed è anzi più frequente che l'agente di biocontrollo espliciti la sua attività antagonista impiegando i diversi metodi di azione contemporaneamente.

esempio si ha nell'applicazione di un ceppo non patogeno di *Streptomyces* per contrastare *Streptomyces scabies*, agente della scabbia della patata (*Solanum tuberosum* L.)(Ryan and Kinkel, 1997).

In questo caso, infatti, il controllo sembra essere realizzato sia attraverso la produzione di antibiotici che attraverso la competizione per i nutrienti presenti nella rizosfera. Largamente impiegato in frutticoltura è il ceppo modificato di *Agrobacterium radiobacter* K84, produttore dell'antibiotico agrocina 84, tossico per *A. tumefaciens*, agente dei tumori radicali in diverse piante arboree. Sebbene la produzione dell'agrocina 84 è il meccanismo d'elezione nel processo di biocontrollo mediato da *Agrobacterium*, altri fattori giocano un ruolo importante, come l'abilità di colonizzazione delle radici, la competizione per i nutrienti o per i siti attaccati e la produzione di agenti di inibizione addizionale (Peñalver et al., 1994; Peñalver et al., 1999 McClure et al., 1998). Tra le numerose sostanze antibiotiche che vengono prodotte da funghi e batteri alcune sono



Nature Reviews | Microbiology

direttamente coinvolte nei meccanismi di controllo delle malattie delle piante. Ad esempio la gliovirina e la gliotossina prodotte da *Trichoderma virens* (Bisset 1991) sono attive contro *Pythium ultimum* e *Rhizoctonia solani* (Wilhite et al., 1994), mentre la cheatomina prodotta dal genere *Chaetomium* è risultata responsabile del controllo di *Venturia inaequalis*, agente della ticchiolatura del melo (Davis et al., 1992). È stato recentemente dimostrato (Bull et al., 1998) che la siringomicina SRE, una tossina capace di alterare le membrane plasmatiche, è il metabolita principale responsabile dell'attività di biocontrollo in *Pseudomonas syringae*, attivo ingrediente di diverse formulazioni di biofungicidi commercialmente disponibili. La competizione per il ferro in *Pseudomonas spp.* è stata intensamente studiata ed è stato chiaramente dimostrato il ruolo di un sideroforo prodotto da diversi ceppi, nel controllo di diverse specie di *Pythium* e *Fusarium* (Loper e Buyer, 1991; Duijff et al., 1993). I composti siderofori presentano una elevata affinità per il Fe³⁺, lo chelano, rendendolo indisponibile per gli altri organismi limitandone così la crescita e lo sviluppo. Competizione per carbonio, azoto, ferro, sembrano essere associati al biocontrollo di *Fusarium spp.* da parte di ceppi non patogeni di *Fusarium* e *Trichoderma spp.* (Mandeele e Baker, 1991; Couteadier, 1992). Molti studi hanno messo in evidenza una importante relazione tra incremento della colonizzazione della rizosfera da parte di ceppi non patogeni o ipovirulenti, e soppressione della malattia. Di fatti esiste una notevole diversità nelle popolazioni di funghi fitopatogeni per quanto riguarda il loro livello di virulenza. L'uso di ceppi ipovirulenti è di notevole impiego nelle metodologie di controllo biologico, data la capacità di tali ceppi di competere con quelli più virulenti nell'ecosistema pianta. Questo è risultato evidente per un ceppo ipovirulento di *Rhizoctonia solani*, particolarmente efficace nel controllare l'isolato patogeno di *R. solani* (Herr, 1995) e diverse altre specie di funghi inclusi *Phialophora spp.*, *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Kirk e Deacon, 1997; Shivanna et al., 1996). Inoltre il ceppo non patogeno di *Fusarium oxysporum* è risultato efficace nel controllare il ceppo patogeno di *F. oxysporum* su una varietà di colture (Eparvier e Alabouvette, 1994). Anche i funghi micorrizici sono interessanti candidati al controllo biologico in virtù della loro associazione obbligata con le radici. Essi infatti colonizzando l'apparato radicale possono impedire l'attacco del patogeno al sito di infezione. Recenti studi sulle interazioni pianta-funghi micorrizici suggeriscono altri importanti fattori implicati nel biocontrollo. Infatti è stato dimostrato che la formazione delle micorrizie stimola nella pianta una resistenza sistemica indotta (ISR) oltre a promuoverne la crescita e indurre importanti variazioni nella morfologia della radice (Pozo et al., 2002). Nel caso dei funghi, il ben conosciuto fenomeno del micoparassitismo sembra essere un meccanismo chiave nel processo di biocontrollo e prevede un'azione parassitaria diretta, da parte del fungo antagonista, ai danni del fungo patogeno. Esempi di funghi iperparassiti sono numerose specie di *Trichoderma*, efficaci per il controllo di importanti funghi fitopatogeni quali *Botrytis spp.*, *Fusarium spp.*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotinia*

spp. Il parassitismo di *Trichoderma* è un fenomeno di tipo necrotropico che conduce alla distruzione e morte del fungo ospite. In questo processo partecipano attivamente enzimi litici, quali chitinasi, glucanasi e proteasi, capaci di degradare la parete cellulare consentendo, quindi, la completa colonizzazione del fungo ospite (Elad et al., 1982; Haran et al., 1994). Tra gli altri funghi micoparassitici ricordiamo quelli appartenenti ai generi *Chaetomium*, *Coniothirium*, *Gliocladium*, *Pythium* e *Fusarium*

14.15.1.1 Interazione *Trichoderma* -pianta

Recenti studi hanno dimostrato che diversi ceppi di *Trichoderma* sono simbionti opportunisti ed avirulenti su una grande varietà di piante coltivate (Harman et al., 2004). *Trichoderma* infatti, colonizza la pianta senza risultare patogeno in quanto probabilmente l'invasione e la colonizzazione delle radici induce nella pianta una serie di cambiamenti metabolici volti a bloccare e prevenire l'ingresso del fungo, confinandolo nei primi strati delle cellule corticali (Elad et al., 1999; Elad e Kapat, 1999).

Nell'interazione con i tessuti radicali, non solo il fungo prolifera utilizzando risorse nutrizionali fornite dalla pianta ma, come conseguenza dell'associazione con le radici, è anche favorito nella colonizzazione di nuove ed estese aree nel suolo. Alcuni ceppi mostrano una forte "competenza per la rizosfera" che permette loro di colonizzare una vasta superficie radicale e di persistere sulle radici per diverse settimane (Thrane e Gensen, 1997) o addirittura mesi (Barman, 2000). Questa capacità permette quindi al fungo di formare una stabile e duratura associazione con la pianta in svariate condizioni ambientali. Perciò, nonostante *Trichoderma* abbia la capacità intrinseca di attaccare le piante, è solitamente avirulento, avendo sviluppato una relazione con le piante di tipo simbiotica più

che parassitaria (Harman et al., 2004).

Gli effetti benefici per la pianta, derivanti da questa associazione sono molteplici e includono:

- il controllo di diverse malattie grazie all'azione diretta di *Trichoderma* spp. nei confronti di vari organismi patogeni (Chet, 1987) e agenti nocivi della microflora del suolo (Bakker e Schippers, 1987);

il controllo indiretto di agenti patogeni a seguito dell'induzione di resistenza sistemica in pianta; tale fenomeno favorisce il controllo di varie classi di patogeni (funghi e batteri) spazialmente e temporalmente distanti dal punto di applicazione di *Trichoderma*; (Bigirimana et al., 1987; Yedidia et al., 1999; Yedidia et al., 2000; Yedidia et al., 2003);

- il miglioramento della crescita della pianta e lo sviluppo dell'apparato radicale. Il verificarsi di quest'ultimo fenomeno in un sistema axenico (Lindsey e Baker, 1967; Yedidia et al., 2001) ha dato credito all'ipotesi che esso è il risultato di un effetto diretto esercitato da *Trichoderma* sulla pianta, oltre ad essere una conseguenza del controllo di microrganismi patogeni e dell'inattivazione di composti tossici presenti nella rizosfera. Negli ultimi anni sono stati proposti vari meccanismi potenzialmente coinvolti in questo fenomeno, quali ad esempio: la produzione o il controllo degli ormoni vegetali (Kleifeld and Chet, 1992), la solubilizzazione di nutrienti normalmente insolubili nel suolo (Altomare et al., 1999) ed un aumento dell'assorbimento e della traslocazione di minerali normalmente poco disponibili per la pianta (Inbar et al., 1994).

