

INFLUENZA DELLE LUCI LED SULLA CRESCITA DI PIANTINE DI *QUERCUS ILEX* L. E *MYRTUS COMMUNIS* L.

Chiara Marianello¹, Manuela Mechilli¹, Maria Raffaella Ortolani¹, Rosanna Bellarosa¹

¹DAFNE, Università della Tuscia, 01100 Viterbo, Italy; chiamarianello@hotmail.it

Obiettivo della vivaistica forestale è la produzione di piantine con buone capacità di adattamento e di accrescimento da utilizzare negli imboschimenti protettivi e produttivi.

La fase di pre-coltivazione prevede la produzione, con un minor uso di risorse, di piantine in contenitori alveolari e in camere climatiche dotate di luci artificiali. Generalmente, nelle camere di crescita sono utilizzate luci fluorescenti. Recentemente, luci LED sono state utilizzate grazie alla possibilità di definire specifici spettri luminosi soddisfacendo le esigenze della pianta. L'obiettivo della ricerca è stato quello di stabilire se i LED possano essere utilizzati nella fase di pre-coltivazione di specie forestali e di valutare la risposta delle piante una volta trasferite in ambiente naturale. Sono state analizzate due specie: *Quercus ilex* L. e *Myrtus communis* L. Le piantine sono state allevate sotto quattro diversi spettri LED e confrontate con quelle cresciute sotto luci fluorescenti. La loro crescita è stata registrata durante il ciclo colturale e sono stati valutati diversi parametri morfometrici. Successivamente, le piante sono state trasferite in serra per l'ambientamento alle condizioni naturali. Per valutare gli effetti degli spettri LED sulle due specie, le piante sono state allevate per una stagione vegetativa e sono state sottoposte alle stesse analisi morfometriche.

I risultati della ricerca hanno evidenziato che i LED sono una valida alternativa alle luci fluorescenti nella fase di pre-coltivazione determinando una migliore crescita delle piante. Col passaggio in serra, le piante di entrambe le specie allevate con le luci LED hanno mostrato un miglior adattamento all'ambiente naturale rispetto alle piante controllo.

Parole chiave: camere di crescita, LED, vivaistica forestale.

Keywords: growth chambers, LED, forest nursery.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-cm-inf>

1. Introduzione

Il futuro delle foreste di tutto il mondo è messo a repentaglio a causa dell'uso indiscriminato del territorio, con una perdita di terreno forestale di circa 13 milioni di ettari all'anno, e dei cambiamenti climatici repentini, in particolare l'aumento della temperatura. Queste condizioni ambientali potrebbero influenzare la distribuzione e la crescita di importanti specie arboree influenzando i servizi forniti dalle foreste all'uomo (Lindner *et al.*, 2010).

La vivaistica forestale ha come scopo principale la produzione di piantine forestali da utilizzare negli imboschimenti protettivi e produttivi al fine di ridurre la pressione antropica sulle foreste naturali preservandone la biodiversità. Quindi la vivaistica forestale svolge un ruolo fondamentale nel sostenere il ripristino delle foreste, in quanto aumenta la possibilità di recuperare l'ecosistema naturale tramite la rinnovazione artificiale di specie forestali autoctone rispetto alla loro colonizzazione spontanea o alla semina diretta (Cole *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2007; Willoughby *et al.*, 2004). Recentemente è aumentato l'interesse nei confronti dell'attività vivaistica anche in seguito all'introduzione e all'applicazione di regolamenti comunitari

per l'imboschimento dei terreni agricoli e a una più ampia, diffusa e convinta politica di rinaturalizzazione del territorio. Tale fenomeno ha influito anche sull'orientamento della ricerca italiana, nonostante il nostro Paese sia in ritardo rispetto al resto d'Europa dove la vivaistica forestale è oggetto di un continuo sviluppo tecnologico. Malgrado questo ritardo, da diversi anni in Italia si è assistito a un'aumentata attività di afforestazione e riforestazione artificiale che ha visto trasformare migliaia di ettari di terreno in piantagioni forestali per scopi ambientali specifici come la stabilizzazione dei suoli, il recupero di aree degradate, il restauro forestale, la conservazione e l'incremento della biodiversità. Di conseguenza la vivaistica forestale si è dovuta necessariamente adeguare dotandosi di tecniche di coltivazione moderne e razionali nel rispetto del patrimonio genetico delle specie legnose autoctone.

