

# Indice generale

<b>1</b>	<b>Scenario di riferimento</b> (F. Malorgio) .....	Pag.	1
1.1	Definizione e classificazione .....	"	1
1.2	Storia delle colture fuori suolo .....	"	1
1.3	Vantaggi e svantaggi delle colture fuori suolo .....	"	4
1.4	Attuale diffusione e prospettive di sviluppo delle colture fuori suolo.....	"	7
	Bibliografia .....	"	9
<b>2</b>	<b>Le principali tecniche di coltivazione</b> (L. Incrocci).....	"	11
2.1	Introduzione e classificazione .....	"	11
2.2	Le principali tecniche di coltivazione idroponica .....	"	14
2.2.1	Deep Water Culture e Deep Recirculating Water Culture .....	"	14
2.2.2	Floating system o idroponica galleggiante .....	"	15
2.2.2.1	<i>Dry hydroponics</i> .....	"	19
2.2.3	Nutrient Film Technique (NFT).....	"	19
2.2.3.1	<i>Super Nutrient Film Technique® e New Growing System®</i> .....	"	21
2.2.4	Aeroponica .....	"	21
2.3	Le principali tecniche di coltivazione su substrato .....	"	22
2.3.1	La subirrigazione.....	"	24
2.4	Conclusioni e tendenze evolutive delle tecniche di coltivazione fuori suolo .....	"	24
	Bibliografia .....	"	25
<b>3</b>	<b>Substrati</b> (D. Massa).....	"	27
3.	Definizione e classificazione .....	"	27
3.2	Caratteristiche chimiche .....	"	30
3.2.1	Capacità di scambio cationico.....	"	30
3.2.2	Reazione del substrato (pH).....	"	32
3.2.3	Sali solubili, conducibilità elettrica e rapporto C/N.....	"	32
3.3	Caratteristiche fisiche .....	"	35
3.4	Le relazioni idriche del sistema substrato+contenitore .....	"	42
3.5	Descrizione dei principali substrati di coltivazione utilizzati .....	"	44
3.5.1	Ammendante compostato verde (compost verde).....	"	44
3.5.2	Fibra e midollo di cocco .....	"	45
3.5.3	Fibra di legno stabilizzata .....	"	46
3.5.4	Torba.....	"	46
3.6	Descrizione dei principali substrati inorganici .....	"	48
3.6.1	Argilla espansa.....	"	48
3.6.2	Lana di roccia.....	"	49
3.6.3	Lapillo .....	"	49
3.6.4	Perlite.....	"	49
3.6.5	Pomice.....	"	49
			IX

