



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

FAO
PLANT
PRODUCTION
AND PROTECTION
PAPER

230

Bunele practici agricole pentru producerea legumelor în teren protejat în țările din Europa de Sud-Est



Principii pentru intensificarea
producerii durabile în cadrul
exploatațiilor agricole mici

BUNELE PRACTICI AGRICOLE PENTRU PRODUCEREA LEGUMELOR ÎN TEREN PROTEJAT ÎN ȚĂRILE DIN EUROPA DE SUD-EST

Principii pentru intensificarea producerii durabile
în cadrul exploatațiilor agricole mici

Consiliul editorial:

Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite

Departamentul de producție și protecție a plantelor

Wilfried Baudoin, Avetik Nersisyan, Artur Shamilov, Alison Hodder, Diana Gutierrez

Societatea Internațională de Științe Horticole

Stefania De Pascale, Commission Protected Cultivation Silvana Nicola, Vice Chairperson

Universitatea din Bonn, Facultatea de Horticultură

Nazim Gruda

Universitatea "Avignon et des Pays de Vaucluse"

Laurent Urban

Centrul Volcani, Organizația pentru Cercetare Agricolă

Josef Tany

Suport editorial și paginarea:

Ruth Duffy, Editor de limba engleză

ORGANIZAȚIA PENTRU ALIMENTAȚIE ȘI AGRICULTURĂ A NAȚIUNILOR UNITE

Roma, 2017 (Ediție originală în limba engleză)

Chișinău, 2021

Denumirile utilizate și prezentarea materialului în această lucrare informativă nu reprezintă expunerea sau opinia Organizației pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO) privind statutul juridic sau nivelul de dezvoltare al oricărei țări, teritoriu, oraș, zonă sau a autorităților acestora sau privind delimitarea frontierelor sau hotarelor. Menționarea anumitor companii sau produse, indiferent dacă acestea au fost sau nu brevetate, nu implică faptul că acestea au fost aprobate sau recomandate de către FAO în preferința altor companii și produse de natură similară care nu sunt menționate.

Opiniile exprimate în lucrarea dată sunt ale autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat opiniile sau politicile FAO.

FAO încurajează utilizarea, reproducerea și propagarea materialelor din acest document informativ. Cu excepția cazurilor în care nu se specifică altfel, materialul poate fi copiat, descărcat și tipărit în scopuri de studiu privat, cercetare și predare sau pentru utilizare în produse sau servicii non-comerciale, cu condiția recunoașterii corespunzătoare a FAO ca sursă și deținător de drepturi de autor și faptului că aprobarea de către FAO a opiniilor, produselor sau serviciilor utilizatorilor nu reflectă neapărat opiniile sau politicile FAO.

Opiniile exprimate în acest produs informațional sunt cele ale autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat opiniile sau politicile FAO.

Toate solicitările drepturilor de traducere și adaptare și de revânzare și alte drepturi de utilizare comercială trebuie să fie făcute prin intermediul www.fao.org/contact-us/licencerequest sau copyright@fao.org

Produsele de informare FAO sunt disponibile pe site-ul web al FAO (www.fao.org/publications) și pot fi achiziționate prin intermediul: publications-sales@fao.org

Traducator:
Diana REVENCO

Redactor terminologie de specialitate:
Vasile BOTNARI

Redactori:
Sergiu ABABI și Anatolie FALA

Design și procesare computerizată:
Natalia DOROGAN

Tiparul executat la: Tipografia "Bons Offices" SRL

Această publicație a fost elaborată cu suportul financiar al Fondului Internațional pentru Dezvoltare Agricolă (IFAD) în cadrul Programului Rural de Reziliență Economico-Climatică Incluzivă (IFAD VI).

Publicația este distribuită gratuit.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Bunele practici agricole pentru producerea legumelor în teren protejat în țările din Europa de Sud-Est: Principii pentru intensificarea producerii durabile în cadrul exploatațiilor agricole mici / Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO), Departamentul de producție și protecție a plantelor, Societatea Informațională de Științe Horticole [et al.]; consiliul editorial: Wilfried Baudoin [et al.]; traducător: Diana Revenco. – Chișinău: S. n., 2021 (Tipogr. "Bons Offices"). – 344 p.: fig., fot., tab.

Referințe bibliogr.: p. 321-333. – Apare cu suportul financiar al Fondului Intern. pentru Dezvoltare Agricolă (IFAD) în cadrul Progr. Rural de Reziliență Economico-Climatică Incluzivă (IFAD VI). – 100 ex.

CUPRINS

Mulțumiri	5
Prefață	6
Lista de acronime și abrevieri	8

PARTEA I: INTRODUCERE

1. Grupul Regional de Lucru pentru producerea culturilor în seră în Europa de Sud-Est (ESE): istorie și dezvoltare (FAO)	12
<i>A. Hodder, W. Baudoin, A. Nersisyan, Y. Tüzeltc și A. Balliu</i>	
2. Situația actuală și perspectivele cultivării plantelor în teren protejat în Europa de Sud-Est.....	21
<i>N. Gruda și G. Popsimonova</i>	

PARTEA II: ABORDAREA TEMATICĂ

1. Construcții: proiectare, tehnologii și controlul microclimei	30
<i>C. Kittas, N. Katsoulas și T. Bartzanas</i>	
2. Conservarea solului, fertilitatea solului și managementul nutriției plantelor.....	47
<i>D. Savvas, G. Ntatsi și P.E. Barouchas</i>	
3. Gestionarea irigației: probleme și oportunități:	66
<i>S. De Pascale, G. Barbieri, Y. Rouphael, M. Gallardo, F. Orsini și A. Pardossi</i>	
4. Diversificare, gestionare și utilizări practice.....	85
<i>Y. Tüzel și G.B. Öztekin</i>	
5. Gestionarea integrată a dăunătorilor	99
<i>S. Masheva, V. Yankova și S.I. Rondon</i>	
6. Producerea răsadurilor	146
<i>A. Balliu, N.K. Maršić și N. Gruda</i>	
7. Sisteme de producere: producția integrată și organică, culturi hidroponice	160
<i>G. Popsimonova, B. Benko, L. Karic și N. Gruda</i>	
8. Sustenabilitatea sistemelor de producere a legumelor evaluate prin amprenta ecologică.....	175
<i>M. Bavec, M. Robačar, D. Stajko, T. Vukmanić și F. Bavec</i>	
9. Profitabilitate, comercializare, pierderi și deșeuri de legume	189
<i>Nicola și G. Pignata</i>	

PARTEA III: TEHNOLOGII DE CULTIVARE A CULTURILOR AGRICOLE

1. Tomate	208
<i>Y. Tüzel și G.B. Öztekin</i>	
2. Castraveți	223
<i>N. Gruda, G. Sallaku și A. Balliu</i>	
3. Ardei și Vinete	233
<i>E.M. Drăghici, P.M. Brezeanu, P. Muñoz și C. Brezeanu</i>	
4. Salata verde și alte legume cu frunze.....	245
<i>N.K. Maršić</i>	

5. Producția timpurie de pepene galben, pepene verde și dovleac în construcții de tipul tunelurilor joase	265
<i>A. Balliu și G. Sallaku</i>	
6. Legume rădăcinoase și ceapă	274
<i>J. Gvozdanovic-Varga și V. Roșca</i>	
7. Fasolea dulce cu păstăi.....	289
<i>B. Benko</i>	
8. Gulia (Kohlrabi) și varza (Kale).....	295
<i>B. Benko</i>	
9. Cartoful timpuriu	301
<i>Ž.M. Ilin, B.Đ. Adamović, S.Z. Ilin și D. Žnidarčič</i>	
10. Căpșunul	312
<i>P. Lieten și N. Gallace</i>	

ANEXĂ

Biblioteca corporativă de lucru	322
Documente tehnice FAO. Documente de producție și protecție a plantelor FAO	334

MULȚUMIRI

Acest document este rezultatul efortului de cooperare al unei echipe de oameni de știință care și-au oferit contribuțiile voluntare sub egida Grupului Regional de lucru FAO pentru producția de culturi în teren protejat din Europa de Sud-Est. Colaborarea efectivă, angajamentul profesional și dedicația autentică a autorilor, coautorilor, referenților și oamenilor de știință colaboratori, fapt remarcat în Partea I, Capitolul 1, sunt apreciate cu multă recunoștință.

O recunoaștere specială este acordată referenților: prof. Laurent Urban, Universitatea din Avignon, Franța, Dr. Josef Tanny, Volcani Center, Rishon LeTsiyon, Israel și Dr. Nazim Gruda, Universitatea din Bonn, Germania. Efortul perseverent și analiza scrupuloasă a textului sunt înalt apreciate.

PREFAȚĂ

Un eveniment important în evoluția civilizației a fost adaptarea plantelor de către om, ceea ce a făcut ca oamenii să depindă mai puțin de recolta plantelor sălbatice. Aceasta a permis sedentarizarea, iar oamenii au început să utilizeze semințe sau butași pentru a cultiva o gamă largă de plante în apropierea locului lor de trai.

Necesitatea de a proteja plantele crescute pentru hrană de factorii de stres abiotic și biotic a dus ulterior la o altă îndeletnicire agricolă importantă: cultivarea în spații protejate, care a făcut posibilă buna dezvoltare a culturilor în pofida condițiilor meteorologice nefavorabile și a prădătorilor, permițând obținerea producției pe tot parcursul anului și aplicarea unei abordări integrate de producție proaspătă și de management a protecției pentru un control mai bun asupra dăunătorilor și bolilor.

Producția culturilor în seră este acum o realitate în proces de dezvoltare în întreaga lume, cu un număr estimat de 405 000 ha de sere răspândite în toată Europa, dintre care aproximativ 105 000 ha sunt situate în țările din Europa de Sud-Est (ESE). Gradul de sofisticare și tehnologiile aplicate depind de condițiile climatice locale și de mediul socioeconomic.

Producția culturilor în seră își are originea în nordul Europei și această experiență acumulată a stimulat dezvoltarea domeniului dat și în alte zone, inclusiv în Mediteraneeană, America de Nord, Oceania, Asia și Africa, având diverse grade de succes. Experiența a arătat că o simplă transpunere a tehnologiilor nord-europene în alte părți ale lumii și în diferite medii agroecologice nu este un proces valabil. Tehnologiile trebuie adaptate pentru a corespunde cerințelor locale și sunt necesare cercetări suplimentare în fiecare mediu.

Ultimii 20 de ani au înregistrat o revoluție în producția în cadrul serelor în ceea ce privește proiectarea construcției, tipul și calitatea materialelor de acoperire; managementul nutriției plantelor; mulcirea; utilizarea hibrizilor și a soiurilor cu productivitate sporită; dezvoltarea plantelor și tehnicilor de tăiere; combaterea integrată a dăunătorilor; utilizarea insectelor polenizatoare; controlul parametrilor climatici, solarizarea solului și alte tehnologii. În urmă cu doar câțiva ani, o recoltă de tomate de 100 de t/ha într-o seră a fost considerată o performanță bună. Actualmente, o recoltă de 600 de t/ha nu este neobișnuită în serele cu tehnologie avansată.

În țările ESE, cultivarea protejată este încă într-o perioadă de tranziție, după o scădere a importanței în urma schimbărilor sociale din anii 1990. Trecerea de la întreprinderi de sere controlate la nivel central la exploatarea agricole mici a fost lentă ca urmare a dependenței de capacitatea tehnologică și potențialul de investiții al producătorilor mici.

În prezent, suprafața totală de cultivare protejată din Europa de Sud-Est se ridică la aproximativ 104 560 ha, reprezentând aproximativ 5,31 la sută din suprafața totală cultivată cu legume. O mare parte din sere sunt cu tehnologii avansate și acoperite cu plastic. Încălzirea și controlul climatic avansat nu sunt suficient răspândite, deși în mai multe țări există numeroase exemple de implementare cu succes a cultivării în sere în baza tehnologiilor avansate.

Ca urmare a îmbunătățirii nivelului de trai, cererea pentru produse horticole de înaltă calitate și sigure crește în țările ESE, unde consumul unei game diverse de fructe și legume este încă sub aportul zilnic de 400 g pe cap de locuitor recomandat de OMS. Această situație creează o oportunitate favorabilă dezvoltării în continuare a sectorului de producere în spații protejate ca mijloc de intensificare durabilă a producției de culturi pentru a utiliza la maxim resursele disponibile de pământ și apă.

Din 2001, Departamentul de producție și protecție a plantelor a FAO, împreună cu Oficiul Regional pentru Europa, au facilitat cooperarea dintre țările din ESE prin sprijinirea inițiativelor de instruire, de cercetare și dezvoltare pentru consolidarea capacităților naționale și modernizarea tehnologiei de cultivare în sere.

Prezentul document – *Bunele practici agricole pentru producerea legumelor în teren protejat în țările din ESE: Principii pentru intensificarea producției durabile în cadrul gospodăriilor agricole mici* – se bazează pe experiența acumulată prin parteneriate create de Grupul Regional de Lucru FAO pentru producția de culturi în seră din ESE și reprezintă un efort al parteneriatului pe durata de aproape două decenii. Ea rezumă cunoștințele și experiențele practice ale „Bu-

nelor practici agricole” (BPA) obținute de un grup de oameni de știință din Albania, Bosnia și Herțegovina, Bulgaria, Croația, Grecia, Ungaria, Kosovo, Republica Macedoniei de Nord, Republica Moldova, Muntenegru, România, Serbia, Slovenia și Turcia, în colaborare cu Comisia de Cultivare Protejată a Societății Internaționale pentru Științe Horticole și un grup de specialiști la nivel mondial privind această temă.

Activitățile Grupului Regional de Lucru susțin Obiectivul strategic 2 al FAO: „creșterea și îmbunătățirea asigurării de produse și servicii din agricultură, silvicultură și pescuit într-o manieră durabilă”. În plus, prin creșterea disponibilității de fructe și legume de înaltă calitate, producția de culturi în seră va contribui la realizarea Obiectivului strategic 1: „contribuie la eradicarea foamei, nesiguranței alimentare și malnutriției”. Ca activitate intensivă a forței de muncă, cultivarea în seră creează oportunități de angajare și de venit și, prin urmare, reduce sărăcia rurală (Obiectivul strategic 3) și îmbunătățește oportunitățile de afaceri de-a lungul lanțului valoric în horticultură, implicând o serie de părți interesate, de la producție la consum – promovând astfel obiectivele strategice 3 și 4. În cele din urmă, într-o lume caracterizată tot mai mult de fenomene climatice periculoase, cultivarea protejată întărește rezistența împotriva dezastrelor climatice neprevăzute, inclusiv secetă, ploi abundente și temperaturi excesiv de înalte sau joase – Obiectivul strategic 5.

Cultivarea în sere este deosebit de potrivită pentru a diminua efectele schimbărilor climatice, deoarece, prin definiție, aceasta se bazează pe parametri climatici controlați, inclusiv temperatura, umiditatea, lumina și durata zilei, vântul și concentrația de CO₂.

Cultivarea legumelor în spații protejate în țările ESE este realizată preponderent de exploatațile agricole mici, atât în sere (în mare parte acoperite cu plastic), cât și în construcții joase de tipul tunelurilor. Marea majoritate a serelor sunt încă neîncălzite fără încălzire sau încălzite doar ocazional. Prin urmare, activitățile Grupului regional de lucru susțin inițiativa regională a FAO privind consolidarea proprietarilor gospodăriilor mici și celor familiale din Europa și Asia Centrală.

Această publicație ilustrează și discută bunele practici agricole care adoptă intensificarea durabilă a producției de culturi în seră ca principiu de orientare. Ea este în concordanță cu paradigma FAO „Salvați și creșteți”: produceți mai mult și mai bine cu utilizarea redusă și optimă a contribuției, limitând astfel impactul negativ asupra climei. Sunt ilustrate diferite aspecte ale producției și protecției culturilor de seră, cu un accent deosebit pe tehnologiile de seră, proiectarea, controlul climei și sistemele de recoltare. Există comentarii și analize privind atât sustenabilitatea economică, cât și cea a mediului.

Se prevede că „tehnologizarea” suplimentară a culturilor în seră în țările din ESE va susține angajarea și veniturile pentru generația tânără. Producția agricolă obținută în condiții de seră – cu control biologic și managementul integrat a dăunătorilor (IPM) – este considerată un mijloc de intensificare durabilă a culturilor, ceea ce duce la eficiența utilizării apei și la un control mai bun al calității și siguranței produselor.

Împărtășind cunoștințele și experiența, autorii publicației în cauză doresc să îmbunătățească competitivitatea sectorului de producție a legumelor în seră din țările ESE și să contribuie la dezvoltarea ulterioară a acestuia în beneficiul cultivatorilor, consumatorilor și mediului.

Lucrarea este concepută ca un instrument de instruire pentru formatori și ca referință tehnică pentru producători și părțile interesate de lanțul valoric de producție a legumelor în seră. De asemenea, este de așteptat să fie o sursă valoroasă de informații pentru managerii de programe, organizațiile de dezvoltare internaționale și multilaterale, ONG-urile și sectorul privat, precum și pentru cercetători, consultanți și profesioniști din agricultura de seră.

Vladimir Rakhmanin

Director General adjunct al FAO
și Reprezentantul Regional
pentru Europa și Asia Centrală

Hans Dreyer

Director,
Departamentul de Producție
și Protecție a Plantelor a FAO

LISTA DE ACRONIME ȘI ABREVIERI

AM	Arbuscular mycorrhizal/Micoriză arbusculară
AMAP	Association for the Maintenance of Family Farming (France)/Asociația pentru întreținerea agriculturii de familie (Franța)
ANBP	Association of Natural Bio-control Producers/Asociația producătorilor de bio-control natural
ASAE	American Society of Agricultural Engineers/Societatea Americană de Ingineri Agricoli
AW	Available water/Apă admisibilă(asimilabilă)
BCMV	Bean common mosaic virus/Virusul mozaicului comun al fasolei
BCTV	Beet curly top virus/Virusul răsucirii frunzelor de sfeclă
BER	Blossom-end rot/Putregaiul vârfului la fructe
BPYV	Beet pseudo-yellows virus /Virusul pseudo-galben al sfeclei (pătarea galbenă a sfeclei)
BR	Blotchy ripening/Coacerea neuniformă
BYMV	Bean yellow mosaic virus/Virusul mozaicului galben al fasolei
CEC	Cation exchange capacity/Capacitatea de schimb cationic
CFC	Chlorofluorcarbon/Clorofluorocarbura
CIHEAM	International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies/Centrul Internațional Mediteranean de Studii Agronomice Avansate
CMV	Cucumber mosaic virus/Virusul mozaicului castraveților
CNFA	Cultivating New Frontier in Agriculture/Formarea de Noi Frontiere în Agricultură
CON	Conventional agriculture/Agricultura convențională
CSA	Community supported agriculture/Agricultură susținută comunitar
DIF	Diferența de temperatură zi-noapte
DSS	Decision support system/Sistem de asistență decizională
TZ	Temperatura zilei
DTPA	Acidul dietilentriaminopentaacetic
CE	Comunitatea Europeană
CE	Conductivitate electrică
EEA	European Environment Agency/Agenția Europeană a Mediului Înconjurător
EEI	Ecological efficiency index/Indicele de eficiență ecologică
EIL	Economic injury level/Nivelul daunei economice
ELO	Extra light oil/Combustibil (petrol) lichid foarte ușor
ESE	Europa de Sud-Est
ET	Evapotranspirație
UE	Uniunea Europeană
FAO	Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite
FORL	(<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>) Putrezirea fusariană a rădăcinilor și tulpinelor la tomate și castraveți
BPA	Good agricultural practice/Bune practici agricole
GAS	Solidarity purchase group (Italy)/Grupul solidar de cumpărare (Italia)
GHG	Greenhouse gas/Gaz cu efect de seră

GM	Gross margin/Marja brută
GMV	Garlic mosaic virus/Virusul mozaicului usturoiului
GRIS	Greenhouse Information System /Sistem informațional de informație privind serele
GWP	Global warming potential/ Potențial de încălzire globală
HFC	Hydrofluorcarbon/Hidrofluorocarbura
IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movements/ Federația Internațională a Mișcării pentru Agricultură Organică
INT	Integrated crop production/Producția integrată de culturi
IPM	Integrated pest management/Managementul integrat al dăunătorilor
IPP	Integrated production and protection/Cultivare și protecție integrată
IS	Irrigation scheduling/Programarea udărilor
ISHS	International Society for Horticultural Science/Societatea internațională de științe horticole
IYSV	Iris yellow spot virus/ Virusul pătării galbene a stânjenelului
LBVV	Lettuce big-vein virus/ Virusul fisurării nervurilor la salată.
LCA	Life cycle analysis/Analiza ciclului de viață
LDPE	Low density polyethylene/Polietilenă cu densitate scăzută
LER	Land equivalency ratio/ Raportul echivalenței funciare
LYSV	Leek yellow stripe virus/ Virusul dungării galbene a prazului LYSV
MAD	Management allowable depletion/ Managementul epuizării/subțierii permise
MilBBV	Mirafiori lettuce big-vein virus/ Virusul cu venă mare Mirafiori
NFT	Nutrient film technique/ Tehnica de cultivare a legumelor pe film nutritiv
NIR	Near-infrared radiation/ Radiația în infraroșu
T N	Night temperature/Temperatura de noapte
OCDE	Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică
ORG	Organic production/Producție ecologică
OYDV	Onion yellow dwarf virus/Virusul dungării galbene a cepei
PAMV	Potato aucuba mosaic virus/Virusul mozaicului aucuba al cartofului
PAR	Photosynthetically active radiation/Radiația activă fotosintetică
PCR	Polymerase chain reaction/Reacția de polimerizare în lanț
PE	Polietilenă
PepYMV	Pepper yellow mosaic virus/Virusul mozaicului galben al ardeiului
PG	Produse de Stat
PGPR	Plant growth promoting rhizobacteria/Rizobacterii pentru stimularea creșterii plantelor
PISWD	Pre-irrigation soil/substrate water deficit/ Solul înaintea udării/deficit de apă al substratului
PPP	Produse de protecție a plantelor
PVC	Polyvinyl chloride/Clorura de polivinil
REU	Regional Office for Europe and Central Asia (FAO)/Oficiul Regional pentru Europa și Asia Centrală (FAO)
RH	Relative air humidity/Umiditatea relativă a aerului

RWG	Regional Working Group/Grupul Regional de Lucru
SAS	Safety access system/Sistem sigur de acces
SC	Scheduling coefficient/Coeficient de planificare
CS	Soilless culture/Cultură hidroponică, cultură fără sol
SCIS	Soilless Culture Information System/Sistemul de informație privind cultura hidroponică
SCrV	Strawberry crinkle cytorhabdovirus/Virusul încrețirii frunzelor de căpșun (cytorhabdovirus)
SIA	Social Impact Assessment/Evaluarea impactului social
S-LCA	Social Life Cycle Assessment/Evaluarea ciclului de viață socială
SMART	Sustainability Monitoring and Assessment Routine/Programul de Monitorizare și Evaluare a Durabilității
SO	Strategic Objective (FAO)/ Obiectiv strategic (FAO)
SPI	Sustainable process index/ Indicele procesului durabil
SRI	Social return on investment/ Randamentul social al investițiilor
TICV	Tomato infectious chlorosis virus/Virusul îngalbinirii infecțioase la tomate
ToMV	Tomato mosaic virus/ Virusul mozaicului tomatelor (Tobacco mozaic virus in tomatoes/TMV)
TRV	Tobacco rattle virus/ Virusul „rattle” al tutunului
TSS	Total suspended solids/ Solidele totale suspendate
TSWV	Tomato spotted wilt virus/Virusul petelor de bronz la tomate
PNUD	Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare
UNECE	Comisia Economică pentru Europa a Organizației Națiunilor Unite
UV	Ultraviolet
VPD	Vapour pressure deficit/Deficitul de presiune a vaporilor
WUE	Water-use efficiency/Eficiența utilizării apei
YSD	Yellow shoulder disorder/Îngălbenirea tomatelor la baza fructului

PARTEA I

Introducere

1. Grupul Regional de Lucru pentru producerea culturilor în seră în Europa de Sud-Est (ESE): istorie și dezvoltare (FAO)

A. Hodder,^a W. Baudoin,^a A. Nersisyan,^b Y. Tüzel^c and A. Balliu^d

a Departamentul de producție și protecție a plantelor, Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite, Roma, Italia

b Oficiul Regional pentru Europa și Asia Centrală, Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite, Budapesta, Ungaria

c Universitatea Ege, Facultatea de Agricultură, Catedra de horticultură, Izmir, Turcia

d Universitatea Agrară din Tirana, Albania

DEPARTAMENTUL DE PRODUCȚIE ȘI PROTECȚIE A PLANTELOR A FAO (AGP): ABORDAREA ȘI ROLUL ÎN PROMOVAREA COOPERĂRII REGIONALE ÎN SPRIJINUL PROTECȚIEI CULTURILOR CULTIVATE ÎN SERĂ

În conformitate cu conceptul „Salvați și creșteți”, AGP activează în vederea consolidării securității alimentare și a nutriției la nivel mondial, prin promovarea intensificării producției durabile de culturi, care are ca scop producția unei cantități mai mari pe aceeași suprafață de teren, totodată conservând resursele, reducând diminuând impactul negativ asupra mediului și îmbunătățind capitalul natural și fluxul serviciilor ecosistemice.

Mandatul AGP este de a spori și consolida:

- decizii efective și strategice care cresc producția de culturi folosind o abordare ecosistemică și diversificarea culturilor sensibile la nutriție;
- capacități naționale de a monitoriza și de a răspunde în mod efectiv la focarele transfrontaliere și la alte focare importante de dăunători;
- politici și tehnologii care să permită țărilor membre să reducă impactul negativ al pesticidelor; și
- conservarea și utilizarea durabilă a resurselor genetice ale plantelor, cu interconexiuni între protecția mediului, creșterea plantelor și producerea semințelor.

În cadrul programelor sale, AGP și Oficiul Regional pentru Europa și Asia Centrală (REU) sprijină în comun dezvoltarea tehnologiei de cultivare în sere pentru legume și fructe și culturi cu valoare ridicată, ca mijloc de intensificare a producerii durabile a culturilor în țările Europei de Sud-Est (ESE). În acest context, AGP și REU facilitează activitățile unui Grup Regional de Lucru din ESE, care a fost înființat în anul 2000 în scopul valorificării și schimbului de experiență și implementării proiectelor comune de cercetare și dezvoltare.

Țările din Europa de Sud-Est tind să dezvolte producția de culturi în seră ca mijloc de a asigura mai bine piețele locale în proces de apariție și a profita de oportunitățile de export. În contextul „tranziției” de la o economie planificată în anumite țări din ESE la schimbul liber de piață, cultivarea legumelor în seră prezintă un interes deosebit ca sursă de angajare și de venit. Cu toate acestea, ca urmare a patrimoniului din trecut și a lipsei de cunoștințe și încredere, cultivatorii nu sunt încă pregătiți să devină antreprenori moderni în vederea producției de culturi în seră. Există o lipsă semnificativă de acces la informația despre practicile moderne de cultivare, care ar putea duce la creșterea productivității și la utilizarea rațională a produselor agrochimice.

Activitățile Grupului de lucru al FAO au sporit gradul de conștientizare cu privire la potențialul producției de culturi în seră ca mijloc de intensificare durabilă și diversificare a producției.

Producția culturilor în seră oferă un **potențial** mare:

- Creșterea productivității pe unitatea de suprafață a terenului și prelungirea duratei sezonului de recoltare.

- Compensarea efectelor schimbărilor climatice prin protejarea culturilor împotriva fenomenelor climatice variabile.
- Îmbunătățirea controlului dăunătorilor și bolilor cu utilizarea redusă a pesticidelor chimice și adoptarea mai răspândită a controlului biologic.
- Asigurarea controlului asupra planificării producției pentru a satisface cererea consumatorului cu produse de calitate înaltă și mai sigure.

Institutele membre ale Grupului Regional de Lucru a FAO	
• Albania	Universitatea Agrară din Tirana
• Bosnia și Herțegovina	Universitatea din Sarajevo Oficiul Regional de Extindere Agricolă, Bijeljina
• Bulgaria	Institutul de Cercetare a Culturilor legumicole „Maritsa” din Bulgaria, Plovdiv
• Croația	Universitatea din Zagreb
• Grecia	Universitatea Agricolă din Atena Școala de Științe Agricole, Universitatea din Tesalia
• Ungaria	Universitatea Corvinus din Budapesta
• Kosovo	Universitatea din Pristina
• Republica Macedoniei	Institutul Agrar, Skopje de Nord
• Republica Moldova	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Facultatea de Pomicultură și Legumicultură
• Muntenegru	Universitatea din Muntenegru, Podgorica
• România	Facultatea de Horticultură din România, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Iași
• Serbia	Ministerul Agriculturii, Industriei Forestiere și Gestionării Apelor, Belgrad Universitatea din Novi Sad
• Slovenia	Facultatea de Agronomie, Universitatea Maribor, Universitatea din Ljubljana
• Turcia	Catedra de Horticultură, Facultatea de Agricultură, Universitatea Ege, Izmir

DOMENIUL DE APLICARE AL ACESTEI PUBLICAȚII ȘI PRINCIPALELE OBIECTIVE

Publicarea lucrării «*Bunele practici agricole pentru producția legumelor în seră în țările din ESE*» Principii de intensificare durabilă a producției în cadrul exploatațiilor agricole mici» reprezintă o realizare majoră și, de asemenea, o etapă esențială a activității Grupului Regional de lucru al FAO pentru producția culturilor din cadrul serelor din ESE. Domeniul său de aplicare este de a valorifica experiența avansată și cunoștințele și comunității științifice din cadrul FAO. De la înființarea Grupului Regional de lucru, au fost studiate și dezbătute o gamă largă de aspecte legate de culturi și tehnologii ale producției și protecției culturilor de seră.

Principalele **obiective** ale acestei publicații sunt:

- Să ofere o compilație a practicilor și tehnologiilor de producție în seră utilizate în prezent în țările ESE, care au contribuit la creșterea productivității și a calității legumelor.
- Să propună recomandări privind bunele practici agricole bazate pe cea mai bună cunoaștere a diferitelor aspecte legate de culturi și tehnologii pentru cultivarea legumelor în seră în țările din ESE.

Documentul dat este în concordanță cu noile principii FAO „Save and Grow”/„Salvați și cultivați” care promovează intensificarea sustenabilă a sistemelor agricole și consolidează reziliența acestora la riscurile socioeconomice și climatice. Publicația este menită să fie un document de referință pentru oamenii de știință, profesori și studenți, precum și pentru antreprenorii din sectorul privat. Acesta este propus ca un document de suport pentru formarea în vederea modernizării know-how-ului tehnic a formatorilor și producătorilor întreprinzători, precum și a altor actori din lanțul valoric de producție a legumelor în seră din țările ESE.

ORIGINEA ȘI MODALITĂȚILE OPERAȚIONALE ALE GRUPULUI REGIONAL DE LUCRU PENTRU PRODUCȚIA CULTURILOR ÎN SERĂ

Un atelier de lucru, organizat de FAO, privind producția de culturi în seră în regiunea din Sud-Estul Europei a avut loc la Salonic (Grecia), cu ocazia celui de-al 2-lea Simpozion Internațional Balcanic privind Legumele și Cartofii, 11 – 15 octombrie 2000, cu participarea reprezentanților următoarelor țări: Albania, Bulgaria, Croația, fosta Republică Iugoslavă a Macedoniei, Grecia, Ungaria, Republica Moldova, România, Turcia, Serbia și Muntenegru. Ca urmare a acestui atelier de lucru, participanții au solicitat FAO să ia inițiativa de a institui în mod oficial un Grup Regional de lucru pentru producția de culturi în seră în ESE.

Ca urmare, FAO a organizat o serie de studii efectuate în diferite țări din regiune pentru a evalua oportunitățile și constrângerile sectorului de producție a culturilor în seră în cooperare cu instituțiile naționale de horticultură și cu asociațiile de cultivatori relevante. Acest lucru a permis pregătirea documentelor inițiale, care au constituit baza pentru dezvoltarea viitoarelor inițiative.

În consecință, FAO a căutat și a obținut aprobarea ministerelor agriculturii pentru instituirea oficială a unui Grup Regional de lucru pentru producția de culturi în seră din ESE. Cele 12 țări au răspuns pozitiv și fiecare din ele a desemnat un reprezentant național care a participat la prima ședință de coordonare organizată în perioada 20-22 octombrie 2004, în incinta Biroului Regional al FAO pentru Europa din Budapesta, Ungaria.

În numele Oficiului Regional pentru Europa al FAO, doamna Maria Kadlecitkova a salutat participanții și a oferit informații cu privire la principalele activități ale Oficiului Regional al FAO, care coordonează activitățile în 20 de țări și Belarus. Ea a evidențiat faptul că activitățile pe bază în domeniul horticulturii au câștigat importanță (de exemplu, producția de tomate cu IPM /Managementul integrat al dăunătorilor / în Polonia). Acest tip de producție, cu cerințe sporite față de forța de muncă, ar putea fi o soluție pentru compensarea ratei ridicate a șomajului în regiune (de la 15% până la 60% în zonele rurale).

În cadrul ședinței au fost discutate domeniul de aplicare și obiectivele Grupului de lucru. S-a convenit că cooperarea regională trebuie să se concentreze asupra producției de culturi în seră. Activitățile acestuia trebuie, în cele din urmă, să contribuie la sporirea cunoștințelor științifice și a capacității tehnice a cultivatorilor pentru a îmbunătăți competitivitatea sectorului de producție a culturilor în seră în țările din ESE.

În cadrul primei ședințe de coordonare, participanții au stabilit un cadru de cooperare, referitor la următoarele **cinci domenii vizate**:

1. **Material vegetal:** specii, soiuri, înmulțire, diversificare.
2. **Tehnologie:** proiectarea serelor, materialelor de acoperire, control parametrilor climatici, irigație, fertilizare, culturi hidroponice (cultivate fără sol).
3. **Practici de cultivare:** densitatea plantelor, formarea și tăierea (elagarea), nutriția plantelor, controlul buruienilor.
4. **IPM (Managementul integrat al dăunătorilor):** controlul biologic și aplicarea în condiții de securitate a pesticidelor în ceea ce privește reglementările internaționale și naționale.
5. **Economie de producție,** norme și standarde de calitate, horticultura ecologică.

S-a convenit să se încredințeze conducerea Grupului de lucru unui Coordonator regional prin consens pentru un mandat de 2 ani pe bază de rotație. În cooperare cu FAO, mandatul Coordonatorului regional este de a facilita și monitoriza implementarea activităților Grupului de lucru stabilite cu ocazia ședinței semestriale de coordonare și de a organiza și desfășura următoarea ședință de coordonare.

Activitățile grupului se concentrează pe următoarele **trei direcții**:

- 1. Informarea, gestionarea și diseminarea**, inclusiv: publicarea documentelor tehnice și a buletinelor informative; colectarea și schimbul de date legate de sectorul producției culturilor în seră și din horticultură prin sistemul HORTIVAR; distribuția de informație privind bunele practici agricole.
- 2. Formarea capacităților**: implementarea formării și prezentărilor prin intermediul sesiunilor naționale de formare; organizarea conferințelor și simpozioanelor internaționale; pregătirea și publicarea materialului pentru formare (inclusiv a cartelelor și a unui manual extins); organizarea de seminare și zile de realizare a activităților pe teren.
- 3. Formularea și implementarea proiectului** la nivel național (sau pentru cooperarea între țări, la nivel subregional și regional), inclusiv mobilizarea resurselor pentru implementare (PNUD, GCP, TCP, UE etc.).

La ședința de constituire a Grupului de lucru, a fost colectată informația de bază privind statutul sectorului de producție a culturilor în seră din țările participante. Analiza documentelor, prezentate de fiecare țară a oferit o înțelegere a contextului general de mediu și a potențialului de cultivare protejată, având în vedere condițiile agroecologice diversificate din diferite state. A devenit evident faptul că condițiile predominante au variat considerabil atât între țări, cât și în interiorul țărilor.