Infatti, in sistemi idroponici asetici contenenti solo *Trichoderma* è stato dimostrato un aumento nell'assorbimento di nutrienti come il ferro, il rame, il manganese, il fosforo ed il sodio (Yedidia et al., 2001).

Nonostante la sua ovvia importanza, il meccanismo con cui *Trichoderma* interagisce con la pianta stimolando la crescita e inducendo fenomeni di resistenza, è stato poco studiato.

Molta attenzione è stata data allo studio dei meccanismi di biocontrollo associati all'interazione diretta con gli agenti patogeni. Il primo lavoro che riporta una chiara dimostrazione dell'induzione di fenomeni di resistenza risale al '97, quando Bigirimana e collaboratori mostrano che il trattamento dei semi di fagiolo con *T. harzianum* T-39 induce resistenza a patogeni fogliari, come *B.cinerea* e *Colletotrichum lindemuthianum*. Studi simili sono stati estesi a diverse specie vegetali appartenenti sia al gruppo delle monocotiledoni che delle dicotiledoni e con differenti specie e ceppi di *Trichoderma*.

Anche per *T. harzianum* T-22 (ceppo commerciale) è stata dimostrata l'induzione di resistenza in pomodoro, fagiolo e mais. In quest'ultima coltura, la presenza di T-22 nel suolo ha ridotto i sintomi di antracnosi causati da *Colletotrichum graminicola* (Harman et al., 2004). In pomodoro, T-22 ha

umentato la resistenza al patogeno fogliare *Alternaria solani*, fino a tre mesi dopo l'applicazione di *Trichoderma* (Lo et al., 2000). Tuttavia, i meccanismi molecolari che regolano i fenomeni associati all'induzione di resistenza in pianta sono ancora poco noti e pertanto oggetto di numerosi studi.

Diverse ricerche hanno evidenziato che la colonizzazione dei tessuti radicali operata da *Trichoderma spp.* induce variazioni morfologiche e biochimiche in pianta a seguito delle quali quest'ultima risulta più resistente all'attacco di diversi patogeni.

Analizzando l'associazione *Trichoderma*-radici di cetriolo, in un sistema idroponico sterile, Yedidia e colleghi, (2003) hanno evidenziato che le ife del fungo *T. harzianum* T203 penetrano nell'epidermide della radice con un meccanismo analogo a quello osservato per il micoparassitismo

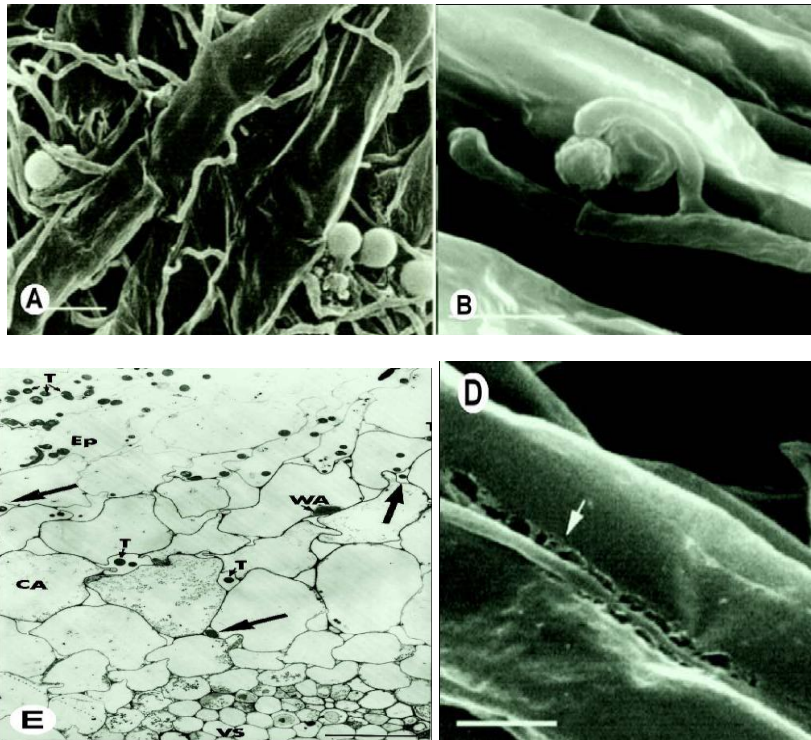


Figura. 3. Immagini al microscopio elettronico di radici di cetriolo in coltura idroponica 72 h dopo l'inoculo con *T. harzianum*. (A) Proliferazione e crescita di ife attorno alle radici; (B) Particolare di ifa che si avvolge attorno a un pelo radicale; (C) Formazione di una struttura simile a un appressorio; (D) Ifa che penetra l'epidermide radicale; (E) Colonizzazione di ife di *Trichoderma* (T) nell'epidermide radicale (Ep) verso lo strato corticale (CA) crescendo principalmente nello spazio intercellulare (frecce). Si nota anche la deposizione di callosio e lignina in cellule non invase (WA) (foto da Yedidia et al., 2000).

L'ancoraggio ai peli radicali avviene con la formazione di strutture simili ad appressori e la penetrazione e colonizzazione dei tessuti corticali avviene attraverso la produzione di enzimi idrolitici.

Tuttavia, la pianta limita la colonizzazione del tessuto radicale al primo o al secondo strato di cellule in seguito alla deposizione di lignina e callosio nelle pareti cellulari, formando così una vera e propria barriera strutturale al successivo insediamento del fungo. La proliferazione di quest'ultimo è quindi ristretta agli spazi intercellulari dell'epidermide e dei tessuti corticali più esterni.

Uno degli aspetti più importanti di questa interazione è associato all'induzione in pianta di fenomeni simili a quelli osservati nella resistenza "non-ospite", dove sono attivati meccanismi di difesa non specifici.

L'invasione delle radici da parte di *Trichoderma* provoca un incremento nella produzione di enzimi vegetali correlati alla difesa, tra cui varie perossidasi, chitinasi, β -1,3-glucanasi, nonché l'attivazione del pathway delle lipossigenasi e delle liasi idroperossidi (Howel et al., 2000; Harman et al., 2004). In tal modo *Trichoderma* è in grado, non solo di produrre direttamente composti tossici nei confronti di patogeni, ma anche di stimolare fortemente la pianta a produrre i propri metaboliti di difesa.

14.15.1.2 Interazione complessa pianta patogeno-antagonista: *Trichoderma Spp* come sistema modello

Le potenzialità relative all'impiego di nuovi approcci scientifici, per la comprensione e l'esplorazione di complessi sistemi biologici, appaiono chiaramente evidenti quando questi sono applicati ai funghi del genere *Trichoderma spp.* Il genoma di questi funghi, infatti, rappresenta un campo di grande interesse investigativo che potrebbe portare alla conoscenza di meccanismi molecolari di notevole importanza biologica, in virtù delle complesse interazioni che questi sono in grado di stabilire con la pianta e con altri microrganismi, in particolar modo con quelli che si trovano nelle componenti del suolo. Inoltre, questi funghi costituiscono una fonte inesauribile di geni e prodotti genici di grande utilità per lo sviluppo di nuove strategie biotecnologiche; dal potenziale impiego per migliorare il controllo delle malattie delle piante alla biodegradazione di svariati inquinanti ambientali, con il recupero di aree fortemente contaminate.

