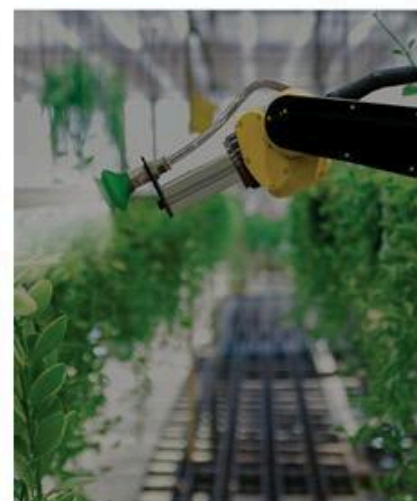




Horticulture 4.0

Învățământ profesional pentru
transformarea digitală în horticultură



TEHNOLOGII INTELIGENTE ÎN SERE

UN MANUAL DIGITAL PENTRU FORMATORII DIN DOMENIUL HORTICULTURĂ

AUTORI:

BAZELE IT PENTRU FUNCȚIONAREA SERELOR INTELIGENTE

- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
- Túrós László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

COMUNICAREA MOBILĂ ÎN SERE

- Márton Gyöngyvér - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

AUTOMATIZAREA SERELOR, SENZORI, ROBOTICĂ

- Papp Sándor - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Túrós László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

TEHNICI DE MICROPROPAGARE ÎN LABORATOR

- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
- Borka Roland - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

CULTIVAREA ÎN SERE

- Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

DIGITIZAREA MICROCLIMATULUI DIN SERE

- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
- Sztás Sándor - Alföldi ASZC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

IRIGAREA DE PRECIZIE

- Túrós László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

DIGITALIZAREA ILUMINATULUI ARTIFICIAL ÎN SERE

- Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

PROTECȚIA DE PRECIZIE A CULTURILOR ÎN SERE

- Ádám János - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
- Mitykó Sándor - Alföldi ASZC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

METODE INOVATOARE DE PREDARE ÎN SECOLUL XXI

- Hartyányi Mária - iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.

DACĂ AVEȚI ÎNTREBĂRI DESPRE CARTE SAU PROIECTUL DIN CARE PROVINE ACEASTĂ CARTE:

HORVÁTH ZOLTÁN

Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

6900 Makó, Szép utca 2-4.Hungary.

Web: <https://galamb.aaszc.hu/>

Email: galambj.iskola@gmail.com

CUPRINS

Mesaj de întâmpinare	5
CAPITOL 1	6
BAZELE IT PENTRU FUNCȚIONAREA SERELOR INTELIGENTE	6
1. Comunicare, Comunicare mobilă	6
1.1. Comunicații mobile	7
1.2. Recepționarea, transformarea, transmiterea semnalelor de transmisie a datelor	9
1.3. Conceptul și funcționarea senzorilor	16
1.4. Sisteme de control	22
1.5. Literatură	26
CAPITOL 2	27
1. COMUNICAREA MOBILĂ ÎN SERE	27
1.1. Comunicarea în rețea	27
1.2. Securitatea sistemelor mobile	32
1.3. Tehnologia rețelelor mobile și evoluțiile viitoare: 2G, 3G, 4G, 5G	34
1.4. Opțiuni de conectivitate mobilă	35
1.5. Protocoale de comunicare în sere agricole	38
1.6. Internetul obiectelor (IoT- Internet of Things)	41
1.7. Serele agricole și comunicația mobilă	42
1.8. Aplicații de comunicații mobile în sere	44
1.9. Literatură	46
2. AUTOMATIZAREA SERELOR, SENZORI, ROBOTICĂ	48
2.1. Introducere	48
2.2. Monitorizarea și îngrijirea automatizată a plantelor	48
2.3. Roboți de seră și vehicule cu conducere autonomă	56
2.4. Interacțiunea și cooperarea sistemelor inteligente	58
2.5. Drone de seră și tehnologii bazate pe drone	59
2.6. Serviciile ecosistemice și durabilitatea	60
2.7. Senzori utilizați în sere, în agricultură	61
2.8. Literatură	68
3. TEHNICI DE MICROPROPAGARE ÎN LABORATOR	69
3.1. Producerea de plante fără agenți fitopatogeni și micropropagarea	69
3.2. Metode de înmulțire in vitro și aplicarea lor	71
3.3. Microînmulțirea și păstrarea speciilor	73
3.4. Îmbunătățirea eficienței și preciziei micropropagării	75
3.5. Nanotehnologie și micropropagare	77
3.6. Sisteme de micropropagare automatizate	79
3.7. Literatură	82
4. CULTIVAREA ÎN SERE	83
4.1. Cultivarea în sere, culturi legumicole forțate	83
4.2. Bazele controlului climatic în spațiile protejate	85
4.3. Controlul spațiilor protejate în practică: Operatorul Priva	86
4.4. Controlul spațiilor protejate în practică: Sistemele Gremon	87
4.5. Sisteme de cultură a plantelor fără sol	88
4.6. Cultivarea fără sol, alimentarea cu apă și nutrienți (sistem închis)	89
4.7. Fitomonitoringul	91
4.8. Lucrări fitotehnice și recoltare	91
4.9. Administrarea lucrărilor fitotehnice (Gremon Systems Insight Manager)	93
4.10. Seră autonomă (cu funcționare autonomă)	93
4.11. Fermă verticală (Plant Factory)	94

12. Literatura	96
5. DIGITIZAREA MICROCLIMATULUI DIN SERE	98
1. Controlul climatic al echipamentelor de producție	98
2. Senzori și colectarea datelor în sere	104
3. Controlul și reglarea automată a climei	105
4. Utilizarea modelelor climatice în proiecții	106
5. Inteligența artificială și învățarea automată în sere	108
6. Microclimatul și productivitatea serelor	109
7. Energie durabilă și schimbări climatice	110
8. Surse	111
6. IRIGAREA DE PRECIZIE	112
1. Introducere	112
2. Irigarea și managementul nutrienților	113
3. Principalele caracteristici și structura sistemelor de irigații	114
4. Tipuri de sisteme de irigare în sere	116
5. Caracteristicile principale ale echipamentelor de irigare inteligente	120
6. Structura unui sistem de irigare inteligent	122
7. Sursa	126
7. DIGITALIZAREA ILUMINATULUI ARTIFICIAL ÎN SERE	127
1 Rolul luminii în viața plantelor	127
2 Iluminatul artificial	130
3 Tipuri de surse de lumină artificială	130
4 Comparatie între sursele de lumină HPS și LED	133
5 Literatura	135
8. PROTECȚIA DE PRECIZIE A CULTURILOR ÎN SERE	137
1. Prefață	137
2. Monitorizarea și detectarea timpurie a dăunătorilor și agenților patogeni	137
3. Protecția de precizie a plantelor și intervenții direcționate	141
4. Pesticide și metode ecologice în sere	144
5. Gestionarea rezistenței la dăunători și agenți patogeni	148
6. Efectul schimbărilor climatice asupra apariției dăunătorilor și agenților patogeni în sere	151
7. Protecția plantelor și sustenabilitatea	155
8. Literatura	158
CAPITOLUL 3	160
METODE INOVATIVE DE PREDARE	160
1. Introducere	160
2. Metode inovatoare de predare în secolul XXI	160
3.Învățarea activă – contextul istoric al metodei proiectului	162
4. Concepte de bază ale proiectelor de afaceri	165
5. Metoda proiectului	169
6. Literatura	186
PROIECTE STUDENȚEȘTI – STUDII DE CAZ	188
Introducere	188
Cultivarea serei - salată verde care crește în diferite medii de creștere	188
Protecția de precizie a culturilor - Ungaria	192
IRIGAȚIA DE PRECIZIE - România	197
INFORMAȚII DESPRE PROIECT	199