Constrângerile majore au fost evidențiate în diverse domenii: începând de la lipsa cunoștințelor privind proiectarea serelor, materialele de acoperire și tehnologiile și practicile de încălzire și ventilație, până la înțelegerea limitată a opțiunilor de diversificare a culturilor și a IPM, precum și deficiențe în organizarea activității fermierilor, calitatea produselor, ambalarea și etichetarea (trasabilitatea) și lipsa specificațiilor tehnice ale contribuției (inputurilor) adaptate la diferite tipuri de sere. În plus, a existat o absență generală a orientărilor și a consultanței în ceea ce privește bunele practici agricole. Datele privind zonele aferente dezvoltării serelor la momentul inițierii cooperării regionale sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Distribuția zonelor de cultivare protejate (ha) în țările din ESE selectate

	Anul	Sere	Sere PE, tuneluri de intrare, tuneluri de plastic joase, mulcire și acoperiri directe	TOTAL
Albania	2004	97.7	562.9	660.6
Bosnia și Herțegovina	2004		1 200.0	2 000.0
Bulgaria	2001	642.2	1 026.7	1 668.9
Croația	2004	40.0	1 370.0	1 410.0
Macedonia de Nord	2003	185.0	10 000.0	10 185.0
Grecia	2002		14 733.0	14 733.0
Ungaria	2003			5 185.0
Republica Moldova	2003	40.0	253.0	293.0
România		1 300.0	6 000.0	7 300.0
Serbia și Muntenegru				10 000.0
Slovenia				140.0
Turcia	2002			53 603.0
TOTAL		2 304.9	35 145.6	107 178.5

Atelierul de lucru în cadrul căruia a fost instituit Grupul de lucru (GL) a avut loc la Salonic, Grecia, convocat de FAO cu ocazia celui de-al 2-lea Simpozion Internațional din Balcani privind Legumele și Cartofii, 11–15 octombrie 2000.

De atunci, au avut loc următoarele ședințe de coordonare:

- Prima ședință de coordonare: 20–22 octombrie 2004, Budapesta, Ungaria, convocată de FAO. Dr. Yüksel Tüzel din Turcia a fost desemnat în calitate de coordonator al GL.
- A doua ședință de coordonare: 7–11 aprilie 2008, Izmir, Turcia, convocată de Dr. Yüksel Tüzel, Universitatea Ege, Turcia. Dr. Zdravko Matotan din Croația a fost desemnat în calitate de coordonator al GL.
- A treia ședință de coordonare: 9–12 octombrie 2011, Tirana, Albania, cu ocazia celui de-al 5-lea Simpozion din Balcani privind Legumele și Cartofii, convocată de Dr. Astrit Balliu, Universitatea Agricolă din Tirana, Albania. Dr. Bozidar Benko din Croația a fost desemnat în calitate de coordonator al GL.
- A patra ședință de coordonare: 29 septembrie–2 octombrie 2014, Zagreb, Croația, cu ocazia celui de-al 6-lea Simpozion din Balcani privind Legumele și Cartofii, convocată de Dr. Bozidar Benko, Universitatea din Zagreb, Croația. Dr. Yüksel Tüzel din Turcia a fost desemnat în calitate de coordonator al GL.
- A cincea ședință de coordonare: 11–14 aprilie 2016, cu prilejul celui de-al 3-lea Simpozion Internațional privind Horticultura Organică în Seră din Turcia, convocată de Dr. Yüksel Tüzel, Universitatea Ege, Turcia. Dr. Martina Bavec din Slovenia a fost desemnată în calitate de coordonator al GL.

Grupul Regional de Lucru FAO privind Producția de Culturi în seră în ESE
Membrii și Oamenii de știință care au cooperat

Balliu, Astrit
Profesor, Facultatea de Horticultură
Universitatea Agricolă din Tirana Albania
Tel. (+355) 6 860 22105
aballiu@ubt.edu.al

Baudoin, Wilfried
Agronom superior – Horticultura
Divizia de producție și protecție a plantelor, FAO
Roma, Italia
Tel. (+39) 06 57054588
wilfried.baudoin@fao.org

Bavec, Martina
Facultatea de Agronomie, Universitatea din Maribor
Slovenia
Tel. (+386) 2 2505800
martina.bavec@uni-mb.si

Bosoanca, Iulia
Consilier, Departamentul de Horticultură Ministerul
Agriculturii, București, România
Tel. (+40) 21 3078432
iulia.bosoanca@maa.ro

Gruda, Nazim
Secția de Științe horticole, Institutul de Științe a
Plantelor și Conservarea Resurselor Universitatea
din Bonn, Germania
Tel. (+49) 176 341055 70
ngruda@uni-bonn.de

Guri, Shpetim
Director, Ministerul Agriculturii și Alimentației
Tirana, Albania
Tel. (+355) 4 223952
salimetani@yahoo.com

Jerkic, Irena
Asistent profesional, Ministerul Agriculturii Sarajevo,
Bosnia și Herțegovina (Federația)
Tel. (+387) 33 218402
jsenko@bih.net.ba

Hodder, Alison
Ofițer Superior – Horticultura Lider de echipă
AGPML
Divizia de producție și protecție a plantelor, FAO,
Roma, Italia
Tel. (+39) 06 57054846
alison.hodder@fao.org

Lacatus, Victor
Director științific, Institutul de cercetare
pentru culturi de legume și flori, Vidra, România
Tel. (+40) 21 4680794
inclf@mediasat.ro

Masheva, Stoyka
Profesor asistent, Institutul de cercetare a culturilor
de legume Maritsa, Plovdiv, Bulgaria
Tel. (+359) 32 960179
izk@plov.omega.bg

**Grupul Regional de Lucru al FAO privind producția de culturi în seră
Membrii din ESE și oamenii de știință care au cooperat**

Matotan, Zdravko

Manager, Podravka d.d. Koprivnica, Croația
Tel. (+385) 48 651711
zdravko.matotan@podravka.hr

Moor, Andrea

Cercetător, fost VRCI, Budapesta, Ungaria
Tel. (+36) 1 2173053
andrea.moorne@mail.tvnet.hu

Nersisyan, Avetik

Ofițer în domeniul Agriculturii, AGP/REU FAO,
Budapesta, Ungaria
Tel. (+31) 1 8141240
avetik.nersisyan

Nicola, Silvana

Co-Președinte pentru Afaceri Internaționale
Facultatea de Științe Agricole, Forestiere și
Alimentare, Universitatea din Torino
Vicedirector și Vicepreședinte al Consiliului de
Administrație al ISHS
Responsabil pentru activitățile științifice ale
societății, Turin, Italia
Tel. (+39) 011 6708773
silvana.nicola@unito.it

Olympios, Christos

Profesor, Universitatea Agricolă din Atena, Grecia
Tel. (+30) 210 5294521
olympios@aua.gr

Pasko, Pandeli

Ofițer de legătură pentru Zona de Cooperare
Internațională din Balcani, Institutul de Agronomie
Mediterranean (CIHEAM), Bari, Italia
Tel. (+39) 080 4606322
pasko@iamb.it

Popsimonova, Gordana

Director adjunct, Institutul de Agronomie,
Departamentul Culturilor Legumicole,
Skopje, Macedonia de Nord
Tel. (+389) 2 3230910
gpopsimonova@yahoo.com

Rosca, Victor

Facultatea de Horticultură, Universitatea Agrară de
Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova
Tel. (+373) 22 577930
vroasca@moldova.cnfa.org

Shima, Xhevat

Director, Institutul de Legume și Cartofi Tirana,
Albania
Tel. (+355) 4 228422
salimetani@yahoo.com

Stanciu, Constantin

Manager General, S.C. LEOSER S.A.,
București, România
Tel. (+40) 21 3321285
inclf@mediasat.ro

**Grupul Regional de Lucru FAO pentru producția de culturi în seră în SEE
Membrii și oamenii de știință care au cooperat (continuare)**

Tanny, Josef

Șef, Departamentul de Fizică a Mediului și irigație
Institutul privind solul, Științele Apei și a Mediului
Organizația de cercetare agricolă Centrul Volcani
Rishon LeTsiyon, Israel
Tel. (+972) 3 9683410
tanai@volcani.agri.gov.il

Terzi, Anatolie

Director al Departamentului de sprijin pentru
întreprinderi agroalimentare, CNFA
Chișinău, Republica Moldova
Tel. (+373) 22 557933
aterzi@moldova.cnfa.org

Tompos, Daniel

Catedra delegumicultură, Universitatea Corvinus
Ungaria
Tel. (+36) 1 2276454
daniel.tompos@uni-corvinus.hu

Tüzel, Yüksel

Profesor, Facultatea de Agronomie, Universitatea Ege
Izmir, Turcia
Tel. (+90) 232 3881865
tuzel@ziraat.ege.edu.tr

Urban, Laurent

Campusul Agroparc, Universitatea din Avignon,
Franța
Tel. (+33) 490 842214
laurent.urban@univ-avignon.fr

Zaric, Dragan

Manager, Serviciul de Extindere Agricolă Ministerul
Agriculturii
Banja Luka, Bosnia și Herțegovina Srpska (Republika
Srpska)
Tel. (+387) 55 240034
pssbn@rstel.ne

Zarubica, Katarina

Consilier, Ministerul Agriculturii Forestier și
Gestionarea Apelor, Belgrad, Serbia
Tel. (+381) 11 602829
katzara@yahoo.com

ACTIVITĂȚI, REZULTATE ȘI REALIZĂRI ALE GRUPULUI DE LUCRU

Formarea capacităților a fost realizată printr-o serie de ateliere de lucru tehnice sponsorizate de FAO. În calitate de grup, membrii rețelei joacă un rol de frunte în promovarea schimbului de informație privind tehnologia culturilor de seră și au fost capabili să organizeze mai multe simpozioane internaționale, adesea în colaborare cu Comisia de cultivare în condiții protejate a Societății Internaționale pentru știința horticulturii:

- al 2-lea Simpozion Internațional din Balcani privind Legumele și Cartofii, Salonic (Grecia), 11–15 octombrie 2000;
- Congresul Internațional de Horticultură de la Lisabona, 22–27 august 2010;
- Răcirea serelor, Almería, Spania, 23–24 mai 2006;
- Tehnologiile durabile de producție a culturilor în sere în condiții cu climă și iarnă blândă, Antalya, Turcia, 6–11 aprilie 2008;
- al 3-lea Simpozion International privind Horticultura Ecologică în producția ecologică în sere din Turcia, Izmir, 11–14 aprilie 2016.

Aproximativ 3 640 seturi de date cu privire la performanța de soiuri în domeniul horticulturii în cultivarea în cadrul serelor au fost inserate în HORTIVAR, precum și 39 de mesaje cu titlul „Bună dimineața, Horticultura”. Țările au prezentat 27 de perechi de „carduri IPP” (producție și protecție integrate), ilustrând bunele practici agricole (BPA) pentru culturile de seră; Acestea au fost încărcate în baza de date din cadrul HORTIVAR-ului.

Modelele au fost proiectate și informația statistică compilată în sistemele culturilor hidroponice în țările ESE în Sistemul de Informație pentru Culturile Hidroponice (SCIS). Modelele și informația statistică privind sectorul culturilor din sere în țările ESE au fost, de asemenea, compilate în Sistemul de informație privind Serele (GRIS). Atât SCIS cât și GRIS au fost integrate în HORTIVAR. Cercetarea pentru dezvoltare a fost consolidată și transferul de know-how pentru cultivatori a fost facilitat prin elaborarea și implementarea locală a proiectelor locale.

Membrii GL au fost foarte activi în elaborarea proiectelor de cercetare-dezvoltare și mobilizarea resurselor pentru implementarea acestora din diverse surse, inclusiv Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Organizației Națiunilor Unite (FAO), Uniunea Europeană (UE) și Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD):

- **Bulgaria:** „Îmbunătățirea tehnologiei și eficienței producției de culturi în sere” (FAO-TCP/BUL/3002 [A]).
- **Croația și Slovenia:** „Culturile hidroponice legumicole în Croația și Slovenia” (2000–2002), un proiect de cercetare subregional, formulat și implementat în comun de către Facultatea de Agricultură, Universitatea din Zagreb, Croația și Facultatea de Biotehnică, Universitatea din Ljubljana, Slovenia.
- **Serbia și Slovenia:** „Studierea calității produselor – abordare holistică vegetală” (2012–2013), implicând Facultatea Biotehnică, Universitatea din Ljubljana, Slovenia și Universitatea din Novi Sad, Serbia.
- **Albania și Italia:** Erasmus + KA1 – Mobilitatea de învățare a persoanelor individuale. Extra-UE 2015–2016. Mobilitatea celor care învață și a personalului. Programul de internaționalizare privind cultivarea protejată, Universitatea din Torino, Italia și Universitatea Agrară din Tirana, Albania.
- **Bulgaria, Albania și Grecia:** „Sporirea competitivității sectorului privind producția în sere în țările din Balcani”, implicând Universitatea din Tesalia, Grecia, Asociația Horticolă Albaneză, Universitatea Agricolă din Tirana, Albania și Institutul de cercetare a culturilor legumicole “Maritsa”, Plovdiv, Bulgaria.
- **Slovenia și Italia:** Proiect implementat în perioada 2009–2010 între Facultatea Agronomie, Universitatea din Novi Sad, Serbia și regiunea Campania – Basilicata (Italia, CRA-ORT). Cooperarea tehnico-științifică în sectorul agrar al Programului Operațional Integrat (POI) Campania – Basilicata în Serbia.
- **Germania și Croația:** Erasmus + KA1 – Mobilitatea de a învăța a persoanelor fizice. Extra-UE 2016–2017. Mobilitatea celor care învață. „Durabilitatea și calitatea produselor”, implicând Universitatea din Bonn, Germania și Universitatea din Zagreb, Croația. (Proiect aprobat care este în proces de implementare).

- **Croația și Slovenia:** „Studierea calității produselor – abordare holistică a legumelor”, implicând Facultatea de Biotehnică, Universitatea din Ljubljana, Slovenia și Universitatea din Zagreb, Croația
- **Turcia și Grecia:** Erasmus + KA1 – Mobilitatea de învățare a persoanelor fizice. Mobilitatea celor ce învață și a personalului. LLP/Leonardo Da Vinci Programul European „Îmbunătățirea competitivității și a experiențelor profesionale ale tinerilor agricultori în domeniul agriculturii sustenabile, al noilor tehnologii agricole și al oportunităților de ocupare a forței de muncă”, implicând Universitatea Ege, Turcia și Universitatea Agricolă din Atena, Grecia.
- **Turcia și Italia:** Erasmus + KA1 – Mobilitatea de a învăța a persoanelor fizice. Acordul interinstituțional pentru perioada 2017–2021. Mobilitatea celor care învață și a personalului. Universitatea din Catania, Italia, și Universitatea Ege, Turcia.

Alte proiecte care sunt în proces de pregătire:

- **Albania, Grecia și fosta Republică Iugoslavă a Macedoniei:** „Sporirea competitivității sectorului privind serele în țările balcanice», prezentată în cadrul Programului BalkanMed (finanțat de UE). Propunerea este condusă de Universitatea din Volos, Grecia și de partenerii din Albania, fosta Republică Iugoslavă a Macedoniei și Cipru.
- **Toate cele 13 țări:** „Consolidarea capacității de adoptare a Bunelor practici agricole pentru producția de legume în sere în țările din Europa de Sud-Est”, o propunere de proiect regional FAO-TCP.
- **Grecia și Italia:** „Promovarea modelelor de consum durabil, a tehnologiilor și politicilor eficiente din punctul de vedere al resurselor în piețele produselor cultivate în sere ale UE”, prezentată la apelul de propuneri Life +. Beneficiarul coordonator este Universitatea din Tesalia.

CAPITALIZAREA ȘI SCHIMBUL DE INFORMAȚII

Cu ocazia celei de-a patra ședințe de coordonare, care a avut loc la Zagreb în septembrie 2014, participanții au considerat că era oportun să se facă bilanțul informațiilor acumulate și experiențelor dobândite prin cooperare regională. Ei au invitat FAO să preia conducerea în elaborarea unui document tehnic de un număr mai mare de autori, care ar servi unui scop dublu de a compila know-how-ul dobândit și transpunerea acestor cunoștințe în recomandările pragmatice privind Bunele practici agricole.

În cadrul reuniunii de la Zagreb, s-a convenit asupra conținutului Cuprinsului, iar conducerea și coautorii au fost identificați pentru diversele capitole.

La Chișinău, în Republica Moldova a fost convocată o ședință de lucru la 16 iunie 2015 pentru a revizui primul proiect; o a doua ședință a avut loc la Izmir la 12 aprilie 2016, ce a permis revizuirea integrală a proiectului final al manualului. Corecția tehnică și editarea a fost începută în iunie și finalizarea a fost realizată în decembrie 2016. Traducerea în limba rusă a fost realizată treptat, pe măsura finalizării și redactării capitolelor (compartimentelor).

Membrii Grupului de Lucru au convenit să instituie o bibliotecă de lucru corporativă pentru a oferi la dispoziția solicitanților documentele și articolele științifice de interes comun. Lista acestor documente este prezentată în anexa de la sfârșitul lucrării.

ACTIVITATEA ULTERIOARĂ

Activitățile Grupului Regional de lucru al FAO privind producția de culturi în seră din ESE au avut, fără îndoială, un impact pozitiv asupra îmbunătățirii sectorului producției în serele din regiune. Grupul Regional de Lucru a contribuit la trecerea de la unitățile industriale gestionate la nivel central în timpul fostei Uniuni Sovietice la întreprinderile mici de familie. Acesta a contribuit esențial la consolidarea relațiilor științifice între cercetători, fapt care a facilitat accesul la resursele financiare pentru implementarea proiectelor între țări și a celor regionale. Membrii

Grupului Regional de lucru se angajează să continue cooperarea pentru a implementa în comun proiecte de cercetare și dezvoltare de interes comun în sprijinul sectorului culturilor produse în sere din regiunea ESE. Ca o rețea a cercetătorilor, ei vor urmări interacțiunea lor cu FAO și vor servi ca o resursă pentru schimbul de informații, formare și generalizare a know-how-ului.

LECTURA RECOMANDATĂ

Materialele ședințelor Grupului Regional de Lucru:

- Tesalia, Grecia, 11–15 octombrie 2000.
- Budapesta, Ungaria, 20–22 octombrie 2004.
- Izmir, Turcia, 7–11 aprilie 2008.
- Tirana, Albania, 9–12 octombrie 2011.
- Zagreb, Croația, 29 septembrie – 2 octombrie 2014.
- Izmir, Turcia, 11–14 aprilie 2016.

2. Starea actuală și perspectivele cultivării plantelor în teren protejat în Europa de Sud-Est

N. Gruda^a și G. Popsimonova^b

a Oficiul Federal pentru Agricultură și Alimentație și Universitatea din Bonn, Germania

b Universitatea SS Cyril și Metodius, Skopje, Republica Macedonia

REZUMAT

Deși cultivarea în spații protejate în unele țări din Europa de Sud-Est (ESE) a diminuat ca rezultat al reformelor sociale din anii 1990, producția de legume în condiții protejate rămâne o parte semnificativă a industriei horticole. Suprafața totală de cultivare protejată din Europa de Sud-Est se ridică la aproximativ 101 888 ha, reprezentând circa 5,15% din suprafața totală cultivată cu legume. Producția este de aproximativ 7 962 240 tone, circa 19,09% din producția totală de legume. Cu toate acestea, unele țări – în special Turcia și Grecia – nu au avut loc astfel de schimbări, deși sunt renumite pentru producția de legume în regiunea mediteraneeană și în întreaga lume. Evoluții recente în alte țări – de exemplu, Albania – au condus la o creștere a producției de legume cultivate în sere. Acest capitol prezintă actualul *statu-quo* și perspectivele viitoare ale legumelor protejate pentru producția durabilă în Europa de Sud-Est. Au fost elaborate și aplicate chestionare pentru a aduna date despre zona de producție, culturile legumicole, vechimea și tipurile de construcții, echipamente, încălzire, irigații și sisteme de cultivare. Pentru unele țări din ESE, a fost prima dată când au fost colectate astfel de date. Deși aceste informații nu sunt întotdeauna complete, ele oferă o imagine relativ detaliată a situației actuale a serelor și adăposturilor de tip tunel și dezvăluie tendințele din acest domeniu. Datele au fost utilizate pentru a efectua o analiză a culturilor protejate. Apoi se fac recomandări și sperăm că acestea vor avea un impact asupra viitoarei politici guvernamentale și vor servi drept linii directoare pentru inițierea de noi proiecte de cercetare în domeniul respectiv.

INTRODUCERE

Multe țări din Europa de Sud-Est au avut un anumit context socio-economic atunci când serele de tip tunel au apărut pentru prima dată la jumătatea anilor 1970. Piețele erau «închise» și aveau resurse proprii suficiente, iar operatorii existenți în domeniul cultivării plantelor în sere nu au fost motivați pentru a spori productivitatea sau a introduce noi tehnologii de cultivare. În ultimii ani, odată ce noi economii emergente ale ESE apar, există o nouă atitudine în favoarea utilizării durabile a culturilor protejate. Diferite construcții sunt folosite, în funcție de cultură, de regiunea climatică și de beneficiile preconizate. Există un domeniu amplu de îmbunătățire cu adoptarea bunelor practici agricole (BPA).

Adăpostirea nu numai protejează culturile de pericolele naturale externe, dar, de asemenea, permite dirijarea artificială a micromediului pentru optimizarea parametrilor fiziologici de creștere și dezvoltare a plantelor, a extinde perioada de recoltare, a induce înflorire timpurie, și de a îmbunătăți producția și calitatea produsului (Gruda și Tanny, 2014, 2015).

Capitolul în cauză prezintă situația actuală a culturilor protejate în țările din ESE. Datorită lipsei statisticilor oficiale, datele au fost colectate în baza rezultatelor unui sondaj regional, iar principalele elemente ale dezvoltării serelor sunt prezentate aici. În cele din urmă, viitoarele provocări sunt abordate pe scurt.

MATERIALE ȘI METODE

Pentru o imagine completă a dezvoltării sectorului de seră, a fost distribuit un chestionar membrilor Grupului Regional de lucru pentru culturile protejate, cuprinzând 14 reprezentanți ai țărilor din ESE (Gruda, 2015).¹

Chestionarul a fost structurat în cinci părți principale:

- Informații de bază privind serele;
- Informații de bază privind serele de tip tunel;
- Furnizare de energie;
- Propuneri de optimizare;
- Alte informații relevante privind sectorul dat.

Primele trei părți solicitau date numerice și întrebări semideschise au fost incluse pentru a permite anumite comparații. Ultimele două părți conțineau întrebări deschise. Rezultatele au fost completate în continuare folosind datele FAOSTAT și informații din rapoartele și articolele regionale.

DATE GENERALE PRIVIND CULTIVAREA PROTEJATĂ ÎN EUROPA DE SUD-EST

Suprafețe

Suprafața culturilor protejate se referă la suprafața combinată a serele și a celor de tip tunel și variază în diferite țări: de la 48 ha în Muntenegru la 61 512 ha în Turcia. Ponderea suprafețelor cultivate cu culturi protejate este mic, doar două țări care depășesc 10%: Grecia (14,58%) și Macedonia de Nord (10,25%). Suprafața totală a culturilor protejate din ESE se ridică la aproximativ 101 888 ha, adică aproximativ 5,15% din suprafața totală cultivată cu legume (tabelul 1).

PRODUCȚIA LEGUMELOR ȘI STRUCTURA CULTURILOR

Legumele sunt cele mai răspândite culturi din regiune (> 98%), urmate de flori tăiate, plante ornamentale din ghiveci și fructele mici (de exemplu, căpșuni). Producția legumelor se ridică la aproximativ 7 962 240 tone, reprezentând aproximativ 19,09% din suprafața totală cultivată cu culturi legumicole (tabelul 1). În conformitate cu tendințele globale și cerințele de piață, suprafața cu tomate este mai mult decât dublă decât orice altă cultură legumicolă protejată, urmată de castravete, ardei și salată verde (tabelul 2).²

Având în vedere lipsa unor date statistice suficiente pentru suprafață și producția culturilor protejate, este dificil să se estimeze recolta medie la o unitate de suprafață, pe culturi. Cu toate acestea, există o percepție generală că sunt suficiente rezerve pentru sporirea recoltelor, cât și calității producției.

STRUCTURA SERELOR

Este posibilă o gamă largă de abordări pentru cultivarea protejată; agricultorii pot adopta și ajusta tehnologiile în funcție de cerințele climatice și cele specifice culturilor. Serele destinate tehnologiilor avansate asigură obținerea unor recolte sporite, dar au și costuri inițiale înalte; serele din plastic și cele de tip tunel, ventilate natural sunt o alternativă cu costuri reduse, convenabile pentru cultivatorii cu capital limitat sau în regiunile cu cerere fluctuantă (Gruda și Tanny, 2104, 2015). În țările din ESE, cea mai mare parte din suprafața de 54 585 ha din seră este acoperită cu plastic fără încălzire (tabelul 3, foto 1). Uneori, încălzirea este instalată pentru o perioadă foarte scurtă când temperaturile sunt deosebit de scăzute (în zilele reci sau pe timp de noapte). Cea mai mare concentrare a acestui tip de construcții se află în sudul regiunii, pe insula Creta din Grecia și

¹ Reprezentanți din 12 țări – Albania, Bosnia și Herțegovina, Bulgaria, Croația, Grecia, Kosovo, Muntenegru, Republica Macedonia de Nord, Republica Moldova, Serbia, Turcia și Slovenia – au furnizat date. Nu au fost disponibili reprezentanți din Ungaria și România.

² Vezi Partea III.

în regiunea Antalya din Turcia. Sursa prioritară de energie este radiația solară naturală. Diferite intervenții sunt din ce în ce mai dese pentru a controla eficiența luminii și a gradientului termic în sere: utilizarea materialelor de acoperire corespunzătoare sunt folosite pentru a asigura la maxim pătrunderea luminii în seră pe timp de iarnă și reducerea consecințelor efectului de seră prin aplicarea văruiului și ecrane de umbră, precum și răcirea prin evaporare în perioada sezonului cu temperaturi înalte sunt utilizate materiale specifice de acoperire cu proprietăți de filtrare sau fluorescențe sunt adoptate pentru a crește eficiența fotosintetică și pentru a îmbunătăți controlul proceselor de creștere a plantelor.

Tabelul 1. Suprafața cultivată și recoltată de legume, producția și procentul culturilor protejate

Țara	Suprafața ^a (ha)	Cultura protejată ^b (ha)	%	Producția ^a (tone)	Cultura protejată ^b (tone)	%
Albania	41 926	1 733	4.13	957 202	105 807	11.05
Bosnia și Herțegovina	75 000	715	0.95	649 733	n.d.	n.d.
Bulgaria	40 809	1 060	2.59	557 726	99 244	17.79
Croația	15 027	492	3.27	583 998	52 355	8.96
Grecia	93 150	13 581	14.58	3 159 000	619 817	19.62
Ungaria	76 802	3 920	5.10	1 363 075	353 000	25.90
Kosovo	12 450	234	1.88	331 000	12 569	3.80
Muntenegru	6 832	48	0.70	134 587	n.d.	n.d.
Macedonia de Nord	47 873	4 905	10.25	716 052	58 935	8.23
Republica Moldova	40 031	677	1.69	285 230	20 310	7.12
România	258 762	7 490	2.89	3 535 916	328 000	9.28
Serbia	147 764	5 422	3.67	1 072 033	367 202	34.25
Slovenia	1 587	99	6.20	71 954	4 250	5.91
Turcia	1 117 618	61 512	5.50	28 280 809	5 940 751	21.01
Total	1 975 631	101 888	5.15	41 698 315	7 962 240	19.09

a Suprafața totală recoltată și date de producție în conformitate cu FAOSTAT, 10 septembrie 2014; pentru Kosovo, potrivit Ministerului Agriculturii, Silviculturii și Dezvoltării Rurale, 2011; pentru Turcia, potrivit Institutului de Statistică turc, 2013; pentru Croația, în conformitate cu serviciile de extindere pentru Croația.

b Date privind culturile protejate estimate din chestionare; pentru Ungaria, potrivit lui Berczi, 2012; pentru România, în conformitate cu Van Der Veen și Bejan, 2013.

n.d. = nu este disponibil

Tabelul 2. Structura culturilor legumicole în spații protejate în țările ESE

Suprafața (ha)	Sere		Sere din plastic		Total		TOTAL
	Cu încălzire	Fără încălzire	Cu încălzire	Fără încălzire	Cu încălzire	Fără încălzire	
Tomate	192	39	532	3 030	724	3 069	3 793
Castravete	73	29	237	1 463	310	1 492	1 802
Ardei	44	9	126	1 455	170	1 464	1 634
Salată, varză etc.	11	4	57	2 535	68	2 539	2 607
Altele	0	0	1	26	1	26	27

Notă. Nu sunt disponibile date pentru Turcia și Muntenegru. Există > 1.000.000 tone de castraveți produși în fiecare an în Turcia, unul dintre cei mai mari producători din zona ESE. Prin urmare, se presupune că suprafața de recoltare pentru castraveți este pe locul al doilea direct după tomate.

Tabelul 3. Suprafață serele în țările ESE (ha)

Sere		Sere din plastic		Total		
Cu încălzire	Fără încălzire	Cu încălzire	Fără încălzire	Cu încălzire	Fără încălzire	TOTAL
363	8305 ^a	1151	46280 ^a	1514	54585 ^a	56099 ^a

^a Rețineți că datele pentru Turcia includ serele de tip tunel.



Foto 1. Sere din plastic. Sus: Albania, castravete. Orientul Mijlociu: Turcia, tomate. Partea de jos: Republica Moldova, căpșuni.

Recent, în regiune au fost construite sere de înaltă tehnologie, cu structuri elemente de sprijin din oțel galvanizat și acoperire din polietilenă (PE) (foto 2). Acestea variază ca mărime de la < 1 la > 4 ha. O mare parte din suprafața serele pentru cultivarea legumelor reprezintă sere înalte de tip tunel. Acestea sunt acoperite cu o folie (peliculă) impermeabilă din plastic transparent, care poate include orificii de ventilare la nivel de acoperiș și lateral pentru a permite să aibă loc ventilația naturală a interiorului prin vânt sau prin efectul de flotabilitate a aerului. Deschiderea și închiderea orificiilor de aerisire pot fi manuale sau automate. Serele de tip tunel joase sunt, de asemenea, utilizate pe scară largă, în special pentru producția de pepene galben și pepene verde.³



Foto 2. Seră modernă din plastic, Turcia

³ Vezi Partea III, Capitolul 5.

Tabelul 4. Vechimea construcțiilor de sere în țările ESE^a

Perioada	Suprafața recoltată (ha)						
	Sere		Sere din plastic		Total		
	Cu încălzire	Fără încălzire	Cu încălzire	Fără încălzire	Cu încălzire	Fără încălzire	TOTAL
< 10 ani	36	0	114	619	150	619	769
10–25 ani	14	0	88	2 983	102	2 983	3 085
> 25 ani	199	149	47	173	246	322	568

^a Datele nu sunt disponibile pentru Bosnia și Herțegovina, Grecia, Muntenegru și Turcia

TEHNOLOGIA DIN CADRUL SERELOR

Cele mai multe sere au fost construite cu 10–25 de ani în urmă, la momentul tranziției de la proprietatea de stat la cea privată. Acestea sunt, în principal, tuneluri și sere fără încălzire, deși există, de asemenea, sere construite înainte de această perioadă, care, în timp ce încă funcționează, sunt slab întreținute (tabelul 4). Echipamentele și tehnologia aplicate în sere sunt depășite, iar costurile de producție sunt, prin urmare, ridicate. Există un număr mic de modele de sere sofisticate, numite „sere cu tehnologie înaltă”. Astfel de construcții pot fi echipate cu sisteme computerizate de control, al parametrilor climatici și o gamă largă de manipulări în scopul optimizării creșterii, cum ar fi umbrirea/răcirea prin casete umede și forjare pe suporturi, Încălzire, dezumidificare și iluminare artificială (Gruda și Tanny, 2014)⁴.

Legumele cultivate în serele din regiune, cum sunt tomatele, castraveții, ardeii și salata, pot conține ≥ 90–96% apă. Pentru aceste culturi, este indispensabilă disponibilitatea apei **de bună calitate într-o cantitate suficientă**. Suprafețele cu culturi protejate din regiune sunt, de obicei, situate în apropierea surselor de apă; cu toate acestea, pot apărea probleme provocate de deficit de apă, de exemplu, în Albania sau Republica Moldova. Sursa apei pentru irigare este, de asemenea, de importanță majoră. Apa din puțuri autoperforate sau colectate din canale de scurgere pot conține mult natriu sau clorură sau, de regulă, săruri cu un nivel înalt de solubilitate (conductivitate electrică [ce] ≥ 3 dS/m⁻¹), ceea ce poate duce la dereglări în creșterea plantelor. Apa de ploaie este o alternativă foarte bună și ușoară; cu toate acestea, sistemele de colectare nu sunt răspândite în regiune.

Managementul bun al irigațiilor este, de asemenea, fundamentală din diverse motive:

- Nu există precipitații naturale în cultivarea protejată – în cultura hidroponică, chiar și apele subterane nu sunt disponibile.
- În comparație cu producția în câmp deschis, există o mare intensitate și o cantitate mare de producție de biomasă pe tot parcursul anului.
- Producția se concentrează pe culturi cu valoare adăugată ridicată.

Date mai detaliate privind gestionarea irigațiilor nu sunt întotdeauna disponibile; cu toate acestea, irigarea prin picurare pare a fi cel mai extins sistem adoptat din regiune. Chestionarul a pus următoarele întrebări producătorilor din ESE: „în ce constă necesitatea de optimizare a sistemului de irigație?”, iar cele mai frecvente răspunsuri au fost: „pentru a reduce umiditatea”, „pentru a îmbunătăți sănătatea plantelor” și „pentru a trece de la sistemul deschis la cel închis în producția culturilor hidroponice”⁵.

Managementul integrat al dăunătorilor are un loc important în domeniul protecției plantelor în toate țările din ESE. Cu toate acestea, în realitate, micii proprietari de exploatații agricole din regiune nu implementează în mod obișnuit recomandările BPA.⁶

⁴ Vezi Partea II, Capitolele 1 și 7.

⁵ Vezi Partea II, Capitolul 3.

⁶ Vezi Partea II, Capitolul 5.

Cultivarea hidroponică a plantelor implică costuri inițiale ridicate și nu este larg răspândită. Cea mai mare suprafață de cultivare hidroponică este în Turcia (700 ha), unde sunt adoptate atât sisteme în buclă deschisă (sisteme cu ciclu deschis), cât și cele în buclă închisă (sisteme cu ciclu închis) – (tabelul 5). Sunt utilizate atât substraturi organice, cât și cele inerte. În unele cazuri, tehnica de film nutritiv (NFT) este adoptată în serele noi construite.

Fotografiile 3–6 oferă o imagine de ansamblu și câteva detalii privind producția culturilor hidroponice de tomate din apropierea Zagrebului, Croația. «Zarja Grupa d.o.o.» este un lider pe piața din regiune în producția de tomate proaspete, inclusiv tomate Cherry. Participanții la al șaselea Simpozion din Balcani privind legumele și cartofii au vizitat compania sus-menționată, fiindu-le organizat un tur tehnic.

Tabelul 5. Suprafața de cultivare a culturilor hidroponice în țările din ESE (ha)

Țara	Sisteme în buclă deschisă (cu ciclu deschis)	Sisteme în buclă închisă (cu ciclu închis)	Total
Albania	3	0	3
Bosnia și Herțegovina	4	0	4
Bulgaria	n.d.	n.d.	140
Croația	38.5	21.5	60
Grecia	50	130	180
Kosovo	0	0	0
Muntenegru	n.d.	n.d.	n.d.
Macedonia de Nord	18	0	18
Republica Moldova	2	0	2
Serbia	12.3	4.8	17.1
Slovenia	1	4	5
Turcia	n.d.	n.d.	700

n.d. = nu este disponibil



Foto 3. Vedere generală din seră



Foto 4. Vizită la «Zarja Grupa d.o.o.», Zagreb, Croația



Foto 5. Tomate cultivate în media în creștere Rockwool



Foto 6. Tomate Cherry produse în media Rockwool

Producția de pepinieră variază considerabil în rândul țărilor din ESE: de la cca 100% în Albania, Grecia, Turcia și Croația, la puțin peste 0% în Republica Moldova, fosta Republică Iugoslavă a Macedoniei, Muntenegru și Serbia. Gospodăriile agricole de pepinieră specializate utilizează sere moderne (de exemplu, sere cu acoperiș ridicat pasiv-ventilat – foto 7) și noile tehnologii (de exemplu, altoire). În unele țări, cultivatorii produc propriile transplanturi sau le importă din cele mai apropiate pepiniere specializate.