Negli ultimi anni, numerosi gruppi di ricerca hanno inteso studiare *Trichoderma* come sistema modello per migliorare la conoscenza di importanti relazioni microbiche, in particolare dell'interazione con la pianta e con l'agente patogeno. Fino a poco tempo fa, la ricerca ha riguardato soprattutto lo studio dei differenti con tecniche di distruzione genica, abbiano permesso di ottenere importanti informazioni sul coinvolgimento dei CWDEs nel biocontrollo, la ridondanza, nel genoma di *Trichoderma*, dei geni che li codificano, ha reso difficile identificare inequivocabilmente gli enzimi richiesti per il biocontrollo, indipendentemente dal ceppo e dal sistema usato (Baek *et al.*, 1999; Carsolio *et al.*, 1999; Woo *et al.*, 1999). Tuttavia, la discrepanza talvolta osservata nei dati presenti in letteratura, suggerisce l'ipotesi che questi funghi possano attivare diversi sistemi molecolari in relazione all'agente patogeno e alla pianta che colonizzano.

Nell'ambito dei meccanismi di interazione stabiliti da *Trichoderma*, minore enfasi è stata data all'identificazione di geni e prodotti genici che possano svolgere un ruolo di primaria importanza nell'associazione tra i diversi ceppi di *Trichoderma* e la pianta. I pochi studi avviati in tal senso, si sono concentrati su un numero limitato di geni che vengono differenzialmente espressi in pianta, quando questi funghi colonizzano le radici, spesso indipendentemente dalla presenza del patogeno (Viterbo *et al.*, 2004; Yedidia *et al.*, 1999; Yedidia *et al.*, 2000; Yedidia *et al.*, 2001; Yedidia *et al.*, 2003).

La difficoltà relativa allo studio di questi sistemi, scaturisce proprio dalla molteplicità delle componenti che entrano in gioco e suggerisce la necessità di applicare un approccio olistico.

L'interazione *Trichoderma*-pianta presenta i caratteri di una associazione simbiotica, con una diretta interazione fisica tra le ife fungine e le cellule radicali. Tuttavia, i meccanismi con cui il fungo limita la sua proliferazione ai primi strati corticali sono ancora sconosciuti sebbene appaiono correlati con la capacità di stimolare la risposta di difesa in pianta. Un notevole passo avanti, fattori coinvolti nei meccanismi di interazione tra *Trichoderma* e altri funghi, batteri, e virus patogeni per la pianta. Particolare attenzione è stata data ai CWDEs e alla complessa miscela di molecole antimicrobiche prodotte durante l'attività antagonista.

Sebbene gli studi basati sull'impiego di mutanti difettivi ottenuti nella valutazione dei determinanti molecolari coinvolti nelle interazioni complesse *Trichoderma*-pianta-patogeno, è stato realizzato con l'analisi proteomica.

Tale tecnica permette di studiare i cambiamenti dell'espressione genica dei tre componenti (pianta-patogeno-antagonista) e di individuare le specie proteiche la cui produzione è alterata o differenziata durante l'interazione multicomponente.

L'impiego di questi nuovi strumenti di analisi ha permesso di constatare l'instaurarsi di un vero e proprio "dialogo molecolare" tra *Trichoderma*, la pianta e l'agente patogeno, permettendo di identificare una varietà di molecole segnale, che vengono scambiate durante queste interazioni.

Alcune di queste molecole possono agire come ormoni stimolando la crescita e lo sviluppo della pianta, altre come elicitatori, inducendo le risposte di difesa in pianta.

La conoscenza dei meccanismi molecolari che regolano l'interazione *Trichoderma*-pianta è di fondamentale importanza per lo sviluppo soprattutto di nuove strategie biotecnologiche applicate alla difesa delle piante.

La caratterizzazione di ceppi che elicitano risposte di difesa nelle piante rappresenta il punto di partenza per:

- studiare il meccanismo di azione delle singole componenti coinvolte nell'interazione *Trichoderma* pianta, al fine di isolare, clonare e caratterizzare nuovi geni coinvolti nell'induzione di risposte di difesa

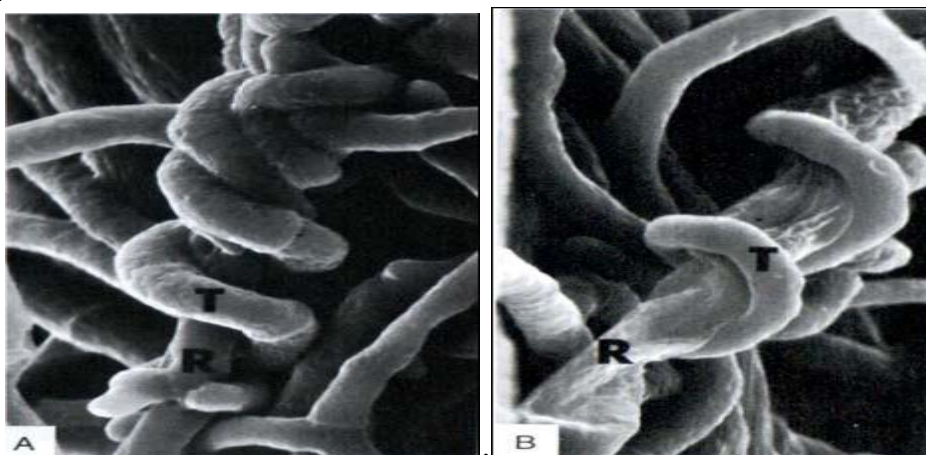
- trasformare ceppi commerciali di *Trichoderma*, che normalmente non inducono fenomeni di resistenza

indotta, con geni in grado di conferire tali capacità, al fine di aumentare la loro performance nella protezione delle piante

- modulare l'espressione di geni endogeni di *Trichoderma* coinvolti nell'interazione fungo - pianta cercando di attivare uno stato di ISR nella pianta.

- utilizzare i prodotti dei geni coinvolti nell'induzione di resistenza per la formulazione di nuovi biofitofarmaci;
- isolare e clonare geni di pianta che riconoscono molecole segnale di *Trichoderma*, e utilizzare tali geni

per trasformare altre varietà o specie per estendere l'interazione con *Trichoderma* ad altre piante. Pertanto in letteratura è ormai assodato che il *Trichoderma sp.* producono sostanze antibiiche arrestano lo sviluppo dei potenziali patogeni alcune delle quali volatili ad attività antibatterica e antifungina oggi sono impiegati su diverse colture per competere con successo per le fonti alimentari e come abbiamo visto sono in grado di parassitizzare mediante penetrazione diretta le ife dei patogeni ed in alcuni casi sono produttori di micotossine che limitano lo sviluppo dei loro antagonisti

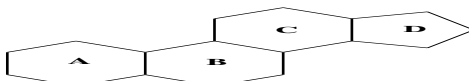


Immagini al microscopio elettronico di alcuni esempi di micoparassitismo.
(A) Effetto della parassitizzazione di *Trichoderma harzianum* (T) su *Rhizoctonia solani* (R) dopo 2 giorni e (B) dopo 6 giorni;

Ceppi di *Trichoderma spp.* quando vengono utilizzati per la prevenzione di malattie radicali risultano particolarmente efficaci se incorporati nel terreno insieme con un substrato alimentare quale la crusca di grano. L'obiettivo che si vuole raggiungere è l'azione di parassitizzazione delle ife di *Ganoderma spp.* Per ridurre la quantità di inoculo e impedire la colonizzazione di altri agenti ipnocheuretici.