Obiettivo principale del vivaismo forestale è quello di produrre piantine che, grazie alle loro caratteristiche genetiche, morfologiche e fisiologiche siano in grado di fornire garanzie d'attecchimento, adattabilità e di rapido accrescimento per assicurare il successo dell'arboricoltura da legno e degli imboschimenti. Tutto ciò può essere ottenuto attraverso l'ottimizzazione delle

prime fasi di sviluppo delle piantine da realizzarsi in ambiente controllato (pre-coltivazione). Gli studi più recenti in questo ambito hanno focalizzato l'attenzione sullo sviluppo di nuove tecniche per una produzione economicamente e ambientalmente sostenibile di piante forestali (minor uso di risorse quali acqua, energia, fertilizzanti, torba, pesticidi).

Un fattore determinante nella fase di pre-coltivazione è l'illuminazione. Studi rivolti a individuare gli effetti della qualità spettrale sulla crescita delle piante sono importanti per capire le risposte delle piante stesse ai sistemi di illuminazione artificiale.

Tradizionalmente, per la coltivazione delle piante nelle camere climatiche vengono utilizzate lampade fluorescenti che emettono nel visibile (400-700 nm) e nell'invisibile (700-850 nm) con un picco di emissione nel giallo (~589 nm). Tuttavia, queste lampade presentano varie limitazioni. Innanzitutto, non permettono di variare alcuni parametri, quali le caratteristiche dello spettro, impedendo così di studiarne l'effetto. Inoltre, la loro durata può essere influenzata dal numero di accensioni e spegnimenti e perdono leggermente in quantità di flusso luminoso emesso nel corso del tempo. Recentemente, diodi ad emissione luminosa (LED) sono stati introdotti in alternativa alle tradizionali lampade fluorescenti grazie al fatto di presentare diversi vantaggi: sono meno ingombranti, hanno una maggior durata, una minor dispersione di calore e consentono di ottenere un risparmio energetico fino all'80% rispetto alle luci tradizionali (Tennesen *et al.*, 1994; Yeh e Chung, 2009). Al contrario delle luci fluorescenti, i LED possono poi essere costruiti per emettere luce di un colore preciso in modo da poter variare lo spettro secondo le esigenze di coltivazione.

L'intensità luminosa e la disponibilità di elementi nutritivi sono i fattori che più di ogni altro condizionano la crescita delle piante e di conseguenza la loro produttività. Le piante sono in grado di reagire a variazioni nei livelli di intensità luminosa attraverso particolari adattamenti morfologici, biochimici e fisiologici che dipendono principalmente dalle caratteristiche genetiche della pianta. Tali risposte consentono l'adeguamento della velocità di crescita della pianta alle mutate disponibilità energetiche.

Nonostante i vantaggi delle luci LED, gli studi sullo sviluppo di piante forestali con queste lampade sono molto limitati (Astolfi *et al.*, 2012.). Pertanto, l'obiettivo della ricerca, sviluppata nell'ambito del progetto europeo Regen Forest, è stato quello di stabilire se i LED possano essere utilizzati come fonte di luce nella fase di pre-coltivazione di specie forestali e di valutare la risposta delle piante una volta trasferite in ambiente naturale. In particolare sono stati analizzati l'altezza del germoglio, peso fresco e peso secco del fusto, foglie e radici, numero delle foglie e l'area fogliare.

2. Materiali e Metodi

2.1 Specie studiate e condizioni di allevamento

Sono state analizzate due specie forestali tipiche dell'area mediterranea: leccio (*Quercus ilex* L.) e mirto

comune (*Myrtus communis* L.). I semi di leccio sono stati raccolti nella riserva naturale di Villa Lante, situata a Bagnaia in provincia di Viterbo, mentre i semi di mirto sono stati raccolti in una proprietà privata in provincia di Viterbo.