ENERGIE

De la prima criză energetică de la sfârșitul anilor 1970, au fost depuse mai multe eforturi de reducere a costurilor la încălzire. Producătorii beneficiază de o rentabilitate crescută, deoarece costurile mai mici la încălzire se combină cu recoltele îmbunătățite și calitatea superioară a produselor cultivate în sere; în plus, eficiența înaltă a consumului de energie se încadrează întocmai preocupărilor de mediu actuale și obiectivului de a reduce emisiile de dioxid de carbon (CO₂) în cadrul cultivării în spații protejate (Gruda și Tanny, 2014).



Foto 7. Interiorul seriei ventilate pasiv, utilizat pentru răsadurile de legume și transplant de legume, Albania



Foto 8. Răsaduri de ardei gata pentru transportare, Albania

La latitudini mai mici (de exemplu, în Turcia și Grecia), temperaturile din timpul zilei devin prea ridicate și este necesară ventilația pentru a asigura o răcire suficientă în timpul verii. În mod contrar, în climele temperate (de exemplu, în Slovenia și Republica Moldova), încălzirea este indispensabilă și – combinată cu ventilația – permite controlul temperaturii pe tot parcursul anului.

Micile exploatații de seră – unde țiteiul brut este sursa comună de energie – nu au echipamente de ultimă generație și au costuri energetice mai mari decât serele mari. În același timp, multe sere nu sunt bine echipate pentru eficiența consumului de energie (Gruda și colab., 2009). Cazele de încălzire învechite și sistemele de încălzire, termoizolarea nesatisfăcătoare și tehnologiile necorespunzătoare de cultivare duc la un consum excesiv de energie: 1 kg de țitei brut costă mai mult decât 1 kg de tomate. Automatizarea sporită este necesară pentru a îmbunătăți eficiența energetică a sistemelor de încălzire.

CERCETARE, EDUCAȚIE ȘI EXTINDERE

Importanța producției de seră este pe deplin recunoscută. Un curs sau un modul în acest domeniu este inclus în programele de învățământ superior în toate țările (cu excepția Sloveniei). Centrele de cercetare pentru culturile protejate funcționează în o treime din țările ESE: Turcia, Grecia, Croația și Muntenegru. Sunt necesare mai multe servicii de extindere și programe de instruire, în special în țările cu o suprafață mare și un număr mare de producători de culturi protejate.

Deși Bunele practice agricole sunt adoptate în serele cu o înaltă tehnologie, ele trebuie totuși să fie răspândite în rândul micilor cultivatori. Acesta este un obiectiv important al proiectelor de cercetare care implică cooperarea țărilor ESE. Un astfel de proiect este Grupul de lucru FAO din regiunea mediteraneeană, care se concentrează pe trei domenii principale: gestionarea și diseminarea informațiilor, instruirea și demonstrația, formularea și implementarea proiectului (Papazolomontos și colab., 2013).

BIBLIOGRAFIE

- Berczi, I.** 2012. *The Hungarian horticulture sector: Market overview and analysis of outdoor and greenhouse farms*. Ciechocinek, 10–12 Dec. 2012./Sectorul horticulurii din Ungaria: Prezentare generală a pieței și analiză a exploatațiilor agricole exterioare și celor de seră. Ciechocinek, 10–12 Dec. 2012.
- FAO.** 2014. FAOSTAT FAO Statistics Division (available at faostat.fao.org)./FAO 2014. Divizia de statistică FAOSTAT FAO (disponibilă pe faostat.fao.org).
- Gruda, N., Ruhm, G., Bokelmann, W. & Schmidt, U.** 2009. The effect of price increases of heating oil on horticultural companies in Saxony. Part I: Initial energy situation of glasshouse companies. *Berichte über Landwirtschaft*, 87(1): 87–105. (in German)/Efectul creșterii prețurilor la țiteiul brut asupra companiilor horticole din Saxonia. Partea I: Situația energetică inițială a companiilor de seră. *Berichte über Landwirtschaft*, (în germană) 87 (1): 87–105.
- Gruda, N., ed.** 2015. *Status report on the present situation of greenhouse crop sector in the South-Eastern European countries*. FAO Regional Working Group “Greenhouse Crops in ESE countries”. 105 pp./Raport privind situația actuală a sectorului culturilor de seră în țările din Europa de Sud-Est. Grupul Regional de Lucru FAO „Culturi în seră în țările ESE”. 105 pp.
- Gruda, N. & Tanny, J.** 2014. Protected crops. In G.R. Dixon & D.E. Aldous, *Horticulture – Plants for people and places*, Ch. 10 Vol. 1. *Production horticulture*. Heidelberg, Springer Science & Business Media, pp. 327–405./Culturi protejate. În G.R. Dixon & D.E. Aldous, *Horticultura – Plante pentru oameni și locuri*, cap. 10 Vol. 1. *Horticultură de producție*. Heidelberg, Springer Science & Business Media, pp. 327–405.
- Gruda, N. & Tanny, J.** 2015. Protected crops – Recent advances, innovative technologies and future challenges. *Acta Hort.*, 1107, 271–278./Progrese recente, tehnologii inovatoare și viitoare provocări. *Acta Hort.*, 1107, 271–278./
- Papazolomontos, A., Baudoin, W. & Litaladio, N.** 2013. Regional Working Group on Greenhouse Production in the Mediterranean region: History and Development. In *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO, Plant Production and Protection Paper 217. Rome, pp. 1–8./Grupul Regional de Lucru privind producția în sere în regiunea Mediteraneeană: istorie și dezvoltare. În Bunele practici agricole pentru culturi legumicole cultivate în seră. Principii pentru zonele climatice Mediteraneene. FAO, Document privind Producția și Protecția Plantelor 217. Roma, pp. 1-8
- Van der Veen, L. & Bejan, V.** 2013. *Horticulture in Romania*. Berenschot. 49 pp./Horticultura în România. Berenschot. 49 pp.

PARTEA II

Abordarea tematică

1. Construcții: proiectare, tehnologii și controlul microclimei

C. Kittas,^a N. Katsoulas^a și T. Bartzanas^b

^a Universitatea din Tesalia, Grecia

^b Centrul de Cercetare și Tehnologie, Hellas, Grecia

REZUMAT

Acest capitol oferă o imagine de în ansamblu asupra bunelor practici agricole pentru controlul climatizării de seră și a construcțiilor asociate și a aspectelor de proiectare din Europa de Sud-Est. Acesta prezintă principalele tipuri de seră din zonă și abordează cele mai relevante aspecte legate de controlul parametrilor climatici în sere și materialele de acoperire. Sunt asigurate orientările pentru materialele de acoperire fotoselectivă cu privire la producerea integrată de culturi în seră, cu o utilizare redusă a pesticidelor. Odată ce majoritatea serelor din zonă reprezintă construcții mici cu echipamente rudimentare, se acordă o atenție deosebită tehnologiilor pentru controlul climei în seră, cu accent pe încălzire și ventilație. Importanța ventilației naturale este evidentă: aceasta poate controla temperatura ridicată a aerului în timpul lunilor de vară și poate elimina, de asemenea, excesul de umiditate în timpul iernii și să mențină nivelul de CO₂ aproape de cel al aerului exterior. Sunt propuse sugestii pentru îmbunătățirea ventilației naturale prin modificări constructive și management optim. Sunt indicate recomandările BPA pentru sistemele de răcire prin evaporare.

PROIECTAREA SERELOR ÎN BAZĂ DATELOR CLIMOGRAFICE

Majoritatea plantelor cultivate în serele din țările ESE sunt specii de sezon cald, adaptate la temperaturi medii de 17–27°C, cu limite aproximative mai mici și mai mari de 10 și 35°C. Dacă temperatura minimă medie exterioară este < 10°C, probabil că este necesară încălzirea, în special noaptea. Când temperatura medie maximă exterioară este < 27°C, ventilația va preveni temperaturile interne excesive în timpul zilei; cu toate acestea, dacă temperatura maximă medie este > 27°C, poate fi necesară o răcire forțată. Temperatura maximă în seră nu trebuie să depășească 30–35°C pentru perioade îndelungate.

Pentru a determina caracterul corespunzător de climatizare al unei locații pentru seră, este necesar să se examineze diagrama climografică relevantă (Kittas, 1995). Diagramă climografică compară temperaturile medii lunare ale aerului cu iradierea globală corespunzătoare.

Întrebări-cheie

Selectarea site-ului

- Care sunt caracteristicile locației potrivite pentru seră?
- Este posibil să vă schimbați locația și când este momentul oportun?
- Care este cel mai potrivit tip de seră?
- Este oare necesară încălzirea în seră și/sau răcirea?

Materiale de acoperire

- Este o seră acoperită cu sticlă cea mai bună opțiune sau materialele alternative sunt mai potrivite, în funcție de loc?
- Ce materiale trebuie utilizate? Depinde oare materialul de cultură?

Control al climatizării

- Încălzirea și răcirea (dacă este posibil) pot oare îmbunătăți controlul productivității culturilor?
- Care sunt avantajele tehnologiilor de încălzire și răcire?
- Este oare încălzirea eficientă economic? Pentru ce culturi?
- Care sunt sursele de energie adecvate? Cum poate fi îmbunătățită eficiența energetică?
- Care sunt efectele umidității excesive? Cum poate fi redusă umiditatea excesivă?
- Care este efectul intensității luminoase mari?
- Cum pot fi evitate efectele negative ale căldurii excesive în seră în lunile de vară?

Apoi este posibil să se identifice perioada adecvată pentru cultivarea diferitor specii de plante, ținând cont de cerințele de încălzire, ventilație, umbrire și răcire. Prin urmare, diagrama climografică este un instrument potențial utilizat în evaluarea primară a caracterului adecvat și potrivit pentru cultivarea culturilor în regiunile ESE. Datele climografice (temperatura medie lunară a aerului și media integrată lunară a radiației solare) au fost colectate din Atena, Antalya, Belgrad, Ljubljana, Tirana, Sarajevo, Sofia și Zagreb, iar diagrama climografică pentru fiecare regiune este prezentată în figura 1. Luând în considerare, de asemenea, limitele climatizării în seră, menționate mai sus, este posibil să se stabilească cerințele controlului climatizării pentru seră în dependență de fiecare locație.

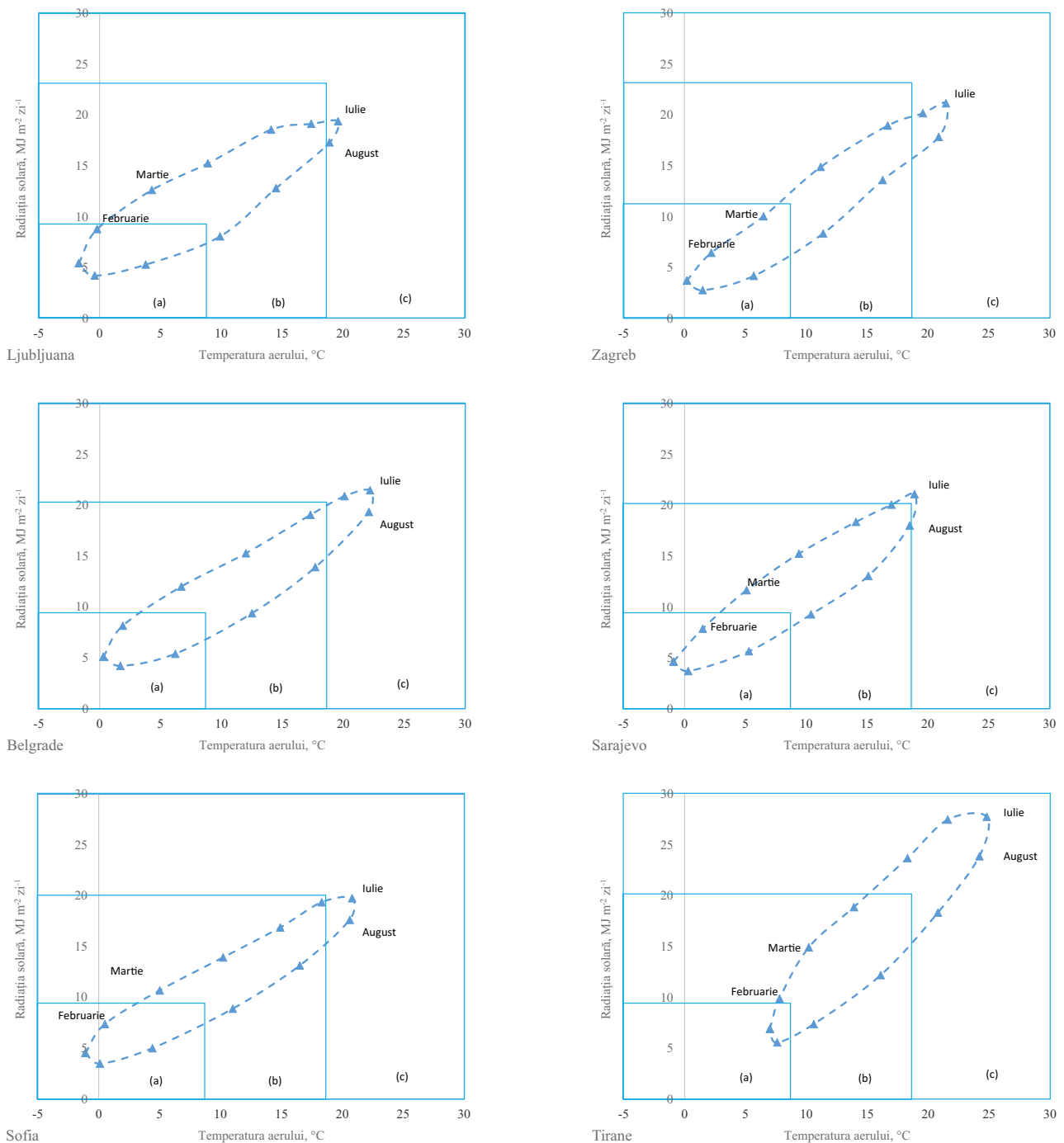


Figura 1. Media radiației solare zilnice și temperatura aerului în timpul anului pentru șase locații diferite din ESE

Echipamente de control al climatizării

Pentru cultivarea pe parcursul anului în regiunile enumerate de mai sus, este necesară încălzirea suplimentară pe timp de zi și noapte de la mijlocul lunii octombrie până la jumătatea lunii februarie în Belgrad, Ljubljana, Sarajevo, Sofia și Zagreb, unde temperatura medie lunară a aerului este $< 8^{\circ}\text{C}$ în această perioadă. Pe de altă parte, în aceste locații, există câteva cerințe de răcire sau umbrire vara, când temperatura medie a aerului din seră este $< 22^{\circ}\text{C}$. Cu toate acestea, în Atena și Antalya, ventilația naturală este insuficientă în perioada din lunile mai și septembrie, răcirea și umbrirea fiind necesare în aceste locații. În cele din urmă, cultivarea pe timp de iarnă în serele neîncălzite este posibilă numai în Atena și Antalya.

Proiectarea construcției

O construcție unică (tunel sau o seră unică/multispană) cu ventilație și umbrire poate fi utilizată din primăvară până toamna în toate regiunile; cu toate acestea, este necesar un sistem de răcire în Nicosia, Atena și Antalya (și parțial în Tirana) în perioada caldă (iunie-august). Aceeași construcție ar putea fi folosită pentru cultivarea în timpul iernii în Sarajevo, Zagreb, Belgrad, Sofia și Tirana (pentru culturile tolerante la temperaturi scăzute, de exemplu legume cu frunze), sau în Atena și Antalya (pentru culturile pentru care este bună/adecvată temperatura de $> 8^{\circ}\text{C}$).

Materiale de acoperire

Acoperișul este acel element care transformă o seră dintr-un schelet într-un mediu compatibil pentru cultivarea plantelor, capabil să atingă efectul de seră dorit. Acoperirea influențează caracteristicile microclimatului asigurat de seră. Există trei tipuri principale de acoperire a sereilor recomandate pentru regiunile sus-menționate din ESE: sticlă, foile de polycarbonat și folie de polietilenă. Fiecare oferă avantaje, dar din motive economice, peste 90% din serele din întreaga lume sunt acoperite cu material plastic (materiale polimerice).

Polycarbonatul este o alternativă accesibilă și eficientă din punct de vedere energetic la sticlă, mai ales în cazurile când o astfel de acoperire este soluția preferată. Foile de polycarbonat sunt mai durabile decât foliile de polietilenă, care trebuie schimbate la fiecare 4 ani. Mai mult, pătrunderea luminii este aproape la fel de eficientă ca în cazul sticlei, iar atunci când sera este prevăzută cu pereți dubli, factorul de izolare este ușor superior celui dublu stratificat cu o folie de polietilenă.

Foliile (peliculele) din polietilenă oferă o soluție accesibilă și eficientă pentru acoperirea sereilor. Datorită descoperirilor tehnologice în dezvoltarea foliilor din ultimii ani, acest tip de acoperire poate influența eficient clima din seră și asigura condiții optime pentru cultură. În rășină se pot include aditivi în procesul de fabricație a foliei, pentru a controla cantitatea și calitatea luminii care pătrunde în seră, precum și pentru a preveni probleme răspândite, cum ar fi condensul. Mai mult, atunci când sunt utilizate într-un strat dublu umplut cu aer, foliile de polietilenă pot oferi un factor de izolare care face sera să fie energetic mai eficientă și să reducă costurile la încălzire, pe parcursul anului sau în perioade specifice.

Pe piață sunt disponibile diferite tipuri de folii (pelicule), inclusiv cele de polietilenă cu proprietăți difuze, termice, antivirus, anticondensare și infraroșu. Fiecare din acestea are propriile sale caracteristici, avantaje și utilitate specifică. Foliile ce **absorb razele ultraviolete (UV)** nu numai că blochează dăunătorii insectelor, astfel contribuie la reducerea și răspândirea virusurilor transferate de insecte. Mai mult, foliile (peliculele) ce absorb razele UV pot reduce bolile culturilor cauzate de o serie de ciuperci care folosesc razele UV ca un indiciu de mediu pentru sporulare (Halevy, 1997; Antignus și colab., 1998; Costa și Robb, 1999; Costa și colab., 2002; Raviv și Antignus, 2004). Este bine documentat faptul că foliile (peliculele) cu absorbție de raze UV suprimă mai multe boli foliare (Kittas și colab., 2006). Într-un studiu al efectelor peliculelor cu absorbție UV asupra comportamentului și producției culturilor de vinete, absența radiațiilor UV a condus la creșterea înălțimii plantelor (21%), suprafață mai mare a frunzelor (17%) și recoltei de fructe ce pot fi puse în comerț. În ceea ce privește calitatea nutrițională, este bine stabilit că lumina afectează conținutul de licopen, precum și acidul ascorbic (Giuntini și colab., 2005) și alți compuși care

contribuie la compoziția biochimică a fructelor. Unii autori raportează că radiațiile UV afectează metabolismul secundar al plantelor, restricționând producția de compuși absorbitori de raze UV, incluzând flavonoizi și alți compuși fenolici (Allen și colab., 1998; Caldwell și colab., 2003). Acești compuși afectează semnificativ compoziția fructelor și, prin urmare, calitatea nutrițională a fructelor. Conținutul de lycopen și acidul ascorbic sunt parametri de calitate de o importanță deosebită (Giuntini și colab., 2005). Cu toate acestea, în timp ce acidul ascorbic este prezent în toate legumele (Davey și colab., 2006), lycopenul se găsește numai în tomate de culoare roșie și pepene verde (Bramley, 2000). Papaioannou și colab., (2012) a testat efectul foliilor (peliculelor) ce absorb razele UV asupra recoltei și calității tomatelor și a ajuns la concluzia că, din punct de vedere al productivității și calității producției culturilor, utilizarea foliei (peliculei) de acoperire a serei cu absorbție de raze UV duce la reducerea numărului de fructe vătămate de insecte și dă o recoltă comercială similară sau mai mare; în același timp, caracteristicile calității fructelor (dimensiunea, forma), valoarea nutrițională (acid ascorbic și lycopen) și calitatea organoleptică (pH, aciditatea de titrare, solide solubile totale) nu sunt afectate.

Aplicarea materialelor de acoperire **fotoselective** care conțin pigmenți ce reflectă raze infraroșii (NIR) poate îmbunătăți controlul microclimei în seră înpe parcursul perioadei calde (Hemming și colab., 2006a). Pigmenții speciali contribuie la reducerea sarcinii termice rezultată din radiațiile solare primite fără a afecta radiația fotosintetică activă (PAR). Un material de acoperire fotoselectiv ideal pentru răcire ar reflecta incidența NIR pe acoperirea serei, cu o reducere corespunzătoare a încălcării termice a radiației solare de aproape 50%. Studiile de simulare au arătat că în condițiile medii de vară în Olanda, o acoperire a serei care reflectă raze infraroșu ar putea reduce temperatura medie a aerului din seră cu 1 °C. Pe de altă parte, diferențe mai mari s-au produs la temperatura cea mai ridicată a aerului din seră atunci când nivelurile de radiații solare erau la maxim (Hemming și colab., 2006a).

În cele din urmă, lumina difuză poate pătrunde mai adânc decât lumina directă într-un coronament al plantelor și poate crește fotosinteza. O cultură beneficiază de o distribuție uniformă a luminii la diferitele niveluri ale aparatului fotosintetic, iar acest lucru poate fi obținut prin utilizarea unor materiale de acoperire moderne care conțin pigmenți, macro- sau microstructuri capabile să transforme toată lumina directă în cea difuză. Cele mai eficiente materiale fac ca difuzarea luminii să nu fie redusă semnificativ în la pătrunderea luminii. Cu toate acestea, în majoritatea cazurilor creșterea luminii difuze diminuează transmisia totală a luminii (Hemming și Reinders, 2007). Lumina difuză pătrunde mai adânc într-un coronament al plantelor decât lumina directă. Hemming și colab. (2006b, 2008) au demonstrat majorarea producției cu 8–10% pentru castraveți în seră prin aplicarea de materiale difuzante, ceea ce indică avantajele luminii naturale difuze în sere. În regiunile sudice, culturile de vară sunt adesea umbrite folosind var, deoarece intensitatea luminii (solare) ridicată, combinată cu temperaturi ridicate ale culturii și deficitul presiunii de vapor (VPD) poate, de asemenea, afecta negativ fotosinteza.

VENTILAȚIE ȘI RĂCIRE

Serele (acoperite atât cu folie/plastic, cât și cu sticlă) acționează ca un colector solar și în zilele însorite captează radiațiile solare și determină creșterea temperaturii interioare („efectul de seră”). Dacă căldura nu este eliminată din seră, aceasta poate contribui la apariția condițiilor extreme pentru creșterea și dezvoltarea plantelor. Temperatura aerului interior poate fi redusă prin:

- reducerea radiațiilor solare de intrare (umbrire);
- îndepărtarea căldurii suplimentare prin schimbul de aer (ventilare ventilație); și/sau
- creșterea fracției de energie împărțită în căldură latentă (răcire prin evaporare).

Umbrire

Pentru umbrire sunt disponibile mai multe tehnici: vopsele, pânze exterioare pentru umbră, plase colorate, ecrane parțial reflectorizante, folie (peliculă) umedă de apă peste acoperiș și spume lichide între pereții serii. Fiecare oferă avantaje și dezavantaje. Umbrirea tinde să fie soluția cea mai puțin favorizată pentru răcirea serelor, deoarece poate afecta productivitatea (reducerea radiațiilor solare, ce poate duce la o fotosinteză scăzută a plantelor). Cu toate

acestea, umbrirea – prin reducerea aerului din seră și temperatura culturii – poate contribui, de asemenea, la creșterea productivității fotosintezei (fotosinteză minus fotorespirație) și la reducerea respirației mitocondriale, crescând astfel câștigurile de carbon și potențiala recoltă comercială. În plus, umbrirea poate contribui în unele cazuri la ameliorarea calității producției ca rezultat al creșterii semnificative a acțiunii radiației difuze, care este cunoscută pentru spori-
rea eficienței radiației.

Văruirea acoperișului este utilizată pe scară largă în timpul verii în Bazinul Mediteranean. Văruirea implică costuri reduse și nu afectează ventilația, spre deosebire de plasele de umbrire interne care reduc eficiența ventilației prin acoperiș. Pe de altă parte, dezavantajul major al văruirii este lipsa de flexibilitate: poziția și gradul de văruire aplicat nu pot fi ajustate în conformitate cu modificările naturale ale intensității radiației solare în perioada de recoltare. În plus, deși este ușor să aplicați o văruire suplimentară, este dificil să îndepărtați materialul la sfârșitul sezonului cald, când intensitatea radiației solare naturale scade și umbrirea poate restricționa percepția luminii de către cultură la niveluri critice.



VAN DER WERF

Foto 1. Umbrire prin văruirea foliei de acoperire a serei



FIRSTCON

Foto 2. Plasa de umbrire exterioară deasupra acoperișului serei



KATSOULAS

Foto 3. Ecran termic de umbrire interioară

Umbrirea mobilă poate îmbunătăți clima din seră, în special în perioada mai caldă parte a zilei. Aceasta reduce transpirația coronamentului și absorbția apei și contribuie substanțial la creșterea eficienței utilizării apei.

Ecranele de umbrire flexibile și eficiente au devenit din ce în ce mai răspândite în ultimii 15 ani (Cohen și colab., 2005; Castellano și colab., 2008). Umbrirea mobilă reduce sarcina energetică din seră, în special în situații de climă caracterizate prin cerere de evaporare ridicată și resurse de apă limitate (Lorenzo și colab., 2006).

Proprietățile optice ale ecranelor (tipul de țesătură și factorul de umbră) și natura văruirii aplicate (tipul și concentrația produsului) modifică raportul de radiație difuză-directă și performanța de răcire, reducând totodată temperatura aerului și a culturii. Există efecte ulterioare asupra radiației absorbite de cultură, conductanței stomatiale și asimilării nete a CO₂, și, prin urmare, creșterii și productivității culturilor.

Ventilare

Un sistem de ventilație adecvat este esențial pentru realizarea unui mediu optim de creștere în perioada de vară a anului. Ventilarea este cel mai simplu sistem de control al parametrilor climatici; este esențial pentru gestionarea temperaturii și umidității aerului. Se bazează pe diferența de presiune dintre seră și mediul exterior; această diferență se datorează diferențelor de temperatură între aerul din exteriorul și interiorul seriei.

Ventilație naturală

Ventilația naturală sau pasivă utilizează foarte puțină energie externă, și poate avea loc prin orificii de aerisire laterale, orificii de aerisire de pe acoperiș sau prin o combinație de orificii de aerisire laterale și celor de pe acoperiș (de obicei, în sere multispan). Aerul rece din exterior intră în seră prin orificiile laterale de jos, în timp ce aerul intern fierbinte iese prin orificiile acoperișului datorită diferenței de densitate între masele de aer cu temperatură diferită și având ca rezultat scăderea temperaturii în seră.

Pentru a preveni pătrunderea insectelor și a reduce utilizarea insecticidelor, este o practică obișnuită să poziționați ecrane de insecte în orificiile de ventilație. În timp ce ecranele cu ochiuri fine micșorează migrația insectelor și daunele ulterioare ale culturilor, ele reduc și rata de ventilație, provocând temperaturi și niveluri de umiditate mai ridicate, precum și o creștere a gradientelor termici din seră (Katsoulas și colab., 2006).

Recomandări GAP – Ventilație naturală

- Adoptați o suprafață totală de ventilație echivalentă cu 15–30% din suprafața podelei (> 30% produce un efect neglijabil asupra diferenței de temperatură).
- Poziționați ventilatoarele pe acoperiș luând în considerare următoarele:
 - Viteza optimă de ventilație pentru fiecare unitate de suprafață ventilată se realizează prin poziționarea ventilatoarelor cu clapetă (creând un unghi cu structura de seră pe măsură ce se deschid) cu fața spre vânt (100%), urmată de ventilatoare cu clapete orientate în partea opusă a vântului (67%).
 - Cele mai mici viteze/rate de ventilație prin acoperiș se obțin cu ventilatoarele de rulare deschise vertical la structura de seră (28%).
- Aplicați un factor de umbră de 20–40% pentru a menține temperatura aerului în seră la un nivel apropiat de temperaturii aerului vara în afara serei.
- Măriți suprafața de deschidere a ventilației cu aproximativ 50% atunci când utilizați ecrane rezistente la insecte.

Ventilarea mecanică

Întrucât ventilația naturală depinde foarte mult de condițiile exterioare de mediu, eficiența sa este limitată în diferite zone (sau perioade) cu viteze mici sau zero ale vântului. În plus, în timp ce eficiența crește în raport cu înălțimea serei, aceasta implică, de asemenea, costuri suplimentare. Prin urmare, ventilația mecanică reprezintă un mijloc alternativ pentru atenuarea excesului de sarcină termică.

Ventilația forțată se bazează pe crearea unui flux de aer prin seră. Ventilatoarele aspiră aerul pe o parte, în timp ce orificiile pe cealaltă parte lasă aerul să pătrundă. Ventilația forțată folosind ventilatoare electrice este cea mai eficientă cale de a aerisi o seră, dar nu este eficientă din punct de vedere energetic: ventilația unei sere situate în zona mediteraneeană consumă aproximativ 100 000 kWh pe un ha de seră.



KATSOULAS



KATSOULAS

Foto 4. Ventilarea mecanică: ventilatoare utilizate pentru extragerea aerului din interiorul serei: extern (stânga) și interior (dreapta).

Kittas și colab., (2001) au studiat influența ventilației în seră (naturală sau mecanică) asupra distribuirii de energie asupra unui coronament bine-udat de trandafiri timp de câteva zile în condiții calde mediteraneene (Grecia de Est în perioada de vară). S-a constatat că, atunci când nu

se limitează la o viteză de vânt externă prea mică, ventilația naturală poate fi mai adecvată decât ventilarea mecanică, deoarece creează un mediu mai umed și mai răcoros (deși mai puțin omogen) în jurul coronamentului.

Recomandări BPA – Ventilație mecanică

- Stabiliți capacitatea ventilatorului la aproximativ 30 Pa de presiune statică (3 mm pe manometrul de apă).
- Amplasați ventilatoarele pe partea adăpostită de vânt sau în capătul serei adăpostit de vânt.
- Stabiliți o anumită distanță între două ventilatoare care nu depășesc 8–10 m.
- În partea opusă a ventilatorului, lăsați o deschizătură pentru admisia aerului cu o suprafață mai mică de cel puțin 1,25 ori decât suprafața ventilatorului.
- Reglați viteza aerului de intrare, astfel încât să nu fie prea mare în zona plantelor – viteza aerului nu trebuie să depășească 0,5 m/s.
- Stabiliți închiderea automată a orificiilor de admisie și evacuare a aerului atunci când ventilatoarele nu sunt în funcțiune.

Răcire prin evaporare

Nici umbrirea, nici ventilația (naturală sau mecanică) nu poate reduce temperatura aerului în seră la niveluri sub temperatura aerului din exterior.

Dacă este necesară o temperatură mai joasă, trebuie să adopte un sistem de răcire prin evaporare. Sistemele de răcire prin evaporare se bazează pe transformarea căldurii sensibile în căldura latentă prin evaporarea apei livrate direct în atmosfera de seră (sistem de ceață sau stropitori/pulverizatoare) sau prin tampoane prin evaporare (suporturi umede).

Sistemul de ceață

Apa este pulverizată sub formă de picături mici (în intervalul de ceață, cu diametrul de 2–60 μm) cu presiune ridicată în aer deasupra plantelor, pentru a crește suprafața apei în contact cu aerul.

Viteza de cădere liberă a acestor picături este lentă, iar fluxurile aeriene din seră transportă cu ușurință picăturile. Aceasta poate duce la o eficiență ridicată a evaporării apei, păstrând frunzișul uscat.

De asemenea, ceața creează umiditate relativă ridicată, ceea ce contribuie la răcirea în seră.



KATSOULAS

Foto 5. Răcire prin evaporare cu ajutorul unui sistem de ceață

Recomandări BPA – Sistemul de ceață

- Rețineți că sistemele de înaltă presiune (40 bari) sunt mai eficiente decât sistemele de presiune joasă (5 bari).
- Localizați duzele sistemului de ceață cât mai sus posibil în seră pentru a permite evaporarea apei înainte ca picăturile să ajungă la suprafața culturii sau la sol.
- Mențineți o deschidere a ventilului de 20% din valoarea maximă a diafragmei în timpul funcționării sistemului de ceață.
- Rețineți că, deși costurile de investiție sunt în jur de 6,5 € per m^2 , costurile de funcționare nu sunt considerate semnificative.
- Utilizați instalațiile de apă sau cele de demineralizare de înaltă calitate cu sisteme de ceață de înaltă presiune.

Răcirea prin intermediul ventilatorului și a casetelor

Sistemul de răcire prin intermediul ventilatoarelor și casetelor de pe suporturi este cel mai frecvent utilizat la producerea legumelor în condiții de climă caldă. Aerul din exterior este suflat prin casete, care acoperă o suprafață cât mai mare. Casetele sunt păstrate umede permanent prin stropire. Apa din casete se evaporă și răcește aerul. Din acest motiv, umiditatea aerului exterior trebuie să fie scăzută (figura 2).

Debitul de apă, sistemul de distribuție a apei, capacitatea pompei, viteza de recirculare și debitul de ieșire a sistemului de răcire a ventilatorului și a casetelor trebuie să fie atent calculate și proiectate pentru a asigura ca caseta să fie suficient de umedă și pentru a evita depunerea de material în ea. Este esențial să se respecte indicațiile producătorului pentru selectarea și instalarea casetei. Sistemul consumă aproximativ 8–12 kWh/m² pe an pentru funcționarea ventilatoarelor și pompelor de circulație a apei.

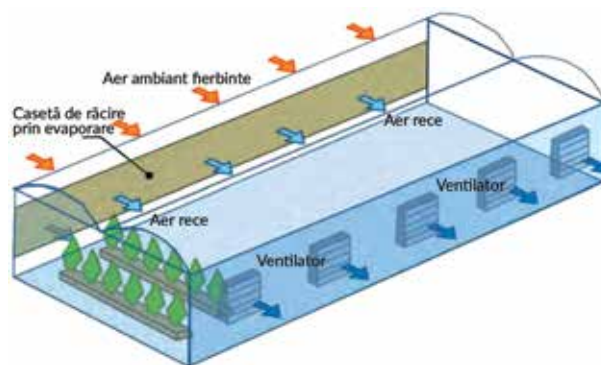


Figura 2. Răcire prin evaporare cu ajutorul ventilatoarelor și casetelor din seră (Franco și colab., 2014).

Recomandări privind BPA – Răcire prin intermediul ventilatorului și casetelor

- Reglați eficiența de răcire pentru a asigura umiditatea aerului în interior de aproximativ 85% la ieșire.
- Acordați atenție caracteristicilor materialului casetelor:
 - suprafață mare pentru evaporare;
 - proprietăți de umezire bune;
 - eficiență ridicată la creșterea umidității relative a aerului;
 - sursa unei pierderi mici a presiunii;
 - durabilitate.
- Stabiliți o suprafață a casetei de aproximativ 1 m² per 20–30 m² de seră. Suprafața casetei depinde de debitul de aer necesar pentru sistemul de răcire și viteza admisă a suprafeței casetei. Viteza medie a părții din față este de 0,75–1,5 m/s.
- Rețineți că un debit de aer de bază de 120–150 m³ per m² de suprafață de seră pe oră va permite funcționarea satisfăcătoare a unui sistem de răcire prin evaporare.

ÎNCĂLZIRE

Serele asigură un mediu controlat pentru producția plantelor cu lumina directă a soarelui, care crește temperatura aerului din interior. Cu toate acestea, pentru a asigura producția de o calitate acceptabilă pe tot parcursul anului, trebuie utilizate sisteme de încălzire. Temperatura optimă a aerului este esențială – nu numai pentru a obține o producție de înaltă calitate, dar și pentru combaterea bolilor și supraviețuirea plantelor.

Ridicarea temperaturilor scăzute din perioada de iarnă este ușor realizabilă prin furnizarea de căldură în seră în perioadele critice. Problema nu este tehnică (este ușor de încălzit un spațiu închis). Pe de altă parte, având în vedere costurile de capital și de funcționare relativ ridicate, aceasta este o problemă economică. Prin urmare, utilizarea sistemelor de încălzire convenționale sau alternative nu este răspândită în țările din ESE. Beneficiile economice ale sistemelor de încălzire din sere în țările ESE nu sunt evidente imediat, având în vedere concurența din țările cu o climă mai blândă (de exemplu, țările mediteraneene).