Mesaj de întâmpinare

În era transformării digitale, horticultura joacă un rol crucial în furnizarea de legume și fructe proaspete și hrănitoare unei populații în continuă creștere. Utilizarea tehnologiilor inteligente în sere reduce incertitudinea și crește productivitatea, motiv pentru care serele automatizate devin din ce în ce mai populare. Dezvoltarea semnificativă a **roboților**, a **controlului de la distanță**, a **comunicațiilor mobile**, a **internetului obiectelor (IoT)**, a **analizei datelor**, a **sistemelor de sprijin decizional** și a **inteligenței artificiale (AI)** a transformat major sectorul agricol pe care îl modelează în continuare. Cererea pentru automatizarea și controlul de la distanță al serelor este în creștere în multe țări din întreaga lume, dar **există puțini fermieri și forță de muncă calificată care pot utiliza cu încredere și profesionalism aceste dispozitive**, întrucât formarea profesională nu poate ține pasul cu viteza dezvoltării tehnologice decât cu o întârziere de câțiva ani.

Acest manual **a fost elaborat în cadrul proiectului Erasmus+ „Sere inteligente în formarea profesională horticolă”** cu participarea a trei țări (Ungaria, România și Serbia), în parteneriat cu experți din instituții de formare profesională agricolă și universități.

Scopul principal al proiectului a fost de a elabora materiale didactice de înaltă calitate și utilizarea multifuncțională a acestora pentru profesori din domeniul horticol cu privire la tehnologiile utilizate în sere inteligente în trei capitole majore:

- I. **Bazele informatice ale funcționării serelor inteligente**
- II. **Tehnologii inteligente în sere**
- III. **Metode inovative de predare**

Primul capitol tratează noțiunile IT de bază necesare pentru funcționarea serelor inteligente, în timp ce al doilea capitol descrie tehnologiile moderne care combină soluții de inteligență artificială în opt subcapitole, adaptate la etapele fiziologice ale plantelor, cu o prezentare orientată spre practică a componentelor „inteligente”. Al capitol este un ghid metodologic pentru profesorii care activează în domeniul horticol care doresc să predea cele mai noi tehnologii elevilor/studentilor lor folosind metode inovatoare ale secolului 21. Utilizarea multifuncțională a rezultatelor proiectului înseamnă:

- A fost elaborate tematica, conținutul și cursul e-learning pentru profesori vocaționali agricoli în trei module pe platforma Moodle, pe baza hărții de competențe a rezultatelor așteptate ale învățării elevilor/studentilor. <https://course.h40.itstudy.hu/?lang=ro>
- Publicăm materialul didactic elaborat în format digital ca și manual al profesorului, care poate fi utilizat de profesorii de discipline de specialitate din domeniul horticol din învățământul superior și formare profesională în activitatea lor de zi cu zi, ca supliment la manualele disponibile.
- Capitolele interpretabile independent ale curriculumului sunt publicate continuu sub formă de materiale digitale de microînvățare în patru limbi ca resurse materiale de învățare gratuite pe platforme profesionale de partajare a conținutului educațional (<https://mlc.itstudy.hu/hu>).

Acest manual este recomandat tuturor colegilor care predau discipline horticole în instituțiile de învățământ secundar sau superior, iar scopul său este de a transmite cunoștințe actualizate studenților săi folosind metode moderne, ajutându-i să construiască un viitor de succes în provocările mediului agricol actual.

Consortiul Horticultură 4.0

CAPITOL 1

BAZELE IT PENTRU FUNCȚIONAREA SERELOR INTELENTE

Autori

- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
- Túrós László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

1. COMUNICARE, COMUNICARE MOBILĂ

1.1 Comunicarea în viața de zi cu zi

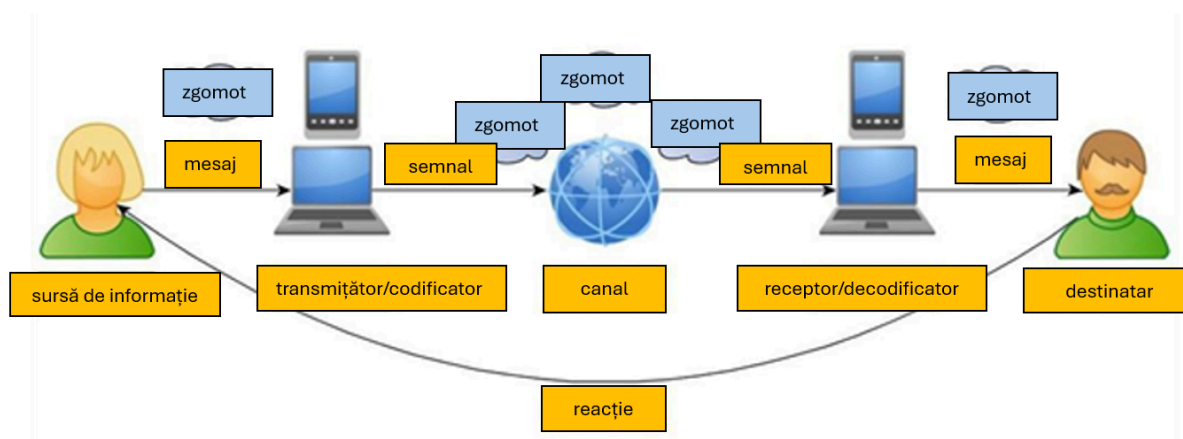
În viața de zi cu zi, comunicarea implică, de obicei, interacțiuni umane în care informațiile, gândurile, sentimentele și ideile sunt schimbate între două sau mai multe părți.

Comunicarea poate lua mai multe forme. Comunicarea verbală se bazează pe utilizarea cuvintelor și a limbajului atunci când vorbiți sau scrieți. Comunicarea nonverbală se bazează pe utilizarea limbajului corpului, a expresiilor faciale, a posturii și a gesturilor cu ajutorul cărora ne exprimăm emoțiile și intențiile. În plus, există comunicare scrisă, de exemplu, sub formă de scrisori sau e-mailuri, precum și comunicare vizuală, de exemplu, prin cifre, diagrame sau imagini.

Termenul are acum un sens mult mai larg decât interpretarea umană. Conform definiției teoriei informației, comunicarea este poate fi orice proces în care se transmit informații, indiferent de forma și codul în care apar informațiile. Într-un sens mai larg, procesele dintre materia anorganică și organică pot fi numite comunicare, precum și transferul de informații între sistemele mașinilor.

1.2 Comunicarea în IT

În tehnologia informației, conceptul de comunicare se referă la schimbul de date și informații între computere, dispozitive, sisteme și aplicații. Aceasta include, de exemplu, transmiterea datelor prin rețele locale (LAN) sau rețele la distanță, dar poate include și interacțiunea om-mașină. În acest sens, scopul comunicării este transmiterea eficientă, rapidă și sigură a datelor, informațiilor și instrucțiunilor între diferite sisteme și utilizatori.