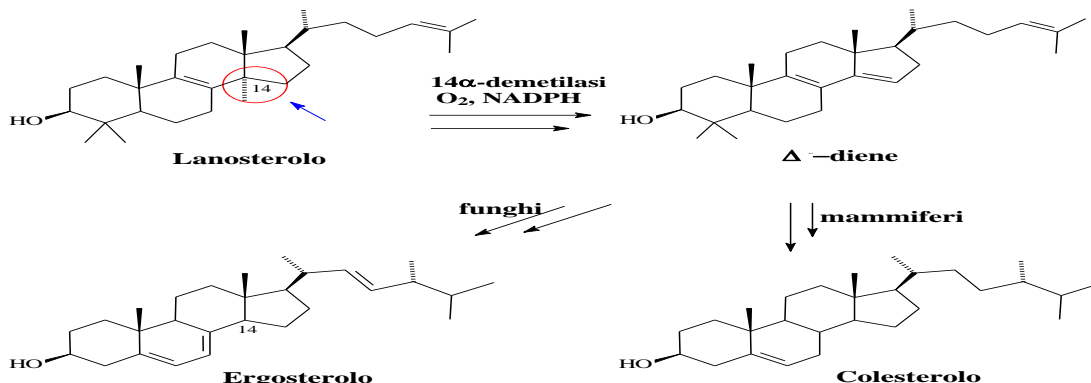
14.15.2 Difesa Chimica

Personalmente sono contrario all'uso di xenobiotici per la difesa fitoiatrica ma in questa fase non possiamo ignorare tutto ciò che è possibile impiegare per il controllo dei funghi soil born una delle specie chimiche più interessanti ha questo proposito sono senza dubbio i fungicidi inibitori della biosintesi degli steroli. Gli steroli sono componenti essenziali della membrana cellulare di tutti gli organismi eucariotici funghicomprendi. Mentre gli Oomiceti patogeni e saprofiti utilizzano gli steroli prodotti dalle piante che parassitizzano e decompongono e sono pertanto del tutto refrattari all'azione tossica degli IBS. Ascomiceti, Basidiomiceti e funghi mitosporici sono in grado di sintetizzare steroli ed in particolare ergosterolo Tra gli enzimi individuati come possibili bersagli è stato soprattutto studiato l'enzima ossidosqualene ciclasi (OSC) che catalizza una tappa di fondamentale importanza nella via biosintetica: lo squalene epossido, un triterpene aciclico con



30 atomi di carbonio, dà origine al primo precursore ciclico con la struttura a quattro anelli tipica degli steroli. L'enzima è presente in tutti gli eucarioti che biosintetizzano steroli: animali, vegetali, funghi e protozoi. Il prodotto finale della biosintesi degli steroli di Funghi e protozoi patogeni è l'ergosterolo: il colesterolo, lo sterolo presente nelle cellule animali, o il cicloartenolo delle cellule vegetali, non possono sostituire l'ergosterolo nello svolgimento delle sue funzioni essenziali per la vita cellulare: perciò la mancanza o l'inibizione dell'enzima causano arresto della crescita e della proliferazione cellulare (attività antifungina od antiprotozoarica) Il lanosterolo e l'ergosterolo La membrana cellulare è composta soprattutto da lipidi (fosfolipidi), uno di questi è l'Ergosterolo che è necessario per mantenere l'integrità della membrana cellulare. L'Ergosterolo viene sintetizzato a partire da un altro lipide, il Lanosterolo. Entrambi sono steroli contenenti un gruppo alcolico -OH in questo caso i cambiamenti che hanno luogo nella struttura del Lanosterolo

durante la sintesi dell'Ergosterolo, quello che ci interessa principalmente è la rimozione del gruppo metilico -CH₃ (demetilazione) nella posizione C14. La demetilazione in C14 si verifica in seguito all'attività di un enzima ossidasi (14 α -demetilasi) dipendente dal citocromo P450, che separa il gruppo metilico -CH₃ dal C14



Numerose attività enzimatiche si collegano al sistema ossidativo basato sul citocromo P450; fino ad ora sono stati caratterizzati oltre 150 differenti enzimi con differenze sia specie-specifiche, che organo-specifiche (citocromi steroidogenici): in ogni caso, caratteristica comune a tali enzimi è quella di comportarsi in massima parte come reduttasi O₂ e NADPH dipendenti.

Un'altra serie di importanti enzimi collegati al citocromo P450 sono le reduttasi del colesterolo che nei tessuti steroidogenici dei mammiferi portano alla sintesi del cortisolo e degli ormoni sessuali.

In altre specie, ad esempio nei miceti, gli enzimi collegati al citocromo P450 risultano implicati nella sintesi di Ergosterolo, indispensabile alla formazione della membrana cellulare.

In particolare la sintesi dell'Ergosterolo nei miceti richiede una demetilazione in posizione 14 di precursori metilati quali il Lanosterolo; tale tappa richiede una ossidazione svolta da una reduttasi (14 α -demetilasi) collegata al citocromo P450; il blocco funzionale del citocromo P450 si traduce in un'inefficienza di questo sistema enzimatico con deficit di Ergosterolo nella membrana fungina che porta ad alterazione della permeabilità della stessa ed accumulo di precursori metilati nel citoplasma con vacuolizzazioni.

Un blocco selettivo del citocromo P450 fungino rappresenta il meccanismo d'azione di alcuni farmaci dotati di attività antifungina.

Gli IBS sono fungicidi penetranti per lo più sistemici, unito .Le numerose sostanze attive che inibiscono la sintesi degli steroli vengono distinti non solo in base alla famiglia chimica di appartenenza, ma anche in funzione del meccanismo di azione. Da questo punto di vista, alcuni IBS inibiscono un enzima denominato C14-demetilasi che determina la demetilazione del C14 dal 2,4 metilendiidrolanosterolo, mentre altri IBS sono inibitori della delta8,7 isomerasi e della delta14 riduttasi. Gli IBS caratterizzati dal primo meccanismo d'azione vengono detti DMI (demethylation inhibitors); essi provocano l'accumulo di steroli metilati ed hanno un campo di azione molto ampio. A questo gruppo appartengono le piperazine le pirimidine gli imidazoli e i Un'altra molecola impiegata il Foesetyl-aluminium un fosfoorganico, (Alette) e un Benzotiadiazolo l'Acibenzolar-triazoli sono molto attivi anche nei confronti di numerose specie di patogeni

S-methyl. Penetrano rapidamente nei tessuti vegetali, per cui non presenta rischi collegati con il dilavamento, manifesta una sistemica acropeta e basipeta, proteggendo quindi foglie che si sviluppano successivamente al trattamento.

Il meccanismo di azione è unico al momento tra i chemioterapici, non presenta fenomeni di resistenza, inoltre questo fosfoorganico attua un meccanismo di azione in due fasi fra loro complementari una ha azione diretta sulla micosi dovuta all'acido fosforoso derivato dalla trasformazione della s.a. la seconda stimola la resistenza sistemica acquisita SAR che si manifesta verso un ampio spettro di patogeni, di natura fungina, batterica e virale, ed è indotta da infezioni ad esito necrotico, anche in conseguenza di HR. SAR si manifesta dopo intervalli di tempo variabili ma relativamente ampi, anche in organi distali rispetto a quelli dove è avvenuto il contatto con l'induttore . Formando quella che è definita più correttamente Resistenza Locale Acquisita LAR. L'acquisizione di resistenza è associata all'espressione dei geni PR (pathogenesis related), codificanti per le proteine di patogenesi, considerati i marcatori molecolari di SAR. L'attivazione di resistenza è a sua volta mediata dall'acido salicilico (SA) endogeno, quale molecola coinvolta nella trasduzione del segnale. SA elicit le difese attive in due differenti modi.

Nel primo funge da stimolo nell'attivazione del sequecolare di SAR, inducendo la neosintesi di proteine di difesa e legandosi ad una proteina specifica (SAPB2), salicylic acid binding protein, coinvolta nella trasduzione del segnale stesso. Nel secondo inibisce le catalasi e l'ascorbato perossidasi, enzimi in grado di degradare il perossido d'idrogeno incrementando la concentrazione di specie reattive dell'ossigeno, i principali messaggeri sono l'acido salicilico, l'acido jasmonico, l'etilene, e l'ossido nitrico ciascuno dei quali regola una particolare via per la produzione naturale di sostanze di difesa (fitoalesine) aumentando la resistenza orizzontale a tutti i patogeni.

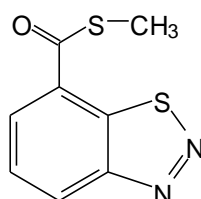
Si ritiene di effettuare il trattamento alla dose di 250 g/hl a titolo preventivo per aumentare la resistenza alle infezioni e non solo micosi. Interventi ripetuti con Acibenzolar-S-methyl anch'esso attivatore di SAR per la via dell'acido salicilico con modalità nettamente più efficienti che garantiscono una protezione superiore e più stabile alla dose di 20g/hl.

Questi chemioterapici agiscono non sull'ospite ma sulla pianta attivando processi di resistenza possono contribuire alle difese in modo particolare alla barrier-zone con la produzione di fitoalesine aumentando l'efficienza e la compartimentalizzazione delle carie.