Necesarul de încălzire

Sunt disponibile mai multe formule pentru calcularea nevoilor de încălzire în sere (Hg) (W). Cea mai simplă formulă este propusă de ASAE (2000):⁷

$$Hg = U A (T_i - T_o) \quad (1)$$

unde

U = coeficientul total de pierdere de căldură (W/(m² K) (vezi Tabelul 1)

A = suprafața de acoperire a serei (m²)

T_i = temperatura aerului în interior⁸ (K)

T_o = temperatura aerului în exterior⁹ (K)

Rețineți că estimarea necesarului de încălzire în sere folosind ecuația (1) nu ia în considerare pierderea de căldură din cauza infiltrării. Pierderea căldurii prin infiltrare în aer depinde de vârsta, starea și tipul de seră. Serele mai vechi sau cele în, stare de uzură avansată în general, cu fisuri în jurul ușilor sau găuri în materialul de acoperire, prin care cantități mari de aer rece se pot infiltra. Serele acoperite cu foi mari de materiale pentru geamuri, foi mari de fibră de sticlă sau un strat unic ori dublu de plastic rigid sau flexibil sunt mai puțin supuse infiltrării.

Utilizarea rațională a încălzirii este necesară, deoarece încălzirea poate constitui ≤ 35% din totalul costurilor de producție. Consumul anual de energie pentru încălzire este foarte ridicat (de exemplu, 850 MJ/m² pentru tomate în zonele mediteraneene). În funcție de cultură, eficiența energetică în sere, combustibilul utilizat și eficiența sistemului de încălzire, costurile de încălzire sunt de obicei de 3,5–15 euro per m².

Tabelul 1. Coeficientul total al pierderilor de căldură la viteza vântului de m/s⁻¹

Materiale de acoperire	valoarea U, (W/(m ² K)
Sticlă într-un singur strat	6.0–8.8
Sticlă în strat dublu (9 mm spațiu aer)	4.2–5.2
Panou acrilic strat dublu (16 mm)	4.2–5.0
Plastic într-un singur strat	6.0–8.0
Plastic în strat dublu	4.2–6.0
Sticlă într-un strat plus folie termică:	
- folie unică (nețesută)	4.1–4.8
- o singură folie aluminizată	3.4–3.9

ASAE, 2000.

Sisteme de încălzire

Sistemul de încălzire trebuie să asigure căldura în seră la aceeași rată la care este pierdută. Multe sisteme de încălzire prezintă un dezavantaj major – diferențe notabile în distribuția parametrilor microclimatului în sere. Orice sistem de încălzire eficient din punct de vedere energetic care oferă un control **uniform al temperaturii** fără a utiliza mijloace dăunătoare plantelor este acceptabil. Mai multe tipuri de sisteme de încălzire sunt disponibile, dar două cel mai frecvent folosite sunt încălzitoarele de aer și conductele (țevile) de încălzire. Acestea pot fi, de asemenea, utilizate în combinație.

Încălzitoare de aer (unitate)

În acest sistem, aerul cald este suflat de la încălzitoarele echipate cu camere de combustie autonome. Ele pot fi montate pe podea sau pe suporturi, sunt alimentate, de obicei cu ulei sau țiței brut și folosesc ventilatoare pentru distribuția căldurii. Încălzitoarele de aer au o întrebuințare largă, deoarece acestea necesită o investiție relativ moderată de capital, sunt ușor de instalat, și

⁷ Deși această ecuație este simplă și utilizată pe scară largă, poate duce la o subestimare a necesităților de încălzire, în special în locații cu vânt puternic. Mai mult, este important să nu subestimăm schimburile iradierii termice în condiții de cer senin; care poate conduce la o scădere accentuată a temperaturilor în seră în condiții de cer senin (o apariție frecventă atunci când este mult vânt).

⁸ Aceasta este temperatura prevăzută.

⁹ Minimul mediu al anului pentru regiunea de interes.

pot fi ușor orientate să funcționeze pentru arii extinse, dacă este necesar. Încălzitoarele de aer trebuie să fie amplasate și îndreptate astfel încât aerul încălzit să pătrundă pe întreaga suprafață a serei. Încălzitoare sunt situate pentru a încălzi sera, fiecare din ele încălzind o suprafață de 180-500 m². Principalul dezavantaj al sistemului este distribuția eterogenă a căldurii. Cu toate acestea, acest lucru poate fi depășit prin conectarea încălzitorului la un sistem de ventilare legat de o conductă de aer sau polietilenă poziționată sub sau deasupra rafturilor cu containerele de culturi în proces de creștere sau deasupra culturii care va fi cultivată în sol. În acest caz, distribuția căldurii va fi mai omogenă în zona acoperită de cultură.

KATSOULAS



Foto 6. Tub de polietilenă sub cultură

KATSOULAS



Foto 7. Încălzitoare deasupra plantelor

Încălzirea centrală a conductelor

Aburul sau apa caldă este produsă și căldura distribuită în întreaga seră prin intermediul unui mecanism de încălzire – un sistem de conducte (oțel sau plastic) instalat în jurul perimetrului, sub rafturi sau deasupra. Sistemul cuprinde un cazan, supape și alte instalații de control. Spre deosebire de sistemele de încălzire, o parte din căldură de la sistemele centrale de boilere este livrată în zona radiculară și coroanei culturilor. Mediul încunjurător cald și curenții de aer mai reci formați în apropierea suprafeței culturilor pot conduce la reglarea creșterii plantelor cultivate și la un nivel mai ridicat de control al bolilor.

KATSOULAS



Foto 8. Cazan central

KATSOULAS



Foto 9. Conducte de încălzire

Poziționarea corectă a conductelor de încălzire este esențială pentru a preveni pierderea excesivă de căldură. Plasarea aeriană trebuie, în general, evitată, deoarece duce la pierderi considerabile de distribuție, de asemenea, căldură suplimentară la acoperiș, în special în zonele cu zăpadă; în plus, încălzirea aeriană este uneori utilizată pentru combaterea putregaiului cenușiu

(*Botrytis cinerea*) și pentru stimularea creșterii meristemelor apicale. Plasarea conductelor în pereți, pe de altă parte, duce la pierderi semnificative prin părțile laterale ale sereilor. Aceste pierderi pot fi parțial compensate de încălzirea perimetru-perete, care asigură un mediu termic uniform în seră. Aranjamentul optim, atunci când dispunerea permite, este încorporarea bobinelor (încălzire prin pardoseală). Conductele de încălzire poziționate în apropierea bazei plantelor încălzesc rădăcinile și coroana plantelor mai bine decât sistemul plasat deasupra culturii. Mișcarea aerului cauzată de conductele calde de sub rafturi reduce umiditatea din jurul plantei. Încălzirea prin pardoseală este mai eficientă decât încălzirea prin bobinele încorporate. În plus față de avantajele bobinelor încorporate, încălzirea podelei poate usca podeaua rapid – un avantaj major atunci când podelele inundate sunt folosite pentru irigații/fertilizare sau atunci când plantele sunt cultivate direct pe sol. În astfel de sisteme, mișcarea aerului cauzată de podeaua mai caldă reduce umiditatea din jurul plantei.

Termoregulator și echipament de control

Mai multe tipuri de termoregulate și echipamentul de control a mediului sunt disponibile pentru obținerea producției comerciale în sere. Pentru acuratețea și eficiența maximă, urmați instrucțiunile de mai jos:

- Plasați dispozitivele de detectare la nivelul plantelor în seră (termoregulate atârâte la nivelul ochilor sunt ușor de citit, dar nu asigură primirea datelor necesare pentru un control optim asupra mediului).
- Instalați un număr corespunzător de senzori pe suprafețele de producție (≥ 2 per compartiment), deoarece parametrii climatici (temperatura aerului, umiditatea aerului) pot varia semnificativ într-un spațiu mic din cauza eterogenității climatice.
- Nu amplasați termostate sub radiații solare directe, deoarece acest lucru va duce în mod evident la date incorecte.
- Montați termoregulatele, astfel încât acestea să fie orientate spre Nord sau amplasate într-o locație protejată.
- Asigurați aerisirea și izolarea senzorilor de temperatură pentru a evita absorbția energiei radioactive și pentru a garanta măsurarea precisă a temperaturii și umidității aerului.

Încălzitoare și generatoare de energie

Încălzitoarele și boilerele depind de electricitate. În cazul în care o pană de curent apare în timpul unei perioade reci, cum ar fi o ninsoare puternică sau furtună de gheață, este probabilă pierderea culturilor din cauza înghețării. Un generator electric de rezervă este, prin urmare, esențial pentru orice operațiune din seră. Chiar dacă este folosit doar pe o noapte critică rece, este o investiție extrem de profitabilă. Capacitatea minimă a generatorului este de cel puțin 1 kW pentru 200 m² de suprafață totală în seră.

Încălzirea pentru protecția împotriva înghețului

În regiunile sensibile la îngheț, încălzirea în sere este utilizată atât pentru a proteja culturile de înghețuri, cât și pentru a menține temperatura aerului în seră la niveluri mai mari decât pragurile critice pentru controlul condensului. Sistemele de încălzire nu trebuie să fie grele și complicate; o unitate de încălzire este, de obicei, suficientă. În plus față de instalarea unui sistem de încălzire, pot fi luate și alte măsuri utile pentru a evita înghețarea fructelor:

- Amplasați peretele nordic adiacent unei structuri externe existente (de exemplu, o casă sau o clădire) pentru o protecție suplimentară împotriva vântului și o protecție termică.
- Folosiți apă pentru a depozita căldura (sistem simplu de încălzire solară pasivă). Butoaiele sau tuburile umplute cu apă și plasate în interiorul serei captează energia solară în timpul zilei și eliberează căldura pe timp de noapte atunci când temperatura scade.
- Asigurați izolarea termică a serei. Pentru construcțiile din plastic (material polimeric) a sereilor, plasați foile de polistiroil peste construcția serei pe timp de noapte și înlăturați-o în timpul zilei; adăugați un strat de plastic în interiorul serei pentru izolație suplimentară.

Energie geotermală pentru încălzirea serei

Încălzirea poate constitui până la 40% din costurile de exploatare a serei, în funcție de climă. Deoarece cerințele de energie a serei pot fi asigurate cu surse de căldură de nivel comparativ scăzut între 45 și 85 °C, serele sunt deosebit de potrivite pentru resursele geotermale.

În ultimii 25 de ani, energia geotermală în agricultură se utiliza cel mai des pentru încălzirea serelor. În multe țări europene, căldura geotermală este folosită pentru producerea legumelor, fructelor și florilor la scară comercială pe tot parcursul anului. Într-adevăr, serele constituie un procent mare din consumul total al produselor agricole cu o energie scăzută – entalpie. Utilizarea energiei geotermale pentru încălzirea serelor are mai multe beneficii (Popovski și Vasilevska, 2003):

- Costuri reduse în comparație cu alte surse de energie disponibile.
- Instalare și întreținere relativ simplă.
- Proximitatea rezervoarelor geotermale cu un nivel scăzut de entalpie în zonele serelor.
- Eficiență sporită prin utilizarea surselor de energie disponibile la nivel local.

Actualmente serele sunt singura cea mai semnificativă sursă de utilizare agricolă globală a energiei geotermale. Fructele și legumele de mare valoare, precum și pepinierele, sunt convenabile pentru producerea în sere. Serele cu energie geotermală oferă beneficii locale semnificative și dezvoltare economică. O seră medie poate economisi peste trei sferturi din costurile sale operaționale de combustibil folosind încălzirea geotermală. În regiunile mai calde, încălzirea serei este adesea efectuată în primul rând pentru controlul umidității, deoarece umiditatea scăzută redusă și incidența apariției bolilor la plante provocate de ciuperci.

Energia geotermală reprezintă un potențial enorm pentru extinderea în continuare a industriei horticole. Dezvoltarea largă a resurselor geotermale cu utilizare directă ar prezenta o contribuție importantă pentru a face din țările ESE exportatori importanți de legume.

Recomandări privind BPA – Încălzire

- Păstrați un dispozitiv de rezervă de încălzire în caz de defectare a încălzitorului.
- Utilizați sisteme solare pasive simple pentru a reduce necesitățile de energie și pentru a proteja cultura de condiții extreme.
- Nu închideți ermetic sera prea mult iarna, deoarece ventilația scăzută provoacă umiditate, iar concentrația de CO₂ a aerului scade sub punctul de compensare în serele supraizolate.
- Stabiliți o stație meteo care servește ca monitor de temperatură internă pentru seră.
- Plasați plantele pe rafturi în seră.
- Procurați și utilizați un termoregulator pentru a menține temperatura minimă constantă în seră.
- Instalați un sistem de alarmă pentru incendiu, fum și CO₂.
- Folosiți ventilatoarele de seră pentru circulația căldurii de la tavan spre podea.

Carta tehnică de verificare a sistemului de încălzire – Structura

- Acoperire:
 - Înlocuiți panourile deteriorate sau întunecate excesiv;
 - Reparați sau etanșați/izolați fisurile sau găurile;
 - Îndepărtați elementele de umbră inutile pentru a permite penetrarea luminii;
- Sistem de aerisire:
 - Reparați sau reglați orificiile de aerisire pentru a reduce fisurile la conexiunile suprafețelor;
- Izolația termică:
 - Operați/Realizați activitățile în baza unui ciclu complet;
 - Verificați dacă toate închizătoarele se închid corect;
 - Reparați toate găurile și fisurile.

Carta tehnică de verificare a sistemului de încălzire (continuare) – Sistemul de încălzire

- Încălzitor (aer compresat):
 - Verificați și curățați duzele arzătorului;
 - Asigurați-vă că aerul exterior adecvat este disponibil pentru arzătoare;
 - Verificați dacă conductele de evacuare au o dimensiune corectă și nu sunt obstrucționate/blocate;
 - Verificați dacă conductele de combustibil nu au scurgeri;
 - Verificați unitățile/elementele pentru reglarea de căldură privind fisurile, acumularea de carbon și murdărie.
- Cazane (abur sau apă caldă):
 - Verificați și asigurați-vă că valvele/supapele de evacuare sunt operaționale și nu au scurgeri;
 - Curățați tuburile – atât cele de încălzire, cât și cele prin care se furnizează apă;
 - Curățați lamele ventilatorului;
 - Țineți evidența exactă de tratare a apei;
 - Verificați presiunea de funcționare a cazanului și reglați ca presiunea să fie corectă;
 - Izolați încălzitorul de apă caldă sau cazanul;
 - Asigurați-vă ca cablurile să fie în stare bună;
 - Asigurați-vă ca apa de bună calitate să fie disponibilă pentru sistem.
- Sistem de livrare cu abur sau apă caldă și retur:
 - Fixați/reparați scurgerile conductelor;
 - Asigurați-vă că lungimea conductei este suficientă pentru a transfera căldura disponibilă în vederea menținerii temperaturii optime în seră;
 - Curățați conductele de încălzire, la necesitate, curățând atât interiorul cât și exteriorul, precum și aripioarele rețelei de încălzire;
 - Reglați robinetii supapei și înlocuiți-le dacă este necesar;
 - Verificați amplasarea corectă a conductelor pentru eficiență maximă.
- Control:
 - Asigurați-vă că ciclurile sau etapele de încălzire și răcire nu se suprapun;
 - Verificați exactitatea funcționării cu un termometru;
 - Calibrați, reglați sau înlocuiți termostatele;
 - Asigurați-vă că termoregulatele sunt situate în apropierea sau la nivelul plantei și nu sunt expuse la surse de căldură din apropiere.
- Generator de rezervă:
 - Curățați și verificați acumulatorul;
 - Eliberați și reumpleți rezervoarele de combustibil ale generatorului;
 - Verificați rezervorul de combustibil și conductele privind scurgerile;
 - Săptămânal lansați și activați funcționarea sistemului.

Bucklin și colab., 2009.

Recomandări practice pentru economisirea energiei

Antreprenorul poate reduce necesarul de energie pentru seră prin luarea deciziilor strategice în ce privește construcția, acoperirea și echipamentele de mediu (de exemplu, sistemul de încălzire, ventilație, răcire, ecrane/foliile).

Pentru orice decizie privind echipamentele, este esențial să se ia în considerare rentabilitatea investițiilor, și faptul că fiecare situație specifică este diferită. Cu toate acestea, se pot face unele recomandări generale cu privire la consumul de energie.

- Efectuarea de mentenanță în mod regulat a elementelor/componentelor serei (uși, acoperire, pereți laterali, fundație, oberlihturilor de ventilație, casete/ventilator de răcire, material pentru ecrane/folii etc.).
- Păstrați ușile închise, etanșați scurgerile de aer, înlocuiți materialul de acoperire rupt și ecranele/foliile rupte.

- Selectați materiale de acoperire a serelor cu capacitate de trecere redusă în spectrul infra-roșu.
- Utilizați ecrane termice (mobile) pentru zonele cu temperaturi medii sau temperaturi de noapte scăzute.

MANAGEMENTUL UMIDITĂȚII

Umiditatea este, potențial, factorul important de mediu cel mai dificil pentru a fi controlat în sere. Menținerea punctelor stabilite și corectarea umidității (excesul sau deficitul) poate fi o provocare chiar și pentru cele mai sofisticate echipamente de monitorizare și control. Problemele privind managementul umidității în sere sunt, de obicei, asociate cu niveluri ridicate de umiditate care apar preponderent în timpul perioadei reci a anului și care are ca rezultat condensarea pe suprafețele serelor sau plantelor. Condensarea are loc atunci când aerul cald, umed într-o seră intră în contact cu o suprafață mai rece (de exemplu, sticla, fibrele de sticlă, plastic sau componentele construcției). Aerul care intră în contact cu suprafața rece se răcește până la temperatura suprafeței. Dacă temperatura suprafeței este sub temperatura punctului de condens al aerului, vaporii de apă din aer se vor condensa apoi pe suprafață. Există forme de condensare grele între apus de soare și câteva ore după răsărit, cu o posibilă perioadă de vârf chiar înainte sau în momentul răsăritului. În timpul zilei, există suficientă încălzire în seră de la radiațiile solare pentru a minimiza sau a preveni condensarea, cu excepția zilelor foarte reci, cu nori. Condensarea poate duce la probleme semnificative, inclusiv germinarea sporilor patogeni fungici (de exemplu, *Botrytis cinerea* și mucegai pulverulent), iar în anumite perioade ale anului este aproape imposibil de evitat. Cu toate acestea, unii cultivatori aleg să ventileze și să încălzească sera concomitent, pentru a combate condensarea; acest lucru poate fi efectiv, dar nu este eficient din punct de vedere energetic.

Evitarea condensului în seră

Utilizarea combinată de sisteme de încălzire și ventilație

Practica comună este de a deschide orificiile de ventilație, permițând aerului exterior relativ uscat să înlocuiască aerul umed din seră. Această metodă nu consumă energie suplimentară atunci când excesul de căldură este disponibil în seră și ventilația este deja necesară pentru a reduce temperatura de seră. Cu toate acestea, atunci când ventilația necesară pentru a reduce temperatura este mai mică decât ventilația necesară pentru îndepărtarea umidității din aer, procesul de deumidificare consumă energie suplimentară. Aerul cald și umed al serei este înlocuit cu aer rece uscat din afară, iar temperatura din interiorul serei scade sub nivelul dorit. Apoi, apare necesitatea să se reîncălzească sera, care are ca rezultat consumul mai mare de energie.

Absorbția umidității folosind materiale higroscopice

Au existat puține cercetări privind aplicarea deumidificării higroscopice în sere, deoarece instalarea este complexă și utilizarea substanțelor chimice trebuie evitată în sere. În timpul procesului, aerul umed din seră intră în contact cu materialul higroscopic, vaporii de apă sunt absorbiți și căldura latentă de vaporizare este eliberată. Materialul higroscopic trebuie să fie regenerat la un nivel mai ridicat de temperatură. Până la 90% din energia furnizată materialului pentru regenerare poate fi returnată în aerul serei în baza unui sistem sofisticat care implică mai multe procese de schimb de căldură, inclusiv condensarea vaporilor produși în timpul procesului de regenerare.

Materiale pentru acoperire anti-picurare

Utilizarea materialelor de acoperire pentru anti-picurare este o tehnologie alternativă pentru deumidificarea serei. Folia (pelicula) anti-picurare conține aditivi speciali care elimină picăturile și formează în schimb un strat subțire continuu de apă care curge pe acoperiș și pe pereții laterali. Condensul de pe perete îndepărtează vaporii de apă din aer și umiditatea este redusă.

Recomandări privind BPA – Managementul umidității

- În amurg: Reduceți umiditatea la 70–80% în timpul nopții, pentru a preveni condensarea.
- În zori: Reduceți umiditatea pentru a preveni condensarea și inițiați transpirația pe măsură ce soarele răsare.
- Evitați ridicarea bruscă a temperaturii la răsărit, programând o creștere treptată înaintea zorilor și o perioadă de dezumidificare.
- Îndepărtați sursele de apă în exces din seră.
- Porniți ventilatorul din seră pentru a îmbunătăți circulația aerului.
- Deschideți geamurile sau ușa din seră și lăsați excesul de umiditate să iasă prin aerisire.
- Plasați surse de căldură radiante (de exemplu, butoaie de apă sau tuburi de plastic) în apropierea culturii pentru a menține suprafețele plantei puțin mai calde decât aerul.
- Folosiți ecrane termice noaptea pentru a preveni pierderea de căldură radiativă de pe suprafețele plantelor.

CONCLUZII

Pentru cultivarea cu succes în seră în regiunile ESE, principalele considerente sunt rezumate mai jos.

- Luați în considerare cel mai adecvat tip de seră – cele de tip tunel sau sunt recomandate sere acoperite cu polietilenă de tip multispun (cu mai multe blocuri).
- Este necesar un sistem de încălzire: încălzitoare de aer sau un sistem de încălzire centrală sunt cele mai potrivite.
- Este necesar un sistem de ventilație și răcire.
- Ecrane de insecte pot fi instalate în orificiile de aerisire ale sistemului de ventilație, dar efectul lor asupra reînnoirii aerului trebuie să fie luat în considerare.
- Cultivarea hidroponică (fără sol) este recomandată pentru sere și poate reduce necesitatea de a controla irigarea. Udările plantelor într-un mod non-limitat poate reduce necesitatea de a controla temperatura și umiditatea în condiții meteorologice cu temperatură înaltă.

În concluzie, în timp ce tehnologiile pentru controlul parametrilor climatici în condiții de seră persistă, este esențial ca controlul microclimatului serei să combine:

- alegerea celui mai adecvat sistem;
- dimensionarea corespunzătoare a sistemului de răcire; și
- automatizare.

Controlul parametrilor climatici corespunzător duce la creșterea eficienței energetice și la îmbunătățirea performanței culturilor și reprezintă un pas important către sustenabilitatea legumiculturii în condiții de seră. Cu toate acestea, este necesară continuarea cercetării și a studiilor.

BIBLIOGRAFIE

- Allen, D.J., Nogués, S. & Bakker, N.R.** 1998. Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis? *J. Exp. Bot.*, 49: 1775–1788./ Epuizarea ozonului și radiații UV-B crescute: există oare o amenințare reală la fotosinteză? *J. exp. bot.*, 49:1775 – 1788.
- Antignus, Y., Lapidot, M., Hadar, D., Messika, Y. & Cohen, S.** 1998. Ultraviolet- absorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests. *J. Econ. Entomol.*, 9(6): 1401–1405./Ecranele cu absorbție ultravioletă servesc drept bariere optice pentru protejarea culturilor împotriva dăunătorilor virusului și insectelor. *J. econ. Entomol.*, 9 (6): 1401 – 1405.
- ASAE.** 2000. Heating, venting and cooling greenhouses. *ANSI/ASAE EP406.3 MAR98*, 675–682./Încălzirea, ventilarea și răcirea serei. *ANSI/ASAE EP 406.3 MAR98*, 675 – 682.
- Bramley, P.M.** 2000. Is lycopene beneficial to human health? *Phytochem.*, 54: 233–236./ Este licopenul benefic pentru sănătatea umană? *Phytochem.*, 54:233 – 236.
- Bucklin, R.A., Jones, P.H., Barmby, B.A., McConnell D.B. & Henley, R.W.** 2009. *Greenhouse heating checklist*. University of Florida, IFAS Extension, Publication CIR791./Lista de verificare privind încălzirea în seră. Universitatea din Florida, Extensia IFAS, publicația CIR791
- Caldwell, M.M., Ballare, C.L., Bornman, J.F., Flint, S.D., Bjorn, L.O., Teramura, A.H., Kulandaivelu, G., Cox, S.E., Stushnoff, C. & Sampson, D.A.** 2003. Relationship of fruit color and light exposure to lycopene content and antioxidant properties of tomato. *Can. J. Plant Sci.*, 83: 913–919./ Relația culorii fructelor și expunerea la lumină la conținutul de licopen și proprietățile antioxidante ale tomatei. *Can. J. Plant Sci.*, 83: 913–1919.
- Castellano, S., Scarascia, G.M., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S. & Waaijenberg, D.** 2008. Plastic nets in agriculture: A general review of types and applications. *Appl. Eng. Agric.*, 24(6): 799–808./Plase de plastic în agricultură: O revizuire generală a tipurilor și aplicațiilor. *Appl. Eng. Agric.*, 24 (6): 799–808.
- Cohen, S., Raveh, E., Li, Y., Grava, A. & Goldschmidh, E.E.** 2005. Physiological response of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shading screens. *Sci. Hort.* 107(1): 15–35./ Răspuns fiziologic al frunzelor, creșterea copacilor și roada de fructe a pomilor de grapefruit sub ecrane reflectorizante de umbră. *Sci. Hort.* 107 (1): 15 – 35.
- Costa, H.S. & Robb, K.L.** 1999. Effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on flight behavior of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Tripidae). *J. Econ. Entomol.*, 92: 557–562./Efectele foliilor de plastic ale serelor cu absorbție ultravioletă asupra comportamentului zborului a *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) și *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Tripidae). *J. econ. Entomol.*, 92:557 – 562
- Costa, H.S., Robb, K.L. & Wilen, C.A.** 2002. Fields trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. *J. Econ. Entomol.*, 95 : 113–120./ Studii pe câmpuri care măsoară efectele foliilor de plastic ale serelor, absorbante de raze ultraviolete asupra populațiilor de insecte. *J. Econ. Entomol.*, 95: 113–120.
- Davey, M.W., Van Montagu, M., Inzé, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I.J.J., Diaz, B.M., Biurrun, R., Moreno, A., Nebreda, M. & Fereres, A.** 2006. Impact of ultraviolet-blocking plastic films on insect vectors of virus diseases infesting crisp lettuce. *Hort. Sci.*, 41: 711–716./Impactul foliilor de plastic cu blocare ultravioletă asupra vectorilor de insecte ale bolilor virusului care infestază salata crocantă. *Hort. Sci.*, 41: 711–716.
- Giuntini, D., Graziani, G., Lercari, B., Fogliano, V., Soldatini, G.F. & Ranieri, A.** 2005. Changes in carotenoid and ascorbic acid contents in fruits of different tomato genotypes related to the depletion of UV-B radiation. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 3174–3181./ Modificări ale conținutului de acid carotenoid și ascorbic în fructele de genotipuri diferite de tomate legate de diminuarea radiațiilor UV-B. *J. agric. Food Chem.*, 53:3174 – 3181.
- Halevy, A.** 1997. Is there an ideal cover for protected cultivation? In Proc. 14th International Congress for Plastics in Agriculture, Tel Aviv, Israel, 3–7 Mar. 1997./ Există oare o acoperire ideală pentru cultivarea protejată? În al 14-lea Congres Internațional privind materialele de plastic (materiale din polimer) în agricultură, Tel Aviv, Israel, 3 – 7 mar. 1997
- Hemming, S., Kempkes, F. Van der Braak, N., Dueck, T. & Marissen, N.** 2006a. Greenhouse cooling by NIR-reflection. *Acta Hort.*, 719: 97–106./Răcirea serei în baza reflecției NIR. *ACTA Hort.*, 719:97 – 106.
- Hemming, S., van der Braak, N., Dueck, T., Elings, A. & Marissen, N.** 2006b. Filtering natural light by the greenhouse covering – More production and better plant quality by diffuse light? *Acta Hort.*, 711:

- 105–110./Filtrarea luminii naturale prin acoperirea serei – Mai multă producție și o calitate mai bună a plantelor prin lumina difuză? *ACTA Hort.*, 711:105 – 110
- Hemming, S. & Reinders, U.** 2007. Light diffusion improves growth. *Flower Tech*, 10(6): 24–25./Difuziunea luminii îmbunătățește creșterea. *Flower Tech*, 10 (6): 24 – 25.
- Hemming, S., Mohammadkhani, V. & Dueck, T.** 2008. Diffuse greenhouse covering materials – material technology, measurements and evaluation of optical properties. *Acta Hort.*, 797: 469–476. / Materiale difuze de acoperire ale serei – tehnologie materială, măsurători și evaluare a proprietăților optice. *ACTA Hort.*, 797: 469 – 476.
- Katsoulas, N., Bartzanas, T., Boulard, T., Mermier, M. & Kittas, C.** 2006. Effect of vent openings and insect screens on greenhouse ventilation. *Biosys. Eng.*, 93(4): 427–436./Efectul de deschidere a orificiilor de aerisire și ecrane de insecte pe ventilația serei. *Biosys. ENG.*, 93 (4): 427 – 436.
- Kittas, C., Draoui, B. & Boulard, T.** 1995. Quantification du taux d' aération d' une serre à ouvrant continu en toiture. *Agric. & Forest Meteor.*, 77: 95–111. (în franceză)
- Kittas, C., Katsoulas, N. & Baille, A.** 2001. Influence of greenhouse ventilation regime on microclimate and energy partitioning of a rose canopy during summer. *J. Agric. Eng. Res.*, 79(3): 349–360./ Influența regimului de ventilație a serei asupra microclimei și distribuirii energiei într-o sera de trandafir în timpul verii. *J. Agric. Eng. Res.*, 79 (3): 349 – 360.
- Kittas, C., Karamanis, M. & Katsoulas, N.** 2005. Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop. *Energy & Buildings*, 37(8): 807–812./ Regimul de temperatură a aerului într-o seră cu ventilație forțată cu culturi de trandafir. *Energy & Buildings*, 37 (8): 807 – 812.
- Kittas, C., Tchamitchian, M., Katsoulas, N., Karaïskou, P. & Papaioannou, Ch.** 2006. Effect of two new UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. *Sci. Hort.*, 110(1): 30–37./Efectul a două noi folii (pelicule) ce absorb razele UV de acoperire a serei asupra creșterii și recolta culturii de vinete cultivate fără sol. *Sci. Hort.*, 110 (1): 30 – 37.
- Lorenzo, P., Garcia, M.L., Sanchez-Guerro, M.C., Medrano, E., Caparros, I. & Giménez, M.** 2006. Influence of mobile shading on yield, crop transpiration and water use efficiency. *Acta Hort.*, 719(1): 471–478./ Influența umbririi mobile asupra recoltei , transpirația culturilor și eficiența utilizării apei. *Acta Hort.*, 719(1): 471–478.
- Papaioannou, Ch., Katsoulas, N., Maletsika, P., Siomos, A. & Kittas, C.** 2012. Effects of a UV-absorbing greenhouse covering film on tomato yield and quality. *Span. J. Agric. Res.*, 10(4): 959–966./ Efectele unei folii (pelicule) de acoperire a serei ce absoarbe razele UV asupra recoltei și calității tomatoelor *Span. J. Agric. Res.*, 10 (4): 959 – 966
- Raviv, M. & Antignus, Y.** 2004. UV radiation effects on pathogens and insects pests of greenhouse-grown crops. *Photoch. Photobiol.*, 79: 219–226./ Efecte de radiație cu raze UV asupra agenților patogeni și a dăunătorilor culturilor cultivate în seră. *Photoch. Fotobiol.*, 79: 219 – 226.
- Sonneveld, P.J., Swinkels, G.L.A.M., Kempkes, F., Campen, J. & Bot, G.P.A.** 2006. Greenhouse with an integrated NIR filter and a solar cooling system. *Acta Hort.*, 719: 123–130./Seră cu un filtru integrat NIR și un sistem de răcire solară. *ACTA Hort.*, 719:123 – 130

2. Conservarea solului, fertilitatea și managementul nutriției plantelor

D. Savvasa,^a G. Ntatsi^a și P.E. Barouchas^b

^a Universitatea Agrară din Atena, Laboratorul de producere a legumelor, Atena, Grecia

^b Institutul de Învățământ Tehnologic din vestul Greciei, Departamentul de tehnologie agricolă, Laboratorul științei solului, Patra, Grecia

REZUMAT

Fertilitatea solului depinde de diferite caracteristici ale acestuia, inclusiv textura, porozitatea și proprietățile hidraulice concomitente, capacitatea de schimb de ioni, conținutul materiei organice, salinitatea și aciditatea, și nivelurile de substanțe nutritive disponibile plantelor. Cultivarea plantelor în sere modifică proprietățile solului și poate deteriora fertilitatea, care poate fi menținută numai prin conservare. Conservarea solului implică o combinație de strategii de utilizare și de gestionare a terenurilor care vizează nu numai prevenirea degradării terenurilor, ci și conservarea și ameliorarea sănătății și calității solului. Cele mai importante intervenții de conservare sunt cele menite să prevină eroziunea și salinizarea solului. O metodă rapidă și fiabilă pentru evaluarea stării nutriționale a solului serei este de a determina nivelul de nutrienți extrași din apă. O metodă alternativă este de a măsura extractele privind saturația. Acest lucru oferă o estimare mai fiabilă a conținutului de nutrienți din sol, dar procedura dată va lua cava timp, deoarece este necesar ca solurile-eșantion să se usuce și să se macine. În plus, fertilizarea echilibrată este esențială pentru producția de legume uniforme și de bună calitate în sere. În culturile cultivate în sol, aplicarea fertilizării lichide prin sistemul de irigare în baza analizei chimice a solului poate spori recolta și produce calitate.

INTRODUCERE

Fertilitatea solului este complexă și depinde de proprietățile fizice ale solului și de practicile de conservare și gestionare ale solului. Practicile adecvate de conservare și fertilizare a solului sunt esențiale pentru menținerea fertilității solului. Fertilizarea echilibrată și menținerea fertilității solului sunt importante pentru producerea de legume uniforme și de calitate în sere. Fertilizarea dezechilibrată cu o aprovizionare excesivă sau inadecvată de nutrienți poate provoca pierderi grave de recolte și deteriorarea calității. Dereglările nutriționale (deficiențe și toxicități) pot apărea în sol sau în mediul fără sol datorită practicilor de curențe nutriționale.

În sere moderne, furnizarea cu nutrienți în perioada de recoltare este combinată cu irigarea prin fertigare.

Întrebări-cheie

- Care sunt cele mai bune practici pentru gestionarea „conservării solului” în cultivarea în cadrul serei?
- Cum puteți menține și îmbunătăți fertilitatea solului în cultivarea în cadrul serei?
- Cum evaluați starea fertilității solului?
- Cum pot fi aplicate îngrășămintele minerale pentru a furniza nutrienții principali?
- Care este rolul aplicării materiei organice în timpul pregătirii solului?
- Care este scopul unui sistem de fertigare lichid?
- Cum observați simptomele deficienței de nutriție a plantelor pe culturi?
- Cum puteți evita concentrațiile excesive de nitrați în legumele cu frunze verzi, cum ar fi salata?

CONSERVAREA SOLULUI ÎN SERE

Noțiunea „conservarea solului” se referă la o combinație de **strategii de utilizare a terenurilor și de management** pentru a preveni degradarea solului, deteriorarea indusă de om sau naturală, epuizarea nutrienților din sol și distrugerea. Principalele amenințări privind solul pentru prevenirea prin acțiuni de conservare a solului sunt procesele de degradare a terenurilor – cum ar fi acidificarea, salinizarea (inclusiv sodificarea), eroziunea, contaminarea chimică a solului și modificarea prin suprautilizare – pe lângă pierderea de materie organică, biodiversitate redusă și epuizarea nutrienților. Utilizarea frecventă a mașinilor grele, rotația necorespunzătoare a culturilor și practicile necorespunzătoare de irigare pot accelera în continuare degradarea solului. Alți factori care contribuie la degradarea terenurilor sunt seceta, inundațiile generale, precum și inundațiile puternice sau regimurile termice nepotrivite pentru sol. Practicile ce vizează combaterea degradării terenurilor includ practicile de conservare a solului și tehnicile agricole, cum ar fi rotația culturilor, agricultura fără sau cu un nivel minim de arătură, agricultura de contur, controlul sedimentului, agricultura organică și terasarea (tabelul 1).

