UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Biologiche

Titolo Tesi:

Il macchinario fotosintetico delle conifere sempreverdi: acclimatazione a basse temperature

The photosynthetic machinery of evergreen conifers: acclimation to low temperatures

Laureando
Federica Piro

Docente Referente
Prof.ssa
Caterina Gerotto

Sessione Invernale straordinaria
Anno Accademico 2021/2022

Conifere sempreverdi ➡ *Campioni di sopravvivenza invernale*

(a)



Foresta boreale

Sono Gimnosperme diffuse soprattutto nell'emisfero boreale →TAIGA

↓

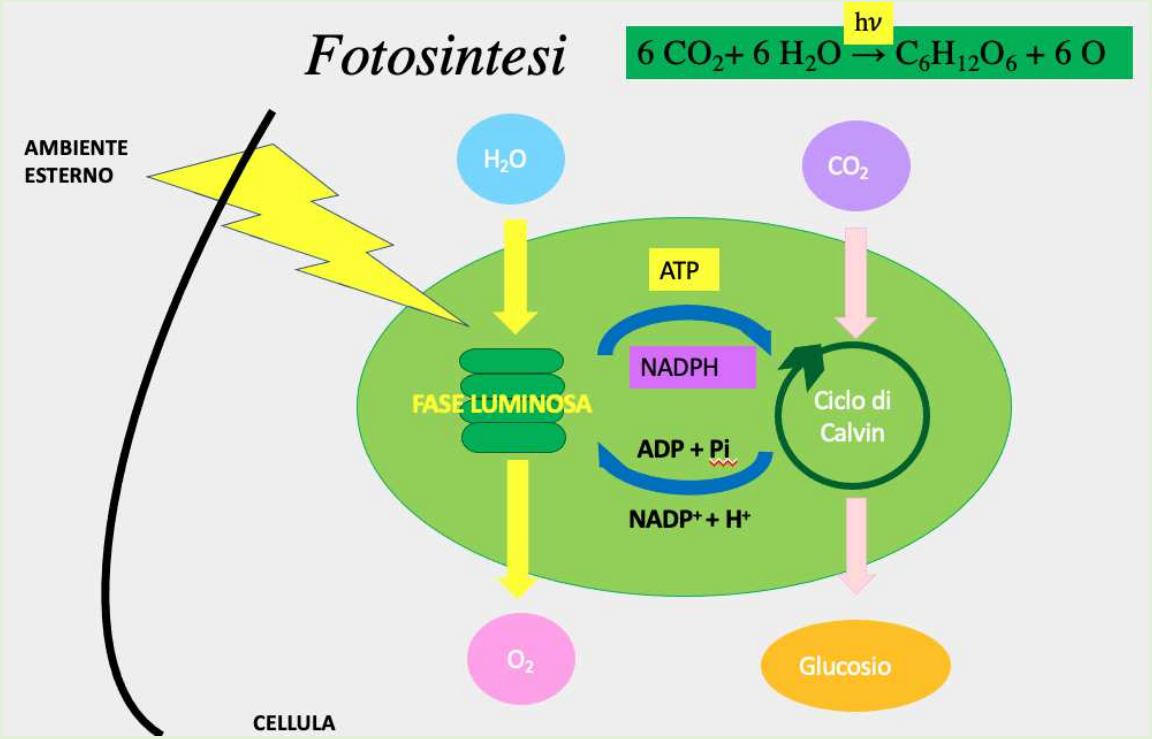
Corti estati umide e lunghi inverni freddi con temperature tra i -50°C e 20°C