I semi, dopo gli opportuni trattamenti per stimolare la germinazione, sono stati trasferiti in mini-contenitori alveolati di plastica QuickPot (HerkuPlast-Kubern, Germany) contenenti terreno Jiffy. Sono stati valutati gli effetti prodotti sullo sviluppo delle due specie forestali da quattro tipi di spettri luminosi emessi da lampade LED di nuova generazione (Valoya) e in ambiente controllato rispetto a quelli determinati da tradizionali lampade fluorescenti (OSRAM L 36W / 77 FLUORA) definite FLUO.

Le lampade a LED sono basate su una nuova tecnologia Valoya che produce uno spettro continuo grazie ad una miscela di colori: blu (photosynthetic photon flux PPF 400-500 nm), verde (500-600 nm), rosso (600-700 nm) e rosso lontano (700-800 nm).

Le lampade LED utilizzate presentano diverse combinazioni di diodi caratterizzando quattro diversi spettri chiamati: G2, NS2, AP67 e AP67-Arch. Nelle camere di crescita sono stati impostati i seguenti parametri: fotoperiodo di 14 h di luce, umidità relativa del 70% e una temperatura giorno/notte 22° C / 20° C per un periodo di coltura di 30 giorni per il leccio e 52 giorni per il mirto. L'annaffiatura è stata effettuata ogni due giorni, seguita da una rotazione completa dei vassoi per assicurare condizioni di crescita uniformi. Durante il periodo di pre-coltivazione non sono stati utilizzati pesticidi, fungicidi e fertilizzanti. Al termine del periodo di pre-coltivazione, le piante di leccio e mirto sono state trapiantate in contenitori più grandi riempiti con un terreno sperimentale DAFNE (contenente torba, perlite e sabbia) e allevate in serra per un periodo culturale di 90 e 180, rispettivamente.

2.2 Analisi morfometriche

Al termine della fase di pre-coltivazione nelle camere di crescita e del ciclo vegetativo in serra, le piante di entrambe le specie sono state sottoposte alle analisi morfologiche e sono state prese le seguenti misure: altezza del germoglio, peso secco del fusticino, della radice e delle foglie, numero delle foglie, area fogliare. I pesi secchi sono stati valutati dopo un essiccamento in forno a 105° C per 24-h.

L'area fogliare è stata valutata scansionando le foglie e misurando le scansioni utilizzando il programma Digimizer. Solo nel caso del mirto allevato in serra, dato il cospicuo numero di foglie, è stata valutata l'area fogliare su 10 foglie scelte casualmente.

Le altezze delle piantine sono state registrate alla fine del ciclo culturale.

2.3 Analisi statistica

Entrambe le specie sono state studiate separatamente. Sono stati calcolati, per ogni parametro morfologico e per ogni condizione di crescita, media e deviazione standard e i valori statistici sono stati calcolati tramite t-Student con significatività statistica $\alpha < 0,05$ per livello.

3. Risultati e discussione

3.1 Camere di crescita

Le piante allevate nei mini-contenitori sono cresciute normalmente indicando che le condizioni colturali adottate erano appropriate. In particolare, la nuova metodologia di pre-coltivazione nei contenitori alveolati ha confermato la sua efficacia rispetto alle pratiche standard utilizzate in vivaio (Kostopoulou *et al.*, 2010; Mattsson *et al.*, 2010).

Analizzando i risultati ottenuti si notava che la risposta ai diversi tipi d'illuminazione in ambiente controllato variava in funzione della specie considerata.