Tabelul 1. *Practicile de conservare a solului și tehnicile agricole la culturile din sere și cele din câmp deschis*

Practica de conservare a solului	Câmp deschis	Seră
Utilizarea apei de bună calitate	da	da
Fertilizarea echilibrată	da	da
Rotația culturii	da	nu
Încorporarea reziduurilor vegetale în sol	da	da / nu
Introducerea minimizată a substanțelor chimice pentru protecția culturilor	da	da
Agricultura fără aratul solului	da	da / nu
Agricultura de contur	da	nu
Teren menținut în stare de repaus	da	nu
Agricultura organică	da	da
Terasarea	da	nu

Savvas și colab., 2009.

Conservarea solului implică tratarea solului ca pe un **ecosistem viu**. Prin urmare, o practică agricolă importantă este de a returna materia organică în sol pe o bază continuă, luând în considerare potențialele dezavantaje ale eutrofizării substanțelor nutritive și emisiilor de gaze cu efect de seră (EGS). Materia organică îmbunătățește structura solului și disponibilitatea apei prin creșterea capacității de menținere a apei, promovează ratele de infiltrare a solului și îl protejează de compactare și eroziune.

Degradarea terenurilor în diversele sale forme este o problemă fundamentală.

Conservarea solului este o combinație de strategii de utilizare a terenurilor și de gestionare a acestora care vizează nu numai prevenirea degradării terenurilor, ci și conservarea și ame-



Foto 1. *Utilizarea mașinilor la culturile din seră trebuie aplicată cu atenție pentru a evita compactarea solului*

liorarea sănătății și calității solului. Punerea în aplicare a măsurilor de conservare a solului în combaterea degradării terenurilor este esențială în regiunile ESE, care sunt caracterizate de o extinsă biodiversitate și de resurse de sol de o valoare ecologică ridicată. Intensificarea producției în unele regiuni ale ESE și abandonul concomitent în altele reprezintă o amenințare majoră pentru sol. Conservarea solului și alte măsuri care vizează combaterea degradării terenurilor din cauza eroziunii și salinizării trebuie să fie implementate pentru a menține fertilitatea solului.

Practicile de conservare a solului nu sunt adoptate pe scară largă de către fermieri în majoritatea țărilor din ESE, în pofida opțiunilor tehnologice extensive pentru îmbunătățirea gestiunii solului. În plus, prevenirea degradării solului este limitată de deficitul de date. În 2006, Comisia Europeană (CE) a adoptat Strategia Tematică a solului (CE, COM, 2006) pentru a proteja solurile din întreaga Uniune Europeană (UE) de amenințările de bază, inclusiv eroziunea solului și salinizarea. Direcția Generală Mediu a Comisiei Europene și Agenția Europeană de Mediu (AEM) au identificat conservarea materiei organice a solului și atenuarea pierderii solului prin eroziune ca priorități pentru colectarea datelor aferente solului relevante pentru politicile la scară europeană.

Eroziunea solului la culturile protejate are loc atunci când agricultorii nu reușesc să prevină îndepărtarea solului cu ajutorul forțelor naturale și fizice. Practicile agricole necorespunzătoare includ tehnici precum prelucrarea profundă a solului și cultivarea în partea de sus și de jos a pantelor (spre deosebire de urmarea liniilor de contur), adițional la lipsa rotației culturilor și a culturilor de acoperire. În agricultură, eroziunea solului se referă la îndepărtarea stratului de sus a solului – fie prin forțele naturale ale apei și vântului, fie ca urmare a activităților agricole, cum ar fi aratul solului. Solul din stratul superior este cel mai fertil strat de sol, bogat în materie organică și micronutrienți minerali și, prin urmare, merită o atenție specială acordată de către cultivatori.

Salinizarea solului este o problemă majoră în țările din Sud-Estul Europei și se așteaptă ca încălzirea globală să crească amenințarea de salinizare secundară. Salinizarea este rezultatul acumulării de săruri și alte substanțe din apa la irigare și îngrășăminte. Sărurile acumulate includ sodiu, potasiu, magneziu și calciu, clorură, sulfat, carbonat și bicarbonat. Nivelurile ridicate de săruri dizolvate vor face în cele din urmă solurile nepotrivite pentru creșterea plantelor. Procesul de salinizare se referă la acumularea de săruri în sol și afectează aproximativ 7% din suprafața terestră globală și 3,8 milioane ha în Europa. Aceasta atrage după sine stresul apei și poate atinge niveluri toxice pentru plante. Principala cauză a salinizării este gestionarea necorespunzătoare a terenurilor agricole irigate. În situații extreme, daunele cauzate de salinizare sunt atât de mari încât devine imposibil de a inversa procesul, atât din punct de vedere tehnic, cât și economic. În unele cazuri de producție a culturilor vegetale, în special în sere, terenurile sunt abandonate, deoarece sunt prea sărate pentru a fi exploatate profitabil.

Salinizarea este o problemă potențială în special în solurile drenate slab atunci când nivelul apelor subterane nu este mai mare de 3 m și în soluri de sere situate în apropierea mării: apa salină se ridică la suprafață într-o mișcare capilară și apoi se evaporă prin suprafața solului. Salinizarea solului în cultivarea protejată este alimentată în principal de apă de irigare de calitate inferioară, supra-irigarea și drenajul sărac. Cele mai eficiente măsuri de combatere a salinității solului implică levigarea (scurgerea) sărurilor în exces prin drenaj îmbunătățit și/sau utilizarea pentru irigare a apei de o calitate mai bună. În cele mai multe cazuri, levigarea sării din solurile degradate de sare poate dura ani; în plus, cu excepția cazului în care sunt implementate ameliorări pe termen lung și practici durabile de gestionare a terenurilor, se pot returna condițiile inițiale.

FERTILITATEA SOLULUI

Solul are un impact major asupra succesului cultivării unei culturi, deoarece – cu excepția cultivărilor hidroponice – solul este mediul care stochează și oferă apă și nutrienți plantelor.

Starea nutrițională a solului la orice moment dat este o funcție a conținutului de substanțe nutritive ușor disponibile și substanțe nutritive cu fixare ușoară care pot deveni ușor accesibile plantelor. Termenul „ușor accesibil/disponibil” se referă la substanțele nutritive dizolvate în apa

solului (nutrienți solubili). Consumarea substanțelor nutritive solubile reduce concentrația lor în spațiul din jurul rădăcinilor.

Prin urmare, o cantitate suficientă de substanțe nutritive anorganice pentru plante presupune, în primul rând, că noile cantități de nutrienți vor ajunge în permanență în zona rădăcinii și – în al doilea rând – că noile rădăcini se vor dezvolta pentru a exploata noi zone ale solului.

Distanța maximă de la care rădăcinile capilare pot prelua nutrienți depinde, de regulă, de concentrația de nutrienți în sol și de factorii afectați de acesta. Nutrienții solubili în apă migrează spre rădăcină prin: 1) debitul masei apei; și 2) difuzie.

Ionii adsorbiți de încărcături electrice coloidale pot fi schimbați cu cei care se deplasează în mod liber în soluția de sol. Capacitatea solurilor de adsorbție a cationilor este exprimată cantitativ ca „capacitate de schimb cationic” (CEC). Tipul de schimb (adică ceea ce este adsorbit și ceea ce este eliberat) depinde de modificările concentrației ionilor în soluția de sol cauzată de activitatea rădăcinilor și a mișcărilor de apă, precum și de modificările pH-ului.

Capacitatea solului de a stoca substanțele nutritive și de a le elibera în cantități controlate se datorează CEC. De asemenea, CEC protejează nutrienții de levigare (cauzată de ploaie) și plantele de toxicități și fenomene de stres saline (care altfel ar apărea dacă toți ionii au fost dizolvați simultan în apa solului).



Foto 2. O cultură de tomate cultivată în sere într-un sol fertil

SAVAS

Fertilitatea solului

Un sol fertil este caracterizat prin:

- concentrații suficiente de nutrienți accesibili pentru plante;
- capacitate mare de schimb de ioni;
- pH adecvat;
- conținut ridicat de apă și accesibilitate la apă;
- capacitate mare de aer; și
- activitate microbiană ridicată (cu condiția ca flora microbiană să nu includă agenți patogeni pentru cultura specială).

Capacitatea de schimb cationic (CEC)

CEC este un indicator al:

- fertilității solului;
- capacității de retenție a nutrienților; și
- capacitatea de a proteja apa freatică de contaminarea cationilor.

CEC a solului depinde de tipul de argilă, de materia organică și de pH. Se măsoară în miliequivalenți (meq) de cationi adsorbiți la 100 g de sol uscat ($\text{meq}^+ / 100 \text{ g}$) sau, în SI, ca centimol (cmol) de cationi adsorbiți pe kg ($\text{cmol}^+ / \text{kg}$).

Pentru a estima accesibilitatea de nutrienți a plantelor, determinați CEC folosind soluții de acid dietilentriaminopentaacetic (DTPA) pentru a extrage macro- și microcationii plantelor disponibile, respectiv.

Nivel	CEC ($\text{meq}^+ / 100 \text{ g}$)
Mic	< 10
Mediu	10–20
Înalt	> 20

Tabelul 2 indică nivelurile optime de cationi interschimbabili și alte elemente nutritive. Determinarea cationilor interschimbabili este un proces complicat și de lungă durată, care necesită uscarea mostrelor de sol. În plus, metoda adoptată este recomandată numai pentru cationi; pentru a determina substanțele nutritive esențiale care apar ca anioni (fosfor, azot) sau compuși fără sarcină (bor), este necesar să se adopte alte proceduri (de exemplu, metoda Olsen, care este utilizată în mod obișnuit pentru estimarea fosforului disponibil pentru plantele din solurile mediteraneene).

NUTRIȚIA PLANTELOR ȘI FERTILIZAREA CULTURILOR DIN SERĂ CULTIVATE ÎN SOL

Fertilizare anorganică

La culturile din seră cultivate în sol, o parte din substanțele nutritive cerute necesare plantelor sunt aplicate ca o formă de bază a hrănirii complexe, în special fosfor, deoarece are mobilitate redusă în sol. Azotul, pe de altă parte, este foarte solubil în apă ca și sărurile de azotat și de amoniu și este furnizat prin sistemul de irigare după plantare. Această operațiune – cunoscută pe scară largă ca fertigare – economisește timp, forță de muncă și resurse și menține (sau chiar îmbunătățește) recoltele culturilor. Utilizarea pompelor de dozare adecvate sau injectoare pentru a menține concentrațiile optime de nutrienți în apa la irigare este o condiție prealabilă pentru nutriție vegetală echilibrată. Cu toate acestea, ceea ce este „optim” depinde, în special de cultura de seră, și concentrațiile nutritive trebuie să fie ajustate și adaptate corespunzător.

În majoritatea țărilor din ESE, mulți cultivatori de plante în sere determină ratele de aplicare de îngrășământ în baza „regulii degetului mare”, rezultând în excesul ratelor de aplicare a fertilizantului. Poate exista aplicarea excesivă a unuia sau mai multor nutrienți și a furnizării necorespunzătoare a altor nutrienți, exacerbând incidența toxicităților sau deficiențelor unice de nutrienți, sau chiar rezultând în dereglări multinutriționale. Este important să se adopte scheme de fertilizare echilibrate pe baza cerințelor de nutrienți din plante și a rezervelor de nutrienți din sol, determinate în rezultatul analizei chimice a solului. Apoi este posibil să se estimeze ratele optime pentru fiecare nutrient prin deducerea rezervelor de sol din totalul cerințelor plantelor.

Cu toate acestea, nu este simplu să se aplice această teorie. Cultivatorii se confruntă cu o gamă vastă de metode pentru a estima nivelurile de nutrienți disponibili în sol, iar datele analizei solului (chiar și cele mai credibile și exacte) necesită apoi interpretarea și conversia în recomandările cantitative (sub formă concentrațiilor nutritive optimă, fie în soluția de fertigare, fie în formula de îngrășământ care se aplică).

Tabelul 2. Nivelurile optime de cationi interschimbabili, P disponibil la plante (Olsen) și B (extragerea apei calde) în solurile serei pe baza experienței și practicilor de laborator standard

Nutrient	Interval optim (mg g ⁻¹ de sol uscat)	Nutrient	Interval optim (mg g ⁻¹ de sol uscat)
Ca	1 200–5 000	Fe	5–150
Mg	60–350	Mn	2–80
K	120–500	Zn	0.7–2
Na	> 500	Cu	0.5–2
P	10–40	B	0.3–1.5

Savvas și colab., 2009.



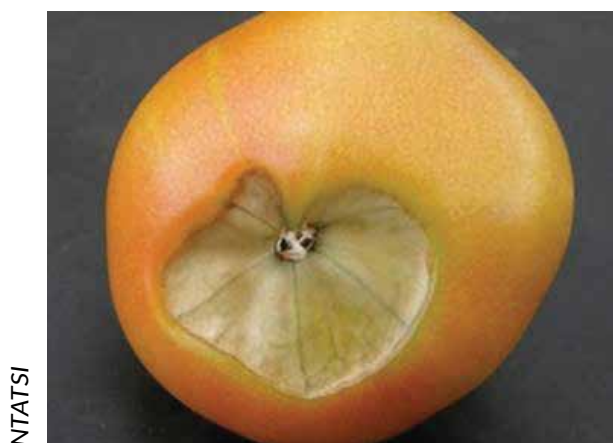
SAVVAS

Foto 3. Furnizarea de nutrienți prin sistemul de irigare folosind un sistem de pompe de dozare pentru a injecta soluții stoc (de bază) la conducta de irigare

Impactul nutriției vegetale asupra calității legumelor cultivate în seră

Impactul diferiților **macronutrienți** poate fi rezumat după cum urmează:

- **Potasiu (K).** O aprovizionare adecvată de potasiu îmbunătățește conținutul de zahăr și aciditatea titrabilă a fructelor de legume (Savvas și colab., 2009), ameliorează considerabil aroma fructelor. Nivelurile scăzute de K în plantele de tomate cultivate fără sol sunt asociate cu dereglări de coacere, în timp ce K adecvat îmbunătățește culoarea fructelor și restrânge incidența umărului galben (*“yellow shoulder”*) și a altor dereglări de culoare a fructelor.
- **Azot (N).** O furnizare crescută de azot la tomate peste un nivel standard al pragului poate reduce calitatea fructelor prin scăderea conținutului de zahăr.
- **Fosfor (P).** Se pare că variațiile din aprovizionarea cu fosfor a culturilor de tomate cultivate în sol nu influențează în mod semnificativ volumul total de substanțe solubile, pH-ul sau aciditatea sucului de tomate sau caracteristicile de culoare a fructelor.
- **Calciu (Ca).** Calciul joacă un rol-cheie în calitatea fructelor de tomate, ardei și vinete, în principal datorită impactului său asupra dereglărilor fiziologice, putrezirea vârfului fructelor (PVF) și putrezirea fructelor interne (Adams, 2002). În plus, o aprovizionare îmbunătățită de calciu poate reduce incidența fisurilor ramurilor, ceea ce duce la o deteriorare a calității fructelor.
- **Magneziu (Mg).** Magneziul nu afectează în mod direct calitatea fructelor de legume. Cu toate acestea, în condiții de deficit sever de Mg, dimensiunea și aspectul general al fructelor pot fi diminuate. Pe de altă parte, o alimentare cu Mg peste nivelurile standard recomandate poate crește considerabil incidența BER în culturile de tomate (Savvas și colab., 2008).



NTATSI



NTATSI

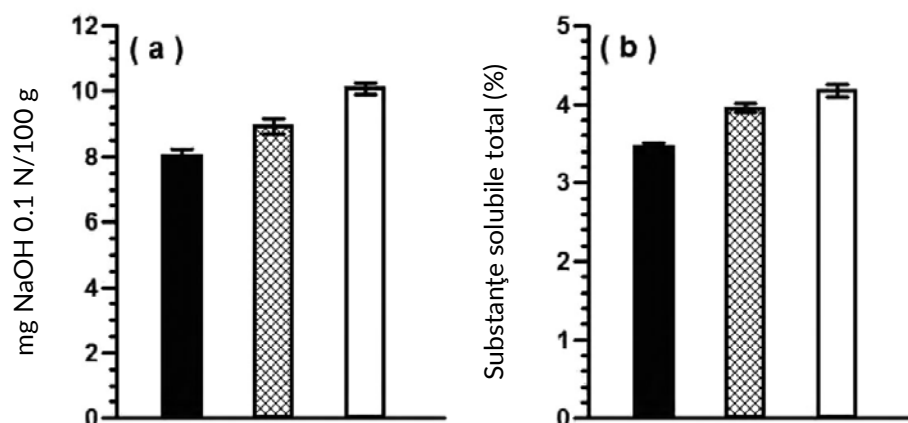
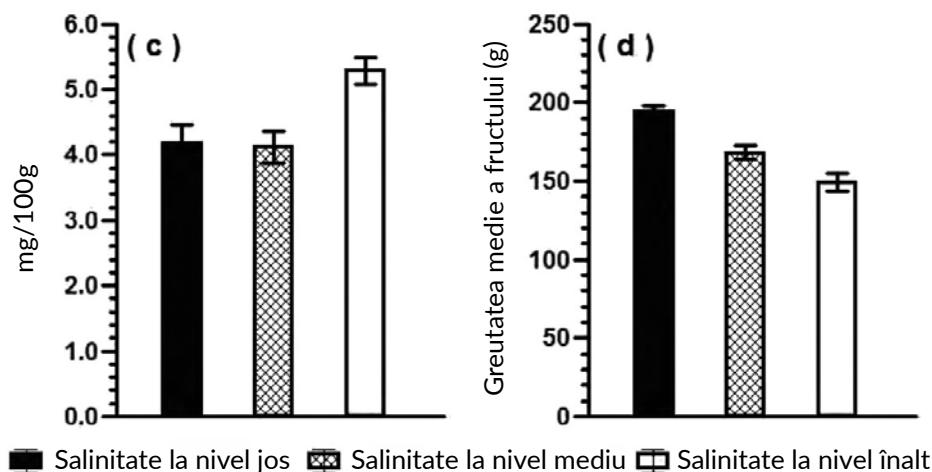
Foto 4. Simptomele PVF în fructele de tomate, cauzate de concentrația excesivă de Ca în rădăcinile plantelor de tomate

Micronutrienții pot afecta calitatea fructelor legumelor, dar numai atunci când plantele prezintă simptome severe de deficit a acestora, ca urmare a unui dezechilibru general al metabolismului plantelor. Oligoelementul ce are cel mai mare efect asupra calității fructelor este borul (B): o aprovizionare necorespunzătoare de B la tomate crește incidența fisurilor la ramuri, și incidența acestei dereglări poate fi redusă semnificativ prin pulverizarea frunzișului de tomate cu B.

Concentrația totală de sare în zona rădăcinii afectează, de asemenea, calitatea fructelor. În general, o creștere moderată de salinitate în mediul de la rădăcină îmbunătățește calitatea fructelor legumelor, dar depinde de cultură. În special:

- **Tomate.** În general, nivelurile moderate de salinitate sporesc volumul total de substanțe solide solubile, aciditatea fructelor, conținutul de substanță uscată, de acid ascorbic, fermitatea fructelor, concentrațiile totale de carotenoid și lycopene, precum și diverse alte atribute de calitate specifice. Figura 1 indică impactul salinității asupra nivelurilor de aciditate titrabilă, soluții solide totale și acid ascorbic în sucule fructelor de tomate.

- **Ardei, pepene galben, castraveți și alte fructe vegetale.** O creștere controlată a salinității îmbunătățește aroma și unele caracteristici suplimentare de calitate.
- **Legume rădăcinoase și de frunziș.** Salinitatea ridicată poate avea un efect indirect asupra calității, datorită impactului său asupra incidenței tulburărilor fiziologice, cum ar fi arsura vârfului frunzelor de salată.



- a) Pe aciditate titrabilă;
 b) pe soluții total solide;
 c) pe acid ascorbic în sucul de tomate proaspete;
 d) pe greutatea medie a fructelor.

Nivelurile de salinitate scăzute, medii și ridicate corespund la 2.5, 5.0 și 7.5 dS m⁻¹, induse prin includerea de 0.3, 21.5 și 43 mM de NaCl într-o soluție nutritivă standard pentru tomate, în mod respectiv.

Figura 1. Impactul salinității NaCl (Savvas și colab., 2009.)

TULBURĂRI FIZIOLOGICE

Erorile în fertilizare pot provoca **tulburări fiziologice**, având ca rezultat produse care nu pot fi puse pe piața comercială. O tulburare fiziologică tipică legată de nutriția plantelor este putregaiul vârfului înflorit (BER) care afectează culturile solanacee (tomate, ardei și vinete). Putregaiul de la vârful înflorit începe, de obicei, ca o mică zonă îmbibată cu apă la capătul înflorit al fructului și se dezvoltă într-o formă de putregai uscat. Această tulburare se datorează unei deficiențe localizate de **calciu (Ca)** în partea distală a fructului, ceea ce duce la dezorganizarea țesuturilor din cauza afectării membranelor plasmatice și/sau a pereților celulei. În cele mai multe cazuri, condițiile de mediu (de exemplu, umiditatea relativă scăzută în aer, temperatura ridicată a aerului și intensitatea radiației solare) și managementul asigurării cu îngrășămintă și irigații pot restricționa translocarea Ca în partea afectată a fructelor. De regulă, nivelul de Ca în fructe este corelat slab cu apariția de BER, probabil, deoarece deteriorarea celulelor fructelor din cauza lipsei de Ca are loc într-o perioadă de alungire rapidă a celulelor, în timp ce simptomele vizibile

apar mai târziu (odată ce s-a recuperat aprovizionarea cu Ca). BER apare în general în perioada caldă (primăvara devreme până în vară) și este rar în sezonul rece (de la începutul toamnei până în iarnă).

Apariția de pete colorate sau a punctelor/petelor în fructele tomatelor și ardeilor este, de asemenea, legată de nutriția plantelor, la fel ca coacerea pătată (neuniformă) (BR) a fructelor de tomate. În timp ce cea mai mare parte a suprafeței fructelor tomatelor se înroșește la maturare, unele pete rămân izbitor de verzi, gri sau galbene. Când predomină petele gri, tulburarea este cunoscută sub numele de „peretele gri”. Planta de tomate este mai susceptibilă la BR la niveluri relativ scăzute de nutrienți în zona rădăcinii; într-adevăr, a fost raportată o creștere a fertilizării cu azot pentru a reduce incidența BR internă. Tulburarea de umăr galben “Yellow shoulder disorder (YSD)” este o afecțiune de maturare/coacere a tomatelor caracterizată prin decolorarea țesuturilor proximale ale fructului, care rămân galbene sau verzi, în timp ce restul suprafeței fructului devine roșu. Există dovezi că este influențată de aportul de potasiu, azot și fosfor.

Fisurarea fructelor este o tulburare fiziologică legată de nutriție, care se găsește în fructele tomatelor și ardeiului. Apare atunci când fructul intern se extinde mai rapid decât epiderma, care apoi se desparte. Factorii care contribuie la întărirea pereților și membranelor celulare pot reduce incidența crăpării fructelor. Calciul este unul dintre acești factori, iar transportul adecvat al Ca la fructele de tomate reduce atât numărul de fructe crăpate, cât și severitatea crăcării.

Pe lângă NPK (a se vedea caseta), în funcție de rezultatele analizei solului, îngrășămintele de bază pot include și **magneziu (Mg)** și, în cazuri speciale, **calciu (Ca)** sau **micronutrienți**.

Azotul (N) este crucial pentru producția și calitatea legumelor în seră. Fertilizarea excesivă cu N poate duce la întârzierea maturității și formarea țesuturilor vegetale sensibile la boli. Concentrațiile mari de NO_3^- în părțile vegetale comestibile constituie o amenințare potențială pentru sănătatea umană și, prin urmare, multe țări au stabilit limite legale maxime. Cu toate acestea, nitratul nu se acumulează în fructe, prin urmare, conținutul nu este o problemă pentru legumele cu fructe. Cu toate acestea, nitratul se acumulează în frunze, tulpini și, într-o măsură mai mică, în părțile subterane ale plantei. Prin urmare, concentrațiile excesive de nitrați din legumele cu frunze cultivate în sere (de exemplu, salată și rucola) pot fi o problemă serioasă de sănătate pentru consumatori. Se recomandă păstrarea conținutului scăzut de nitrați în părțile vegetale comestibile (frunze, tulpini etc.) din culturile de seră cultivate pentru consum. Prin urmare, este important să se evite furnizarea excesivă de îngrășămintă cu azot. Atât NH_4^+N , cât și N legat organic conținut în uree, gunoi de grajd sau alte îngrășămintă organice, sunt transformate treptat în NO_3^- prin nitrificare în sol; o furnizare excesivă de îngrășămintă NH_4^+N sau de azot organic poate duce, de asemenea, la acumularea excesivă de NO_3^- în părțile comestibile vegetative.

O furnizare adecvată de **potasiu (K)** este importantă pentru recolta sporită și calitate în culturile de tomate în seră. Potasiul este foarte mobil prin floem; simptomele de deficiență apar, așadar, în frunzele mai în vârstă, iar deficiența severă de K provoacă necroza frunzelor mature. Cu toate acestea, este important să se evite excesul de K, care poate crește incidența putregaiului la vârful înflorit (BER) și a altor tulburări fiziologice legate de translocarea scăzută a calciului în fructe.

O furnizare adecvată de **fosfor (P)** este crucială pentru fructificarea optimă a fructelor și, prin urmare, o recoltă sporită în culturile de legume în seră. O cantitate ridicată de P pentru tomatele cultivate în sol crește atât cantitatea, cât și calitatea polenului, sporind rezistența datorită parametrilor gametofitului masculin. Asimilarea P depinde de temperatura solului: absorbția P scade semnificativ la temperaturile solului $< 14^\circ\text{C}$. În consecință, deficiența de P – caracterizată prin dezvoltarea unei culori de la vinețiu până la violet pe părțile inferioare ale frunzelor plantelor de tomate – poate apărea în soluri cu niveluri de P adecvate dacă temperatura solului scade sub 14°C pentru un oarecare timp.

Îngrășămintă complexe, de bază pentru cultivarea solului

Elementele nutritive furnizate solului prin fertilizatorii complecși de bază sunt:

- **Fosfor (P)** (corespunzător nevoilor complete ale unei culturi – datorită mobilității reduse)
- **Azot (N)** (doar o fracțiune din necesitățile totale – prin irigare după plantare)
- **Potasiu (K)** (doar o fracțiune din necesitățile totale)

În soluri fertile de seră bine administrate cu un nivel de pH de 6–7, cerințele de Ca, Mg, S și de micronutrienți ale tomatei pot fi acoperite de rezervele de sol. Cu toate acestea, trebuie făcută o analiză completă a solului cel puțin o dată pe an pentru a verifica fertilitatea solului și a o ajusta pe baza rezultatelor analizei. Un nivel scăzut de Ca în zona de rădăcină este rar un factor limitativ pentru creșterea vegetativă a tomatelor.

În ceea ce privește micronutrienții, factorul crucial pentru asigurarea adecvată a tomatelor cu Fe, Mn, Zn și Cu este pH-ul solului.

În cele mai multe cazuri, deficiențele acestor nutrienți sunt observate la niveluri foarte ridicate de pH în soluri, cel mai potrivit mod de a face față acestei probleme pe termen lung este să ajustați corect pH-ul solului. Cu toate acestea, antagonismul ionic între micronutrienții metalici poate contribui, de asemenea, la deficitul de micronutrienți. Deficitul de fier este asociat cu o reducere drastică a conținutului de clorofilă din frunze, care duce la simptome de cloroză. Aplicarea micronutrienților chelați – în special chelații de Fe – fie prin irigare, fie prin pulverizare foliară, poate preveni eficient sau chiar vindeca deficiențele de micronutrienți în solurile cu niveluri de pH nefavorabile.

Deficitul de bor (B) al tomatelor cultivate în seră poate apărea atunci când concentrația de B în sol este < 1,5 mg/g a solului uscat. Nivelurile scăzute de B în zona rădăcinii au ca rezultat frunze fragile și verzi palide, abscizia unei proporții mari a florilor, lipsa de fermitate în fructe și o reducere considerabilă a fructelor (mai ales dacă nu se aplică alte mijloace pentru polenizare, de exemplu, vibrația).

Gestionarea salinității în culturile de seră cultivate cu sol și fără sol

Pentru a face față prezenței sărurilor în apa de irigație folosită pentru prepararea soluțiilor nutritive, alimentarea cu apă trebuie să depășească consumul de apă, pentru a asigura scurgerea sării din mediul rădăcinii prin excesul de apă care curge. Este important să se prevină acumularea de concentrații ionice mari în apropierea rădăcinilor rezultate din dezechilibre între cantitățile de elemente furnizate și cantitățile prelevate de plante. În teorie, difuzarea poate atenua acest fenomen, dar este prea lent. Prin urmare, trebuie favorizate mișcările convective, realizate prin furnizarea de soluții nutritive în exces. Furnizarea soluției de nutrienți care depășește absorbția este, de asemenea, necesară pentru a contrabalansa deficiențele de irigare din secțiunile culturii de seră; astfel de deficiențe pot apărea ca urmare a variabilității emițătorului și a tubului sau din cauza pierderilor de presiune în circuitele de irigare. Pe de altă parte, supra-irigarea culturilor cultivate în substrat, care permite drenarea liberă a scurgerii soluției duce la risipirea apei și a îngrășămintelor, precum și la poluarea apelor subterane cu nitrați și fosfați. Prin urmare, irigarea trebuie limitată la minimul absolut cerut de cultură. De obicei, fracțiunile de lixiviere de 25-35% sunt recomandate în sistemele de cultivare fără sol. Cu toate acestea, dacă concentrația de sare în apa de irigație este excesiv de mare, chiar și fracțiuni de scurgere mai mari pot fi inevitabile.

Dacă aportul de nutrienți este echilibrat, creșterea și recolta culturilor hidroponice scad pe măsură ce salinitatea crește în zona de rădăcină (Sonneveld, 2002). Cu toate acestea, impactul salinității soluției de nutrienți asupra creșterii plantelor în hidroponică depinde și de condițiile climatice predominante. De regulă, efectele nocive ale salinității soluției nutritive sunt mai accentuate în condiții de intensitate ridicată a luminii și/sau umiditate scăzută a aerului. Pe de altă parte, nivelul excesiv de ridicat al umidității aerului poate crește efectele adverse ale salinității asupra creșterii plantelor, datorită afectării transportului de calciu către frunzele în creștere.

În rezumat, pentru controlul salinității în zona de rădăcină, aplicați următoarele practici:

- Folosiți apă de înaltă calitate.
- Utilizați raporturi de K : Ca : Mg adecvate în soluția de nutrienți.



SAVVAS

Foto 5. Plantele de tomate cu simptome de deficiență de Fe cauzate de un aport excesiv de Mn care acționează în mod antagonist la absorbția Fe

- Programați irigarea pe baza frecvenței și a fracției de levigare țintă.
- Reglați EC țintă în soluția de nutrienți furnizate culturii, luând în considerare conductivitatea electrică și compoziția soluției de drenaj.

Pentru a optimiza programarea irigației, frecvența de irigare trebuie să fie legată de aportul de energie (radiații solare, încălzire), de preferință folosind modele adecvate. Utilizarea apei de irigație pură pentru spălarea sărurilor din substraturi este o practică eronată, ceea ce duce la dezechilibre de nutrienți în zona de rădăcină – cu excepția cazului în care apa de ploaie este disponibilă.

În sistemele de cultivare cu ciclu închis, procentul de drenaj nu este restricționat de problemele de mediu, iar frecvența de irigare poate fi considerabil mai mare decât în sistemele de cultivare cu ciclu deschis. Frecvența ridicată a irigației îmbunătățește performanța culturilor datorită disponibilității mai mari de nutrienți, în special a P și Mn. Mai mult, frecvența ridicată de irigare este asociată cu nivelurile de umiditate ridicate constant în zona de rădăcină a plantelor cultivate cu substrat (crescând conductivitatea hidraulică a substratului și deci disponibilitatea apei). În ce privește salinitatea, irigarea frecventă care rezultă în fracții de drenaj ridicate poate întârzia rata acumulării sării în sistemele hidroponice închise, îmbunătățind astfel recolta și calitatea fructelor, fără a crește evacuarea efluenților de fertigare poluatori în mediu.

Reciclarea pe termen lung a soluției de levigat poate duce la o acumulare de ioni absorbiți puțin, cum ar fi Na^+ și Cl^- . Pentru a asigura un aport adecvat de nutrienți în astfel de condiții, este esențial să monitorizați concentrațiile de sare din soluția de drenaj pentru a estima contribuția sărurilor acumulate la conductivitatea electrică (CE) totală a soluției nutritive furnizate culturii. Prin urmare, CE a soluției nutritive de ieșire poate fi ajustată în timp real la o valoare care asigură un aport constant de nutrienți pentru cultură. În prezent, instrumente fiabile care asigură monitorizarea în timp real a nivelurilor specifice de ioni din soluția de drenaj nu sunt disponibile la prețuri accesibile pentru cultivator. O alternativă este dezvoltarea de modele de echilibru de masă capabile să simuleze acumularea de sare în soluția reciclată. Astfel de modele, care vizează o gestionare mai eficientă a salinității în sistemele hidroponice închise, au fost testate pentru castraveți, fasole, ardei și tomate (Savvas și colab., 2013). Aceste modele reprezintă un alt pas către dezvoltarea sistemelor inteligente concepute pentru automatizarea completă a aprovizionării cu nutrienți în culturile de seră cultivate în sisteme de cultivare cu ciclu închis.

Fertilizare organică

Îngrășămintele organice sunt produse din reziduuri vegetale sau animale (de exemplu, gunoi de grajd), produse secundare compostate din biomasă industrială (nucă de cocos, sfeclă de zahăr, făină de semințe de bumbac, turte de la moara de măsline etc.), reziduuri de cultură (frunze, tăieri etc.), alge marine, sânge și deșeuri de abatoare și reziduuri din industria de pește. Conținutul de nutrienți este, de obicei, mai mic decât în îngrășămintele anorganice. De exemplu, conținutul de N din gunoiul de grajd animal este de 0,4–1,3% în greutate (tabelul 3). Tabelul 4 prezintă îngrășămintele organice utilizate frecvent, indicând originea lor și conținutul de N, P_2O_5 și K_2O . Conținutul de nutrienți poate varia considerabil pentru un anumit îngrășământ organic. De exemplu, în făina de oase crude, conținutul de azot este de 2–6% și conținutul de fosfor de 15–27%.

Îngrășămintele organice sunt utilizate atât pentru fertilizarea de bază în culturile cultivate în sol, cât și ca modificări ale substraturilor organice. Unele îngrășămintele organice sunt preparate pentru a corespunde raporturilor nutritive specifice folosind diverse surse și apoi sunt vândute ca compuși organici de îngrășământ. Cu toate acestea, în mare parte N și o parte din P în astfel de îngrășămintele sunt legate în substanțe organice, și (deoarece plantele iau nutrienți în forma lor anorganică) fracțiunea organică legată de substanțe nutritive nu este imediat disponibilă. Acest lucru este în special în cazul cu N, care este eliberat treptat în timpul descompunerii materiei organice prin activitatea microbiană în sol.