Componentele procesului de comunicare

- **Transmițător/codificator:** sursa de informații, individul sau grupul care creează, codifică și transmite mesajul, dacă este necesar.
- **Mesaj:** informația, gândul, sentimentul sau ideea pe care sursa dorește să o transmită.
- **Canal:** mediul (mediul) prin care este transmis mesajul, de exemplu, vorbire, scriere, media electronică etc.
- **Receptor / decodor:** primește mesajul, îl decodează după cum este necesar de către un individ sau un grup.
- **Loopback:** răspunsul clientului la mesaj, care este returnat sursei dacă comunicarea este bidirecțională.
- **Zgomot:** orice factor care împiedică, distorsionează sau întrerupe transmiterea sau recepția unui mesaj.

Comunicarea între sistemele informatice poate lua diferite forme. Comunicarea între computere este procesul de transfer de date (schimb de fișiere, e-mail și alt conținut digital) printr-o rețea locală sau Internet.

Aceasta include comunicarea între software și aplicații. De exemplu, interfețele de programare a aplicațiilor (API) permit unui software să comunice cu altul, să solicite sau să transmită date, ajutând la integrarea între aplicații și la sincronizarea datelor.

Aceasta include comunicarea între utilizatori și sistemele informatice. Acest lucru se realizează prin intermediul interfețelor cu utilizatorul (de exemplu, interfețe grafice cu utilizatorul, interfețe în linia de comandă), în care utilizatorii furnizează informații, dau instrucțiuni și primesc feedback din partea sistemului.

În domeniul comunicării IT, fiabilitatea, securitatea și eficiența sunt importante. Ei folosesc protocoale, metode de codare și arhitecturi de rețea pentru a se asigura că informațiile circulă corect și pot fi interpretate de sistemele de comunicare.

1. COMUNICAȚII MOBILE CONCEPTE DE BAZĂ

2.1 Concepte de bază

Comunicațiile mobile se referă la comunicarea utilizând telefoane mobile și alte dispozitive fără fir. Această tehnologie permite oamenilor să comunice în timp real cu persoane care locuiesc în locații îndepărtate sau cu alte dispozitive.



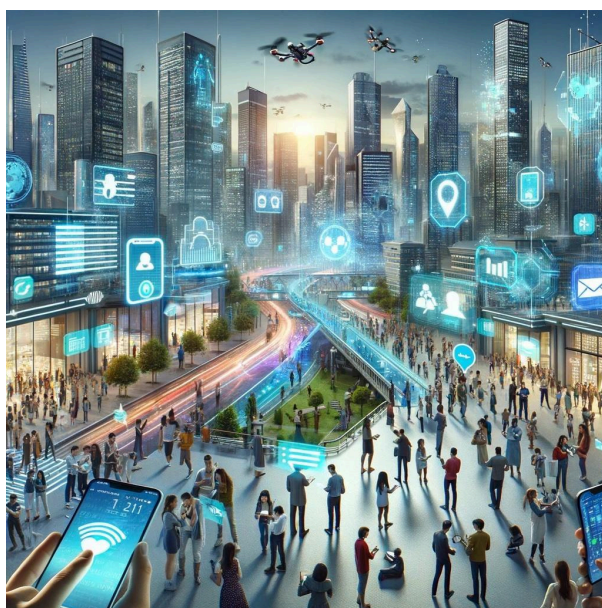
Sursa: Shutterstock

Transmisia de date de comunicații mobile necesită infrastructură de rețea, turnuri de telefonie mobilă și stații de bază care să asigure acoperirea și disponibilitatea serviciilor de comunicații.

Rețelele de telefonie mobilă pot utiliza tehnologii precum GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), 3G (Third Generation), 4G (Fourth Generation), LTE (Long-Term Evolution) și 5G (Fifth Generation). Aceste tehnologii evoluează treptat și oferă noi oportunități pentru comunicațiile mobile.

Serviciile de bază ale comunicațiilor mobile sunt apelurile mobile, mesajele text (SMS), mesageria multimedia (MMS), e-mailurile, aplicațiile de social media, navigarea pe Internet și cele mai recente aplicații, cum ar fi apelurile video, streamingul live, colocarea și plățile mobile.

Marele avantaj al acestor servicii este comunicarea rapidă și eficientă de la persoană la persoană, cu condiția să existe acoperire a rețelei mobile în zona geografică dată. Rețeaua mobilă ne permite să păstrăm legătura cu familia, prietenii, partenerii de afaceri. Rețelele mobile de generație mai nouă, cum ar fi 4G și 5G, aduc beneficii suplimentare comunicațiilor mobile. Acestea oferă viteze mai mari de date, latență mai mică și capacitate mai mare, permițând transferul mai rapid și fiabil de date mai mari și evoluția noilor aplicații și servicii.



Sursa: Generat cu DALL-E

Comunicațiile mobile au un impact semnificativ asupra vieții noastre de zi cu zi și a societății. A schimbat modul în care oamenii comunică, permițând contactul rapid și global. Comunicațiile mobile sunt la fel de importante în sfera personală, de afaceri și socială, iar progresele tehnologice ulterioare vor oferi noi oportunități în viitor.

2.2 Aplicații

Aplicațiile (aplicațiile) utilizate în comunicațiile mobile sunt larg răspândite și ne permit să efectuăm diverse activități pe dispozitive mobile (smartphone-uri sau tablete). Iată câteva exemple de tipuri de aplicații mobile pe care le folosiți cel mai des:

1. Aplicații de comunicare: pentru a trimite mesaje text (de exemplu, SMS, WhatsApp, Facebook Messenger), pentru a efectua apeluri (de exemplu, Skype, FaceTime, Viber).
2. Aplicații de socializare: pentru a păstra legătura, a împărtăși opinii, fotografii, videoclipuri (de exemplu, Facebook, Instagram, Twitter, TikTok).
3. Aplicații de e-mail: utilizate pentru a configura un cont de e-mail, pentru a trimite și primi e-mailuri (de exemplu, Gmail, Microsoft Outlook).
4. Aplicații pentru playere muzicale și video: pentru a reda muzică, podcasturi, filme și seriale pe dispozitivul mobil (de ex., Spotify, YouTube, Netflix).
5. Aplicații de navigare: pentru planificarea rutei, primirea informațiilor despre trafic (de exemplu, Google Maps, Waze).
6. Aplicații de sănătate și fitness: pentru a sprijini promovarea sănătății, pentru a urmări nutriția și pentru a accesa alte informații despre sănătate (de exemplu, Fitbit, MyFitnessPal).
7. Aplicații bancare și de plată: pentru efectuarea tranzacțiilor bancare, plata cu un dispozitiv mobil, urmărirea finanțelor (de exemplu, PayPal, Revolut).

Acestea sunt doar câteva exemple ale diversității aplicațiilor mobile. Aplicațiile mobile sunt în continuă evoluție și oferă noi caracteristici și opțiuni pentru ca utilizatorii să-și folosească dispozitivele mobile mai convenabil și mai eficient în viața de zi cu zi.