L'altezza del germoglio raggiunta dalle piante di leccio era statisticamente significativa solo in quelle allevate sotto G2 (+17% rispetto a FLUO) mentre non si apprezzavano differenze tra le altre condizioni di illuminazione; nelle piante di mirto si notava un incremento del parametro nelle piante cresciute sotto lampade G2, AP67-Arch e NS2 (+18%, +9%, +10% rispettivamente) rispetto alle piante controllo (Tab. 1). La maggior altezza riscontrata con lo spettro G2, in entrambe le specie studiate, potrebbe essere una conseguenza della presenza della luce verde negli spettri utilizzati in quanto è stato dimostrato essere efficace nello stimolare l'allungamento dello stelo nelle prime fasi di vita della pianta (Folta *et al.*, 2005).

Le piante di leccio allevate con le lampade LED non mostravano differenze significative nella produzione di massa secca di foglie, radici e germogli, rispetto alle piante cresciute con le lampade fluorescenti.

Risposte non uniformi, per il peso secco, sono state invece ottenute con le piante di mirto allevate sotto lampade LED rispetto alla luce fluorescente. In particolare, è stato notato che la produzione di massa secca delle foglie era statisticamente significativa solo nel caso del mirto allevato sotto lampade LED G2 (+27% rispetto a FLUO); i pesi secchi delle radici e dei fusticini presentavano incrementi significativi nelle piantine cresciute sotto AP67 (+32% nella radice e +25% nel fusto), AP67-Arch (+27% per la radice e +21% per il germoglio) e G2 (+58% e +47% rispettivamente per radici e fusto). Da questi risultati si può dedurre che i LED stimolavano la crescita, in termini di peso secco, delle piante di mirto. Simili risultati sono stati ottenuti da esperimenti sulla lattuga (Kim *et al.*, 2004). I valori dei pesi secchi del leccio e del mirto sono riportati in Tabella 1.

Gli spettri LED NS2 e AP67-Arch aumentavano l'espansione fogliare nelle piantine di leccio del 33% e del 28%, rispettivamente, rispetto alla lampade fluorescenti; probabilmente a causa della maggiore componente blu che caratterizza questi due spettri (Poudel *et al.*, 2008). Tutti gli spettri LED sperimentati avevano, invece, un effetto negativo sull'area fogliare delle piante di mirto. In particolare lo spettro AP67-Arch diminuiva l'area fogliare del 13%, lo spettro NS2 del 15%, la lampada AP67 del 27% e G2 del 37% (Tab. 1). Per quanto riguarda il numero di foglie, si notava un aumento del dato nelle piante di entrambe le specie allevate con lo spettro G2 rispetto al controllo. Più precisamente, si aveva un aumento del 9% nel leccio e del 15% nel mirto (Tab. 1). I risultati ottenuti

mostrano che le luci LED, utilizzate durante il periodo di pre-coltivazione, possono essere una valida alternativa alle lampade fluorescenti. In particolare, le piante di mirto rispondevano positivamente all'allevamento con le lampade LED in termini di altezza del germoglio e di produzione sia di massa fresca sia secca mentre il leccio, dopo l'esposizione ai LED, aumentava i valori dell'altezza del fusticino e dell'area fogliare.

3.2 Serra

Al termine della fase di pre-coltivazione nelle camere di crescita, alcune piante di entrambe le specie sono state trapiantate in contenitori più grandi e trasferite in una serra ombreggiata per l'ambientamento alle condizioni naturali. Per determinare gli effetti dell'allevamento sotto luci LED in risposta all'ambiente naturale, sono stati valutati i parametri morfologici, precedentemente descritti, sia sulle piantine prodotte sotto lampade LED che fluorescenti.

Le piante di leccio e mirto pre-allevate sotto i LED, dopo un periodo di allevamento di 90 e 180 giorni rispettivamente in serra, non mostravano differenze significative nell'altezza del fusto rispetto alle piante allevate con le lampade fluorescenti (Tab. 2).