Tra i due il più efficiente nell'indurre SAR è certamente l' Acibenzolar-S-methyl di cui si allega una scheda, quattro trattamenti distanziati di 15-20 gg disciolti nell'acqua di irrigazione avrebbero come effetto la stimolazione delle difese naturali che contrasterebbero l'azione degli agenti di carie.

SCHEMA RIASSUNTIVA DI VALUTAZIONE DELLA SOSTANZA ATTIVA

Acibenzolar-S-Methyl (2001)



Denominazione (ISO):	Acibenzolar-S-Methyl	
Nome chimico (IUPAC):	Methyl benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbothioate	
Sinonimi:	Azibenzolar-s-methyl	
CAS:	135158-54-2	
Produttore:	Syngenta	
Attività:	Attivatore della resistenza delle piante	
Famiglia chimica:	Benzotiodiazoli	
Purezza minima della sostanza attiva tecnica:	97%	
Log ko/w:	3.1	
Costante di Henry:	1. 3 x 10 ⁻²	Pa m ³ /mol
Metodi di analisi per la determinazione dei residui:	HPLC/UV	
- limite di	0.05	mg/kg

quantificazione:		
Categoria cancerogenesi:	da non classificare (A)	
Categoria tossicità per riproduzione:	da non classificare (A)	
Categoria tossicità sviluppo embriofetale:	da non classificare (A)	
Categoria mutagenesi:	da non classificare (A)	
NOEL /NOAEL:	10	mg/kg p.c./die (studio su cane -90 giorni)
SF:	100	
ADI:	0.1	mg/kg p.c./die (studio su cane -90 giorni e 12 mesi; SF:100)
ARfD:	non necessaria	
TMDI:	1.9	µg/kg p.c./die (1.9 %ADI)
TMDI com :		
AOEL :	0.1	mg/kg p.c./die (studio su cane- 90 giorni; SF:100)
Koc:	981-1885	ml/g
DT50 S (in laboratorio):	0.2-0.5	giorni 20°C condizioni aerobiche
DT50 (fotodegradazione in acqua):	0.9	ore
BCF (org. acquatici) :	47-194	
Tossicità api - DL50 (orale):	>128	µg s.a./ape
- DL50 (contatto):	>100	µg s.a./ape
Tossicità acuta uccelli-DL50:	>2000	mg/kg p.c.
Tossicità acuta lombrichi-LC50 (14 giorni)	>1000	mg s.a./kg suolo
Simbolo di pericolo:	Xi, N	
Indicazione di pericolo:	Irritante, Pericoloso per l'ambiente	
Fraasi di rischio (R):	43, 50/53 (LC50, trota-96 ore: 0.4 mg/l; IC50 alghe- 72 ore: 0.5 mg/l)	
Consigli di prudenza (S):	24/25, 36/37, 61	
Informazioni per il medico:	--	
Fraasi tipo e/o avvertenze che devono comparire nell'etichetta del prodotto fitosanitario per la presenza della sostanza attiva:	<p>“Il prodotto contiene sostanza attiva molto tossica per gli organismi acquatici”.</p> <p>“ Per i trattamenti su pero e melo, adoperare ad una distanza non inferiore a 5 metri dai corsi d'acqua”.</p>	
Dosi di impiego:	12.5-100 1.25-7.5	g s.a./ha g s.a./hl;
Numero di applicazioni:	max 6 trattamenti	
Modalità di impiego:	irrorazione	

Organismi nocivi combattuti:	attivatore delle autodifese della pianta per il controllo della Peronospora tabacina, delle batteriosi di nocciolo, pomodoro, pero, melo.
------------------------------	---

Colture autorizzate	Intervallo di sicurezza (gg)	LMR (mg/kg) nei prodotti destinati all'alimentazione
Nocciole	28	0.1
Banana	--	0.1(1)
Mango	--	0.5(1)
Pero	14	0.02
Melo	14	0.2
Pomodoro	3	1
Tabacco	7	10

(1)tolleranze di importazione

Definizione del residuo: acibenzolar-S-methyl

Nota:

(A): non rientra nelle categorie di rischio

14.16 INTERVENTI DI GESTIONE

Sono gli interventi che caratterizzano il piano di gestione essi possono essere di tipo colturale, terapeutico, a cadenza stagionale annuale o caratterizzati da interventi straordinari. Brevemente riassunti nella tabella

INTERVENTI	PERIODICITA	NOTE
Irrigazione	stagionale	Anche con chemioterapici
Curettatura carie	mensili	Controllo tecnico
Cablaggio	quinquennale	
Potatura di rimonda	estiva	
Scerbatura	stagionale	
Telo	triennale	

pacciamante		
Tomografia assiale	annuale	Controllo tecnico
Analisi radici	semestrali	Controllo tecnico
Stesa pacciamatura	annuale	
Parafulmine	decennale	
trattamenti chimici	stagionali	
insufflazione	triennale	
scerbatura	annuale	
inoculazione T22	triennale	

Interventi prioritari

Sono interventi caratterizzati da maggiore urgenza la situazione patologica della quercia è caratterizzata da un fungo soil borne che sta aggredendo le radici primarie e i contrafforti radicali che ne sta minando la stessa stabilità meccanica in questa situazione sono necessari interventi diretti e indiretti per bloccare la progressione della malattia ipnocheuretica.

Gli interventi di lotta diretta nei confronti del *Ganoderma spp.* responsabile delle carie radicali tendono al controllo dell'inoculo presente nel terreno attraverso la micoparassitazione di competitori specifici che oltre ad aggredire le ife del patogeno competono con lo spazio vitale limitando la popolazione dei basidiomiceti virulenti agenti di carie delle radici.

L'agente biologico individuato è il *Tricoderma spp.* che come è stato ampiamente esposto in precedenza risulta particolarmente efficace sia per un azione di micoparassitazione o per micotissine prodotte nel controllo dei patogeni anche nei confronti dei basidiomiceti oltre ad indurre risposte ISR nell'ospite.

I ceppi più interessanti da usare che presentano anche notevole resistenza a xenobiotici sono i ceppi T22 e T26, T29. L'efficienza e l'efficacia della colonizzazione è però legata alla tecnica di distribuzione. Oggi in commercio esistono preparati pronti all'uso che possono essere distribuiti sciolti in acqua come i prodotti fitosanitari ma i risultati possono essere deludenti per la difficoltà del *Tricoderma spp.* a colonizzare il terreno oltre che dalla temperatura dello stesso, pertanto è buona norma favorire la colonizzazione attraverso l'uso di un food di base come la crusca di grano e successivamente procedere all'inoculazione .

La procedura corretta prevede la seguente sequenza: ad una temperatura di 20-22 C. su crusca di grano sulla quale viene distribuita in miscela con acqua con buone caratteristiche chimiche (come quelle esposte nella tabella dell'acqua di irrigazione) un blend dei ceppi selezionati in locale non esposto al sole ad una temperatura non inferiore a 20°C lasciare circa una settimana alla colonizzazione del food così preparato il *Tricoderma* alle prime ore del mattino o alla sera va distribuito sul terreno e interrato leggermente anche in questo caso la temperatura del terreno non deve essere non inferiore ai 20°C.

Mentre gli interventi indiretti vanno a stimolare le reazioni di resistenza indotta o acquisita inducendo risposte di tipo ISR e SAR. Anche con la distribuzione di fitofarmaci che agiscono direttamente sull'ospite oggi in commercio sono registrati prodotti come Alliette e Biom che agiscono in questo modo.

Trattandosi di prodotti che agiscono per sistemazione completa basipeta e acropeta si distribuiscono su tutto il legno funzionale e limitano anche la progressione del *Phellinus spp* vengono distribuiti con le irrigazioni di soccorso in soluzione al 7/8 per mille su circa un volume complessivo di 2000 lt.

Irrigazione

Anche questa pratica colturale la possiamo considerare una misura di lotta nel controllo degli agenti causa di carie. Molti autori infatti ritengono che il superamento della Barrier zone si verifichi in condizioni di stress idrico quando si abbassa l'umidità del legno funzionale pertanto preservare la quercia da stress ha significato non solo nei parametri vitali della stessa; ma nel mantenere il controllo della barriera di reazione sugli agenti ipnocheuretici.