2.3 Comunicații mobile în agricultură

Comunicațiile mobile joacă un rol esențial în modernizarea agriculturii și în creșterea competitivității fermierilor. Introducerea noilor tehnologii și instrumente de comunicare aduce multe beneficii fermierilor în următoarele domenii:

- Colectarea și analiza datelor: fermierii pot colecta date despre sol, condițiile meteorologice și condițiile culturilor în timp real, ceea ce îi va informa să ia deciziile corecte cu privire la intervențiile necesare.
- Informații privind piața: telefoanele mobile îi ajută pe agricultori să obțină informații actualizate, de exemplu, cu privire la evoluția prețurilor pieței pentru diferite produse.
- Comunicare și consiliere: comunicarea mobilă facilitează conectarea fermierilor cu consilieri, experți și alți fermieri pentru a ține pasul și a împărtăși cele mai recente evoluții și bune practici.
- Finanțe digitale: Serviciile bancare mobile și platformele digitale de plată facilitează tranzacțiile financiare, achiziționarea de îngrășăminte sau semințe și gestionarea veniturilor din vânzările de culturi.
- Agricultură de precizie: datorită tehnologiilor agriculturii de precizie, dronelor și imaginilor prin satelit, fermierii pot monitoriza și optimiza cu precizie utilizarea îngrășămintelor, a apei și a produselor de protecție a culturilor.
- Instruire și educație: comunicarea mobilă permite fermierilor să acceseze cursuri de formare online și să învețe despre cele mai recente practici și tehnologii agricole prin intermediul dispozitivelor mobile.

2. RECEPȚIONAREA, TRANSFORMAREA, TRANSMITEREA SEMNALELOR DE TRANSMISIE A DATELOR

3.1 Date și volum de date

Datele sunt o formă de fapte și concepte care este adecvată pentru interpretare, prelucrare și transmitere prin instrumente de prelucrare a datelor. Datele pot fi nestructurate, cum ar fi un

document text simplu, sau structurate, cum ar fi stocate într-o bază de date. Informațiile sunt cunoștințe noi create prin prelucrarea datelor de către mașină sau om.

Volumul de date este o măsură care arată câtă capacitate de stocare este necesară pentru stocarea datelor. Unitățile de măsură pentru volumul de date includ biți (cea mai mică unitate de date care poate lua o valoare de 0 sau 1) și octeți (de obicei 8 biți, care sunt utilizați pentru a stoca un caracter, cum ar fi o literă sau o cifră). Alte unități ale volumului de date sunt kiloocteți (KB), megaocteți (MB), gigaocteți (GB), terabytes (TB), petabytes (PB), exabytes (EB), unde fiecare unitate este de obicei de 1024 de ori mai mare decât cea anterioară (deși un factor de 1000 este adesea folosit pentru a măsura capacitățile de stocare și de transfer pentru a ușura înțelegerea).

Pe baza cantității de date, putem determina dimensiunea dispozitivului de stocare a datelor necesar, rata de transfer a datelor și capacitatea de procesare a datelor. De exemplu, cantitatea de date necesară pentru stocarea unei imagini digitale determină timpul de încărcare pe o pagină web sau cantitatea de date dintr-un videoclip poate determina cât durează descărcarea sau redarea în flux la o anumită viteză a rețelei.

3.2 Semnale de transmisie de date

Semnalele joacă un rol esențial în toate formele de comunicare și reprezintă un instrument esențial pentru transmiterea datelor și a informațiilor în tehnologia informației. Semnalele permit transmiterea fizică a datelor prin canale de comunicare. Semnalele digitale transmit informații în formă discretă (de exemplu, o secvență de 0 și 1), în timp ce semnalele analogice se pot schimba continuu în timp. Semnalele analogice pot lua infinit de multe valori într-un interval dat și reprezintă, de obicei, schimbări continue într-o anumită cantitate fizică, cum ar fi temperatura, presiunea, undele sonore sau intensitatea luminii. Semnalele analogice se schimbă continuu, iar semnalele discrete sau digitale se schimbă intermitent sau în cascadă.

În contextul comunicării IT, rolul semnalelor poate fi grupat în funcție de mai multe aspecte.

Grupați semnalele după setul de opțiuni și gama de interpretare:

- semnal analogic: atât gama sa de interpretare, cât și setul său de valori sunt continue (schimbările de temperatură într-o perioadă dată);
- semnal discret în domeniul timpului: semnalul are un interval discret de interpretare și un set continuu de valori (de exemplu, termometru orar);
- semnal discret în amplitudine: domeniul său de interpretare este continuu, setul său de valori este discret (de exemplu, tensiunea de ieșire reglabilă a sursei de alimentare);
- semnal digital: atât gama sa de interpretare, cât și setul său de valori (de exemplu, mâna a doua a unui ceas digital simplu).

Unele caracteristici, caracteristici distinctive ale sistemelor analogice și digitale sunt:

- Sistemele digitale utilizează numere întregi (cum ar fi binare) pentru intrare, procesare, transmisie, stocare sau afișare.
- Sistemele analogice utilizează un spectru continuu de valori și simboluri non-numerice, cum ar fi litere sau pictograme.
- În sistemele analogice, fluctuațiile și fluctuațiile mici au, de asemenea, semnificație.

Conceptele de semnal analogic și digital, cu exemple

Semnalul analogic: poate lua orice valoare, se schimbă constant, oferă date realiste care pot fi citite în orice moment.

De exemplu: vitezometru, tensiometre convenționale, termometru convențional (fibră de mercur), barometru, hidraulică.

Semnal digital: reprezentarea discretă a unui fenomen variabil sau a unei cantități fizice, de exemplu numai prin anumite valori întregi.

De exemplu: termometru digital, ceas digital.

3.3 Prelucrarea semnalelor, digitizarea semnalelor analogice

Legea eșantionării a lui Shannon (sau teorema de eșantionare a lui Shannon-Nyquist, așa cum este adesea numită) este unul dintre principiile fundamentale ale procesării semnalelor digitale. Legea determină viteza cu care trebuie eșantionat un semnal temporal continuu pentru a restabili perfect semnalul original din eșantioane fără a pierde informații în acest proces. Legea prevede că pentru un semnal cu lățimea maximă de bandă X , rata de eșantionare (rata de eșantionare) trebuie să fie cel puțin de două ori frecvența maximă a semnalului (adică $2X$) pentru a restabili semnalul original fără distorsiuni.

De exemplu, dacă cea mai mare frecvență a unui semnal audio este de 20 kHz, atunci conform teoremei Shannon-Nyquist, este necesară o rată de eșantionare de cel puțin 40 kHz pentru a converti perfect semnalul într-o formă digitală.

Legea eșantionării este fundamentală în audio-ul digital, imagistica digitală și multe alte domenii în care semnalele analogice trebuie convertite în semnale digitale, deoarece ajută la prevenirea erorilor de eșantionare atunci când rata de eșantionare este prea mică și elementele de semnal de înaltă frecvență distorsionează semnalul restaurat.

Conversie analogică-digitală (A/D) și digitală-analogică (D/A)

Semnalele analogice pot fi convertite în semnale digitale (și invers) folosind convertitoare A/D (analog-digital) și D/A (digital-la-analog), permițând procesarea digitală, stocarea și transmiterea semnalelor analogice. Transmiterea digitală de date este adesea mai eficientă și mai puțin sensibilă la zgomot decât manipularea directă a semnalelor analogice. Conversia A/D este "cuantificarea" unui semnal analogic continuu în valori digitale discrete, în timp ce conversia D/A este conversia semnalelor digitale în semnale analogice, permițând reprezentarea și percepția fizică.

Limitările digitizării semnalelor analogice

- În timpul digitizării, semnalele analogice sunt convertite în semnale care pot fi reprezentate prin cifre, care pot fi interpretate și de un computer.
- Datele originale sunt eșantionate în pași, iar setul continuu de date dintre cei doi pași este înlocuit cu o valoare, care este, evident, doar o valoare aproximativă.
- Specificarea unui interval de valori se numește cuantificare. Precizia poate fi îmbunătățită cu eșantionare mai densă și pași mai mici.
- Pierderea datelor are loc în timpul digitizării, astfel încât semnalul analogic original nu poate fi convertit înapoi de la semnalul digital.