↓

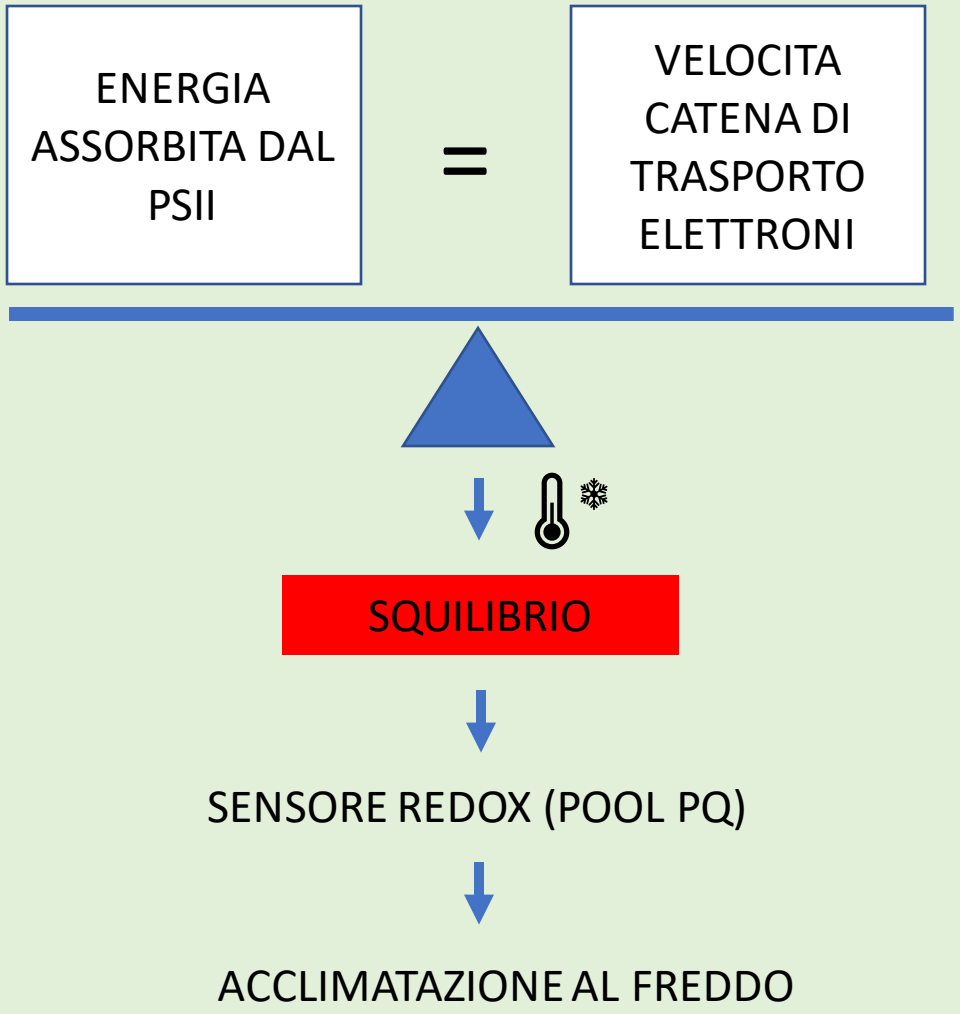
Stress tolerance

Meccanismi fisiologici che consentono di sopravvivere allo stress invernale

- Modifiche del cloroplasto
- Modifiche del macchinario fotosintetico
- Espressione di proteine indotte dal freddo
- Modifiche della membrana cellulare
- Cessazione della crescita e dormienza delle gemme
- Aumento delle concentrazioni di soluti
- Cambiamenti nel metabolismo dei carboidrati

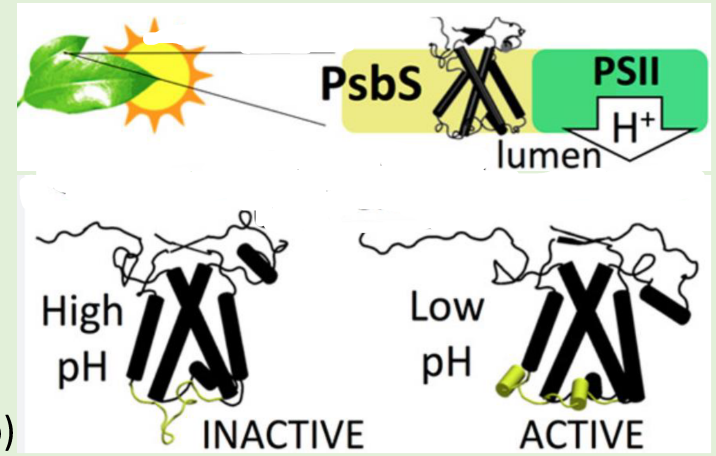


Fotostasi: equilibrio del flusso di energia tra i processi fotofisici e fotochimici che trasformano la luce e i pozzi metabolici che consumano l'energia.