Tabelul 3. Compoziția medie (% în raport cu greutatea totală) a gunoiului de grajd animal provenit din diferite specii animale

Specii de animale	Substanță uscată	Substanță organică	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Bovine	23	20	0.40	0.16	0.50	0.45	0.10
Ovine	36	32	0.80	0.23	0.67	0.33	0.18
Porcine	20	18	0.55	0.76	0.50	0.40	0.20
Pui	26	17	1.30	1.10	0.60	3.40	–

Tabelul 4. Compoziția substanțelor nutritive (% în raport cu greutatea totală) a câtorva îngrășăminte organice standard originare din materiale reziduale

Îngrășămintă	Sursa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Făină de lucernă și aglomerate sub formă de pelete de lucernă	Lucernă	2	1	2.4
Borhot de sfeclă	Reziduuri din industria sfeclei de zahăr	2	0.6	5.5
Masă de sânge	Sânge de abator	13	1.5	0.6
Masă osoasă	Oase de abator	4	20	0
Peleți de pui	Gunoi de pasăre	4	3	2.5
Masă de semințe de bumbac	Semințe de bumbac după extracția uleiului	6	0.4	1.5
Peleți de vaci	Gunoi de grajd	2	1.0	2.7
Masă din pene	Pene și gheare de pui	12	0	0.5
Emulsie de pește	Rămășițe fluide din industria peștilor	5	2	2
Masă de pește	Deșeuri de pește uscate termic	10	6	2
Guano (nivel înalt de N)	Gunoi de găinaț de pasăre uscat D Gunoi de găinaț de pasăre uscat	10	3	1
Guano (nivel înalt de P)	Gunoi de găinaț de pasăre uscat	3	10	1
Peleți de malț	Deșeuri de bere	5	1.4	4.8
Peleți de ricin (Ricinus)	Reziduuri din industria uleiului de ricin	5	1.5	8

^a Cifrele sunt valori medii calculate din diferite surse de literatură și trebuie considerate doar ca valori orientative.

Îngrășămintele organice sunt utilizate din ce în ce mai mult în agricultura organică. Sistemele agricole organice se bazează pe practici solide din punct de vedere ecologic (de exemplu, controlul biologic al dăunătorilor, compostarea, ameliorarea fertilității solului prin procese biologice și rotația culturilor) și excluderea utilizării substanțelor chimice sintetice în producția de culturi. În agricultura organică, numai îngrășămintele organice sunt folosite pentru a asigura N la recoltă. În horticultura organică, materialul sursă din îngrășământ trebuie să provină din agricultura organică pentru a exclude prezența reziduurilor de pesticide.

SAVAS

**Foto 6.** Cultura organică de tomate

Deoarece azotul furnizat este legat în substanțe organice, disponibilitatea N pentru plante depinde de ratele de mineralizare a materiei organice, iar acest lucru nu poate fi prezis în condiții de câmp. Prin urmare, asigurarea în timp util a plantei cu o cantitate suficientă disponibilă de N poate fi o problemă în agricultura organică, neasigurarea acesteia având ca rezultat recolte mai mici.

Rata de mineralizare cu N diferă considerabil între îngrășămintele organice. Procesul de mineralizare, de asemenea, depinde de temperatură, umiditate, pH-ul și NO_3 disponibil din sol.

Din punct de vedere ecologic, îngrășămintele organice necesită mai puțin combustibil pentru a fi produse (în comparație cu îngrășămintele anorganice – folosind procesul Haber-Bosch)

și există o reducere concomitentă a emisiilor de CO_2 . Pe de altă parte, îngrășămintele organice utilizate în sistemele de cultivare organice sunt asociate cu creșterea ratei de descompunere a materiei organice, ceea ce poate spori emisiile de N_2O și CO_2 în comparație cu sistemele convenționale de cultivare a culturilor. Cu toate acestea, cantitatea redusă de N furnizată culturilor în agricultură organică oferă o reducere netă a emisiilor de N_2O . În plus, în timp ce aplicarea gunoierului de grajd sau a altor materiale organice poate duce la emisii ușor crescute de CH_4 , emisiile fiind totuși scăzute.

Materia organică și fertilitatea solului

Prezența materiei organice în sol este crucială pentru:

- îmbunătățirea structurii solului (crește porozitatea solurilor argiloase și astfel permeabilitatea lor la apă și reduce dimensiunea porilor din solurile nisipoase crescând capacitatea de reținere a apei);
- eliberarea de nutrienți pentru plante prin descompunerea sa treptată;
- absorbția căldurii, care crește datorită culorii închise a humusului;
- activitatea biologică în sol.

NUTRIȚIA VEGETALĂ ȘI FERTILIZAREA ÎN CULTURILE HIDROPONICE

Principiile

În culturile hidroponice, toate substanțele nutritive esențiale din plante trebuie furnizate prin soluția nutritivă, cu excepția carbonului, care este preluat din aer ca CO_2 . În pregătirea soluțiilor nutritive, îngrășămintele anorganice furnizează toate substanțele nutritive esențiale, cu excepția fierului, care se adaugă în formă de chelați, pentru a-și îmbunătăți disponibilitatea pentru plante. Soluțiile nutritive pentru culturile hidroponice sunt în cea mai mare parte pregătite cu săruri anorganice extrem de solubile, dar sunt utilizate și niște acizi anorganici. Tabelul 5 enumeră îngrășămintele solubile în apă utilizate în mod obișnuit în cultura hidroponică.

Pentru culturile hidroponice în vederea comercializării, îngrășămintele necesare pentru a pregăti o soluție nutritivă sunt mai întâi amestecate cu apă pentru a forma soluții concentrate de bază (de stoc). Acestea sunt apoi amestecate cu apă de irigare pentru a forma soluția nutritivă.

Compoziția soluției nutritive

Compoziția unei soluții nutritive pentru o anumită cultură depinde de cerințele nutriționale ale speciilor de plante particulare. Este important să se acumuleze datele necesare din rezultatele experiențelor. De asemenea, sunt necesare analize și date suplimentare în timpul perioadei de recoltare pentru a monitoriza și ajusta starea nutrițională a zonei rădăcinii. În ultimele decenii, cercetările privind cultura hidroponică s-au axat pe compoziția soluțiilor nutritive și optimizarea nutriției în direcția eficientizării culturilor hidroponice. Lucrările de pionierat privind compoziția soluțiilor nutritive au fost efectuate de către oamenii de știință americani înainte de Al Doilea Război Mondial, rezultând în formula lui Hoagland și Arnon (1950), încă utilizate pe scară largă în scopuri de cercetare astăzi (tabelul 6). Eforturile de mai târziu s-au axat pe adaptarea acestei formule de bază la nevoile speciale ale speciilor individuale de culturi. Această activitate – susținută de noi evoluții în tehnicile și echipamentele analitice – a dus la formularea unor soluții nutritive specifice pentru fiecare specie de culturi cultivate în seră.

**Tabelul 5. Compoziția nutrienților (% în raport cu greutatea totală)
a unor îngrășăminte organice standard provenite din deșeuri**

Îngrășămintă	Formula chimică	Procentul de nutrienți	Greutate moleculară (g)	Solubilitate (kg/l, 0 °C)
Nitrat de amoniu	NH_4NO_3	N: 35	80.0	1.18
Azotat de potasiu	$5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$	N: 15.5, Ca: 19	1 080.5	1.02
Nitrat de calciu	KNO_3	N: 13, K: 38	101.1	0.13
Nitrat de magneziu	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N: 11, Mg: 9	256.3	2.79 ^a
Acid azotic	HNO_3	N: 22	63.0	–
Fosfat de monoamoniu	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N: 12, P: 27	115.0	0.23
Fosfat de monopotasiu	KH_2PO_4	P: 23, K: 28	136.1	1.67
Acid fosforic	H_3PO_4	P: 32	98.0	–
Sulfat de potasiu	K_2SO_4	K: 45, S: 18	174.3	0.12
Sulfat de magneziu	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg: 9.7, S: 13	246.3	0.26
Bicarbonat de potasiu	KHCO_3	K: 39	100.1	1.12
Chelați de fier	diverse tipuri	Fe: 6–13	–	–
Sulfat de mangan	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn: 32	169.0	1.05
Sulfat de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn: 23	287.5	0.62
Sulfat de cupru	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu: 25	249.7	0.32
Borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B: 11	381.2	0.016
Acid Boric	H_3BO_3	B: 17.5	61.8	0.050
Octaborat de sodiu	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	B: 20.5	412.4	0.045
Heptamolibdat de amoniu	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	Mo: 58	1 163.3	0.43
Molibdat de sodiu	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo: 40	241.9	0.56

^a La +20 °C.

Savvas și colab., 2013.

În practica comercială, nu este ușor să implementați aceste combinații de soluție nutritivă, deoarece **apa de irigare** este un factor suplimentar. În primul rând, compoziția sa minerală trebuie luată în considerare și, în majoritatea cazurilor, apa de irigație conține macronutrienți (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-}), micronutrienți (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , B and Cl⁻) și alți ioni non-nutrienți (HCO_3^- , Na^+) la concentrații aparent mari. Atunci când concentrația unui element nutritiv în apa de irigație reprezintă o fracțiune neneglijabilă a concentrației țintă în soluția nutritivă, cultivatorul trebuie să deducă cantitatea care este deja disponibilă în apa de irigare din totalul cantității necesare în soluția nutritivă. În al doilea rând, concentrația de bicarbonat (HCO_3^-) este foarte importantă, având în vedere că determină cantitatea de acid necesară pentru ajustarea pH-ului. În al treilea rând, concentrația de Na^+ determină conductivitatea electrică finală (CE) a soluției nutritive furnizate culturilor.

Tabelul 6. Compoziția soluțiilor standard de nutrienți, propuse de Hoagland și Arnon (1950) pentru uz universal și Sonneveld și Straver (1994) pentru cultivarea comercială a castraveților și tomatelor în rockwool.

Macronutrient	μmol/litru			Micronutrient	μmol/litru		
	Hoagland și Arnon	Sonneveld și Straver (castraveți)	Sonneveld și Straver (tomate)		Hoagland și Arnon	Sonneveld și Straver (castraveți)	Sonneveld și Straver (tomate)
NO_3^-	14.0	16.00	17.00	Fe	25.00	15.00	10.00
H_2PO_4^-	1.0	1.25	1.50	Mn	9.10	10.00	10.00
SO_4^{2-}	2.0	1.375	2.50	Zn	0.75	5.00	4.00
K^+	6.0	8.00	8.00	Cu	0.30	0.75	0.75
NH_4^+	1.0	1.25	1.00	B	46.30	25.00	20.00
Ca^{2+}	4.0	4.00	5.25	Mo	0.10	0.50	0.50
Mg^{2+}	2.0	1.375	2.00				

Selectarea valorilor de bază pentru soluția de nutrienți

- CE (conductivitate electrică) în S/m – o măsură a concentrației sărurilor în soluția nutritivă.
- pH.
- Nivelurile de K, Ca și Mg – introduse fie ca raporturi reciproce (K : Ca : Mg pe o bază molară, notate de X : Y : Z) sau ca concentrații fixe (mmol/litru).
- Nivelul N – determinat prin specificarea uneia dintre următoarele condiții:
 - raportul total azot/potasiu (total N/K notat cu R) în combinație cu raportul de amoniu la azotul total ($\text{NH}_4\text{-N}/\text{total N}$ notate cu N_r), ambele în bază molară;
 - raportul azot total/potasiu (total N/K în bază molară, notat cu R) în combinație cu o concentrație de $\text{NH}_4\text{-N}$ fixat (μmol/litru)
 - concentrația de $\text{NO}_3\text{-N}$ fixat (μmol/litru) în combinație cu raportul de amoniu față de azotul total ($\text{NH}_4\text{-N} / \text{total N}$ pe bază molară, notat cu N_r);
 - concentrația $\text{NO}_3\text{-N}$ fixat (μmol/litru) în combinație cu concentrația $\text{NH}_4\text{-N}$ fixat.
- Concentrația de H_2PO_4^- (μmol/litru).
- Concentrații de micronutrienți (μmol/litru) – anume Fe, Mn, Zn, Cu, B și Mo.

Concentrația acestor diferiți ioni de nutrienți și non-nutrienți variază în funcție de apa de irigare utilizată. Cultivatorii trebuie, prin urmare, să facă propriile calcule pentru a determina cantitățile de îngrășămintă necesare pentru a pregăti o soluție nutritivă cu o compoziție standard.

O altă problemă este că îngrășămintele cu un singur nutrient (cu excepția N) nu sunt disponibile și nu este posibil să se furnizeze o anumită cantitate de doar un macroelement.

De exemplu, potasiul solubil (K^+) poate fi adăugat la o soluție apoasă fie ca KOH sau ca o sare (KCl , KNO_3 , KH_2PO_4 , K_2SO_4 etc.), dar KOH furnizează nu numai K, dar, de asemenea, OH-ioni, provocând pH-ul soluției pentru a ajunge la niveluri dăunătoare plantelor. În mod similar,



Foto 7. Soluții stoc/de bază utilizate pentru prepararea soluțiilor nutritive

sărurile de potasiu furnizează un element suplimentar sub formă de anioni la un raport molar fix (în funcție de valența anionului, dar în mod normal fie 1 : 1, fie 2 : 1).

Pentru a depăși aceste complicații și pentru a evita repetarea laborioasă a muncii, programe de calculator au fost elaborate pentru a calcula cantitatea de îngrășăminte individuale necesare pentru a pregăti o soluție nutritivă dată luând în considerare, de asemenea, compoziția specifică a apei de irigare. Programul propus de Savvas și Adamidis (1999) poate fi aplicat cu ușurință.¹⁰

În cazul în care compoziția dorită a unei soluții nutritive este dată în funcție de concentrațiile țintă fixe, conductivitatea electrică (CE) a acestei soluții este, de asemenea, fixată și poate fi calculată utilizând următoarea relație (Savvas și Adamidis, 1999):

$$C = 9.819 E - 1.462 \quad (1)$$

unde E prezintă CE (dcm/m) și C suma concentrației de cationi (mEq/litru) în soluția nutritivă, incluzând, de asemenea, macro cationi non-nutritivi, în special concentrația Na^+ .



SAVVAS

Foto 8. Pregătirea soluției de nutrienți pentru plantele cultivate fără sol folosind o instalație automată de fertigare pentru controlul CE și pH-ului soluției de ieșire

Input-urile privind datele pentru soluția de nutrienți

- EC, pH și concentrația nutrienților (K, Ca, Mg, NO_3N , SO_4S , Mn, Zn, Cu, B, Cl) și ioni non-nutritivi (Na^+ and HCO_3^-) în apa de irigație folosită pentru prepararea soluției nutritive.
- Procentul de Fe în chelatul de Fe utilizat ca sursă de fier.
- Sursa disponibilă de P solubilă (KH_2PO_4 sau H_3PO_4) și procentul de H_3PO_4 pur în H_3PO_4 de calitate din comerț, dacă acesta din urmă este utilizat ca îngrășământ P (de obicei, 85%).
- Procentul de HNO_3 pur în HNO_3 de calitate din comerț, dacă acesta din urmă este utilizat pentru ajustarea pH-ului la prepararea soluției nutritive.
- Sursa disponibilă pentru B (vezi Tabelul 4).
- Sursa disponibilă pentru Mo (vezi Tabelul 4).
- Volumul soluțiilor stoc (m^3).
- Factorul de concentrare dorit – definit pentru un anumit îngrășământ ca raportul dintre concentrațiile sale în soluția din stoc și soluția furnizată culturii (în mod obișnuit 100, dictată de cea mai mică solubilitate a îngrășămintelor utilizate).

Prin urmare, atunci când sunt date numai concentrațiile de macronutrienți, dar nu sunt date raporturile de macronutrienți pentru a defini compoziția soluției de nutrienți, este lipsit de sens de a selecta o optimizare a CE, deoarece doar un singur CE fix, în special cel calculat prin ecuația (1), este fezabil. Din contra, în cazul în care compoziția indicată a soluției de nutrienți este definită prin selectarea rapoartelor optime a macronutrienților (macroelementelor), este posibil de a selecta orice CE dorită.

Procedura cuprinde masa îngrășămintelor (kg pentru macronutrienți și g pentru micronutrienți) care se adaugă în cele două rezervoare de soluție de stoc (A și B) pentru volumul dat.

Dacă compoziția optimă include concentrații de macronutrienți (spre deosebire de raporturi), se calculează și ținta CE. Valorile optime ale CE și pH-ului sunt apoi introduse în sistemul de control al instalației de fertigare utilizat pentru a pregăti automat soluția proaspătă de nutrienți prin diluarea soluțiilor de stoc.

¹⁰ Funcționează printr-o platformă Microsoft EXCEL® și este accesibil gratuit pe internet la http://www.ekk.aua.gr/excel/index_en.htm

Surse de macronutrienți, de regulă, sunt:

- **Ca**: azotat de calciu (fosfații de calciu și sulfatul au solubilitate scăzută, iar clorura de calciu ar duce la concentrații excesive de clorură).
- **Mg și SO_4^{2-}** : sulfat de magneziu (Mg suplimentar cu azotat de magneziu și sulfati suplimentari cu sulfat de potasiu).
- **P**: fosfat de monopotasiu (sau acid fosforic, în funcție de concentrația de bicarbonați în apa de irigare).
- **NH_4^+** : azotat de amoniu.
- **K**: azotat de potasiu (dar deducând orice K adăugat sub formă de sulfat de potasiu și fosfat monopotasiu).
- **Azotat-N**: azotat de calciu, azotat de magneziu, azotat de potasiu, azotat de amoniu și acid azotic (cerința de $\text{NO}_3^- \text{N}$ depinde de concentrațiile țintă de Ca, Mg, K, SO_4^{2-} , H_2PO_4^- în soluția nutritivă și concentrația de bicarbonați în apa pentru irigare; o anumită cantitate de acid fosforic este uneori utilizată cu acid azotic pentru a reduce pH-ul).

Concentrația de HCO_3^- în apa de irigare determină cantitatea de HNO_3 necesară pentru a controla pH-ul și, de asemenea, determină adăugarea de H_3PO_4 . La prepararea soluției nutritive proaspete prin diluarea soluțiilor de stoc cu apă de irigație, pH-ul este ajustat prin transformarea bicarbonaților conținuți în apa de irigare la CO_2 (Savvas și Adamidis, 1999); pentru a realiza acest lucru, acidul este adăugat la un H^+ : HCO_3^- molar raportul de 1 : 1.¹¹ Concentrația optimă P în soluțiile nutritive rareori depășește 1,5 mmol/l și cantitatea de acid fosforic adăugat trebuie să ia această limită în considerare. Cu toate acestea, concentrația de bicarbonat în majoritatea surselor de apă de irigare în țările mediteraneene este mult mai mare decât 1,5 mmol/l. Prin urmare, dacă concentrația de bicarbonat în apa de irigare depășește concentrația țintă P cu 0,5–1,0 mM, acidul azotic trebuie utilizat pentru a ajusta pH-ul țintă (fie în plus față de acidul fosforic, fie ca o sursă unică de H^+). Concentrațiile mari de HCO_3^- sunt, în esență, însoțite de concentrații la fel de mari de cationi (în special Ca^{2+} și Mg^{2+}). Astfel, atunci când se prepară o soluție nutritivă folosind apă cu o concentrație mare de HCO_3^- , un adaos crescut de NO_3^- sub formă de HNO_3 pentru a menține pH-ul este compensat de o furnizare scăzută de NO_3^- sub forma $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. În cazul în care o concentrație mare de HCO_3^- în apa este însoțită de o concentrație mare de Mg^{2+} , mai puțin Mg^{2+} se adaugă sub formă de MgSO_4 . Necesitatea de SO_4^{2-} este expusă sub formă de K_2SO_4 , rezultând în adăugarea redusă de NO – sub forma de KNO. Prin urmare, chiar și atunci când concentrația de HCO_3^- în apa este mare, nu există niciun risc de a adăuga prea mult NO_3^- la soluția nutritivă atunci când HNO_3 este utilizat pentru a ajusta pH-ul.

Surse de micronutrienți, de regulă, sunt:

- Fe: chelați de Fe;
- MN, Zn și Cu: sărurile respective de sulfati;
- B: tetraborat de sodiu, octaborat de sodiu și borax (în cultura hidroponică)¹²;
- Mo: molibdat de sodiu și heptamolibdat de amoniu¹².

În ultimele două decenii, siliciul a fost inclus în soluția nutritivă pentru nutriția plantelor hidroponice cultivate în sere. Siliciul este adăugat la soluția nutritivă sub formă de silicat de potasiu lichid ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{KOH}$), care are o reacție alcalină puternică și, prin urmare, trebuie să fie furnizată plantelor dintr-un rezervor de soluție de bază (din stoc) separat. Alcalinitatea ridicată a silicatului de potasiu este controlată prin creșterea dozei de injecție HNO_3 în timpul procesului de preparare a soluției nutritive. Creșterea furnizării de azot (sub formă de HNO_3) și a K (sub formă de $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{KOH}$) este compensată printr-o reducere a (KNO_3).

Atunci când soluția de drenaj este reciclată, este important să se asigure o aprovizionare adecvată cu nutrienți evitând acumularea. Rata de injectare a fiecărui nutrient individual la sistemul de cultivare cu ciclu închis trebuie, prin urmare, să fie mai mult sau mai puțin egală cu ritmul absorbțiilor plantelor (Sonneveld, 2002). Mai multe modele și abordări au fost propuse pentru a ajusta furnizarea de absorbție în sistemele hidroponice închise. Astfel de modele pot controla în

¹¹ Trebuie să existe un exces mic, astfel încât pH-ul să atingă un nivel la care efectul de tamponare a fosfaților va stabiliza efectiv pH-ul.

¹² Selecția îngrășământului B sau Mo depinde de disponibilitatea curentă sau de prețurile pieței și nu de adăugarea oricărui alt nutrient sau de compoziția apei de irigație.

mod eficient furnizarea de nutrienți în sistemele de cultivare cu ciclu închis, cu condiția ca acestea să fie calibrate pe baza unor date experimentale fiabile și reprezentative. Concentrația totală de nutrienți în soluția reciclată poate fi, astfel, menținută aproape de un nivel optim.

Controlul pH și nutriției cu azot în cultura hidroponică

pH-ul optim în zona radiculară la cele mai multe specii de culturi hidroponice este 5,5–6,5, deși valorile între 5,0–5,5 și 6,5–7,0 pot fi acceptabile, în funcție de cultură (Adams, 2002). Cu toate acestea, în cultura hidroponică, atunci când valorile marginale ale limitei optime de pH sunt menținute, există un risc sporit de depășire sau scădere sub aceste valori datorită volumului limitat de soluție nutritivă per plantă, care este disponibil în zona rădăcinii. Cele mai multe plante expuse la nivelul pH-ului extern de > 7 sau < 5 arată restricții de creștere (Sonneveld, 2002). Totodată, productivitatea unor specii de plante (de exemplu, gerberă și crizanteme tăiate) este mai bună la pH scăzut datorită susceptibilității mai mari a acestor specii la cloroza indusă de deficiențe de Fe, Mn, Zn și Cu.

În general, un pH $> 7,0$ (uneori chiar $> 6,5$) poate duce rapid la apariția simptomelor deficienței de P, Fe și Mn (uneori, de Cu și Zn). Apariția deficitului de P la pH $> 6,5$ –7,0 este atribuită transformării în creștere a H_2PO_3^- în HPO_3^{2-} , care nu este ușor de asimilat de către plante. În plus, precipitarea fosfatului de calciu la pH $> 6,2$ este un motiv suplimentar pentru a menține pH-ul sub acest nivel în zona rădăcinii plantelor cultivate hidroponic. Apariția deficiențelor de Fe, MN, Zn și Cu la pH $> 6,5$ –7,0 este asociată cu precipitarea crescută a acestor nutrienți.

Compoziția soluției nutritive în zona rădăcinii se modifică treptat, de regulă, datorită absorbției ionice selective de către plante, în conformitate cu cerințele lor nutritive. În perioadele de intensitate suficientă a luminii și de creștere rapidă, absorbția anionului depășește, de obicei, absorbția cationului, ca urmare a absorbției crescute a nitraților și a utilizării acestora. În ceea ce privește potențialul electrochimic, o absorbție mai mare a anionilor este compensată prin eliberarea de HCO_3^- și OH^- de către rădăcini. Ca urmare, pH-ul soluției nutritive în rizosferă crește. Cu toate acestea, în condiții de lumină slabă, activitatea de reducere a nitraților scade, impunând astfel o depresie a utilizării nitraților de către plantă și rate de absorbție în mod concomitent mai scăzute de NO_3^- . Prin urmare, absorbția totală a anionului este redusă. Pe de altă parte, o mai rapidă absorbție de cationi este compensată prin eliberarea de H^+ de la rădăcini. Prin urmare, în condiții de lumină slabă, pH-ul zonei rădăcinii nu tinde să crească rapid, iar în unele cazuri poate chiar scădea.

Dacă pH-ul soluției nutritive din zona rădăcinii scade sub intervalul optim, KOH, KHCO_3 sau K_2CO_3 poate fi folosit pentru a-l ajusta – injectat dintr-un rezervor de bază de soluție separat pentru a evita precipitarea fosfatului și carbonului. Controlul pH-ului în zona rădăcinii plantelor cultivate hidroponic necesită măsuri pentru prevenirea pH-ului ridicat (mai degrabă decât scăzut). În cazul în care procentul soluției de drenaj este relativ scăzut, o creștere a frecvenței de irigare și/sau a cantității de apă la fiecare ciclu de irigare ar putea restabili nivelurile normale de pH în zona radiculară. Cu toate acestea, când ajustarea programului de irigare nu reușește să reducă nivelul pH-ului la niveluri normale, poate fi necesar să se mărească aprovizionarea cu amoniu. Azotul este singurul nutrient care poate fi administrat plantelor prin fertigare atât în formele anionice (NO_3^-) cât și cationice (NH_4^+), în timp ce ratele de absorbție a ambelor forme de N sunt influențate de concentrațiile lor externe. Astfel, schimbarea $\text{NH}_4^-\text{N}/\text{NO}_3^-\text{N}$ în soluția nutritivă alocată fără a modifica concentrația totală de N poate modifica considerabil raportul de absorbție totală a cationului – anionului. Totodată, modificările în acest raport au un impact profund asupra pH-ului zonei radiculare. Într-adevăr, dezechilibrul cationului total asupra absorbției de anioni în rizosfera ce provine din absorbția îmbunătățită a NH_4^+ este compensat electrochimic prin eliberarea protonilor, având ca rezultat o scădere a pH-ului mediu. În mod similar, un exces de absorbție a anionului datorită creșterii ofertei de NO_3^- este compensat de către un aflux H^+ sau de extruziunea anionică echivalentă, care crește pH-ul soluției externe.

De regulă, utilizarea NH_4 ca o sursă unică sau dominante cu N afectează creșterea și restrânge recolta datorită toxicității ridicate a amoniacului la nivel intracelular. Prin urmare, recomandarea actuală pentru cultura hidroponică este aceea că NH_4^-N nu trebuie să depășească 25% din totalul aprovizionării cu azot (Sonneveld, 2002), deși speciile individuale diferă în răspunsul lor

la raportul de expunere $\text{NH}_4^+\text{-N}$ – total N și pH-ul zonei rădăcinii. În culturile hidroponice de legume cu frunze (de exemplu, salată verde și rucola), o înlocuire parțială a NH_4^+ cu NO_3^- în soluția nutritivă poate restrânge acumularea de NO_3^- în frunzele comestibile. În plus, excesul $\text{NH}_4^+\text{-N}$ la fructele legumelor solanacee poate crește incidența putrezirii vârfului fructului și a altor dereglări legate de Ca în fructe (Savvas și colab., 2008). În timp ce tomatele sunt tolerante la pH ridicat, acestea sunt susceptibile la pH scăzut în mediul rădăcinii cauzat de aprovizionarea cu amoniu ridicat, deoarece acesta afectează absorbția de Ca. Pe de altă parte, aprovizionarea insuficientă de NH_4^+ poate induce cloroză în tomate din cauza deficiențelor de micronutrienți. Pentru a menține pH-ul zonei rădăcinii în intervalul optim, fracția de alimentare $\text{NH}_4^+\text{-N}$ /total N trebuie ajustată corespunzător. În condițiile țărilor din ESE și în funcție de tipul de substrat, o gamă $\text{NH}_4^+\text{-N}$ /total N de 0,05–0,15 poate fi considerată un standard de ajustare a culturilor de tomate.¹³ 4

Recomandările privind BPA – Managementul nutriției plantelor în cadrul exploatațiilor agricole mici

Cultivarea solului

- Rețineți că capacitatea de adsorbție și de schimb de cationi a solurilor este exprimată cantitativ ca „capacitate de schimb de cationi”.
- Rețineți că absorbția substanțelor nutritive conținute în soluția solului duce la reducerea concentrației lor în mediul rădăcinii.
- Menținerea echilibrului corect: aplicarea excesivă a unui sau mai multor nutrienți este însoțită de o asigurare necorespunzătoare de alți nutrienți.
- Monitorizați cu atenție furnizarea: erorile în fertilizare pot induce dereglări fiziologice care duc la produse care nu pot fi comercializate pe piață. Dereglările fiziologice tipice legate de alimentația plantelor sunt putregaiul vârfului înflorit (BER), pete de culoare sau puncte și crăparea fructelor de tomate și ardei.
- Aplicați azot cu atenție: în timp ce furnizarea de azot este crucială pentru producția și calitatea legumelor cultivate în seră, fertilizarea excesivă de N poate duce la întârzierea maturității și formarea țesuturilor vegetale sensibile la boli. Azotul este singurul nutrient care poate fi furnizat plantelor prin fertigare atât în forme anionice (NO_3^-), cât și cationice (NH_4^+), în timp ce ratele de absorbție ale ambelor forme de N sunt influențate de concentrațiile lor externe.
- Asigurați-vă că (pentru majoritatea legumelor cultivate în seră) NH_4^+ nu depășește 15% din cantitatea totală de azot. De regulă, utilizarea NH_4^+ ca sursă unică sau dominantă de N afectează creșterea și recolta datorită toxicității ridicate a amoniacului la nivel intracelular.
- Reglați pH-ul solului pentru a asigura furnizarea de micronutrienți: pentru o furnizare adecvată de Fe, Mn, Zn și Cu, pH-ul solului trebuie să fie 6,0–6,8.

Cultivarea fără sol

- Furnizați toți nutrienții esențiali prin soluția de nutrienți, cu excepția carbonului, care este preluat din aer sub formă de CO_2 .
- Adoptați programe informatice speciale pentru calculul cantităților de îngrășăminte individuale necesare pentru a depăși complicațiile și a evita repetarea activităților care necesită un volum mare de muncă.
- Pregătiți o soluție nutritivă cu o compoziție dată, folosind apă pentru irigație cu o compoziție specifică.
- Includeți siliciul în soluția de nutrienți pentru plantele hidroponice din sere.
- Ajustați pH-ul pentru culturile cultivate hidroponic: pH-ul optim în zona de rădăcină a majorității speciilor de culturi cultivate hidroponic este de 5,5–6,5, deși valorile de 5,0–5,5 și 6,5–7,0 nu pot cauza probleme în multe culturi.
- Utilizați pompe de dozare sau injectoare adecvate pentru a menține concentrații optime de nutrienți în apa de irigație.

¹³ Rețineți că 15% este un procent prea mare pentru substraturi precum rockwool care nu are CSC.

Recomandările privind BPA – Conservarea solului și irigației în exploatațile agricole mici

Conservarea solului

- Gestionați cu atenție capacitatea de schimb a ionilor, conținutul materiei organice, salinitatea solului și aciditatea pentru a menține și a spori fertilitatea solului, optimizați textura solului, porozitatea și proprietățile hidraulice, și mențineți nivelurile de substanțe nutritive admisibile plantelor.
- Implementați măsurile pentru prevenirea eroziunii și a salinizării solului și menținerea unui conținut ridicat de materii organice pentru menținerea fertilității solului.
- Evitați compactarea solului.
- Reduceți la minim utilizarea produselor agrochimice și utilizați apă pentru irigare de bună calitate.
- Întoarceți materia organică solului în mod continuu.
- Acordați atenție stratului superior al solului – stratul cel mai fertil, fiind cel mai bogat strat de sol în materie organică și minerale argiloase.

Irigarea

- Asigurați-vă că rata de aprovizionare cu apă la culturile de seră depășește pe cea a consumului, pentru a asigura scurgerea sărurilor din mediul rădăcinii prin excesul de apă care curge.
- Evitați salinizarea solului: rețineți că, în culturile protejate, salinizarea este favorizată în cea mai mare parte de apa de irigație de calitate scăzută, irigare excesivă folosind apă de calitate proastă și drenaj slab.

BIBLIOGRAFIE

- Adams, P.** 2002. Nutritional control in hydroponics. In D. Savvas & H.C. Passam, eds. *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Athens, Embryo Publications, pp. 211–261./Controlul nutrițional în culturile hidroponice. În D. Savvas & H.C. Passam, EDS. producția hidroponică de legume și plante ornamentale. Atena, Embryo Publications, pp. 211 – 261.
- EC, COM.** 2006. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Thematic Strategy for Soil Protection. Commission of the European Communities, Brussels, 2006/231, Sept. 2006./ Comunicarea Comisiei către Consiliul, Parlamentul European, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor, Strategia Tematică pentru Protecția solului. Comisia Comunităților Europene, Bruxelles, 2006/231, septembrie 2006.
- Hoagland, D.R. & Arnon, D.I.** 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. St., Circ. 347* (revised by D.I. Arnon)./Metoda apă-cultură pentru cultivarea plantelor fără sol. Calif. agric. exp. St., Circ. 347 (revizuit de către D.I. Arnon).
- Savvas, D. & Adamidis, K.** 1999. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. *J. Plant Nutrition*, 22: 1415–1432./Gestionarea automatizată a soluțiilor nutritive bazate pe conductivitate electrică țintă, pH și raporturile concentrațiilor de nutrienți. *J. Plant Nutrition*, 22:1415-1432.
- Savvas, D., Ntatsi, G. & Passam, H.C.** 2008. Plant nutrition and physiological disorders in greenhouse grown tomato, pepper and eggplant. *Europ. J. Plant Sci. & Biotech.*, 2: 45–61./Nutriție vegetală și tulburări fiziologice în tomatele cultivate în sere. *Europ. J. Plant Sci. & Biotech.*, 2:45–61.
- Savvas, D., Olympios, C. & Passam, H.C.** 2009. Management of nutrition and irrigation in soil-grown and soilless cultivations in mild-winter climates: problems, constraints and trends in the Mediterranean region. *Acta Hort.*, 807(2): 415–426./Gestionarea nutriției și irigațiilor în culturile cultivate în sol și fără sol în climatul blând de iarnă: probleme, constrângeri și tendințe în regiunea mediteraneeană. *ACTA Hort.*, 807 (2): 415 – 426.
- Savvas, D., Gianquinto, G.P., Tüzel, Y. & Gruda, N.** 2013. Soilless culture. In *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO, Plant Production and Protection Paper 217. Rome, pp. 303–354./Cultura hidroponică. În Bunele practici agricole pentru culturile vegetale din sere. Principii pentru zonele climatice mediteraneene. FAO, Documentul privind Producția și Protecția Plantelor 217. Roma, pp. 303 – 354.
- Sonneveld, C.** 2002. Composition of nutrient solutions. In Savvas, D. & Passam, H.C., eds. *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Athens, Embryo Publications, pp. 179–210./Structura soluțiilor nutritive. În Savvas, D. & Passam, H.C., EDS. Producția hidroponică de legume și plante ornamentale. Atena, Embryo Publications, pp. 179 – 210.
- Sonneveld, C. & Straver, N.** 1994. *Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates*. Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables. Alsmeer/Naaldwijk, the Netherlands, Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, No. 8. 45 pp./Soluții nutritive pentru legumele și florile cultivate în apă sau substraturi. Secția de cercetare pentru Floricultură și Legume cultivate în sere. Alsmeer/Naaldwijk, Olanda, seria: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, nr. 8. 45 p.

3. Gestionarea irigației: probleme și oportunități

S. De Pascale,^a G. Barbieri,^a Y. Rouphael,^a M. Gallardo,^b F. Orsini^c și A. Pardossi^d

a Departamentul Științe Agricole, Universitatea din Napoli Federico II, Italia

b Departamentul de Agronomie, Universitatea din Almería, Spania

c Departamentul de științe agricole, Universitatea din Bologna, Italia

d Departamentul Agricultură, Alimentație și Mediu, Universitatea din Pisa, Italia

REZUMAT

Apa, atât în ceea ce privește cantitatea, cât și calitatea, este esențială pentru succesul producției legumelor în sere. Acest capitol cuprinde următoarele aspecte ale irigării culturilor legumicole în seră:

- eficacitatea utilizării și strategiile de economisire a apei;
- microirigații;
- programarea udărilor;
- managementul calității apei.

Fiecare secțiune oferă o imagine de ansamblu critică a principiilor, metodelor și instrumentelor utilizate pentru culturile legumicole în sere, principalele sisteme/componente, cunoștințele de bază necesare pentru gestionarea corespunzătoare și orientările practice pentru a face față problemelor frecvente cu care se confruntă fermierii.