Pași pentru digitizarea semnalelor analogice

- Eșantionare: eșantionați setul original de date continue în trepte și înlocuiți valoarea variabilei dintre cei doi pași cu o singură valoare.
- Cuantificare: specificați setul de valori din care semnalul digital ia o valoare specificată care aproximează valoarea semnalului original.
- Codificare: semnalul eșantionat este atribuit valorii de cuantificare obținute de unitatea de codificare într-o secvență binară.

3.4 Digitizarea imaginilor și sunetelor

Digitizarea imaginilor

Prin digitizarea imaginilor, fotografiilor, documentelor, imaginile pot fi stocate, editate și partajate în format digital pe orice dispozitiv electronic. Prin digitizare, imaginea analogică este convertită în format digital discret în două etape: eșantionare și cuantificare.

Eșantionare

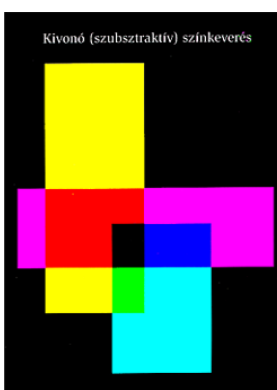
Prin eșantionare, imaginea este împărțită în pătrate mici numite pixeli (elemente de imagine) folosind o grilă. Fiecare pixel reprezintă un pixel în imaginea digitală. Rata de eșantionare, sau densitatea pixelilor, determină rezoluția unei imagini digitale: cu cât o imagine are mai mulți pixeli, cu atât este mai detaliată versiunea digitală. Imaginile de înaltă rezoluție păstrează mai bine detaliile imaginii originale, dar, evident, necesită mai mult spațiu de stocare.

Quantization

Următorul pas este cuantificarea: valorile intensității luminii înregistrate per pixel sunt convertite în valori discrete ale adâncimii de culoare. Adâncimea culorii determină câte culori sau nuanțe diferite pot fi afișate într-o imagine digitală. De exemplu, într-o imagine cu adâncime de culoare de 8 biți, fiecare pixel poate afișa 256 (2^8) culori sau nuanțe diferite. Cuantificarea determină acuratețea culorilor și detaliile unei imagini digitale. Dacă se utilizează 3 octeți (24 biți) pentru stocare, mai mult de 16 milioane (16.777.215) culori pot apărea în imaginea digitală.

Sisteme și formate de coordonate de culoare

Imaginile digitale pot fi stocate și gestionate în diferite modele de culori și formate de fișiere. RGB (roșu, verde, albastru), numit amestecare aditivă a culorilor, care combină culorile roșu, verde și albastru pentru a crea culori diferite, Codul RGB conține separat codurile pentru culorile de bază roșii, verzi și albastre.



Amestecarea culorilor de scădere CMYK (Cyan, Magenta, Galben, Key/Black) este utilizată în principal în imprimarea imaginilor. Lumina soarelui conține toate culorile vizibile găsite pe pământ. Când lumina soarelui luminează un obiect, obiectul absoarbe (scade) puțin din lumină și reflectă restul. Lumina reflectată este culoarea pe care o vedem. Mașina de pompieri este roșu aprins, deoarece absoarbe toate culorile (albastru și verde) din spectrul luminos, cu excepția roșului.

Formatele de fișiere pentru stocarea imaginilor digitale, cum ar fi JPEG, PNG, GIF și TIFF, utilizează diverse tehnici de compresie și metode de gestionare a datelor pentru a optimiza calitatea imaginii și dimensiunea fișierului.

Comprimare

Folosim adesea tehnici de compresie pentru a stoca și transmite imagini digitale. Compresia poate fi cu pierderi, cum ar fi JPEG, unde pierdem datele originale în timpul compresiei pentru a reduce dimensiunea fișierului sau fără pierderi, cum ar fi PNG, unde calitatea originală a imaginii este păstrată, dar mai puțin eficientă în ceea ce privește reducerea dimensiunii.

Digitizare audio

Digitizarea audio convertește semnalele audio fizice, analogice, în semnale care pot fi stocate în formă digitală, permițând stocarea, editarea, transmiterea și copierea sunetului pe un computer. Primul pas în digitizarea audio este eșantionarea, urmată de cuantificare și codificare, care convertesc semnalele analogice continue în date digitale discrete.

Eșantionare

Primul pas în digitalizarea sunetului este eșantionarea: eșantioanele sunt prelevate din semnalul analogic la intervale date. Rata de eșantionare (sau rata de eșantionare) determină de câte ori se efectuează eșantionarea pe secundă. Unitatea de frecvență de eșantionare este Hertz (Hz), unde 1 Hz reprezintă recepția unei probe pe secundă. Audio de calitate CD, de exemplu, înregistrează la o rată de eșantionare de 44,1 kHz, ceea ce înseamnă că durează 44.100 de eșantioane pe secundă.

Quantization

Eșantionarea este urmată de cuantificare: amplitudinile eșantionului sunt rotunjite la valori discrete. În această etapă, semnalul analogic continuu este convertit într-un număr finit de semnale digitale care pot fi gestionate în sistemele digitale. Numărul de niveluri de cuantificare depinde de așa-numita "adâncime de biți". Adâncimea de biți determină câți biți sunt utilizați pentru a stoca amplitudinea eșantionului. De exemplu, un sistem audio pe 16 biți poate distinge 65.536 (2^{16}) valori diferite ale amplitudinii. În timpul cuantificării, se generează un așa-numit zgomot de cuantificare, deoarece valorile amplitudinii continue sunt rotunjite la valori discrete, dar prin creșterea adâncimii de biți, zgomotul de cuantificare poate fi redus în consecință.

Codificare

Pentru stocare și transmitere, după eșantionare și cuantificare, datele digitale trebuie codificate. Codificarea comprimă datele pentru a reduce cantitatea de date, menținând în același timp calitatea sunetului. Compresia poate fi cu pierderi (de exemplu, MP3, AAC), care omite anumite informații mai puțin perceptibile pentru urechea umană sau fără pierderi (de exemplu, FLAC, WAV), care păstrează semnalul digital original.

Digitizarea filmelor și videoclipurilor

Digitizarea imaginilor analogice în mișcare, a filmelor și a videoclipurilor are loc în pași similari digitizării audio: eșantionarea este primul pas, urmat de cuantificare și compresie. Rezultatul este conversia semnalelor analogice continue în date digitale discrete. Filmul stocat digital poate fi stocat pe computer, editat și transferat pe alte dispozitive.

Eșantionare

Primul pas în digitalizare este eșantionarea: cadrele filmului sunt înregistrate la intervale date. În cazul imaginilor în mișcare, se disting două metode principale de eșantionare: eșantionarea temporală și spațială. Eșantionarea temporală determină numărul de cadre înregistrate pe secundă (fps), iar eșantionarea spațială determină rezoluția matricei de pixeli dintr-un cadru.