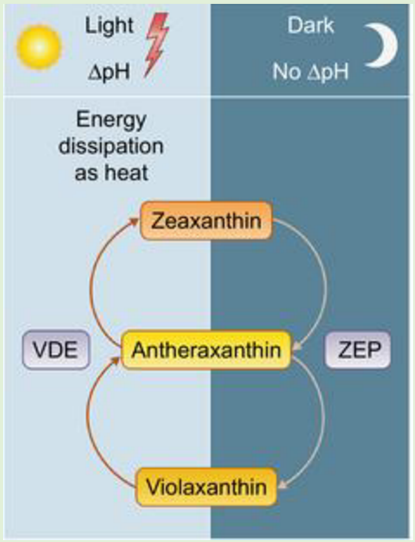
NPQ (Non-Photochemical Quenching) REVERSIBILE

ENERGIA ASSORBITA > ENERGIA UTILIZZATA NELLA FOTOSINTESI



(b)

NPQ
REVERSIBILE



(c)

PROTEINA TILACOIDALE PSBS CICLO DELLE XANTOFILLE

Nelle conifere sempreverdi altamente tolleranti alla bassa temperatura, è stata documentata un'altra forma di questo processo di dissipazione:

NPQ SOSTENUTO

(Dissipazione di energia in modo persistente e sostenuto in risposta a periodi di stress prolungato ovvero durante l'inverno)

↓

Sbocco importante per l'energia durante la dormienza invernale, quando la fotosintesi è trascurabile.

- Mantenimento del ciclo della xantofilla nello stato che è altamente convertito nei pigmenti fotoprotettivi zeaxantina e anteraxantina.

- L'impegno di zeaxantina e anteraxantina nella dissipazione di energia sostenuta non dipende da un gradiente di pH transtilacoide per questo non è noto se la proteina PsbS (modulata dal pH) sia coinvolta → Possibilità del coinvolgimento di altri fattori come i membri della famiglia Elip che sarebbero responsabili del mantenimento dell'interazione xantofilla-clorofilla su base permanente.

Diverse strategie per far fronte allo stress da basse temperature

(d) 

CONIFERE
SEMPREVERDI

- Mantenimento aghi per alcuni anni
- NPQ sostenuto non rapidamente reversibile al riscaldamento
- Aumento sistemi fotoprotettivi
- Cessazione della crescita durante l'acclimatazione

GRANO
INVERNALE

(e) 

- *Perdita delle foglie con formazione di nuove già acclimatate alle condizioni di crescita*
- *Persistenza della chioma come organo di stoccaggio del carbonio*
- NPQ rapidamente reversibile al riscaldamento
- Massimizzazione del guadagno di carbonio rischiando danni da gelo
- Continuo accrescimento

Vincoli sull'acclimatazione al freddo delle conifere sempreverdi in un mondo che si riscalda e direzioni future

TEMPERATURA ✕ *FOTOPERIODO*

Fotoperiodo e segnali di temperatura non corrispondenti possono compromettere la capacità di alcune specie di tollerare le basse temperature o il congelamento inducendo la selezione naturale.

Necessità di identificare le specie e i genotipi di conifere più adatti per una maggiore tolleranza agli stress.



(f)