I turni di irrigazione devono prevedere la distribuzione di un volume di acqua non inferiore a 2000 litri per scorrimento al massimo dopo 15 giorni dall'ultima pioggia utile (15-20 mm) è chiaro che il numero degli interventi è legato all'andamento stagionale tenuto conto delle precipitazioni medie di questa area che si aggirano intorno a 500 mm anno si ritiene che nella stagione estiva possano essere circa 20-25 interventi.

Curettatura delle carie e rimonda del secco

Altra pratica colturale che serve a rimuovere necromassa e a mantenere visibile il cambio vitale, l'operazione di curettaggio prevede anche l'uso di disinfettanti che seguono l'operazione di curettaggio con Sali quaternari di ammonio al 2% di soluzione la cadenza degli interventi è mensile e va effettuata a terra ed in quota.

Cablaggio

La quercia sta impegnando molte energie metaboliche nella produzione di legno di reazione per sostenere branche sovraesposte plagiotropiche. Il cablaggio scaricando il peso libera energie metaboliche utili nella fitness dell'albero per difese dirette nei confronti di agenti di danno e nella crescita radicale.

Scerbatura

Contro le infestanti annuali ottimi risultati si possono ottenere anche con il pirodiserbo ma l'applicazione se non eseguita in modo corretto le temperature sviluppate circa 1500° C non recano danni se non si superano esposizioni superiori ad un secondo primo, e tenuto conto che la popolazione dominante è una perenne macroterma come la gramigna stolonifera con radici molto aggressive che sviluppano fenomeni di allopatia non rimane la scerbatura manuale. La scerbatura deve essere effettuata ogni 15 giorni da maggio alla fine di settembre per ridurre la competizione con le radici assorbenti della quercia.

Telo pacciamante

Il Plantex Du Pont ® è un tessuto non tessuto termolegato il cui impiego è estremamente versatile sia nelle opere di giardinaggio che nell'impiego in orticoltura; esso permette il controllo nella crescita delle erbe infestanti, nel trattenere l'umidità e svolge a pieno la funzione di separazione. Plantex Du Pont ® è stato realizzato per offrire un ottimo equilibrio tra copertura e permeabilità; inoltre ha un alto grado di stabilizzazione ai raggi UV che lo proteggono per lunghe permanenze all'esposizione solare diretta una struttura porosa unica che permette all'acqua ed ai fertilizzanti di filtrare attraverso fino a raggiungere il terreno vegetale e permette al terreno stesso di respirare. Allo stesso tempo, le fibre di polipropilene che sono termicamente legate formano un materiale resistente ed impenetrabile dalle erbe infestanti. Essendo chimicamente inerte, Plantex non irrita la pelle e può essere usato in ogni area senza rischi per i bambini, adulti, animali, uccelli, pesci e per l'ambiente in generale. Plantex lavora impedendo la crescita delle erbe infestanti. Quando combinato con uno strato di materiale pacciamante, la luce non riesce a raggiungere le erbe infestanti impedendone la crescita. Va applicato dopo avere eliminato la gramigna e sostituito ogni tre anni.

Controlli dei parametri vitali

Sono indispensabili nel controllo sia dei parametri vitali in particolare il controllo semestrale delle radici sia degli apici vivi verificare la micorizzazione, e il livello di amidi.

Mentre la tomografia monitorizza la progressione delle carie al colletto con una frequenza almeno annuale.

14.17 INTERVENTI STRAORDINARI

Il fulmine che ha colpito la quercia causa per altro del repentino deperimento certamente dal punto di vista statistico ha una bassa probabilità di ripetersi in una regressione infatti l'evento è collocato in un quadro temporale di circa 500 anni. La bassa probabilità che possa ripetersi per altro non esclude la possibilità che ciò possa avvenire, la posizione della quercia così isolata potrebbe favorire un evento del genere. Evento che questa volta non lascerebbe scampo condannandola alla fine. Per questo sarebbe opportuno valutare un parafulmine da mettere sopra la pianta.

15 CONCLUSIONI

E' inutile nascondere che lo stato generale di salute della quercia è pessimo, i suoi parametri vitali sono molto bassi, l'ultima ispezione quella del 22 febbraio scorso purtroppo non lascia dubbi da questo punto di vista. Preoccupante è la situazione dei contrafforti radicali, il Ganoderma ha lesionato in modo costante e soprattutto progressivo, rispetto alla precedente analisi del 2005. Anche per il Phellinus la situazione non è migliore una riduzione del 6% del legno funzionale in cinque anni non è rassicurante. Possiamo affermare che il perdurare di questa situazione può in breve tempo ridurre ulteriormente i parametri vitali fino a determinare una situazione irreversibile in cui le prospettive biologiche della quercia sono nulle e la possibilità di uno schianto molto pronunciata. Purtroppo gli interventi eseguiti pur dando ottimi risultati vedi la rivitalizzazione dell'apparato radicale, il blocco della regressione del callo cicatrizzionale, mancando di continuità e il costante monitoraggio e una pianificazione di ulteriori interventi ha pesato sulla fitness dell'albero riducendo ulteriormente le riserve metaboliche e il legno parenchimatico.

Lasciare la quercia in questo stato significa condannarla allo schianto e con esso il Parco del Delta del Po perderebbe il suo simbolo più rappresentativo. La domanda è possiamo ancora intervenire, la risposta è dobbiamo intervenire ma non con interventi saltuari ma con un piano di gestione almeno decennale .

Oggi la situazione più critica è rappresentata dal Ganoderma nei confronti del quale bisogna agire per bloccare la progressione della malattia ipnocheuretica, per questo si è dato molto spazio agli interventi biologici con competitori come il triconderma che in alcuni ceppi risulta anche resistere all'azione dei xeno biotici, e i prodotti che agiscono su SAR e ISR , il controllo strumentale è parte integrante di questa azione per il controllo dell'efficacia dell'intervento.

Un altro punto qualificante del piano di gestione è la gestione dell'umidità del legno alcuni ritengono che nell'alburno intatto il fatto principale limitante la crescita fungina sia quello ambientale e precisamente l'alto contenuto di acqua e la bassa tensione di ossigeno tipica dei tessuti xilematici funzionali sarebbero responsabili della limitazione passiva del fungo (Boddy, 1992). Secondo questo modello i cambiamenti associati alle zone di reazione e alle barriere zonali non sono altro che meccanismi di riparazione con la principale funzione di mantenere l'integrità idraulica dello xilema in prossimità delle lesioni da carie separando i tessuti non più funzionanti pertanto la gestione degli stress idrici è fondamentale nel bloccare la progressione delle carie ed un piano di irrigazione va in questa direzione

La curazione del callo e il controllo, la rimonda del secco, il cablaggio delle branche statiche riducono le spese metaboliche e alzano i parametri vitali

CONTO ECONOMICO PIANO DI GESTIONE QUERCIA SAN BASILIO VALIDITA 2010-2019													
Descrizione	costo unitario€	Quan.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Totale parziale
Irrigazione	€ 105,00	25	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 2.625,00	€ 26.250,00
Pulitura carie	€ 300,00	8	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 2.400,00	€ 24.000,00
Potatura di rimonda	€ 1.000,00	1	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 10.000,00
Cablaggio	€ 800,00		€ 800,00					€ 800,00				€ 800,00	€ 2.400,00
Scerbatura	€ 500,00	1	€ 500,00		€ 500,00		€ 500,00		€ 500,00		€ 500,00		€ 2.500,00
Stesa geotessuto	€ 500,00		€ 500,00	€ 500,00									€ 1.000,00
Tomografia	€ 800,00	1	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 8.000,00
controlli analisi assistenza	€ 1.500,00	1	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 1.500,00	€ 700,00	€ 14.200,00
Fornitura e stesa mc 3 corteccia	€ 800,00	1	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 800,00	€ 8.000,00
agrofarmaci	€ 100,00	1	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00	€ 1.000,00
Fornitura e montaggio parafulmine	€ 3.000,00	1	€ 3.000,00										€ 3.000,00
Trattamenti Biologici e arieggiatura	€ 2.500,00	1	€ 2.500,00		€ 2.500,00		€ 2.500,00		€ 2.500,00		€ 2.500,00		€ 12.500,00
			€ 16.525,00	€ 9.725,00	€ 12.225,00	€ 9.225,00	€ 12.225,00	€ 10.025,00	€ 12.225,00	€ 9.225,00	€ 12.225,00	€ 9.225,00	€ 112.850,00