EFICACITATEA UTILIZĂRII ȘI STRATEGIILE DE ECONOMISIRE A APEI

Pentru a întreține creșterea progresivă a populației la nivel global, producția agricolă trebuie să sporească. Un mijloc de realizare a acestuia este cultivarea legumelor în seră, oferind cantități mari de produse de înaltă calitate pe tot parcursul anului și cu o utilizare eficientă a resurselor (de exemplu, îngrășăminte și apă). În ultimele trei decenii s-a văzut că cultivarea în condiții protejate se dezvoltă rapid în multe regiuni din întreaga lume, în special în țările din Europa de Sud-Est (ESE), cu producția unei game largi de culturi vegetale¹⁴. Întrucât apa devine rapid o resursă insuficientă în mai multe țări europene, folosirea sa sustenabilă este o problemă din ce în ce mai importantă în rândul agricultorilor ce cultivă legume în sere.

Întrebări-cheie

- Este oare disponibilitatea apei o problemă?
- Cum poți înțelege dacă apa este sigură pentru irigarea culturilor?
- Este oare instalarea unui sistem de microirigare costisitoare?
- Cum poți reduce apa necesară cultivării?
- Cum poți crește eficiența consumului de apă?
- Cum trebuie să decizi când și cât să aplici udările?
- Care este tehnologia adecvată care să contribuie la determinarea normei de udare (nu excesiv) și la frecvența potrivită?
- Este oare importantă calitatea apei?
- Cum poți verifica calitatea apei?
- Ce fel de instrumente sunt necesare pentru a determina calitatea apei pentru irigare?

¹⁴ Vezi Partea I, Capitolul 2.

Obiectivul tradițional s-a concentrat pe maximizarea producției totale (t/ha sau kg/m²), dar cultivorii trebuie să-și justifice acum consumul de apă. Ei trebuie să fie pregătiți să utilizeze mai puțină apă, îmbunătățind metodele, tehnicile și practicile de gestionare aplicate în prezent în procesele legate de producția horticolă. Conceptul randamentului utilizat la aplicarea irigației (WUE), este un indicator de bază în evaluarea utilizării eficiente a apei la producerea legumelor în sere. WUE (măsurată în kg/m³) este definită ca raportul dintre recolta valorificată (Ya), luat ca bază pentru legume proaspete, și volumul de apă consumat ca rezultat al evapotranspirației culturii (ET) (Molden, 2003).

Evapotranspirația (ET) se referă la apa pierdută prin evaporarea la suprafața solului sau transpirația culturilor în perioada de creștere. Deoarece nu există o modalitate clară de a face distincția între aceste două procese, evaporarea la suprafața solului și transpirația plantelor de cultură ele sunt combinate în termenul general unic, ET. Volumele de evapotranspirație și consumul de apă la irigare sunt de obicei sunt măsurate în milimetri, la fel ca și pentru precipitații: 1 mm corespunde la 1 litru m⁻² sau 10 m³ ha⁻¹.

În comparație cu culturile de pe câmp deschis, cultivarea legumelor în spații protejate este în mod normal caracterizată de o eficiență a utilizării apei (WUE) mai mare (de până la cinci ori) din trei motive principale:

- Evaporarea potențială redusă datorită radiației solare mai scăzute, a vântului mai mic și a umidității relative mai mari din interiorul serii.
- Productivitatea sporită a culturilor, atribuită controlului mai bun al bolilor plantelor și al parametrilor climatici, în special a radiației integrate și a temperaturii aerului.
- Irigarea localizată și aplicarea de microirigare și cultura hidroponică cu buclă închisă (ciclu închis).

Eficiența ridicată a utilizării apei la producerea legumelor în seră poate fi obținută modificând ambii indicatori: recolta și apa consumată. Un control optim al practicilor îngrijirii culturilor și parametrilor de mediu va duce la o productivitate mai mare reducând în același timp pierderile de apă.

Este important să luăm în considerare toți factorii climatici care pot afecta absorbția apei de plante. De exemplu, umiditatea relativă crescută în seră va reduce deficitul de presiune de vapori și transpirația, ceea ce duce la creșterea **Eficienței utilizării apei (WUE)**. Numeroase intervenții sunt posibile de realizat pentru a crește WUE:

- Sistemele eficiente de furnizare a apei și metodele de irigare (de exemplu, microirigarea) au un impact major. Eficiența măsurată variază de la 25–50% la sistemele de irigare în brazde, la 50–70% la sistemele de irigare prin aspersie și la 80–90% la irigarea prin picurare. În situații de alimentare cu apă limitată, metodele de stropire prin aspersoare și picurare pot crește suprafața irigată cu 20–30% și 30–40% în comparație cu irigarea pe brazde.
- Programarea udărilor poate reduce la jumătate consumul de apă pentru cultură (De Pascale și colab., 2011). Programarea irigațiilor are drept scop sincronizarea livrării de apă cu cerințele plantelor de cultură, reducând cantitatea apei pierdute prin scurgere și drenare.
- Alegerea culturilor/soiurilor corespunzătoare, împreună cu implementarea asigură diferența strategiilor pentru identificarea celei mai bune combinații între tipul de cultură și modul de cultivare pentru un mediu specific.
- Mulcirea sau cultivarea în saci reduc evaporarea solului.
- Măsurile care conduc la stabilirea rapidă și uniformă a culturilor (de exemplu, transplantarea, alegerea densității adecvate a plantelor și arhitectonica) au un impact pozitiv.
- Introducerea sistemelor hidroponice închise (reducerea pierderilor de apă din cauza drenajului și scurgerii, prin reciclarea unei părți a soluției de nutrienți) poate îmbunătăți eficiența utilizării apei la producerea legumelor în seră cu până la 70% (Savvas, 2002).
- Apele de ploaie au o valoare înaltă pentru culturi și trebuie colectate cu sisteme eficiente de jgheaburi, depozitate în mod corespunzător și utilizate. Cu toate acestea, contaminarea apei de ploaie poate apărea atunci când depozitele de pe acoperișul de seră (sau varul) sunt spălate odată cu ploaia sau dacă structurile galvanizate neacoperite spală zincul în apă. Prin urmare, este esențial să se respecte parametrii de calitate pentru apa de irigație.
- În zonele cu alimentare de apă dulce limitată, opțiunile alternative pot fi explorate la un bazin hidrografic sau la nivel regional – de pildă, utilizarea unor surse alternative de apă (de exemplu, apa de suprafață reciclată din zonele de producție, apele uzate tratate și netratate, apa desalinizată). Rețineți că aceste surse pot necesita tratamente suplimentare.

MICROIRIGAREA

Acest compartiment prezintă conceptele de bază ale microirigării pentru familiarizarea legumicultorilor cu principalele avantaje și dezavantaje, precum și cu componentele, funcționarea și gestionarea sistemelor de irigare de bază.

Microirigarea – cunoscută și sub denumirea de irigație prin picurare sau irigarea localizată – este adoptată pe scară largă pentru legumele cultivate în seră din țările ESE. Studiile efectuate asupra mai multor culturi de legume au raportat recolte sporite, îmbunătățirea eficiența utilizării apei și o calitate mai ridicată a produselor prin microirigare, comparativ cu alte metode de irigare. Microirigarea presupune aplicarea lentă și regulată a apei la presiune joasă (< 2 bar) direct în zona radiculară a culturilor printr-o rețea de supape, conducte, tuburi și emițătoare (Barbieri și Maggio, 2013).

Microirigarea are numeroase **avantaje**:

- **Productivitatea** sporită a culturilor. O administrare lentă, regulată, uniformă a apei și a substanțelor nutritive la toate plantele ameliorează calitatea și uniformitatea produsului și sporește recolta.
- **Economii de apă și îngrășămintă.** Pierderile de apă și îngrășămintă sunt reduse și costurile de îngrășămintă sunt astfel micșorate, iar fermierii pot iriga mai multe suprafețe de cultură pe unitatea de apă folosită.
- **Economii de forță de muncă.** Cerințele forței de muncă pentru irigare, eliminarea buruienilor și aplicarea îngrășămintelor sunt mai mici decât pentru alte sisteme de irigare.
- **Flexibilitate ridicată.** Microirigarea poate fi ușor instalată, întreținută sau modificată pentru a se potrivit necesităților în continuă schimbare.
- **Risc redus de atacuri patogene.** Zona umedă mică are ca rezultat atât umiditatea scăzută a aerului, cât și o creștere slab dezvoltată a buruienilor, ceea ce duce la reducerea incidenței bolii.
- **Economie de energie.** Majoritatea sistemelor de microirigare sunt dotate cu pompe de joasă putere, reducând cererea de energie pentru irigare; în plus, deoarece umiditatea este scăzută, este nevoie de mai puțină energie pentru încălzirea serei (este nevoie de mai multă energie pentru încălzirea aerului umed decât a aerului uscat).
- **Toleranță la salinitate.** Datorită aplicării lente și regulate a apei prin microirigare, concentrația sărurilor, în special în zona de rădăcină este redusă (cu condiția ca alimentarea soluției nutritive să fie bine administrată).

Totodată, numeroasele avantaje pot fi anulate dacă punctele de livrare sunt blocate. Pentru a combate această problemă, trebuie luate în considerare următoarele măsuri:

- Instalarea unui sistem de filtrare fiabil pentru sistemul de irigare.
- Inspectarea periodică a tuturor orificiilor de udare pentru a verifica dacă nu există blocaje, ceea ce la rândul său poate duce la locuri uscate izolate la o cultură.
- Clătirea periodică sau spălarea filtrelor.
- Clătirea întregului sistem (optim – cel puțin o dată pe an) cu apă curată pentru a îndepărta resturile.
- Clătirea cu o soluție slabă de acid cloric, azotic sau acid fosforic. Pentru picurătoarele cu separatoare de picături amplasate în exterior (on-line drippers), duzele pot fi îndepărtate, spălate într-o soluție de dezinfectare și apoi înlocuite. În mod similar, acizii azotici sau fosforici sunt injectați prin tuburile de picurare (picurare integrată) la sfârșitul sezonului de creștere timp de 24 de ore pentru a înlătura acumulările minerale și organice înainte de a fi clătite.

Totuși, în timp ce sistemele de irigare prin picurare duc, de regulă, la un consum mai mic de apă din cauza unei fracțiuni reduse de levigare (scurgere), nivelul de umiditate al solului sau al substratului poate deveni necorespunzător în vederea producției de culturi organice pentru activitatea biologică a solului și ratele de mineralizare adecvate ale îngrășămintelor organice.

Sistemele de microirigare pot fi grupate în **cinci categorii**:

- **Sisteme cu tuburi de picurare.** Această categorie include furtunurile perforate obișnuite, constând dintr-un tub subțire de polietilenă (PE), cu diametrul 0,15–0,20 mm, cu găuri la distanțe fixe. Presiunea de funcționare este de 0,5–2,0 bar, debitul de 0,5–4,0 l/h.

- **Sisteme cu separatoare de picături.** Aceste sisteme constau din tuburi de polietilenă de densitate joasă (LDPE), cu diametrul de 16–25 mm, pe care se introduc separatoarele de picături la o distanță corespunzătoare, în funcție de cerințele culturii. Presiunea de funcționare este de 0,5–2,0 bar, debitul de 1–4 l/h.
- **Sisteme cu separatoare de picături intermitente.** Aceste sisteme sunt caracterizate printr-un debit unitar ridicat de 6–30 l/h, la o presiune de funcționare de 1–3 bar. Datorită debitului de funcționare mai mare, probabilitatea de blocare este foarte mică.
- **Sisteme cu tuburi capilare.** Aceste sisteme cuprind un tub PE, cu diametrul de 20–25 mm, pe care sunt introduse capilare, cu diametrul intern de 0,5–1,5 mm, cu o lungime suficientă pentru a ajunge la punctul de distribuire. Presiunea de funcționare este de 1,0–2,5 bar, debitul de 0,7–7,0 l/h.
- **Irigarea în substrat prin picurare.** Furtunurile de picurare sunt poziționate la 15 cm sub pământ pentru a reduce evaporarea apei.

Componentele unui sistem de microirigare

Un sistem de microirigare cuprinde mai multe componente, fiecare având un rol important în funcționarea sistemului. Principalele componente ale sistemelor de irigare sunt descrise mai jos:

Pompa

Cu excepția cazului în care apa de la sursă (municipală sau alta) este furnizată la o viteză și presiune adecvate, este necesară o pompă pentru a împinge apa prin conducte și separatoare de picături. Majoritatea aplicațiilor de irigare cuprind o pompă centrifugă – o pompă rotodinamică care adaugă energie apei cu ajutorul unui rotor. Poate fi cu ax orizontal sau vertical (inclusiv pompe submersibile). Pompele orizontale sunt utilizate în general pentru pomparea apei din surse de suprafață, cum ar fi iazurile.

Filtru

Filtrarea eficientă împiedică apa de irigare să nu blocheze orificiile prin care curg picăturile și este esențială pentru o bună funcționare și performanțe pe termen lung. Filtrele cele mai des utilizate în microirigare sunt filtrele de pietriș/nisip, filtrele rotative cu discuri și cele cu ecran. Un sistem de microirigare bine planificat cuprinde două etape:

- **Filtrare primară**
 - Filtre cu particule relativ mari lângă sursa de apă.
 - Se efectuează cu un filtru de pietriș sau unul rotativ cu discuri.
 - Include un separator de nisip hidrociclon plasat în fața filtrului principal în cazurile în care nisipul sau alte particule grele (≥ 50 microni) sunt prezente în apa sursă.
- **Filtrare secundară**
 - Filtre cu particule relativ mici rămase după etapa de filtrare principală.
 - Cuprinde un filtru cu ecran sau unul rotativ cu discuri.

Conducte (principale, secundare, de distribuție)

Conductele transportă apa prin întregul sistem de irigare, de la pompă prin filtre și supape și mai departe până la orificiile de scurgere. Toate conductele și armăturile trebuie să fie dimensionate corespunzător pentru a rezista la presiunile maxime de funcționare și pentru a transmite apă fără pierderi sau câștiguri excesive de presiune. Conductele din clorură de polivinil (PVC) pot fi utilizate în întregul sistem. Tuburile din PVC, polietilenă (PE) sau cele flexibile sunt utilizate pentru conductele de alimentare și de distribuție.

Contoare de apă

Contoarele de apă oferă informații despre cantitatea de apă aplicată care este esențială pentru planificarea irigației și monitorizarea înfundării orificiilor pentru evacuarea picăturilor. Contoarele cu elice sunt tipul cel mai des întâlnit în aplicațiile horticoale.

Manometre pentru măsurarea presiunii

Manometrele oferă informații vitale despre sistemul de irigare. Datele colectate sunt utilizate pentru a ajuta la detectarea scurgerilor și a colmatării, gestionarea filtrelor și injectoarelor chimice și a menține sistemul în raza de operare. Pentru a vă asigura că datele sunt cât se poate de

precise, folosiți întotdeauna un manometru cu o scară care reprezintă intervalul de presiune al sistemului. Presiunea tipică din sistem trebuie să fie cea din apropierea punctului mediu al scării indicatoarelor.

Supape (ventile)

Controlul cu precizie al debitului și presiunii apei în întregul sistem de irigație este important pentru a asigura o aplicare eficientă și în timp util a apei. Prin urmare, este imperativ să selectați supapele (ventilele) potrivite și să le poziționați corect. Supapele (ventilele) joacă un rol cheie în controlul presiunii, debitului și distribuției în diferite condiții pentru a optimiza performanța, a facilita managementul și a reduce cerințele de întreținere.

Conducte de irigare prin picurare (laterale)

Conductele de picurare se află în centrul unui sistem de microirigare. În orice sistem de irigare, procesul de proiectare începe de la instalație și trece la conductele de picurare. Există numeroși factori importanți atunci când proiectăm conductele de picurare: selectarea conductei de picurare, grosimea peretelui, debitul de picurare, stabilirea anumitei distanțe între orificiile pentru picături (separatoarele de picături) și stabilirea unui anumit spațiu între conductele de picurare.

Separatoare de picături

Separatoarele de picături sunt amplasate la o distanță uniformă de-a lungul conductei de picurare și furnizează apă și nutrienți direct în zona rădăcinii plantei. Un sistem tipic de microirigare include mii de separatoare de picături. Fiecare separator de picături trebuie să fie durabil și rezistent la înfundare și proiectat să emită aceeași cantitate de apă. Pasajele largi de apă garantează performanțe pe termen lung fără probleme. Debitul și distanța separatoarelor de picături determină modelul de udare și prevenirea scurgerii sau percolării profunde. Un sistem de microirigare care este operat și întreținut corespunzător oferă apă și nutrienți zonei de rădăcină a culturii, fără scurgere sau percolare profundă.

Două tipuri de separatoare de picături integrale sunt disponibile:

- Separator de picături care nu compensează presiunea (care furnizează un debit pe baza presiunii de lucru).
- Separator de picături de compensare a presiunii.

Recomandări privind BPA – Sisteme de irigare

- Asigurați eficiența ridicată a utilizării apei la producerea legumelor în seră printr-un control optim al practicilor legate de cultură și a parametrilor de mediu.
- Adoptați microirigarea atunci când este posibil, deoarece este cel mai eficient sistem de irigație a legumelor în condiții de seră.
- Includeți un aparat de filtrare în amonte față de conducta de distribuție a apei în microirigare pentru a evita blocarea duzelor.
- Spălați sistemul cu o soluție slabă de acid clorhidric (HCl), azotic sau fosforic (când este necesar, în funcție de proprietățile chimice și biologice ale apei).

PROGRAMAREA IRIGAȚIEI

Programarea irigațiilor determină cantitatea de apă aplicată culturii (norma de udare) și momentul aplicării (intervalul între udări). Principalele metode de planificare a irigațiilor în culturile legate de sol și în sistemele hidroponice sunt foarte similare:

- bilanțul hidric (determină necesitățile de apă a culturilor reieșind din datele climatice);
- utilizarea senzorilor solului sau plantelor.

Metoda bilanțului hidric

Cantitatea de apă aplicată la fiecare administrare trebuie să compenseze absorbția apei de plantele de cultură între două udări succesive și trebuie să corespundă oscilației maxime în apa

disponibilă (AW – *engl.* „available water”) în sol sau substrat – așa-numitul “Management al minimizării/subțierii permise” (MAD – *engl.* „management allowable depletion”) sau „deficitul apei anterior irigării solului/si substratului” (PISWD – *engl.* „preirrigation soil/substrate water deficit”). Cantitatea de apă disponibilă prezintă diferența de apă pe care cultura o poate absorbi fără să sufere un stres de hidratare (ceea ce ar reduce recolta) și ea depinde de proprietățile solului, de exemplu, este mai mare în solurile cu textură ușor argiloasă decât în solul nisipos-argilos. De regulă, valoarea MAD este calculată ca o parte din apa disponibilă (AW) (30–50% la plantele cultivate în sol, 10% în cultura hidroponică), în timp ce norma de irigare este calculată prin înmulțirea MAD cu coeficientul de planificare (CP) pentru a ține cont de salinitatea apei și uniformitatea aplicării. În mod obișnuit, apa de irigare trebuie aplicată atunci când ET zilnic acumulat pentru perioadele dintre irigații se apropie de MAD.

CP este o măsură a apei în plus necesare datorită aplicării neuniforme a acesteia, a diferențelor între plante în transpirația frunzelor și, mai important, a prevenirii acumulărilor de săruri în zona rădăcinii. Suprairigarea este crucială în cultura containerului, deoarece absența unei capacități semnificative de schimb de cationi în majoritatea substraturilor permite acumularea de concentrații mari de ioni în rizosferă. Acesta variază de la 1,15 (distribuție uniformă a culturii și a apei; utilizarea apei de irigație cu salinitate relativ scăzută; toleranță ridicată a culturii la salinitate) până la 2,0 (variabilitate mare între plante și evapotranspirația culturilor; uniformitate slabă a irigației; utilizarea apei salină; cultura sensibilă la salinizare), ceea ce presupune o fracție de scurgere (apă scursă/apă aplicată) de 13–50%. Un CP de 1,30 (fracție de scurgere = 23%) este potrivit în majoritatea condițiilor. De exemplu, cu MAD = 40 mm și SC = 1,3, volumul de irigare ar fi $40 \times 1,3 = 52$ mm, iar fracția de scurgere ar fi $12/52 \times 100 = 23\%$.

Majoritatea metodelor de control al irigării determină frecvența udărilor și folosesc norme fixe de administrare. Deoarece evapotranspirația culturilor (ET_c) în seră reprezintă > 90-95% din apa absorbită de rădăcini, frecvența de administrărilor poate fi calculată ca ET_c divizată în MAD. Dacă ET_c este exprimată zilnic, rezultatul va fi numărul de udări într-o zi. De exemplu, o cultură menținută pe un substrat cu MAD = 1,0 mm, SC = 1,3 și ET_c zilnic = 5,0 mm ar fi irigată de cinci ori pe zi cu norma de udare de 1,3 mm.

Determinarea evapotranspirației

Pentru a determina necesarul de apă pentru culturile legumicole cultivate în seră, este posibil să se adopte metoda FAO-56 Penman-Monteith, care estimează evapotranspirarea culturilor (ET_c) ca rezultat al:

- evapotranspirației de referință (ET_0) – echivalentă cu evapotranspirarea unui gazon de iarbă și cuantifică efectul climei asupra necesarului de apă a culturii; și
- coeficientului de recoltă a culturii (K_c) – cuantifică efectul speciilor de plante și stadiul de dezvoltare.

Metoda FAO-56 Penman-Monteith este recomandată pentru estimarea ET_0 în sere atunci când sunt disponibile datele radiației, temperatura aerului și umiditatea atmosferică; viteza vântului este neglijabilă în interiorul serei. Ecuații simple pot fi folosite pentru estimarea ET_0 de la temperatura aerului și/sau gradientul termic în interiorul serei, iar rezultatele sunt ușor aplicabile în controlul irigațiilor. Principala provocare este de a determina K_c (legate de zona frunzelor).

K_c variază în funcție de specie, stadiul de dezvoltare și practicile de gestionare a culturilor (sprijinite vertical sau nu). Pentru culturile legumicole în seră, există o mare variație a datelor de plantare și a duratei ciclurilor de cultivare a culturilor, în funcție de prețurile pieței, condițiile meteorologice și factorii de gestionare aplicate exploatațiilor agricole. Pentru acest motiv, metoda standard FAO de calculare a ET_c – folosind trei valori constante K_c , câte una pentru fiecare etapă a culturii cu o durată fixă – este neacceptabilă pentru aceste culturi. Prin urmare, se recomandă utilizarea modelelor matematice care estimează valorile K_c ca funcție a sumei temperaturilor active din interiorul serei. Valorile coeficientului de cultură (K_c) pentru principalele culturi legumicole cultivate în seră sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile coeficientului culturii (K_c) determinate pentru principalele specii de legume cultivate în seră din Almeria, Spania

Specii	K_c Inițial	Maximum K_c	K_c Final ^a
Culturi susținute			
Ardei dulce	0.2	1.3	0.9
Tomate	0.2	1.6	
Dovleac	0.2	1.3	1.1
Castravete	0.2	1.2	
Vânăță	0.2	1.2	
Fasole frantuzească	0.2	1.4	1.2
Culturi nesusținute			
Pepene galben	0.2	1.1	1.0
Pepene verde		1.1	1.0
Dovlecei	0.2	1.1	

Notă. Valorile prezentate reprezintă valoarea inițială de K_c pentru răsadurile transplantate, valorile maxime de K_c și valorile finale de K_c , dacă este cazul.

^a Multe culturi în afara sezonului se termină devreme din cauza prețurilor mici; în aceste cazuri valorile K_c finale au valori maxime K_c .

Orgaz și colab., 2005.

Pentru determinarea ET_c în sere au fost elaborate modele simplificate (empirice). Aceste modele iau în considerare radiația solară totală, deficitul de presiune a vaporilor și parametri specifici ai culturilor, cum ar fi indicii suprafeței frunzelor (Baille și colab., 1994).

Un exemplu este metoda propusă de Gallardo și colab. (2013), în cazul în care ET_c sunt estimate valorile zilnice de temperatură maximă și minimă în interiorul serei, și radiații solare externe. Acești parametri sunt ușor accesibili și disponibili pentru agricultori. ET_0 se calculează folosind o ecuație pentru gradientul termic local calibrat pentru serele de plastic din Spania, bazându-se pe radiația solară externă măsurată într-o stație meteo din apropiere. Coeficientul de cultură (K_c) este estimat folosind modele simple bazate pe timp termic. Întrucât variabilitatea climatică în sere este foarte scăzută, datele climatice istorice pot ajuta fermierii să adopte tehnici simple de planificare a udărilor. Odată ce se determină ET_c , intervalul între udări necesită a fi determinat în baza echilibrului hidrologic în baza unor senzori simpli (de exemplu, tensiometre).

Calculul se poate face manual sau utilizând software-ul special poate fi adoptat (de exemplu, PrHo v2.0, dezvoltat de către stația de cercetare a Fundației Cajamar din Almeria). Pentru o explicație mai detaliată a metodologiei, a se vedea Gallardo și colab. (2013).

Utilizarea senzorilor

Senzorii de umiditate a solului pot fi utilizați pentru a determina frecvența udărilor și, eventual, norma de apă prin monitorizarea continuă a conținutului de umiditate al substraturilor, exprimat ca tensiune de umiditate (în kPa – o va-



GALLARDO

Foto 1. Tensiometru manual

loare negativă) sau conținut volumetric de apă (ca procent sau în m^3/m^3). Tensiunea măsoară forța de retenție a apelor solului de către particulele de sol și indică accesibilitatea apei din sol pentru culturi. Conținutul volumetric de apă este raportul dintre volumul de umiditate din sol față de volumul total al solului. Senzorii permit punerea în aplicare a irigațiilor pe baza caracteristicilor de sere individuale și a condițiilor specifice de cultivare.

În prezent, este o varietate mare de controloare de irigare simple sunt pe piață, interfațate cu unul sau mai mulți senzori de umiditate a solului, folosind, de obicei, tehnologia radio fără fir. Noi tipuri de senzori de umiditate a solului au fost elaborate pentru a măsura proprietățile dielectrice ale solului. Acești senzori sunt mai ieftini și necesită mai puțină întreținere și experiență de utilizare în comparație cu tensiometrele tradiționale umplute cu apă. Cu toate acestea, în timp ce interpretarea datelor privind tensiunea de umiditate pentru gestionarea irigațiilor este simplă, interpretarea conținutului volumetric de apă necesită respectarea protocoalelor sau experiență specifică. Majoritatea tensiometrelor au, de obicei, o gamă de lucru cuprinsă între 0–80 kPa, acoperind practic gama de tensiuni de umiditate a solului aflate în culturile irigate cu picurare.

Astfel de senzori, cum ar fi 5TE (producător «Decagon Devices») sau WET (producător «Delta-T Device»), au fost, de asemenea, elaborate pentru măsurarea simultană a temperaturii, a conținutului de umiditate și salinității (Ce) în solurile sau în mediile hidroponice. Acești senzori oferă posibilitatea unei fertigări dirijate.

Când senzorii sunt utilizați pentru programarea irigațiilor (IS), există două considerații importante: reproducerea ($\geq 2-3$ senzori pe cultură); și locația (reprezentativă pentru cultură).

Alte considerații practice includ: costuri, ușurința de utilizare, pregătirea și cerințele de întreținere, suportul tehnic, comoditatea de interpretare a datelor, disponibilitatea protocoalelor de irigații, limbajul de lucru și ușurința de utilizare a oricărui software.

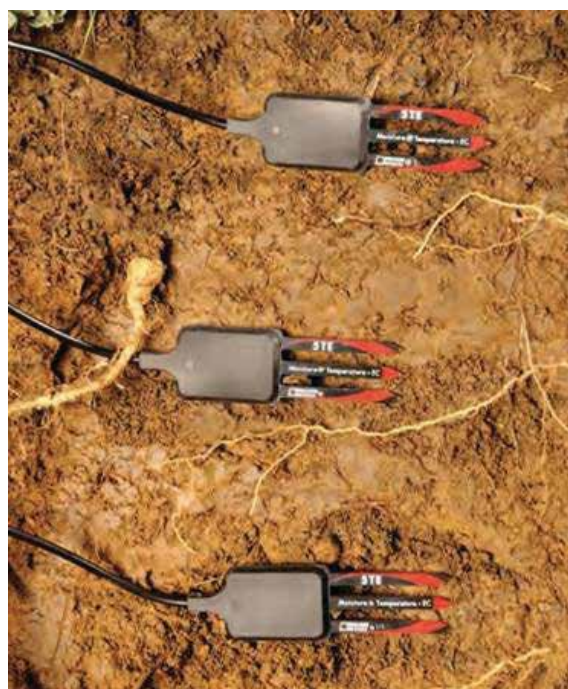
Sisteme de cultivare

Abordările de planificare a irigației sunt relevante atât pentru culturile cultivate în sol, cât și pentru culturile hidroponice, dar există unele diferențe între cele două sisteme de creștere.

Culturile menținute în sol

Atunci când se calculează necesitățile de apă ale culturilor cultivate în sol, sistemele pentru suportul în luarea deciziilor (DSS) pot ajuta cultivatorii și consilierii acestora. De exemplu, software-ul PrHo v2.0 a fost elaborat pentru a calcula necesarul zilnic de apă pentru cultură pentru principalele culturi legumicole cultivate în seră, pentru ciclurile de recoltare specificate de utilizator.¹⁵

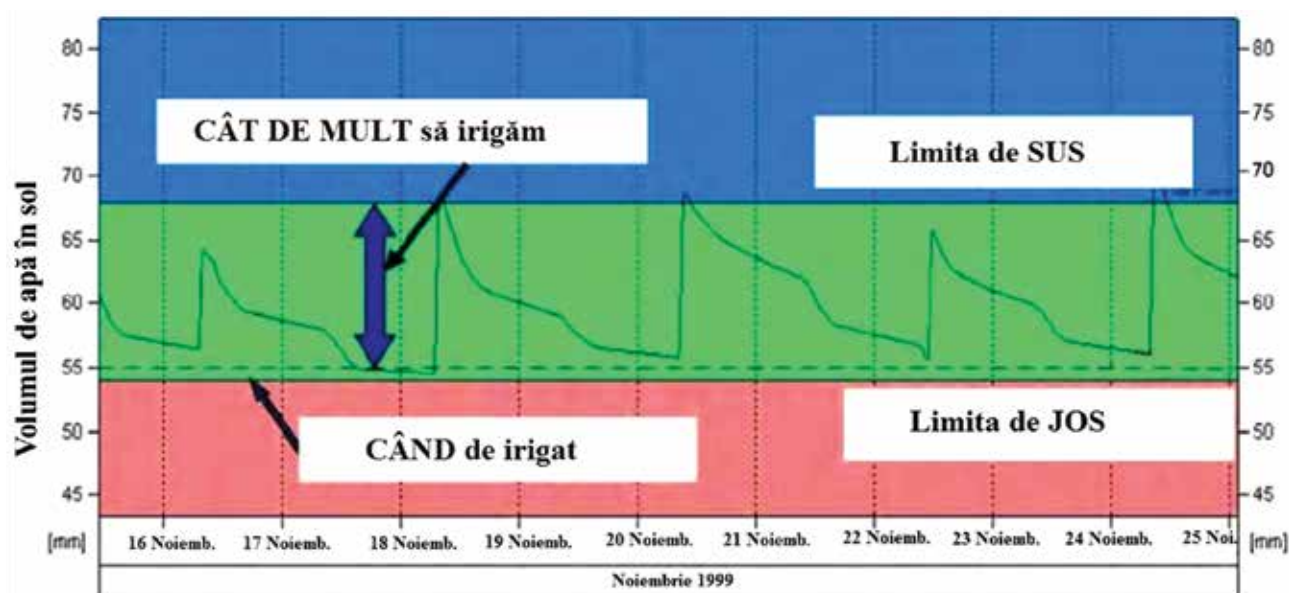
Gestionarea irigației, folosind senzori de apă din sol, se bazează pe menținerea umidității solului între două limite: cea de jos (valoarea mai uscată), care indică momentul începerii irigației și cea de sus, care indică momentul opririi. Diferența dintre cele două limite indică volumul de apă necesar. În general, limita de jos indică epuizarea apei din sol fără a stresa cultura; iar limita de sus previne scurgerea excesivă din zona radiculară (figura 1).



LAB-FERRER

Foto 2. Dispozitive «Decagon» instalate în sol, plasate la trei adâncimi diferite pentru a măsura umiditatea volumetrică a solului, temperatura solului și conductivitatea electrică

¹⁵ Disponibil la <http://www.publicacionescajamar.es/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas>



Notă: Limita de sus – volumul irigației. Limita de jos – data irigației.

Figura 1. Exemplu de gestionare a irigațiilor folosind un senzor de sol pentru a menține conținutul de apă al solului între limita de sus și cea de jos și utilizarea acestora pentru a determina timpul administrării și volumul de apă ce urmează a fi aplicat

Senzorii de apă din sol pot fi folosiți cu diferite configurații, în funcție de cultură, sistemul de irigare, costul și caracteristicile senzorilor. Un senzor trebuie plasat în zona de concentrație de bază a rădăcinii. Senzori suplimentari pot fi amplasați la adâncimi diferite, de exemplu, mai jos de rădăcină pentru a controla nivelul de drenare sau în partea laterală a plantelor pentru a controla dimensiunea conturilor umede la irigarea prin picurare. Cele mai utilizate configurații de senzori sunt: 1) un senzor în zona de concentrație de bază a rădăcinii; și 2) un senzor în zona de concentrație de bază a sistemului radicular completat de unul sau mai mulți senzori amplasați mai adânc.

Când se folosesc tensiometrele, limitele superioare și inferioare recomandate pentru umiditatea solului –10 și –20 kPa, –10 și –30 kPa și –15 și –40 kPa, pentru solurile cu textură granulometrică, medie și fină, respectiv.

Culturile hidroponice

Pentru cultura substratului se folosesc sisteme de irigare deschise sau închise. În **sistemele închise**, apa de scurgere este captată și reutilizată după ajustarea pH-ului și a concentrației de nutrienți și, atunci când este necesar, pentru dezinfectare în vederea minimizării riscurilor bolilor transmise de rădăcini.

Programarea precisă a irigațiilor este esențială în sistemele deschise, deoarece substratul utilizat determină utilizarea sezonieră a apei și poluarea rezultată din scurgerea produselor agrochimice. Cu toate acestea, irigarea excesivă sau deficitul de umiditate poate afecta, de asemenea, creșterea culturii și recolta în sistemele închise, de exemplu, prin creșterea incidenței dereglărilor fiziologice (cum ar fi putregaiul la vârful fructelor la tomate și ardei) sau susceptibilitatea la boli de rădăcină.

În cultura hidroponică, se utilizează o gamă largă de substraturi. Pentru managementul irigației, mediul ideal trebuie să fie caracterizat de o porozitate ridicată (> 80%) și distribuție omogenă a aerului (oxigenului) și apei pentru a susține activitatea rădăcinilor.

Cantitatea de apă disponibilă este cuprinsă între 7 și 35% din volumul total al substratului și tinde să sporească odată cu creșterea porozității și densității substratului și cu descreșterea înălțimii recipientului: cu cât recipientul este mai înalt, cu atât mai mare este stocul și cu atât este mai mică capacitatea mediului de a reține apa. Tabelul 2 prezintă valorile conținutului de apă și aer la capacitatea containerului (c_c) și AW pentru diferite tipuri de containere și medii de creștere

utilizate pe scară largă în horticultura în cadrul serei. Recipientul AW este definit ca diferența dintre conținutul de apă al containerului calculat la 0 și -10 kPa potențial matrix în partea de jos a recipientului (Incrocci și colab., 2014).

AW se calculează pe baza curbei de retenție a apei a substratului determinat în laborator și a formei geometrice a containerului (Bibbiani, 2002).

O estimare bună a apei disponibile în container (AW_{cont}) poate fi obținută prin aplicarea următoarei ecuații:

$$AW_{cont} = +0,64 AW + 0,30 P - 67 h + 4,1$$

unde AW (%) este apa disponibilă derivată din curba de eliberare a apei (diferența dintre conținutul volumului de apă la -1 și -10 kPa) al substratului, P (%) este porozitatea sa și h (m) este înălțimea recipientului.