Riassunto esteso

Le Conifere sempreverdi diffuse soprattutto nell'emisfero boreale si sono adattate ai lunghi inverni freddi dove le temperature raggiungono -50°C sviluppando una resistenza alle basse temperature.
Tra i vari meccanismi fisiologici sviluppati troviamo le modifiche del macchinario fotosintetico.
Oltre al ruolo tradizionale di fotosintesi in trasduzione di energia, lo stato redox dell'apparato fotosintetico potrebbe anche fungere da sensore ambientale rilevando squilibri energetici tra fotochimica e biochimica, ovvero rilevando la perdita della fotostasi, condizione indotta dalle basse temperature.
Un utilizzo incompleto della luce solare assorbita è abbastanza comune e tutte le piante lo sperimentano in condizioni di esposizione al sole pieno in cui i livelli di energia luminosa superano anche i più alti tassi di fotosintesi conosciuti. Fortunatamente le piante hanno sviluppato meccanismi protettivi tra cui l'NPQ reversibile, che si verifica in tempi relativamente brevi e si inverte durante la notte. Esso è caratterizzato dalla presenza della proteina PSBS modulata dal pH lumenale e ciclo delle xantofille. Tuttavia, è quando le condizioni ambientali limitano la crescita delle piante, come nelle conifere, causando un calo della capacità fotosintetica intrinseca, che si incontrano livelli veramente massicci di energia di eccitazione in eccesso. In questo caso è presente un NPQ sostenuto che varia su intervalli di tempo più lunghi ed è a ΔpH-indipendente suggerendo la presenza di un meccanismo differente dal precedente ancora oggetto di studio e ricerca. Naturalmente specie vegetali hanno sviluppato diverse strategie per far fronte alle conseguenze dello stress e dell'acclimatazione alle basse temperature. Il grano, a differenza delle conifere, è caratterizzato dalla perdita delle foglie durante l'inverno, continuo accrescimento e NPQ che è rapidamente reversibile al riscaldamento. Questo a dimostrazione che diverse strategie forniscono vantaggi contrastanti. Nel nostro clima che cambia, una mancata corrispondenza tra i segnali di temperatura e fotoperiodo, può avere un grave impatto sulle popolazioni arboree e sugli ecosistemi dominati dalle piante, compromettendo la capacità di alcune specie di tollerare le basse temperature.
Per questo è necessaria una comprensione della regolazione molecolare di questi processi per identificare le specie e i genotipi più adatti ai cambiamenti ambientali ormai sempre più frequenti.

Bibliografia

- Energy balance and acclimation to light and cold, Norman P.A. Huner, Gunnar Öquist and Fathey Sarhan, Trends in Plant Science, 3: 203-243 (1998)
- Winter down-regulation of intrinsic photosynthetic capacity coupled with up-regulation of Elip-like proteins and persistent energy dissipation in a subalpine forest, C. Ryan Zarter, William W. Adams III, Volker Ebbert, Daniel J. Cuthbertson, Iwona Adamska, Barbara Demming-Adams (2006) New phytologist (2006) 172: 272-282
- Champions of winter survival: cold acclimation and molecular regulation of cold hardiness in evergreen conifers, Christine Yao-Yun Chang, Katharina Bräutigam Norman P. A. Hüner, Ingo Ensminger (2020) New Phytologist (2021), 229:675-691
- Photoprotective Strategies of Overwintering Evergreens, William W. Adams, C. Ryan Zarter, Volker Ebbert, Barbara Demmig-Adams , (01 January 2004), *BioScience* (2004), 54: 41–49.
- Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation, Barbara Demming-Adams, William W.Adams III, New Pytologist (2006) 172:11-12
- Sustained Nonphotochemical Quenching Shapes the Seasonal Pattern of Solar-Induced Fluorescence at a High-Elevation Evergreen Forest, Brett Raczka, A. Porcar-Castell, T. Magney, JE Lee, P. Kohler, C. Frankenberg, K. Grossmann, BA Logan, J. Stutz, PD Blanken, SP Burns, H. Duarte, X. Yang, JC. Lin, DR Bowling (2019) JGR Biogeosciences, 124: 2005-2020 (2019)
- Photostasis and cold acclimation: sensing low temperature through photosynthesis, Ingo Ensminger, Florian Busch and Norman P. A. Huner,Physiologia Plantarum, 126: 28–44. 2006
- (a) Grande enciclopedia per ragazzi, Mondo Vegetale 1:86, (b) www.pubs.acs.org, (c) Champions of winter survival: cold acclimation and molecular regulation of cold hardiness in evergreen conifers Christine Yao-Yun Chang, Katharina Bräutigam Norman P. A. Hüner, Ingo Ensminger (2020) New Phytologist (2021), 229:680, (d) www.pixnio.com, (e) www.farm-it.desigusxpro.com, (f) www.ripetizioni.it