Il leccio cresciuto con le lampade AP67 mostrava un aumento del peso secco del fusticino (+22%) mentre tutte le lampade LED non avevano effetti statisticamente significativi sul peso secco di foglie, radici e fusto rispetto al controllo. Per quanto riguarda il mirto, la pre-coltivazione con i LED G2 diminuiva la quantità di materia secca delle foglie (-26%) in rapporto alle piante pre-allevate con luce fluorescente. I valori dei pesi secchi del leccio e del mirto sono riportati in Tabella 2. La pre-coltivazione con le quattro lampade LED aumentava, rispetto a quella con luce fluorescente, l'estensione fogliare delle piante di leccio. In particolare, le lampade AP67-Arch aumentavano l'area fogliare del 18%, lo spettro NS2 del 16%, i LED AP67 del 17% e G2 del 19%. Per contro, il pre-allevamento con le lampade LED non aveva effetti significativi nelle foglie delle piante di mirto. È interessante notare come l'andamento dell'area fogliare della quercia sia rimasta invariata nella crescita in ambiente controllato che in serra (Tab. 2).

Infine, è stato valutato il numero di foglie nelle due specie. Per entrambe le specie non si riscontravano differenze fra le piante pre-allevate con le luci LED, indipendentemente dal tipo di spettro utilizzato, e quelle prodotte con luci fluorescenti (Tab. 2). Le piantine di entrambe le specie hanno mostrato un'ottima capacità di adattamento alle condizioni naturali al termine del ciclo condotto in ambiente artificiale. Ulteriori indagini sono, comunque, necessarie per individuare i cicli colturali delle singole specie più efficaci nello stimolare lo sviluppo delle piantine e per comprendere appieno le risposte delle diverse specie agli stimoli luminosi.

4. Conclusione

I risultati della ricerca hanno evidenziato che i LED sono una valida alternativa alle luci fluorescenti nella fase di pre-coltivazione determinando una migliore crescita delle piante. Col successivo passaggio in serra,

le piante di entrambe le specie e allevate con le luci LED e fluorescenti hanno mostrato un comportamento simile in ambiente naturale. Ad ogni modo, le lampade LED hanno mostrato la loro efficacia nel sostenere lo sviluppo delle piante in ambiente artificiale e quindi sono un'ottima alternativa alle lampade fluorescenti. Una loro più diffusa applicazione consentirebbe di ridur-

re notevolmente i costi energetici nella fase di pre-coltivazione grazie alle loro particolari caratteristiche legate soprattutto al basso consumo energetico, ad un alto numero di ore di funzionamento e ad una bassa emissione di calore. Precedenti studi hanno mostrato che questo è un valido metodo colturale per garantire un'alta e continua produzione di piantine forestali.

Tabella 1. Nella tabella sono riportati i valori medi delle variabili morfometriche relative agli esperimenti di crescita sotto le luci LED o luce fluorescente. La deviazione standard è stata riportata tra le parentesi. Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il t-student. *p<0.05; ** p<0.01; ***p<0.001.

Table 1. The table shows the mean values of morphometric variables related to growth experiments under LED lights or fluorescent light. The standard deviation was reported in the parentheses. Statistical analyzes were performed using the t-student.

* p <0.05; ** P <0.01; *** p <0.001.

<i>Specie</i>	<i>Variabile</i>	<i>FLUO</i>	<i>AP67-ARCH</i>	<i>NS2</i>	<i>AP67</i>	<i>G2</i>
<i>Quercus ilex</i> L.	H ger (cm)	5.53 (2.05)	6.42 (2.48)	6.07 (2.51)	5.82 (2.27)	6.51 (2.30)***
	N foglie	5.15 (1.51)	5.08 (1.73)	5.47 (1.75)	4.84 (1.68)	5.63 (1.73)*
	P. sec. rad. (g)	0.12 (0.06)	0.15 (0.07)	0.13 (0.04)	0.13 (0.06)	0.12 (0.04)
	P. sec. fusto (g)	0.05 (0.03)	0.06 (0.02)	0.07 (0.02)	0.05 (0.03)	0.06 (0.03)
	P. sec. foglie (g)	0.21 (0.10)	0.21 (0.07)	0.23 (0.08)	0.18 (0.07)	0.24 (0.07)
	Area fogl. (cm ²)	5.34 (2.29)	6.88 (3.37)***	7.13 (2.37)**	6.42 (2.88)	6.23 (2.91)
<i>Myrtus communis</i> L.	H ger (cm)	3.79 (1.06)	4.14 (1.18)*	4.18 (1.39)*	4.03 (1.38)	4.49 (1.36)***
	N foglie	14.71 (3.91)	15.23 (4.88)	13.79 (4.32)	14.06 (3.63)	16.96 (5.04)***
	P. sec. Rad. (mg)	8.11 (2.04)	10.34 (2.79)***	8.23 (2.28)	10.74 (3.12)***	12.89 (3.44)***
	P. sec. fusto (mg)	7.54 (2.40)	9.17 (3.27)*	8.66 (2.96)	9.47 (3.49)**	11.14 (3.52)***
	P. sec. foglie (mg)	23.97 (8.52)	28.43 (8.03)	23.23 (6.70)	24.80 (9.04)	30.51 (10.23)**
	Area fogl. (cm ²)	0.41 (0.22)	0.36 (0.15)***	0.35 (0.17)***	0.30 (0.13)***	0.26 (0.12)***