Față de culturile menținute în sol, plantele cultivate în substrat sunt de obicei udate de multe ori în timpul zilei, începând irigarea dimineața devreme. Peste 90% ET_c are loc în perioada cu lumină (adică ≤ 10 ore toamna-iarnă și 12-14 ore primăvara-vară). În serele încălzite și în anotimpurile și regiunile uscate, irigarea poate fi uneori necesară la miezul nopții.

Udarea frecventă înseamnă că irigarea culturii hidroponice este în general sub control automatizat, ceea ce presupune prezența următoarelor componente:

- Temporizator (timer) (pe baza estimării de producător a ET_c).
- Stație meteo sau senzor de lumină simplă (pe baza estimării de producător a ET_c).
- Tave ce pot fi cântărite (sau a dispozitivelor similare) pentru a măsura gravimetric ET_c (și eventual creșterea) câtorva plante de testare într-un timp scurt (minute sau ore).
- Sistemul tavelor (un concept similar cu metoda tavelor ce pot fi cântărite). Un senzor de nivel al apei este plasat într-o tavă mică în care volumul de apă este în echilibru cu conținutul de apă din substrat. Atunci când absorbția culturilor face ca nivelul apei din tavă să scadă până la nivelul senzorului, cultura este irigată.
- Senzorul (senzorii) de umiditate. Poziția senzorului este ajustată de producător în timpul sezonului pe baza volumelor de drenaj măsurate și a experienței acumulate.

Valorile pragului absorbției umidității de către sol depind de speciile cultivate și de substrat; valorile tipice variază între -4 și -10 kPa în sistemele de creștere a substratului.

Această valoare poate fi convertită în conținut volumetric de apă din curba de eliminare a apei.

De exemplu, o presiune de umiditate de -5 kPa corespunde unui conținut volumetric de apă de aproximativ 40% în nuca de cocos și turbă și de aproximativ 30% în perlite și piatra ponce.

În cultura substraturilor, monitorizarea frecventă a pH-ului și a conductivității electrice (CE) în zona de rădăcină este decisivă pentru a ajusta irigarea și fertilizarea. Prin urmare, fermierul trebuie să verifice pH-ul și CE a apei de scurgere (la fiecare 1-3 zile) și a substratului (la fiecare 4-6 săptămâni). Când pretabilitatea apei pentru irigație este joasă, monitorizarea trebuie să fie realizată mai des.



ÎNVĂȚARE PRIN PRACTICĂ

EC metru

Materiale: găleată, apă, fertilizant mineral și EC metru (conductibilitatea electrică).

Umpleți găleata cu apă, măsurați CE cu EC metru.

Se dizolvă o cantitate îngrășământ mineral în apă și se măsoară din nou CE.

A crescut valoarea CE? De ce?

Ce se întâmplă când excesul de îngrășămintă se scurge în apele freatică subterane?

Este oare important să gestionați rațional fertilizarea? De ce?

Este important să gestionați rațional irigarea? De ce?



Foto 2. Contorul CE

Tabelul 2. Conținutul de apă (c_c) și aer (A_{cc}) la capacitatea containerului și AW în diferite recipiente umplute cu diverse substraturi^a

Substrat	Porozitate %	AW %	Unitate	Dală	Punga 1	Punga 2	Masa 1	Masa 2	Masa 3	Vasul 16	Vasul 24	Vasul 32
			înălțime	m	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40	0.14	0.21	0.29
			lungime	m	0.15	0.20	1.00	1.00	1.00	0.16	0.24	0.32
			lățime	m	1.00	1.00	0.40	0.30	0.40			
			volum	litri	11.25	30.0	80.0	90.0	160.0	2.81	9.50	23.31
Turbă	88.0	37.0	CC	%	82.0	76.3	72.8	66.0	60.7	77.0	72.1	66.7
			ACC	%	6.0	11.7	15.2	22.0	27.3	11.0	15.9	21.3
			AW	%	47.1	41.4	38	31.3	26.1	42.1	37.3	32
Perlit	90.0	13.0	CC	%	69.4	53.2	48.3	42.8	39.7	54.5	47.5	43.2
			ACC	%	20.6	36.8	41.7	47.2	50.3	35.5	42.5	46.8
			AW	%	47.4	31.2	26.3	20.8	17.7	32.5	25.5	21.2
Piatră ponce	55.0	6.0	CC	%	49.8	45.5	44.0	42.0	40.7	45.9	43.8	42.2
			ACC	%	5.2	9.5	11.0	13.0	14.3	9.1	11.2	12.8
			AW	%	14.8	10.7	9.2	7.3	6.1	11	9	7.5
Nucă de cocos	90.0	35.0	CC	%	82.5	75.6	71.8	64.7	59.2	76.4	71	65.4
			ACC	%	7.5	14.4	18.2	25.3	30.8	13.6	19	24.6
			AW	%	47.6	40.7	37	30	24.7	41.5	36.2	30.6
Rockwool	94.0	78.0	CC	%	89.5	82.9	75.6	59.0	45.9	84.1	74.1	60.7
			ACC	%	4.5	11.1	18.4	35.0	48.1	9.9	19.9	33.3
			AW	%	85.6	79	71.8	55.3	42.3	80.3	70.3	57
Turbă - perlit	66.0	24.0	CC	%	61.5	57.4	55.2	51.3	48.3	57.9	54.8	51.7
			ACC	%	4.5	8.6	10.8	14.7	17.7	8.1	11.2	14.3
			AW	%	31.6	27.6	25.5	21.6	18.7	28	25.1	22
Turbă - ponce	77.0	19.0	CC	%	67.3	59.3	56.5	52.7	49.9	60.1	56	53
			ACC	%	9.7	17.7	20.5	24.3	27.1	16.9	21	24
			AW	%	35.3	27.5	24.7	21	18.3	28.2	24.3	21.3

^a Sunt prezentate, de asemenea, porozitatea și AW (calculate din retenția de apă) pentru fiecare substrat.

Recomandări privind BPA – Planificarea irigațiilor

Recomandări generale

- Determinați atât doza de irigare, cât și frecvența.
- Calculați norma de irigare pe baza proprietăților hidraulice ale solului sau substratului, speciilor de cultură, calității apei și sistemului de irigații, care determină valorile MAD (%) ale apei disponibile în zona de rădăcină și coeficientul de planificare.
- Determinați frecvența de irigare (în mod automat sau manual) în baza dozei de irigare și ET_c , care depinde, respectiv, de proprietățile fizice ale mediului în creștere (inclusiv volumul ocupat de rădăcini) și în baza condițiilor climatice. De asemenea, pot fi folosiți senzori de umiditate a solului (tensiometre sau senzori de capacitate).
- Adoptați sisteme profesionale când este posibil pentru a asigura eficiența optimă a irigației.
- Contactați proiectantul sistemului de irigare sau compania responsabilă de sistemele de irigare privind analiza cost-beneficiu a acestora.

Cultura cultivată în sol

- Verificați evapotranspirația culturilor (ET_c) la speciile cultivate în sere ca produs al valorilor de evapotranspirație de referință (ET_o) și ale valorii coeficientului culturii (K_c). (Software-ul este disponibil pentru a calcula ET_c).
- Calculați coeficienții culturii folosind modelele disponibile pe baza temperaturii din seră.
- Plasați un senzor de umiditate a solului în zona de concentrație maximă a rădăcinii. Plasați senzori suplimentari la adâncimi diferite (de exemplu, mai jos de rădăcini pentru a controla drenajul) și pe partea laterală a plantelor pentru a controla dimensiunea bulbilor umezi de la irigare prin picurare.

Cultura hidroponică

- Instalați controlul automat deoarece este necesară udarea frecventă.
- Adoptați instrumente accesibile și coerente (tăvi ce pot fi cântărite, sistemul de conducte) pentru măsurarea directă a ET_c .
- Mențineți coeficientul de planificare la $\leq 1,5$ (ceea ce ar duce la o fracțiune de scurgere de 33%).
- Verificați zilnic pH-ul și CE a apei de scurgere și substratul la fiecare 4-6 săptămâni. Intensificați monitorizarea dacă se utilizează apă de irigație de calitate joasă.

PARAMETRII DE CALITATE A APEI DE IRIGARE

Caracteristicile apei de irigare depind de sursă. Apa de irigație poate fi clasificată în baza originii sale:

- apele de suprafață (din râuri, canale, lacuri naturale sau artificiale);
- apele subterane (de la izvoare, puțuri etc.); sau
- apele uzate (din scurgerile urbane și industriale, supuse diferitelor tipuri de tratamente de purificare).

De exemplu, apa subterană din zonele de coastă poate avea o calitate practic, neacceptabilă pentru uz agricol, din cauza conținutului ridicat de săruri dizolvate, în timp ce apele uzate municipale pot fi, de asemenea, de calitate necorespunzătoare, fiind practic neacceptabile din cauza pericolelor asociate sănătății. **Parametrii** care caracterizează calitatea apei pentru irigație se încadrează în trei categorii (FAO, 2013):

- **Fizici:** temperatura, solidele suspendate (particule de sol, impurități etc.).
- **Chimici:** substanțe gazoase, pH, alcalinitate, săruri solubile (salinitate) și concentrație de sodiu, clorură și elemente toxice.
- **Biologici:** alge, bacterii, diverse microorganisme.¹⁶³

¹⁶ Vezi Partea II, Capitolul 9.

Parametrii fizici

Pentru irigare, **temperatura** apei trebuie să fie cât mai aproape de cea a plantelor și a substratului cu sistemele radiculare. Apa este considerată rece atunci când temperatura ei este sub trei sferturi ale temperaturii aerului. Apa rece este improprie pentru irigare, deoarece poate provoca tulburări dereglări fiziologice, în special în culturile mai delicate. Trebuie adoptate măsuri operative, cum ar fi stocarea apei în bazine, pentru ca temperatura să crească. Pe de altă parte, apa caldă poate avea beneficiile duble ale încălzirii culturilor și satisfacerii cerințelor lor de irigare. Apa la $> 35^{\circ}\text{C}$ este, însă, periculoasă pentru plante. Temperatura apei este o considerație deosebit de importantă la cultivarea plantelor cu frunze, deoarece temperatura extremă a apei (fie fierbinte sau rece) poate provoca pete pe frunze, ceea ce reduce valoarea produsului.

Substanțele solide suspendate (de exemplu, particulele de sol ca urmare a eroziunii, diferitele tipuri de materii suspendate eliminate în cursurile de apă de diverse industrii, particulele conținute în apele uzate municipale nepurificate sau parțial purificate) găsite în apă nu provoacă, în general, daune directe plantelor. Cu toate acestea, pot apărea probleme atunci când plantele și produsele comerciale sunt pătate, ceea ce duce la deprecierea lor în ce privește aspectul și condițiile sanitare generale, iar acest lucru este deosebit de important în cazul culturilor de flori.

Mai mult, particulele solide suspendate în apa de irigație pot înfunda duzele de irigare și deteriora echipamente de distribuție a apei, în special în cazul sistemelor de microirigare. Atunci când prezența particulelor solide în apă determină ca emițătorii din sistemele de irigare să devină obstrucționați, costurile de întreținere cresc și utilizarea acestora poate fi compromisă. Mai mult, folosirea apelor uzate care conțin particule solide organice suspendate poate prezenta pericol sanitaro-igienic.

Parametrii chimici

Un anumit număr de **substanțe gazoase** pot fi prezente în apă. Prezența O_2 depinde de temperatura apei și de prezența substanțelor biodegradabile. Cu toate acestea, având în vedere solubilitatea scăzută a aerului în apă, acesta nu atinge o concentrație ridicată, fiind astfel preferate apa de ploaie și de suprafață. Clorul utilizat pentru purificarea apei potabile poate fi prezent într-o formă gazoasă, dar devine volatil atunci când intră în contact cu mediul, datorită acțiunii combinate a luminii și a aerului. Pot fi, de asemenea, găsiți contaminanți gazoși (de exemplu, H_2S , SO_2 , CH_4), iar prezența lor poate restricționa posibilitățile de utilizare a apei.

PH-ul este o expresie a concentrației protonilor de hidrogen (H^+) într-o soluție apoasă. PH-ul variază pe o scară de la 0 la 14: 7 este neutru, < 7 este acid și > 7 este bazic sau alcalin. PH-ul reglează toate funcțiile biologice și poate inhiba anumite procese vitale dacă nu este potrivit. PH-ul apei și al solului sau al diferitelor substraturi de cultură influențează solubilitatea speciilor ionice și, prin urmare, nutriția plantelor. Într-adevăr, fiecare element nutritiv are o solubilitate maximă pentru intervale de pH clar definite. PH-ul optim al apei de irigație este de obicei între 6,5 și 7,5. Apa cu un pH cuprins între 6,0 și 8,0 poate fi folosită pentru irigații. Apa puternic acidă ($\text{pH} < 5$) sau bazică ($\text{pH} > 8,5$) este contraindicată pentru irigații.

În timp ce pH-ul este o măsură a concentrației ionilor de hidrogen, alcalinitatea este o măsurare relativă a capacității apei de a rezista la o schimbare a pH-ului sau a capacității apei de a schimba pH-ul mediilor în creștere. Alcalinitatea crește pe măsură ce crește cantitatea de carbonați dizolvați (CO_3^{2-}) și bicarbonați (HCO_3^-). Chimic, este exprimat în părți per milion (ppm) de echivalenți de carbonat de calciu (CaCO_3). Apa de irigație cu alcalinitate ridicată (> 100 ppm CaCO_3) va tinde să crească pH-ul mediilor în creștere în timp și va necesita mai mult acid pentru a scădea pH-ul apei la un nivel acceptabil în cazul în care un cultivator dorește să facă acest lucru.

Sună confuz? Ei bine, pur și simplu spus, alcalinitatea afectează capacitatea de a reduce pH-ul prin neutralizarea acizilor adăugați. Poate doriți să considerați alcalinitatea ca fiind capacitatea de tamponare a apei – cât de bine rezistă sau provoacă o modificare a pH-ului.

Apa de irigație, în special dacă sursa este din apa subterană, conține de obicei o cantitate de **săruri solubile**. Utilizarea apei saline pentru irigare poate avea efecte negative asupra relației generale sol-apă-plantă, chiar restricționând drastic activitatea fiziologică normală și capacitatea productivă a culturilor.

Unele săruri dizolvate prezintă o mare preocupare pentru cultivatori, deoarece acestea sunt direct toxice pentru plante, împiedică absorbția de apă de către rădăcină și/sau provoacă localizarea foliată care scade valoarea plantelor. Utilizarea apei saline la irigare poate duce la trei tipuri de probleme:

- creșterea potențialului osmotic al soluției circulante, cu creșterea problemelor de absorbție a apei pentru plante (efect osmotic);
- efecte asupra proprietăților chimice și fizice solului/substratului; și
- fitotoxicitate.

Cu cât este mai mare concentrația de săruri, cu atât mai mult aceasta contribuie la salinitate, în special dacă este disociată. Ionii care apar cel mai frecvent sunt nitratul, clorura, sulfatii, carbonatul și bicarbonatul elementelor alcaline și celor alcaline din sol (sodiu, potasiu, magneziu, calciu). Salinitatea poate fi măsurată prin metode de conductivitate analitică sau electrică. Măsurătorile analitice dau rezultate exprimate în unitatea de volum (g/l sau mg/l) sau ca o concentrație de săruri minerale în părți la un milion (ppm), cu apă definită salmastră (parțial salină) ori de câte ori conținutul de sare este > 2 g/l (sau 2 000 ppm). Conductivitatea electrică (CE) este exprimată în millisiemens pe centimetru (mS/cm), microsiemens pe centimetru (μ S/cm) sau decisiemens pe metru (dS/m) măsurată de un contor de conductivitate la 25 °C (unde $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mS/cm} = 1 000 \mu\text{S/cm}$). CE este legată de presiunea osmotică pe care o concentrație salină dată o creează în soluție, care, la rândul său, afectează în mod direct capacitatea plantei de a absorbi apa (adică creșterea salinității apei reduce disponibilitatea apei pentru absorbție de către plante). Apa este definită ca salmastră atunci când EC este $\geq 3,0$ dS/m. Deși este disponibilă o clasificare dură a speciilor de plante pe baza nivelului lor de toleranță la salinitate, răspunsul este extrem de variabil în raport cu cultivarul, solul/substratul, condițiile climatice și tehnicile agronomice utilizate. Prin combinarea strategiilor agronomice adecvate cu selectarea atentă a speciilor și cultivarului, este posibil de a minimiza reducerea recoltei. Controlul salinității este deosebit de important în zona rădăcinii, mai ales în timpul germinării și al fazelor fenologice timpurii. Poate fi obținut prin creșterea frecvenței de irigare sau prin satisfacerea cerinței de scurgere (adică aplicarea de apă suplimentară pentru scurgerea sărurilor din zona rădăcinii pentru a preveni acumularea excesivă de săruri care ar limita potențialul de producție al culturilor). Mai mult, irigarea prin picurare este deosebit de eficientă pentru apa de calitate joasă (apă salină).

Prezența ionilor particolari – **elemente toxice** – în apă poate cauza probleme de fitotoxicitate. Astfel de probleme pot apărea ca o toxicitate directă pentru diferite procese fiziologice ale plantei sau sub formă de dezechilibre nutriționale, cu niveluri diferite de toleranță la diferite plante.

Probleme de toxicitate apar atunci când anumite elemente din apa de irigație se acumulează în țesutul plantelor până la un nivel care determină reduceri ale recoltei, indiferent de concentrația totală a soluției. Elementele care pot genera fenomene de toxicitate sunt în general clorura, sulful, borul și sodiul. Fenomenele de toxicitate se manifestă într-o manieră tipică pentru fiecare element și sunt evidente pe frunzele mature unde acumularea este mai mare:

Sodiul (Na) la niveluri ridicate este un motiv de îngrijorare pentru cultivatori, deoarece poate contribui la probleme de salinitate, poate interfera cu disponibilitatea de **magneziu (Mg)** și **calciu (Ca)** în medii și poate provoca arsuri foliare.

Sulful (S) și **clorul (Cl)** sunt elemente esențiale pentru creșterea plantelor. Unele culturi (crucifere, leguminoase, cartofi) extrage din sol cantități semnificative de sulf (70 kg/ha). Cu toate acestea, dacă în apa de irigație sunt prezente cantități mari de sulf, acesta poate deteriora culturile ca urmare a toxicității directe. Sulful se găsește în general în apă sub formă de sulfat (SO_4^{2-}). Totodată, în mediile de reducere, sulfatul poate fi transformat în sulfură (SO_3^{2-}), care are o acțiune fitotoxică mai mare; într-adevăr, sulfurile provoacă precipitația fierului, ceea ce duce la simptome de toxicitate la plante. Clorura (Cl^-) din apă derivă din disocierea sărurilor de clorură conținute în apă și clorurarea apelor uzate purificate. Clorura la nivel ridicat este adesea asociată cu o concentrație crescută de sodiu. Simptomele de toxicitate ale clorurii apar ca arsură și uscarea frunzelor (începând de la vârfuri și continuând de-a lungul marginilor), devenind maronii, galbene prematur și pierzând frunzele. Posibilitatea ca clorura și sulfatul să producă daune depinde de sensibilitatea speciilor irigate și se manifestă în primul rând atunci când partea foliară este udată (ceea ce presupune irigarea prin stropire).

Borul (B) este un element esențial pentru plante, dar poate fi toxic chiar și la concentrații foarte mici ($> 0,5$ ppm). Concentrațiile toxice de bor se găsesc aproape exclusiv în solurile din zonele aride și în apele de fântână (puț) și de izvor în regiunile geotermale și vulcanice, în timp ce majoritatea apei de suprafață conține niveluri acceptabile de bor. Apa pentru irigație poate conține uneori cantități semnificative de bor datorită scurgerii din stațiile de epurare rezidențiale, deoarece este o componentă comună a detergentilor de uz casnic sub formă de perborat de sodiu. Efectele toxice ale borului apar mai întâi la frunzele mature sub formă de îngălbenire, pete clorotice sau țesut uscat la vârful și marginile frunzei. Răsadurile sunt, în general, mai sensibile decât plantele mature.

În unele cazuri, apa din fântâni poate fi deosebit de bogată în **fier (Fe)**. Plantele iubitoare de acizi pot întâmpina probleme atunci când sunt cultivate în sol acid sau în substraturi și irigate cu apă feroasă (unde fierul sub formă de ioni feroși nu precipită, dar își crește concentrația în soluție și poate fi toxic). Nivelurile ridicate de fier (> 5 mg/l) cauzează, în general, probleme estetice la plantele ornamentale și construcțiile de seră, dar pot duce, de asemenea, la înfundarea separatoarelor de picături. În plus față de elementele de mai sus, multe altele reacționează cu solul și nu pot fi îndepărtate prin levigare, provocând acumulări toxice în sol și în plante, în pofida prezenței concentrațiilor foarte mici în apa de irigație (oligoelemente). Multe dintre aceste elemente sunt metale grele, care provin în mare parte din activități umane (industrie, transport).

Atunci când utilizați apa de irigație cu concentrații mari de metale grele, trebuie luate în considerare următoarele riscuri: daune directe cauzate de fitotoxicitate, acumularea elementului în substrat sau sol și absorbția, transferul și acumularea în plante, cu riscul de difuzie prin lanțul alimentar. În orice caz, ca și majoritatea problemelor de salinitate, cele legate de toxicitate cresc și în perioada apariției condițiilor de evapotranspirație a mediului, ceea ce înseamnă că acolo unde este disponibilă o apă de bună calitate, este mai bine să o utilizați în perioada cea mai caldă a sezonului de irigare.

ANALIZA APEI

Analiza apei pentru irigare este o parte esențială a oricărei metode de cultivare rațională. Ea servește la:

- evitarea fenomenelor de fitotoxicitate în culturi;
- raționalizarea fertilizării (în special în cazul fertigării); și
- determinarea necesității (sau nu) a unei instalații speciale de tratare a apei.

Prelevarea probelor

Analiza poate fi efectuată în orice moment al anului, dar este important să se țină seama de faptul că poate exista o variabilitate ridicată a caracteristicilor apei în funcție de precipitațiile sezoniere (în special în cazul surselor de apă de suprafață). Dacă nu sunt disponibile informații cu privire la condițiile obișnuite ale puțurilor (fântânilor), este recomandat să se efectueze cel puțin două analize pentru a putea investiga orice modificări ale calității apei: una în timpul ploii și alta în timpul unei perioade de secetă. Apoi, este suficient să se repete testul de laborator la fiecare 1–3 ani, în plus față de testele periodice de pH și CE folosind instrumente portabile ușor de utilizat – o parte esențială a echipamentului exploatației agricole.

Este foarte simplu de a evalua proba de apă pentru irigare, dar este important să urmați câteva reguli de bază:

- Puțul (fântâna) trebuie să fie în uz regulat. Dacă este un (o) puț/fântână nouă, testarea nu trebuie făcută până când nu a fost utilizată timp de câteva săptămâni. Dacă nu au fost utilizate de ceva timp, acestea trebuie folosite timp de câteva zile înainte de prelevare.
- Apa trebuie lăsată să curgă timp de câteva minute înainte de prelevarea probei.
- Este necesară o sticlă curată din material de polietilen pentru probă. Capacitatea trebuie să fie ≥ 1 litru (pentru a fi umplută complet), dar un volum mai mare de apă poate fi necesar pentru anumite măsurări, și se recomandă să contactați din timp laboratorul pentru informații mai detaliate.

- Proba trebuie trimisă în laborator cât mai curând posibil. O etichetă trebuie să indice detaliile exploatației agricole, ale culturilor, sursa de apă (identificată printr-un cod) și tipul de analize care trebuie efectuate. Durata de păstrare a probei înainte de testare trebuie redusă la minim. Dacă depășește 1–2 zile, laboratorul trebuie contactat pentru consultație cu privire la cele mai bune metode de depozitare, care pot varia în funcție de parametrii care trebuie investigați.

Selectarea parametrilor care trebuie analizați

Selectarea parametrilor nu este, prin urmare, ușor de efectuat și trebuie făcută pe baza:

- datelor analitice anterioare;
- motivului analizei;
- caracteristicilor exploatației agricole (specii cultivate, tehnica de cultivare etc.); și
- condițiilor locale.

Caracteristicile chimice ale apei pot fi împărțite în patru categorii:

- pH și CE. Ele permit o evaluare inițială a apei. În timp ce acestea sunt foarte importante, ele sunt insuficiente pentru o concluzie precisă.
- Concentrația de calciu (Ca_2^+), magneziu (Mg_2^+), sodiu (Na^+), clorură (Cl^-), carbonat (CO_3^{2-}), bicarbonat (HCO_3^{2-}) și sulfat (SO_4^{2-}). Ele permit clasificarea apei în baza efectelor sale asupra solului/substratului, culturilor și sistemelor sanitare. Acestea trebuie să fie întotdeauna măsurate.
- Concentrația de macro- (azot nitric [N-NO_3^-], azot amoniac [N-NH_4^+], fosfați [HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}] și potasiu [K^+] și micronutrienți (fier [Fe], mangan [Mn], cupru [Cu], zinc [Zn], bor [B] și molibden [Mo]). Aceste elemente dezvăluie „puterea fertilizantă” a apei și indică riscurile potențiale de toxicitate asociate cu concentrația de micronutrienți, care depinde și de pH-ul apei (riscurile cresc pe măsură ce pH-ul se micșorează). Acestea permit gestionarea exactă a fertilizării și sunt necesare atunci când zona prezintă riscuri deosebite.
- Concentrația substanțelor toxice (de exemplu, metale grele, tensioactive anionice conținute în detergenți, fluoruri) și solide totale suspendate (TSS). Acestea nu sunt, în general, prezente în cantități periculoase în apă, dar ele pot prezenta o problemă. Metalele grele, de exemplu, pot fi de origine geologică, dar pot fi, de asemenea, rezultatul activității umane. Particulele solide anorganice (nisip, var, lut) sau cele organice suspendate pot crea blocaje în conductele de apă a sistemelor de canalizare.

Ele trebuie să fie apreciate doar dacă este suspectată poluarea.

Tabelul 3 prezintă criteriile de alegere a tipului de analiză corespunzător. Sugestiile generale trebuie adaptate pentru a se potrivi situației individuale. Nu este posibil să se indice în prealabil un tip de analiză adecvat pentru fiecare situație și trebuie să se solicite consultanță de specialitate.

Faceți trimitere la metodele oficiale de analiză atunci când analizați apa!

Interpretarea unui raport de laborator

Interpretarea unui certificat de analiză poate să pară complexă:

- **Identificarea „valorilor limită”** – adică concentrațiile peste care o anumită substanță poate deveni dăunătoare – nu este simplă. Speciile cultivate au niveluri diferite de toleranță, iar tehnicile de creștere adoptate afectează aceste praguri. De exemplu, un anumit conținut de sare poate fi periculos pentru o cultură din seră, dar nu pentru o cultură de câmp, care este spălată periodic de ploaie.
- **Evaluarea calității apei de irigare** implică examinarea relațiilor dintre diverși parametri. De exemplu, un anumit conținut de sare poate fi tolerat dacă ionii prezenți sunt în primul rând calciu și magneziu, dar poate fi dăunător dacă sodiul și clorura predomină. Avizul unui expert cu cunoștințe detaliate privind exploatarea în cauză este mai fiabil decât pragurile fixe. Prin urmare, valorile limită pentru culturile cultivate în seră indicate în tabelul 4 sunt orientative și sunt suficiente numai în scopul unei evaluări inițiale.

Tabelul 3. Recomandări pentru alegerea parametrilor de analiză a apei

Parametru		Sensul	Când de efectuată			
			Prima analiză	Agricultură intensivă	Fertigare	Planificarea sistemului de tratare a apei
pH		Exprimarea acidității (< 7) sau bazicitatea (> 7) apei.	*	*	*	*
Salinitate	CE	Se raportează la conținutul general de sare, care la rândul său, este legat de presiunea osmotică.	*	*	*	*
Calciu	Ca ²⁺	Absorbit în cantități considerabile de plante; la concentrații mari, pot reacționa cu carbonații și bicarbonații pentru a forma calcar și pot crea obstrucția duzei.	*	*	*	*
Magneziu	Mg ²⁺		*	*	*	*
Sodiu	Na ⁺	Indispensabil la concentrații mici; tinde să se acumuleze în sol sau în substrat cu efecte toxice pentru plante, agravând caracteristicile fizice ale solului.	*	*	*	*
Clorură	Cl ⁻	Indispensabil la concentrații mici; tinde să se acumuleze în sol sau în substrat cu efecte toxice pentru plante.	*	*	*	*
Carbonate/bicarbonate	CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ²⁻	De asemenea, menționat cu termenul „alcalinitate”.	*	*	*	*
Sulfate	SO ₄ ²⁻	La concentrație ridicată determină o creștere a salinității; se pot forma depozite de frunze.	*	*	*	*
Azot nitric	N-NO ₃ ⁻	Indispensabil pentru creșterea plantelor, trebuie să se țină seama de planul de fertilizare.			*	*
Azot amoniacal	N-NH ₄ ⁺				*	*
Fosfat	HPO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻				*	*
Potasiu	K ⁺				*	*
Fier	Fe	Indispensabil pentru creșterea plantelor; poate deveni toxic la concentrații mari.	*	*	*	*
Cupru	Cu			*	*	*
Zinc	Zn			*	*	*
Bor	B		O	*	*	*
Molibden	Mo		O	o	o	o
Substanțe toxice	Agente tensioactivi, metale grele, fluoruri (F ⁻)	Poate fi toxic pentru oameni și/sau plante.	O	o	o	o
Totalitatea solurilor suspendate	TSS	Poate crea blocaje ale emițătorului de picurare.				*

a * = întotdeauna recomandat; o = a fi efectuat în zone cu risc.
De Pascale și colab., 2013.

Tablelul 4. Evaluarea rezultatelor analizei apei

Parametru	Unitate	Pragul	Intervenția posibilă
pH		6.0–8.0	Acidifiere, dacă este prea mare, adăugare de bicarbonat dacă este prea mică
CE	dS m ⁻¹ (25 °C)	< 0.750	Osmoză inversă, diluare
Ca ²⁺	ppm	< 150	Osmoză inversă, acidifiere, diluare
Mg ²⁺	ppm	< 35	
Na ⁺	ppm	< 50	Osmoză inversă, diluare
Cl ⁻	ppm	< 50	
Alcalinitate	ppm	< 250	Acidifiere
SO ₄ ²⁻	ppm	< 50	Osmoză inversă, diluare
Fe	ppm	< 1.0	Osmoză inversă, diluare, rezervoare de oxidare, sisteme de îndepărtare
Mn	ppm	< 0.6	
Cu	ppm	< 0.3	Osmoză inversă, diluare
Zn	ppm	< 0.3	
Bo	ppm	< 0.3	
Mo	ppm	< 0.05	Diluare
Tensioactive	ppm	< 0.5	
Fluoride (F ⁻)	ppm	< 1.0	Osmoză inversă
Cadmium (Cd)	ppm	< 0.01	
Crom (Cr)	ppm	< 0.1	
Nichel (Ni)	ppm	< 0.2	
Plumb (Pb)	ppm	< 5.0	
Mercur (Hg)	ppm	< 0.002	
TSS	ppm	< 30	Filtrare

De Pascale și colab., 2013.

Unitățile de măsură utilizate pentru exprimarea rezultatelor pot fi diferite, ceea ce îngreunează compararea diferitelor analize sau a unei analize și a unei serii de valori limită. Doar unele exploatații au propriul lor laborator și, într-adevăr, acesta nu este esențial. Cu toate acestea, un contor al pH-ului și un contor al conductivității (pentru a verifica pH-ul și nivelurile CE în mod regulat) sunt indispensabile. Acestea sunt instrumente portabile, ușor accesibile pe piață la o gamă largă de prețuri, convenabile pentru toate exploatațiile agricole.

Când folosiți aceste instrumente, este important să respectați câteva reguli fundamentale pentru a vă asigura că puteți avea încredere în date!

Recomandări privind BPA – Calitatea apei

Calitatea apei

- Asigurarea calității apei este esențială pentru producerea cu succes a produselor horticole în seră.
- Aflați calitatea apei pentru administrarea planificată a apei și pentru a evita astfel de probleme cum ar fi creșterea slabă a plantelor, schimbarea culorii, conducte de udare înfundate și alte efecte nedorite.
- Apa de irigare în seră provine dintr-o serie de surse diferite, iar calitatea sa variază.
- Cu toate acestea, **se aplică următoarele reguli generale:**
 - Efectuați o analiză a apei într-un laborator acreditat înainte de a începe activitatea agricolă.
 - Solicitați consultanță de specialitate, deoarece nu este posibil să indicați din timp un tip de analiză adecvat pentru fiecare situație.
 - Repetați testarea analitică a apei pentru irigare, după o oarecare perioadă, pentru a identifica variațiile de compoziție care apar uneori și pot avea efecte negative asupra culturilor.
 - Consultați metodele oficiale de analiză atunci când faceți analiza apei.
 - Efectuați periodic analiza pH-ului de apă la exploatarea agricolă și a măsurilor CE ca o parte esențială a oricărei metode de cultivare rațională.
 - Utilizați instrumentele portabile pentru măsurarea pH-ului apei de irigare (sau a fertigării și a CE (acestea sunt accesibile, ușor de utilizat și o parte esențială a gestionării corecte a culturilor în seră) și respectați normele fundamentale pentru a asigura fiabilitatea citirii datelor.
 - Reglați apele de calitate scăzută prin desalinizare, corectarea pH-ului, acidifiere, adăugarea de bicarbonați și filtrare.

BIBLIOGRAFIE

- Baille, M., Baille, A. & Laury, J.C.** 1994. A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs climate factors and leaf area. *Sci. Hort.*, 59: 217–232. /Un model simplificat pentru estimarea ratei de evapotranspirație a nouă specii ornamentale vs factorii climatici și zona frunzelor. *Sci. Hort.*, 59:217 – 232.
- Barbieri, G. & Maggio, A.** 2013. Microirrigation. In *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO, Plant Production and Protection Paper 217. Rome, pp. 149–168. Microirigare. În *Bunele practici agricole pentru culturile legumicole în seră. Principii pentru zonele climatice mediteraneene*. FAO, producția de plante și de protecție a hârtiei 217. Roma, pp. 149 – 168.
- Bibbiani, C.** 2002. An iterative procedure to estimate hydraulic characteristic of plant substrates from one-step outflow data. *Agric. Med.*, 132: 232–245. /O procedură alternativă pentru estimarea caracteristicilor hidraulice ale substraturilor plantelor de la datele de ieșire cu un singur pas. *Agric. Med.*, 132:232 – 245.
- De Pascale, S., Della Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G. & Maggio, A.** 2011. Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. *Hort. Tech.*, 21: 301–308. /Creșterea eficienței utilizării apei în producția de culturi legumicole: de la plante la eficiența sistemelor de irigare. *Hort. Tech.*, 21:301 – 308.
- De Pascale, S., Orsini, F. & Pardossi, A.** 2013. Irrigation water quality for greenhouse horticulture. In *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO, Plant Production and Protection Paper 217. Rome, pp. 169–204. /Calitatea apei de irigare pentru horticul-tură în seră. În *Bunele practici agricole pentru culturile legumicole în seră. Principii pentru zonele clima-tice mediteraneene*. FAO, Documentul privind Producția și Protecția Plantelor 217. Roma, pp. 169 – 204.
- Gallardo, M., Thompson, R.B. & Fernández, M.D.** 2013. Water requirements and irrigation management in Mediterranean greenhouses: the case of the southeast coast of Spain. In *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO, Plant Production and Protection Paper 217. Rome, pp. 109–136. /Necesarul de apă și gestionarea irigațiilor în serele meditera-neene: cazul coastei de Sud-Est a Spaniei. În *Bunele practici agricole pentru culturile legumicole în seră. Principii pentru zonele climatice mediteraneene*. FAO, producția de plante și de protecție a hârtiei 217. Roma, pp. 109 – 136.
- Incrocci, L., Marzioletti, P., Incrocci, G., Di Vita, A., Balendonck, J., Bibbiani, C., Spagnol, S. & Pardossi, A.** 2014. Substrate water status and evapotranspiration irrigation scheduling in heterogenous container nursery crops. *Agric. Water Man.*, 131: 30–40. / Starea apei în substrat și programarea evapotranspirației la irigare în culturile de seră heterogene în container. *Agric. Water Man.*, 131:30 40.