BIBLIOGRAFIA

- Arx j A. Von (1970)-*The genera of fungi sporulating in pure colture*
- Banett H.L. Honter B.B(1998) *Illustraded genera of imperfect fungi*.
APS Press St.Paul Minnesota
- Horst R.K.(1990) *Westcott's plant disease handbook*. Van Nostrand Teinhold. New York
- Lanier L. Joly P. et altri(1978) *Micologie et patologie forestieres*. I Micologie forestieres. Mason. Paris
- Phillips D.H. Burkedin D.A.(1982)-*Diseases of forest and ornamental trees*. Mac Millan.London
- Del Favero R. *I Boschi delle Regioni Alpine Italiane(2004)-Querco-carpineti e carpineti 179-200 CLEUP Padova*
- Intini.M Panconesi A. Parrini(2000)60-61 *Malattie delle alberature in ambiente urbano* CNR
- Gellini R. Grossoni P.(1997) *Botanica Forestale II Angiosperme* CEDAM
- Moriondo F Capretti P Ragazzi A (2006) *Malattie delle Piante in bosco, in vivaio e delle alberature* Paron editore Bologna
- Belli G (2006) *Elementi di Patologia vegetale* Piccin
- Carla Caruso- *Proteine Pathogenesis-Related (PR)*
- Schwarze F.W.M.R. Engels J. Matthech C. (2000) *Fungal Strategies of Wood Decay in Trees*- Springer
- Teresa Tosetti et altri Giganti da proteggere Conservazione e gestione degli alberi monumentali 25-85 CLUEB
- Paola Minardi La carie del legno negli alberi viventi:risposte di difesa antimicrobica
2-43 Pitagora Editrice Bologna
- The Trees of History Protection and exploitation of veteran trees Proceedings of the International Congress Torino,Italy, April 1-2 2004 23-28 D.Lonsdale Forest Research Alice Holt Research Station
- Elementi di Patologia Forestale capitolo VII Deperimento delle specie forestali 305-325
Lucio Montecchio.
- Anfodillo T. "Invecchiamento e Senescenza negli alberi: nuove evidenze e nuove domande SISEF
- Valentin Lobis Ifunghi più pericolosi per gli alberi nei centri urbani <http://.tree-consult.it>
- ' MONTECCHIO L, MUTTO ACCORDI S. (2007). Endophytic occurrence of a pathogenic strain of *Fusarium reticulatum* in English oak in Italy. JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY. vol. 89, pp. 74 ISSN: 1125-4653. - RIVISTA

SCATTOLIN L., MONTECCHIO L., MUTTO ACCORDI S. (2006). Variazione della comunità ectomicorrizica di betulla nella colonizzazione di un suolo non forestale. *MICOLOGIA ITALIANA*. vol. 1, pp. 58-66 ISSN: 0390-0460. - RIVISTA

NICOLETTI F., VETTORAZZO M., BALLARIN F., MONTECCHIO L., CAUSIN R., MUTTO ACCORDI S. (2005). Hygrothermic treatment of chestnut logs infected by *Cryphonectria parasitica*. *PHYTOPATHOLOGIA MEDITERRANEA*. vol. 44, pp. 38-43 ISSN: 0031-9465. - RIVISTA

CAUSIN R., FINOZZI V., MONTECCHIO L., MUTTO ACCORDI S. (2004). First report of *Geniculosporium corticioides* on Common Oak in Italy. *JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY*. vol. 86, pp. 177 ISSN: 1125-4653. - RIVISTA

MONTECCHIO L., CAUSIN R., ROSSI S., MUTTO ACCORDI S. (2004). Changes in ectomycorrhizal diversity in a declining *Quercus ilex* coastal forest. *PHYTOPATHOLOGIA MEDITERRANEA*. vol. 43, pp. 26-34 ISSN: 0031-9465. - RIVISTA

ANSELMINI N., CELLERINO G.P., FRANCESCHINI A., GRANATA G., LUISI N., MARRAS F., MAZZAGLIA A., MUTTO ACCORDI S., RAGAZZI R. (2004). GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF FUNGAL ENDOPHYTES OF *QUERCUS* sp. IN ITALY. In: ALESSANDRO RAGAZZI, SALVATORE MORICCA, IRENE DALLAVALLE WITH THE ASSISTANCE OF PAOLO RADDI, ELENA TURCO. *ENDOPHYTISM IN FOREST TREES*. (pp. 73-89). FIRENZE: ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI (ITALY). - ARTICOLO SU LIBRO

CAUSIN R., MONTECCHIO L., PAOLETTI E., FANCHIN G., MUTTO ACCORDI S. (2004). Colonization and modifications of oak tissues invaded by *Biscogniauxia mediterranea* and *Diplodia mutila*. In: RAGAZZI A., MORICCA S., DALLAVALLE I. *Endophytism in forest trees*. (vol. 1, pp. 91-104). FIRENZE: Accademia di Scienze Forestali (ITALY). - ARTICOLO SU LIBRO

MONTECCHIO L., FINOZZI V., CAUSIN R., MUTTO ACCORDI S. (2004). *Geniculosporium corticioides*: a new fungus involved in oak decline in northern Italy. Integrated protection in *Quercus* sp. Forests. Protection Int., e des Forêts Quercus. 5 - 8 Ottobre 2004. Hammamet, Tunisia. • PROCEEDING

Sergio Mutto Accordi Corso di Salute e Benessere delle piante Ornamentali- Corso di Laurea Magistrale Scienze Forestali e Ambientali anno 2008-2009 appunti di lezione

Woo S. L., Donzelli B., Scala F., Mach R., Kubicek C. P., Del Sorbo G. and Lorito M. (1999). Disruption of *ech2* (endochitinase-encoding) gene affects biocontrol activity in

Trichoderma harzianum P1. *Molec. Plant Microbe Interac.* 5: 419-429

Lorito M., F. Scala., A. Zoina And S. L. Woo. (2001). Enhancing Biocontrol Of Fungal Pests By Exploiting The *Trichoderma* Genome. In *Enhancing Biocontrol Agents And Handling Risks*, M. Vurro And J. Gressel (Eds.), Ios Press, Amsterdam. 22: 248-259.