Note: H ger = altezza germoglio; N foglie = numero di foglie; P. sec. rad. = peso secco della radice; P. sec. fusto = peso secco del fusto; P. sec. foglie = peso secco delle foglie; Area fogl.=area fogliare.

Tabella 2. Nella tabella sono riportati i valori medi delle variabili morfometriche relative agli esperimenti di crescita in serra. La deviazione standard è stata riportata tra le parentesi. Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il t-student.

*p<0.05; ** p<0.01; ***p<0.001.

Table 2. The table shows the mean values of morphometric variables related to growth experiments in the greenhouse. The standard deviation was reported in the parentheses. Statistical analyzes were performed using the t-student.

* p <0.05; ** P <0.01; *** p <0.001.

<i>Specie</i>	<i>Variabile</i>	<i>FLUO</i>	<i>AP67-ARCH</i>	<i>NS2</i>	<i>AP67</i>	<i>G2</i>
<i>Quercus ilex</i> L.	H ger (cm)	13.39 (4.66)	14.71 (4.71)	13.91 (4.12)	14.49 (4.30)	14.46 (3.94)
	N foglie	12.47 (4.93)	11.94 (4.13)	11.68 (3.88)	12.28 (4.12)	12.39 (3.71)
	P. sec. rad. (g)	0.55 (0.15)	0.52 (0.22)	0.59 (0.19)	0.61 (0.14)	0.64 (0.17)
	P. sec. fusto (g)	0.36 (0.8)	0.35 (0.14)	0.41 (0.15)	0.44 (0.10)*	0.41 (0.11)
	P. sec. foglie (g)	0.71 (0.17)	0.67 (0.21)	0.71 (0.24)	0.80 (0.19)	0.83 (0.30)
	Area fogl. (cm ²)	5.27 (1.92)	6.22(2.24)***	6.16 (2.57)***	6.17 (2.30)***	6.30 (2.46)***
<i>Myrtus communis</i> L.	H ger (cm)	19.16 (4.10)	21.30 (3.61)	19.77 (3.52)	17.42 (3.82)	18.60 (1.24)
	N foglie	253.7 (50.98)	289.1 (79.98)	209.7 (97.99)	241.4 (64.04)	241.8 (84.65)
	P. sec. Rad. (g)	0.80 (0.21)	0.80 (0.19)	0.56 (0.24)	0.72 (0.21)	0.61 (0.12)
	P. sec. fusto (g)	0.56 (0.19)	0.57 (0.21)	0.47 (0.15)*	0.50 (0.14)	0.45 (0.13)*
	P. sec. foglie (g)	0.85 (0.18)	0.85 (0.31)	0.71 (0.19)	0.75 (0.18)	0.63 (0.11)**
	Area fogl. (cm ²)	0.63 (0.21)	0.54 (0.19)	0.60 (0.37)	0.56 (0.23)	0.53 (0.20)

Note: H ger = altezza germoglio; N foglie = numero di foglie; P. sec. rad. = peso secco della radice; P. sec. fusto = peso secco del fusto; P. sec. foglie = peso secco delle foglie; Area fogl.=area fogliare.