Quantization

După eșantionare, urmează cuantificarea: în cadre, luminozitatea pixelilor și informațiile despre culoare sunt rotunjite la valori discrete, adică semnalele analogice continue sunt convertite într-un număr finit de valori digitale. Calitatea cuantificării este determinată de adâncimea de biți, care indică câți biți pe pixel sunt stocate informațiile pe pixel. O adâncime de biți mai mare are ca rezultat o calitate mai bună a imaginii, permițându-vă să distingeți nuanțele de mai multe culori și luminozitate.

Comprimare

Videoclipurile stocate digital pot ocupa mult spațiu de stocare, deci compresia este foarte importantă. Scopul compresiei este de a reduce cantitatea de date cât mai mult posibil, fără a afecta semnificativ calitatea filmului. Tipuri: compresie cu pierderi și fără pierderi. Compresia cu pierderi (de exemplu, MPEG, H.264) omite informații care sunt mai puțin importante pentru percepția vizuală, în timp ce compresia fără pierderi (de exemplu, PNG pentru imagini) păstrează exact datele originale.

3.5 Importanța digitalizării în agricultura modernă

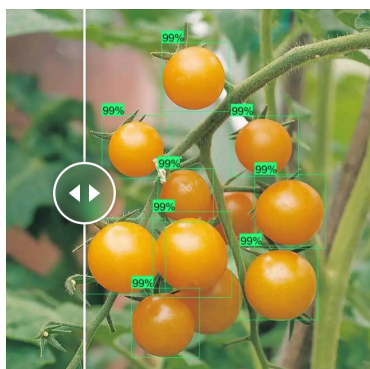
Agricultura de precizie utilizează tehnologii moderne și metode de analiză a datelor pentru a optimiza practicile agricole în vederea creșterii productivității, reducerii impactului asupra mediului și îmbunătățirii eficienței economice. Digitalizarea joacă un rol esențial în acest proces, deoarece permite observarea, analiza și gestionarea mai precisă a proceselor agricole. Să ne uităm la câteva exemple.

Digitizare audio

- Analizând înregistrările audio, putem observa și urmări comportamentul animalelor. Prin identificarea sunetelor care dau semne de stres sau boală, este posibilă intervenția timpurie.
- Sunetele specifice care indică prezența anumitor dăunători sau boli, cum ar fi bâzâitul insectelor sau ultrasunetele emise de plante, pot fi identificate cu ajutorul tehnologiilor digitale, permițând fermierilor să ia măsuri în timp util.

Digitalizarea imaginilor

- Folosind imagini din satelit și imagini aeriene realizate de drone, fermierii pot monitoriza suprafețe mari pentru a identifica, de exemplu, seceta sau infecțiile. Acest lucru permite o gestionare mai precisă a apei și aplicarea specifică a măsurilor de protecție a plantelor.
- Cu ajutorul imaginilor digitale, fermierii pot detecta din timp bolile plantelor și dăunătorii, permițând un tratament rapid și țintit, sau pot estima producția așteptată de roșii într-o seră inteligentă folosind analiza AI.

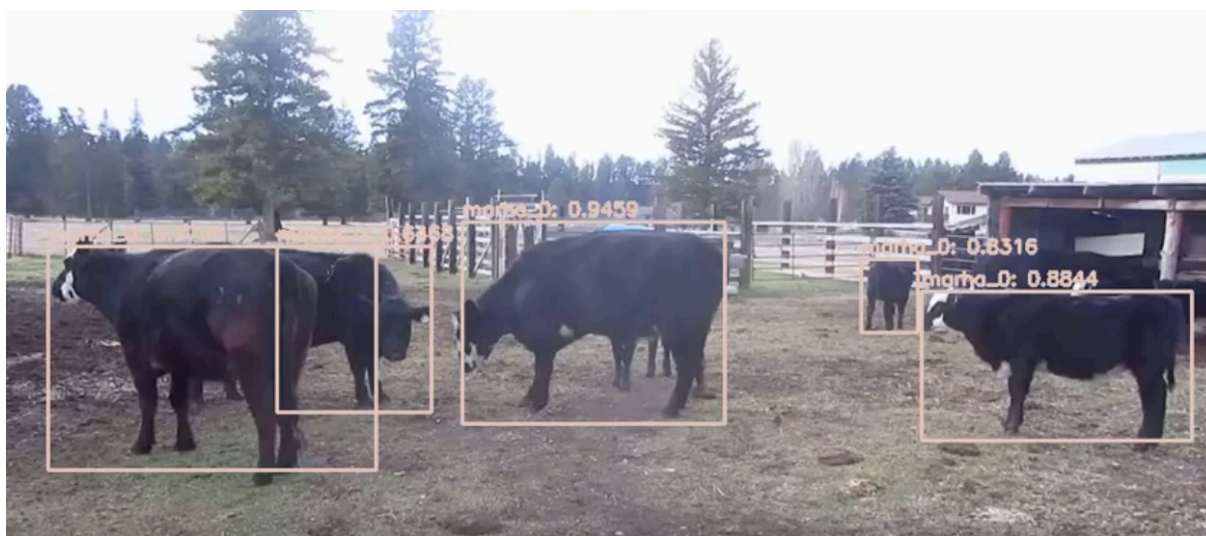


Sursa: <https://www.prompt.hu/szoftver/ai/>

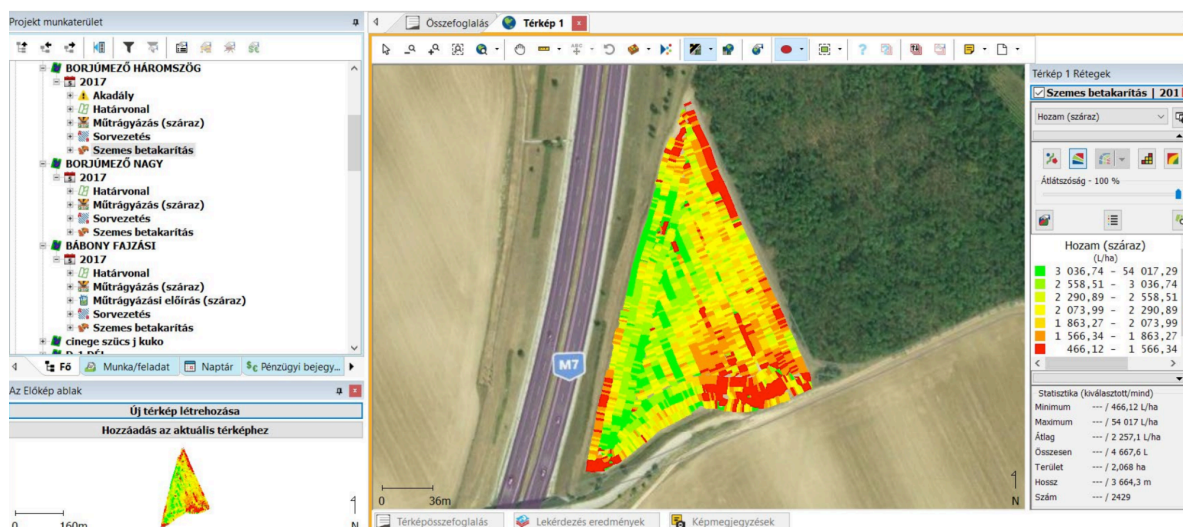
Putem vedea soluții AI pentru dezvoltări interne ulterioare pentru exemplele de mai sus pe următorul site web: <https://www.prompt.hu/szoftver/ai/>

Digitalizați videoclipuri

- Cu ajutorul camerelor video și al analizelor bazate pe inteligență artificială (AI), fermierii pot monitoriza starea animalelor și a culturilor în timp real. Observarea comportamentului animalelor poate ajuta la identificarea problemelor de bunăstare, la optimizarea strategiilor de hrănire și la îmbunătățirea eficacității programelor de reproducere.