ABSTRACT

The oak of St. Basil is a monumental tree. A survivor of the wreck and the testimony of a landscape, a land use and a specific phase of human life, then it ceases to be a tree and becomes the "Tree". The estimated age of this oak (*Quercus robur*) is 500 years in the resort of Saint Basil in the town of Ariano Polesine inside the regional park of the Po Delta, declared a World Heritage Site by UNESCO. Throughout his life he suffered numerous ailments, fell free to wars, floods, floods. Today is in a serious state of decay. Whose causes are largely attributable to the damage suffered; such as moving the Po just 2 meter from the trunk, in 1976 was hit by lightning causing extensive structural damage and injury from the top to the base, which followed by a fungal invasion on the trunk and spurs radicals. The subject left for a long time has suffered a decline seemed irreversible. The administration of the municipality of Ariano Polesine and direction of the park have intervened to save "the tree". Which can be well under the very symbol of the park. In a 1995 study was analyzed the state of the foliage and roots. Major problems are found on the roots. In fact, the absorbing roots are found only up to three meters radius from the collar. Were carried out some work for the preservation of the roots and trunk, which gave favorable results initially Thanks to the revitalization and increased functionality of absorbing roots. Again abandoned the oak suffered a further regression until 2002 when the Veneto region has approved and funded a plan for recovery and preservation of the oak, so common in Ariano Park Authority and the University of Padua joined together to promote the recovery of the oak. Professor Sergio Mutto agreements start of the investigation and sampling the foliage and roots. The investigation on the roots he checked some vital parameters: the vitality of roots fine, no bumps of lateral roots, starch content, presence of pathogens. The reports confirm the regression analysis reveal physiological but still sufficient metabolizable energy that can be exploited to stop the decline and promote a slow but progressive recovery. The postings included the removal of the parties necrosis, Disinfection with quaternary ammonium salts at 2% solution of functional wood, picked clean of the dry, remove the air-growing soil with swords and the replacement of soil with a mixture with sand, expanded clay, loam with added biostimulants micorizze. Tali and interventions have led to a revitalization of purpose and roots for their micorizzazione. Il callus healing regressione. I not any sort of work was completed in 2005. The agreement was prof. Mutto unnecessarily stressed that the work was to also include a periodic review of the oak for the monitoring of vital signs. Again abandoned the oak has suffered a serious regression. Therefore, to avoid the mistakes with this recent work was done to produce a plan for health and welfare of quercia. Salute and welfare of ornamental plants is the title of a degree of semi prof. Sergio Mutto Agreements that by analyzing the vital parameters of the tree to understand the physiological and propose measures of care. The final analysis presents a picture of ill health of the oak, in the last 4 years there has been a loss of 6% sapwood progression of caries to the spurs radical, a regression of the roots for, but despite this the oak have metabolic reserves . But the attempt to save the oak tree that continuing this disease state of the wood is destined to fall may not yet be entrusted to an occasional speech, but must be tied to a management plan at least 10 years. The plan sets of ordinary and extraordinary measures. The extraordinary interventions include the construction of a lightning protection system and wiring static tree. The actions are for the ordinary control of the progression of caries on the collar and share with the tomograph, cleaning the dead wood, a plan irrigazione to avoid causing water stress to overcome barriers of compartmentalization of decay, the administration of Acetilbenzolar product which promotes chemical defenses, weeding and mulching the projection of the foliage, testing laboratories and in view of the roots assorbenti. Il management plan commits financial management of the park for the next few years to more than 100,000 euros, but the level of decay is such that without this aggressive treatment, the oak is destined to collapse and with it the symbol of envi park.

Riassunto

La quercia di San Basilio è un albero monumentale. Un sopravvissuto il relitto e la testimonianza di un paesaggio, di un uso del suolo e di un precisa fase di vita degli uomini, quindi cessa di essere un albero e diventa "L'albero". L'età stimata di questa quercia (*Quercus robur*) è di 500 anni si trova nella località di San Basilio nel comune di Ariano Polesine all'interno del parco regionale del Delta del Po , dichiarato patrimonio dell'umanità dall'UNESCO. Nel corso della sua vita ha subito numerosi disturbi , è passata indenne a guerre, inondazioni, piene. Oggi si trova in un grave stato di deperimento. Le cui cause sono in larga parte da attribuire ai danni subiti ; come lo spostamento dell'argine del Po a solo 2 metri dal fusto, nel 1976 è stata colpita da un fulmine causando danni

strutturali ed una estesa lesione dalla cima alla base, a cui è seguito una invasione fungina sul tronco e sui contrafforti radicali. Il soggetto abbandonato per un lungo tempo ha subito un declino che sembrava irreversibile. L'amministrazione del comune di Ariano Polesine e la direzione del parco sono intervenuti per salvare "l'albero". Che può essere a buon titolo il simbolo stesso del parco. In uno studio del 1995 è stato analizzato lo stato della chioma e delle radici. Si riscontrarono i maggiori problemi sulle radici. Infatti le radici assorbenti si trovarono solo fino a tre metri di raggio dal colletto. Furono effettuati alcuni lavori per la conservazione delle radici e del tronco, che diedero inizialmente esito favorevole. Grazie alla rivitalizzazione e all'aumento della funzionalità delle radici assorbenti. Nuovamente abbandonata la quercia subì una ulteriore regressione fino al 2002 quando la regione Veneto ha approvato e finanziato un piano di recupero e conservazione della quercia, per cui Ente parco Comune di Ariano e L'università di Padova si unirono per promuovere il recupero della quercia. Il professore Sergio Mutto Accordi iniziò delle indagini e campionamenti sulla chioma e sulle radici. L'indagine sulle radici ha controllato alcuni parametri vitali: Vitalità delle radici fini, assenza di bozzi di radici laterali, contenuto in amido, presenza di Patogeni. I referti di analisi confermano la regressione fisiologica ma rilevano ancora una sufficiente energia metabolizzabile che può essere sfruttata per arrestare il deperimento e promuovere una lenta ma progressiva ripresa. Gli interventi effettuati hanno riguardato la rimozione delle parti necrosate, la disinfezione con sali quaternari di ammonio al 2% di soluzione del legno funzionale, la rimonda del secco, la rimozione del terreno con l'air spade e la sostituzione del suolo con una miscela con sabbia, argilla espansa, terricciati con aggiunta di biostimolanti e micorizze. Tali interventi hanno portato ad una rivitalizzazione delle radici fini e alla loro micorizzazione. Il callo di cicatrizzazione non presentava fenomeni di regressione. I lavori si conclusero nel 2005. Il prof. Mutto Accordi aveva inutilmente sottolineato come i lavori dovevano riguardare anche un periodico controllo della quercia per il controllo dei parametri vitali. Nuovamente abbandonata la quercia ha subito una grave regressione. Pertanto per non ripetere gli errori recenti con questo lavoro si è provveduto a redigere un piano di salute e benessere della quercia. Salute e benessere delle piante ornamentali è il titolo di un corso di laurea semestrale del prof. Sergio Mutto Accordi che analizzando i parametri vitali dell'albero per comprendere lo stato fisiologico e proporre interventi di cura. Le ultime analisi presentano un quadro di cattiva salute della quercia, negli ultimi 4 anni si è avuta una perdita del 6% dell'alburno una progressione delle carie ai contrafforti radicali, una regressione delle radici fini, ma nonostante questo la quercia ha ancora riserve metaboliche. Però il tentativo di salvataggio della quercia che continuando questo stato di malattia del legno è destinata a cadere non può essere ancora affidato ad un intervento occasionale ma deve essere legato ad un piano di gestione di almeno 10 anni. Il piano fissa degli interventi straordinari e ordinari. Gli interventi straordinari riguardano la costruzione di un impianto parafulmini e il cablaggio statico dell'albero. Gli interventi ordinari si riferiscono al controllo della progressione delle carie al colletto ed in quota con il tomografo, la pulizia del legno morto, un piano di irrigazione per evitare stress idrici che causano il superamento delle barriere di compartimentazione delle carie, la somministrazione di Acetilbenzolar prodotto chimico che promuove le difese antimicrobiche, il diserbo e la pacciamatura dell'area di proiezione della chioma, il controllo visuale e in laboratorio delle radici assorbenti. Il piano di gestione impegna finanziariamente la direzione del parco per i prossimi anni per oltre 100.000 euro ma il livello di decadimento è tale che senza questo accanimento terapeutico la quercia è destinata a crollare e con essa anche il simbolo di questo parco.

RINGRAZIAMENTI

Una volta che si è raggiunto il traguardo non si può fare a meno di fermarsi e guardare la strada percorsa; soffermarsi a pensare a le persone che ci sono state vicine e sostenuto fino al traguardo. Il mio primo pensiero va a mia madre Annita che nonostante le dure prove a cui la vita l'ha sottoposta ancora oggi è lei che mi aiuta e mi sprona, alla mia unica figlia Martina ;anche se oggi è una donna, per me rimane ancora la mia bambina, alla mia compagna Eugenia che ha sopportato pazientemente le tanti notti passate a studiare o scrivere. Agli amici di una vita, quelli conosciuti sui campi di tante battaglie, gli amici del rugby, gli amici che si sono allontanati, ma che rimangono ancora presenti nel nostro cuore, il mio pensiero va a Gianni, Vasco, e alla dolcissima Lucrezia.

Ringrazio per il contributo e il materiale concesso la dott.sa Michela Mutto Accordi, il Geom. Andreello del parco Delta del Po, la ditta Patavium di Paolo Turatello

Infine il prof. Sergio Mutto Accordi per avermi insegnato il linguaggio degli alberi: un linguaggio che non è fatto di suoni ma di segni, che parlano del passato del presente dai quali è possibile prevedere il futuro, perché come afferma Ed. Gilman professore all'università di Florida parlando degli alberi "non credere mai a quello che ti raccontano ma solo a quello che vedi"