SUMMARY

Influence of the LED lights on the growth of *Quercus ilex* L. and *Myrtus communis* L. seedlings

Forest nursery aims to a large production of seedlings with good growth capacity to be used in environment restoration. During the pre-cultivation phase, plants are grown in alveolar containers into growth chambers under artificial lights. Growth chambers are generally equipped with fluorescent lights. Recently, LED light have been introduced as an alternative lamp because it is possible to set up the specific wavelength, according to plants growth requirements, but studies on the development of forest trees under LEDs system are very limited. Therefore, the aim of this research project was to determine if LEDs can be used as a light source in the pre-cultivation of forest trees and to assess the response of plants when transferred in the open field. Holm oak and common myrtle were grown under four different new generation LEDs spectra and compared with those grown under fluorescent light. Their growth was recorded during the vegetative cycle and several morphometric parameters were then evaluated. After the measurements, the plants were transferred in the greenhouse for acclimatization to natural conditions. After one growing season, the plants were analyzed using the same morphometric parameters to assess the effects of LEDs spectra on the two species after the transplanting. The results showed that LEDs are a reliable alternative to fluorescent lights in the pre-cultivation phase improving the plants growth. Good results were found when seedlings, grown both under LEDs and under fluorescent lamps, were transplanting in the greenhouse. This result suggests that the LEDs are a promising alternative to fluorescent lights.

BIBLIOGRAFIA

- Astolfi S., Marianello C., Grego S., Bellarosa R., 2012 – *Preliminary Investigation of LED Lighting as Growth Light for Seedlings from Different Tree Species in Growth Chambers*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40 (2): 31-38.
- Cole R.J., Holla K.D., Keene C.L., Zahawi R.A., 2011 – *Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest*. *Forest Ecology and Management*, 261: 1590-1597.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.038>
- Folta K.M., Koss L.L., McMorrow R., Kim H.H., Kenitz J.D., Raymond W., Sager J.C., 2005 – *Design and fabrication of adjustable red-green-blue LED light arrays for plant research*. *BMC Plant Biology*, 5:17.
<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-5-12>
<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-5-17>
- Kim H.H., Goins G.D., Wheeler R.M., Sager J.C., 2004 – *Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue light emitting diodes*. *Horticultural Science*, 39 (7):1617-1622.
- Kostopoulou P., Radoglou K., Dini-Papanastasi O., Spyroglou G., 2010 – *Enhancing planting stock quality of Italian cypress (Cupressus sempervirens L.) by pre-cultivation in mini-plugs*. *Ecological Engineering*, 36:912-919.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.04.004>
- Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R. Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer M.J., Marchetti M. 2010 – *Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystem*. *Forest Ecology and Management*, 259 (4): 698-709.
- Mattsson A., Radoglou K., Kostopoulou P., Bellarosa R., Simeone M.C., Schirone B., 2010 – *Use of innovative technology for the production of high-quality forest regeneration materials*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25 (8): 3-9
<http://dx.doi.org/10.1080/02827581.2010.485825>
- Poudel R.P., Kataoka I., Mochioda R., 2008 – *Effect of red- and blue light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 92:147-153.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11240-007-9317-1>
- Tennessen D.J., Singaas E.L., Sharkey T.D., 1994 – *Light-emitting diodes as a source for photosynthesis research*. *Photosynthesis Research* 39: 85-92.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00027146>
- Wang F.X., Wang Z.Y., Leeb J. H.W., 2007 – *Acceleration of vegetation succession on eroded land by reforestation in a subtropical zone*. *Ecological Engineering*, 31: 232-241.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.07.004>
- Willoughby I., Jinks R., Gosling P. and Kerr G., 2004 – *Creating new broadleaved woodland by direct seeding*. *Forestry Commission Practice Guide*. Forestry Commission, Edinburgh. pp. 1–32.
- Yeh N., Chung J.P. 2009 – *High-brightness LEDs-Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation*. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 13:2175-2180.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.027>