- Analiza înregistrărilor digitale vă permite să îmbunătățiți eficiența fluxurilor de lucru agricole, cum ar fi plantarea, pulverizarea și recoltarea.



Sursa: Dr. Láng, Veres: Agricultura de precizie, 2018, <https://mlc.itstudy.hu/hu/mlc-browser/precizios-gazdalkodas>

În general, conversia semnalelor analogice în semnale digitale, digitalizarea acestora, este tehnologia care permite fermierilor să obțină o imagine mai exactă a proceselor de producție,

ajutând procesele de luare a deciziilor, creșterea productivității, reducerea impactului asupra mediului și îmbunătățirea eficienței economice globale.

3. CONCEPTUL ȘI FUNCȚIONAREA SENZORILOR

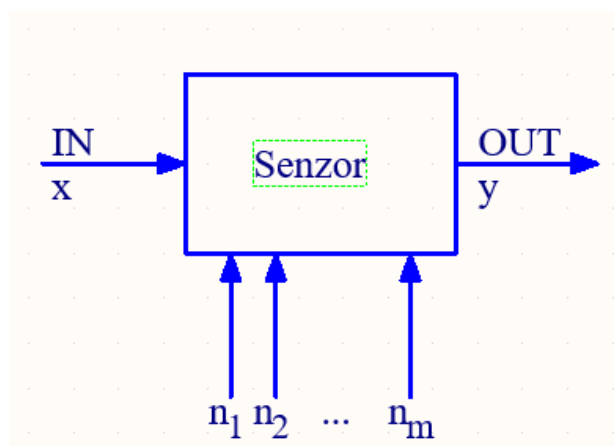
4.1 Conceptul de senzor

Un senzor este un dispozitiv care poate detecta cantități fizice sau chimice (cum ar fi temperatura, intensitatea luminii, presiunea, umiditatea, concentrația de gaz etc.) și le poate converti în semnale electrice. Semnalele electrice pot fi analizate, procesate, vizualizate de diverse dispozitive și astfel putem obține informații despre mediu sau fenomene percepute.

Senzorii pot fi dispozitive foarte simple, cum ar fi senzorul de temperatură de mai sus, sau sisteme mai complexe, cum ar fi senzorii de imagine multispectrali, care pot colecta date la diferite lungimi de undă ale luminii. Dezvoltarea și aplicarea senzorilor joacă un rol cheie în inovația tehnologică modernă.

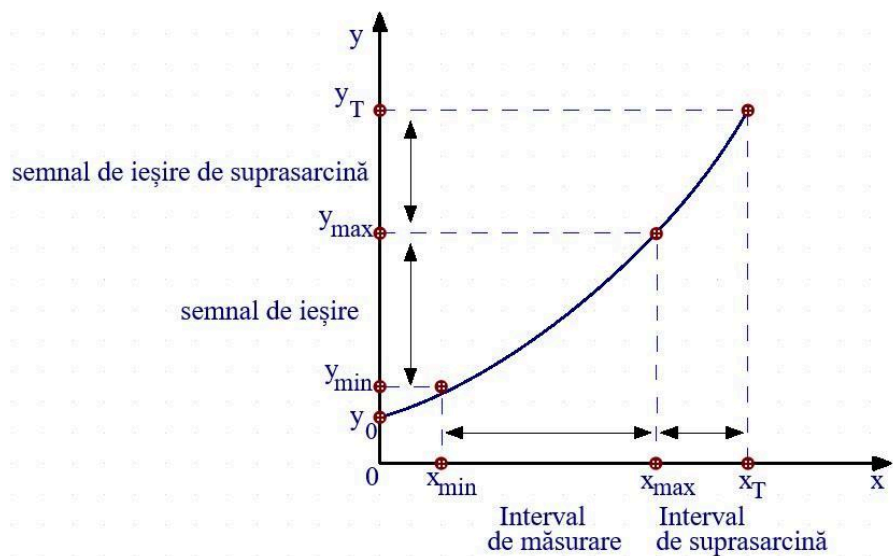
*Conversia proprietăților diferitelor fenomene în cantități electrice a devenit atât de comună încât un **senzor** este orice dispozitiv tehnic de măsurare a cărui intrare nu este o cantitate electrică și a cărei ieșire este o cantitate electrică și care satisface cerințele metodologiei: precizie, repetabilitate, rezoluție, termen de valabilitate, imunitate la influențele mediului.*

Senzorii pot fi clasificați în funcție de mai multe criterii: în funcție de principiul lor de funcționare, în funcție de natura și tipul cantităților de intrare și în funcție de natura semnalelor electrice de ieșire. Semnalul de ieșire (ieșire – y) al fiecărui senzor utilizat în procesul de măsurare este o funcție a mai multor cantități de intrare. Dintre cantitățile de intrare, în afară de cea care trebuie măsurată (intrare – x), restul sunt considerate semnale de interferență (n_k – zgomot), al căror efect încercăm să îl reducem în timpul măsurării.



Cu ajutorul senzorilor, suntem capabili să măsurăm și să detectăm caracteristici fizice sau de mediu, cum ar fi temperatura, presiunea, lumina, sunetul sau mișcarea. Senzorii pot fi utilizați pentru a monitoriza condițiile de mediu, pentru a colecta date sau pentru a opera dispozitive. Senzorii convertesc caracteristicile din mediul lor în semnale electrice, care pot fi apoi transmise și procesate de alte dispozitive sau sisteme. Senzorii sunt utilizați pe scară largă în industrie, știință, asistență medicală, automobile, dispozitive inteligente și multe alte domenii.

Pentru a determina caracteristicile statice ale senzorilor, putem determina valorile constante ale ieșirii prin înregistrarea cantității de intrare la o valoare constantă în timp. Relația $y(x)$ dintre cantitățile de ieșire și cele de intrare poate fi astfel obținută ca o caracteristică statică.



Pe baza caracteristicii statice, se determină cantitățile caracteristice unui senzor important. Pentru a limita domeniul de aplicare al curriculumului, vom menționa doar cele mai importante:

Domeniul de măsurare $[x_{min}, x_{max}]$ în care sunt îndeplinite specificațiile specificate pentru senzor.

Domeniul semnalului de ieșire $[y_{min}, y_{max}]$, intervalul în care sunt localizate valorile semnalului de ieșire atunci când x se deplasează pe întregul domeniu de măsurare.

Intervalul de suprasolicitare este intervalul de valori al semnalului de intrare $[x_{max}, x_T]$ în care senzorul este încă operațional, dar nu mai îndeplinește specificațiile necesare. Este important ca la revenirea din domeniul de suprasarcină în domeniul de măsurare, senzorul să funcționeze conform caracteristicilor statice originale. Dacă $x > x_T$, atunci senzorul poate deveni incapabil de funcționare (x_T – limita de rupere).

Sensibilitatea este coeficientul diferențial calculat la un anumit punct de funcționare M , care este raportul dintre modificările de ieșire și intrare. Exprimă modificarea ieșirii senzorului în raport cu modificarea unității de intrare.