## Indice generale

3.6.6 Vermiculite .....	Pag.	50
3.7 Conclusioni e prospettive future .....	"	50
Bibliografia .....	"	51
<b>4 La nutrizione minerale e la scelta della soluzione nutritiva (L. Incrocci) .....</b>	<b>"</b>	<b>53</b>
4.1 Introduzione .....	"	53
4.2 Ioni essenziali, utili e non-essenziali per la pianta .....	"	53
4.3 Assorbimento dell'acqua e dei nutrienti .....	"	55
4.3.1 Movimento dell'acqua e dei nutrienti dalla zona radicale alla superficie della radice ...	"	55
4.3.2 Assorbimento di acqua e di nutrienti dalla superficie della radice.....	"	56
4.3.3 Trasporto dei nutrienti dalla radice alla parte aerea .....	"	59
4.4 Valutazione della qualità dell'acqua irrigua per il suo uso nella coltivazione fuori suolo .....	"	60
4.4.1 Valutazione dei principali parametri fisico-chimici dell'acqua irrigua e loro rimedi .....	"	60
4.4.2 Valutazione dei parametri chimici dell'acqua irrigua .....	"	62
4.5 La scelta della ricetta nutritiva.....	"	64
4.5.1 Il pH della soluzione nutritiva .....	"	65
4.5.2 La conducibilità elettrica.....	"	68
4.5.3 I rapporti ionici.....	"	69
4.5.4 I microelementi .....	"	70
4.5.5 Aggiustamenti della composizione della "ricetta" nutritiva in caso di acque di scarsa qualità .....	"	71
Bibliografia .....	"	71
<b>5 Il calcolo della compisizione della soluzione nutritiva (L. Incrocci).....</b>	<b>"</b>	<b>73</b>
5. Introduzione .....	"	73
5.2 Tipi di acidi e sali usati nella coltura fuori suolo .....	"	73
5.3 Calcolo della composizione di una soluzione nutritiva per una coltura fuori suolo .....	"	75
5.3.1 Neutralizzazione dei bicarbonati .....	"	78
5.3.2 Bilanciamento dei macronutrienti.....	"	78
5.3.3 Il bilanciamento dei micronutrienti .....	"	86
5.3.4 Calcolo delle soluzioni stock .....	"	86
Bibliografia .....	"	90
<b>6 Impianti e attrezzature per le coltivazioni fuori suolo (L. Incrocci).....</b>	<b>"</b>	<b>91</b>
6.1 Introduzione .....	"	91
6.2 Caratteristiche della serra per la coltura fuori suolo.....	"	91
6.3 Supporti per la coltivazione.....	"	92
6.4 Impianto di fertirrigazione e di erogazione della soluzione nutritiva .....	"	94
6.4.1 Sistema di filtrazione.....	"	95
6.4.1.1 Filtro idrociclone.....	"	98
6.4.1.2 Filtro a sabbia .....	"	98
6.4.1.3 Filtri ad azione meccanica .....	"	99
6.4.2 Dispositivi per la fertirrigazione .....	"	100
6.4.2.1 Miscelatori a dosaggio volumetrico .....	"	101
6.4.2.2 Miscelatori a controllo proporzionale .....	"	102
6.4.2.3 Fertirrigatori computerizzati .....	"	103
6.4.3 Contenitori per le soluzioni stock .....	"	104
6.4.4 Sistemi irrigui utilizzati nelle colture fuori suolo.....	"	107
6.4.4.1 Sistemi per aspersione.....	"	107
6.4.4.2 Sistemi a microirrigazione.....	"	107
6.4.4.3 Subirrigazione.....	"	109
6.5.3 Mezzi chimici per la disinfezione della soluzione nutritiva.....	"	112
6.5.4 La filtrazione lenta su sabbia.....	"	112
6.5.5 Approccio integrato alla prevenzione delle malattie fungine nelle colture fuori suolo..	"	112
Bibliografia .....	"	113

X

<b>7</b>	<b>L'irrigazione (D. Massa)</b> .....	Pag. 115
7.1	L'importanza di una corretta gestione idrica nella coltura fuori suolo .....	" 115
7.2	Calcolo del volume irriguo e della frequenza di irrigazione .....	" 116
7.3	Programmazione dell'irrigazione attraverso misure dirette dello stato idrico della zona radicale o della ET .....	" 118
7.3.1	Sensori dielettrici per la misura del contenuto idrico volumetrico .....	" 120
7.3.2	Tensiometri .....	" 121
7.3.3	Metodo gravimetrico .....	" 121
7.3.4	Monitoraggio del drenato .....	" 122
7.4	Programmazione dell'irrigazione attraverso misure indirette dello stato idrico della zona radicale .....	" 123
7.4.1	Modelli matematici per la stima dell'evapotraspirazione .....	" 123
	7.4.1.1 <i>Il modello di Penman-Monteith e modelli derivati</i> .....	" 125
	7.4.1.2 <i>Altri modelli semplificati</i> .....	" 127
	7.4.1.3 <i>Programmazione dell'irrigazione</i> .....	" 127
7.4.2	Monitoraggio diretto dello stato idrico della pianta .....	" 131
7.5	Casi studio sulla gestione dell'irrigazione nelle colture fuori suolo in coltura protetta e piena aria .....	" 131
7.5.1	Pomodoro in serra .....	" 131
7.5.2	Gerbera in serra .....	" 132
7.5.3	Piante aromatiche in vivaio .....	" 134
7.5.4	Piante arbustive in vivaio .....	" 135
	Bibliografia .....	" 137
<b>8</b>	<b>Il rifornimento dei nutrienti (D. Massa)</b> .....	" 139
8.1	Introduzione .....	" 139
8.2	Il rifornimento dei nutrienti nel ciclo aperto .....	" 141
8.3	Il rifornimento dei nutrienti nel ciclo chiuso .....	" 146
8.4	Il rifornimento dei nutrienti nel ciclo chiuso discontinuo in presenza di acque saline .....	" 147
	8.4.1 Metodo con <i>CE</i> costante e decremento di nutrienti .....	" 147
	8.4.2 Metodo con <i>CE</i> variabile e nutrienti costanti .....	" 148
	8.4.3 Controllo con <i>CE</i> variabile e decremento di nutrienti (approccio misto) .....	" 149
	8.4.4 Procedure di scarico delle soluzioni riciclate esauste .....	" 149
8.5	Considerazioni conclusive .....	" 151
	Bibliografia .....	" 153
<b>9</b>	<b>La Gestione Operativa Della Coltivazione (L. Incrocci)</b> .....	" 155
9.1	Introduzione .....	" 155
9.2	Controllo giornaliero del volume, del pH e della conducibilità elettrica della soluzione drenata .....	" 157
	9.2.1 La misura del volume di drenato .....	" 157
	9.2.2 Misura del pH del drenato .....	" 160
	9.2.3 La misura della conducibilità elettrica nella soluzione nutritiva .....	" 161
	9.2.4 Misura di ossigeno disciolto .....	" 162
9.3	Analisi del substrato .....	" 162
9.4	Kit per analisi rapide e sensori ionospecifici .....	" 164
9.5	Test fitopatologici .....	" 167
9.6	Correzioni da apportare alla soluzione nutritiva erogata sulla base dell'analisi della soluzione drenata: metodo De Kreij- Voogt .....	" 168
9.7	Considerazioni conclusive .....	" 176
	Bibliografia .....	" 176
<b>10</b>	<b>La qualità dei prodotti orticoli (F. Malorgio)</b> .....	" 179
10.1	Introduzione .....	" 179
10.2	Qualità della produzione e coltura fuori suolo .....	" 180

## Indice generale

10.2.1	La gestione della conducibilità elettrica e qualità delle produzioni nelle colture fuori suolo.....	Pag. 180
10.2.2	Alimenti biofortificati .....	" 181
10.2.3	La problematica dell'accumulo di nitrati negli ortaggi da foglia.....	" 186
10.3	Considerazioni conclusive .....	" 189
	Bibliografia .....	" 189
<b>11</b>	<b>La coltivazione degli ortaggi</b> (Luca Incrocci, Daniele Massa, Fernando Malorgio, Alberto Pardossi) .....	" 193
11.1	Introduzione (L. Incrocci) .....	" 193
11.2	Basilico .....	" 193
11.2.1	Tecniche fuori suolo utilizzate.....	" 194
11.2.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 201
11.3	Cetriolo.....	" 202
11.3.1	Tecniche fuori suolo utilizzate.....	" 203
11.3.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 207
11.4	Fragola .....	" 208
11.4.1	Tecniche fuori suolo utilizzate.....	" 209
11.4.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 214
11.5	Frutti di bosco (lampone e mirtillo) <sup>4</sup> .....	" 218
11.5.1	Il lampone .....	" 218
11.5.1.1	<i>Tecniche produttive fuori suolo utilizzate per il lampone</i> .....	" 219
11.5.1.2	<i>Gestione della soluzione nutritiva su lampone e relative problematiche</i> .....	" 219
11.5.2	Il mirtillo americano gigante.....	" 220
11.5.2.1	<i>Tecniche fuori suolo utilizzate per il mirtillo</i> .....	" 222
11.5.2.2	<i>Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche</i> .....	" 223
11.6	Insalate e altri ortaggi da foglia <sup>5</sup> .....	" 224
11.6.1	Lattuga.....	" 225
11.6.2	Altri ortaggi da foglia .....	" 226
11.6.3	Tecniche fuori suolo utilizzate .....	" 228
11.6.4	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 230
11.7	Melanzana .....	" 233
11.7.1	Tecniche fuori suolo utilizzate.....	" 235
11.7.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 236
11.8	Peperone .....	" 238
11.8.1	Tecniche produttive fuori suolo utilizzate .....	" 239
11.8.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 240
11.9	Pomodoro.....	" 242
11.9.1	Tecniche fuori suolo utilizzate.....	" 245
11.9.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 246
11.10	Zucchino .....	" 251
11.10.1	Tecniche fuori suolo utilizzate.....	" 252
11.10.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 253
11.12	Considerazioni conclusive .....	" 254
	Bibliografia .....	" 255
<b>12</b>	<b>La coltivazione delle piante da fiore reciso e delle piante in vaso</b> (Luca Incrocci, Daniele Massa, Fernando Malorgio, Alberto Pardossi).....	" 257
12.1	Introduzione .....	" 257
12.2	Calla.....	" 259
12.2.1	Tecniche produttive fuori suolo utilizzate .....	" 260
12.2.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 262
12.3	Gerbera .....	" 264
12.3.1	Tecniche produttive fuori suolo utilizzate .....	" 266
12.3.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 267

12.4	Ranuncolo.....	Pag. 268
12.4.1	Tecniche produttive fuori suolo utilizzate .....	" 270
12.4.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 272
12.5	Rosa.....	" 273
12.5.1	Tecniche produttive fuori suolo utilizzate .....	" 275
12.5.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 277
12.6	Specie ornamentali da vaso: fiorito e da fogliame.....	" 279
12.6.1	Tecniche produttive fuori suolo utilizzate .....	" 279
12.6.2	Gestione della soluzione nutritiva e relative problematiche.....	" 285
12.7	Considerazioni conclusive .....	" 287
	Bibliografia .....	" 287
	<b>Appendice 1. Elementi di chimica generale e inorganica (L. Incrocci).....</b>	<b>" 289</b>
A1.1	Introduzione .....	" 289
A1.2	Definizioni di peso atomico, molare ed equivalente.....	" 289
A1.2.1	Peso atomico .....	" 289
A1.2.2	Mole.....	" 289
A1.2.3	Peso equivalente.....	" 290
A1.3	Modi per esprimere la concentrazione di una soluzione acquosa .....	" 290
A1.3.1	Percentuale peso/peso .....	" 290
A1.3.2	Peso di soluto per unità di volume .....	" 290
A1.3.3	Molarità .....	" 290
A1.3.4	Normalità .....	" 290
A1.4	pH, conducibilità elettrica e solidi disciolti.....	" 290
	Bibliografia .....	" 291
	<b>Appendice 2. Software CAL-VIR (L. Incrocci) .....</b>	<b>" 293</b>
A2.1	Premessa e presentazione del software CAL-VIR .....	" 293
A2.2	Opzione 1. Calcolo del volume irriguo netto e lordo ottimale delle colture in contenitore .....	" 294
A2.3	Opzione 2. Calcolo del volume irriguo netto e lordo ottimale delle colture in terreno.....	" 299
	Bibliografia .....	" 302
	<b>Appendice 3 Software SOL-NUTRI (L. Incrocci) .....</b>	<b>" 303</b>
A3.1	Premessa e presentazione del software SOL-NUTRI .....	" 303
A3.2	Guida rapida all'utilizzo del software SOL-NUTRI .....	" 304
A3.2.1	Database "Formule Nutritive" e "Acidi e concimi" .....	" 304
A3.2.2	Tool "Convertitore ppm in mmol/L" .....	" 305
A3.2.3	Sezione "Parametri" .....	" 305
A3.2.4	Sezione "Calcolo" .....	" 308
A3.2.4.1	<i>Risoluzione di alcuni problemi di bilanciamento dopo il calcolo automatico..</i>	" 310
A3.2.5	Sezione "Stampa soluzione" .....	" 311
A3.2.6	Sezione "Test precipitazioni" .....	" 311
	Bibliografia .....	" 313