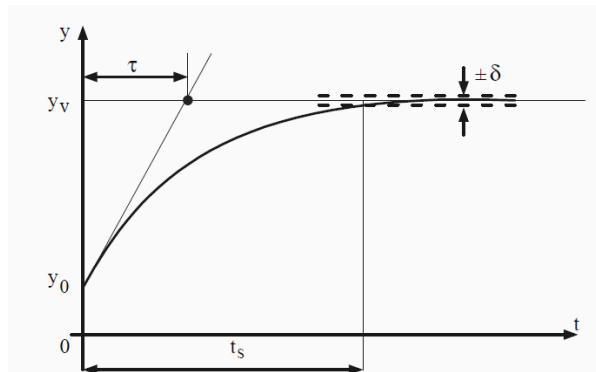
$$S_a = \left. \frac{\Delta y}{\Delta x} \right|_M \quad \left[\frac{\dim y}{\dim x} \right]$$

Rezoluția înseamnă modificarea cantității de intrare care produce o modificare perceptibilă (cuantificabilă) a ieșirii. Dacă ieșirea senzorului este digitală, rezoluția este egală cu cel mai puțin important bit (cifră). De exemplu, dacă afișajul unui termometru digital poate afișa diferențe de 0,1 °C, rezoluția senzorului este $r = 0,1$ °C.

Caracteristici dinamice de timp: în cazul în care cantitatea de intrare x de măsurat se modifică în timp, valoarea instantanee a cantității de ieșire poate fi determinată pentru valorile cantității de intrare în fiecare moment de timp. Relația dintre valorile instantanee ale cantității de intrare și de

ieșire este determinată de ecuația diferențială dependentă de timp a senzorului, denumită în mod obișnuit caracteristica dinamică a senzorului.

Caracteristicile dinamice de timp sunt determinate prin comutarea treptată a unui semnal de intrare de salt la intrare. Dacă senzorul poate fi descris printr-o ecuație diferențială liniară, constantă a coeficientului de gradul întâi, atunci caracteristicile sale dinamice sunt:



– **constanta de timp** – τ : în momentul unei schimbări puternice a semnalului de intrare ($t = 0$), intersecția tangentei trase la curbă pe linia valorii finale (constante) a semnalului de ieșire y_v .

– **TS** : timpul dintre schimbarea bruscă a semnalului de intrare ($t = 0$) și momentul în care semnalul de ieșire se încadrează în banda de deviație admisă în jurul valorii finale a y_v .

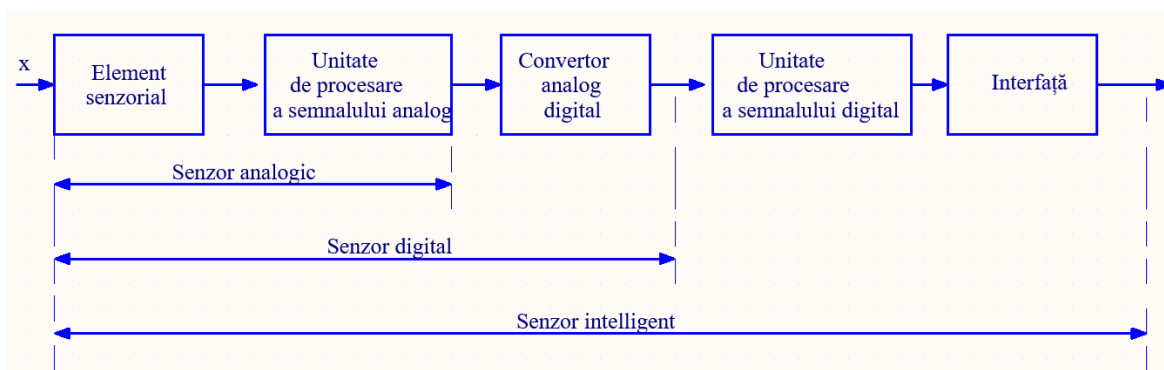
De exemplu, caracteristicile dinamice ale unui senzor de temperatură sunt de obicei utilizate, deoarece elementul de detectare termică necesită o anumită perioadă de timp pentru a se încălzi până la temperatura ambiantă. În termeni generali, totuși, dinamica senzorului poate fi descrisă printr-o ecuație diferențială de grad mai mare.



Elementul senzorial este partea senzorului care detectează factorul fizic menționat mai sus. Deoarece este rar folosit singur, acest element este însoțit de procesarea semnalului, elemente traductoare, carcasă, conector și elemente de fixare.

Senzorii pot detecta una sau mai multe caracteristici și putem vorbi și despre un sistem multisenzor, atunci când există elemente de senzor capabile să detecteze mai multe valori într-un singur senzor.

Diagrama matricei de integrare a senzorilor analogici, digitali și inteligenți:



Un senzor inteligent este o unitate integrată de microelectronică care include cel puțin un senzor, o unitate de procesare a semnalului analogic, un convertor analog-digital, o unitate de procesare digitală a semnalului și o interfață cu fir sau fără fir care poate fi ușor conectată la alte sisteme.

Un senzor inteligent este un senzor inteligent care are una sau mai multe funcții, cum ar fi autotestarea, autotestarea, validarea, adaptarea etc.

4.2 Gruparea senzorilor

Senzorii pot fi grupați în mai multe moduri, în funcție de caracteristicile după care dorim să îi organizăm. Iată câteva grupări comune pentru senzori:

După caracteristicile fizice:

- Senzori optici: de exemplu, senzori de lumină, camere foto.
- Senzori de sunet: de exemplu, microfoane, senzori de sunet.
- Senzori de mișcare: de exemplu, giroscopuri, accelerometre.
- Senzori de temperatură și umiditate: de exemplu, senzori de temperatură, higrometre.

După domeniul de aplicare:

- Senzori de mediu: de exemplu, senzori de presiune a aerului, senzori de cutremur.
- Senzori biometrici: de exemplu, cititoare de amprente, senzori de ritm cardiac.
- Senzori de mediu: de exemplu, contoare de poluare a aerului, senzori de radiații.
- Senzori de poziție: de exemplu, module GPS, busole.

Prin interfața de comunicare:

- Senzori analogici: senzori care emit un semnal analogic.
- Senzori digitali: senzori care emit un semnal digital.

Pe baza principiului aplicat:

- Senzori fotoelectrici: de exemplu, fotodiode, fototranzistoare.
- Senzori chimici: de exemplu, detectoare de gaze, senzori de pH.
- Senzori biologici: de exemplu, senzori bioluminescenți, senzori enzimatici.

Este important de menționat că gruparea senzorilor nu este clară și strict definită, deoarece mulți senzori pot fi împărțiți în mai multe categorii, în funcție de aspectele luate în considerare.

În secțiunea următoare, să analizăm elementele de grupare bazate pe interfața de comunicare.

4.3 Senzori analogici

Semnalele analogice sunt furnizate, de exemplu, de senzori de debit, senzori de deplasare sau contoare de cuplu. Senzorii analogici sunt dispozitive care generează semnale analogice. Semnalele analogice reprezintă valori continue în funcție de caracteristicile măsurate. Senzorii analogici detectează semnalele fizice din mediul lor, cum ar fi temperatura, presiunea sau luminanța, și le transformă în semnale electrice analogice. Semnalele analogice sunt de obicei prezente sub formă de tensiune sau curent.



Figura SEQ 1* ARABĂ 4. Smochină. Senzor de luminanță analogic
Sursă imagine: <https://www.microcontroller.hu/termek/temt6000-fenyerosseg-mero-szenzor/>

Ieșirea senzorilor analogici se modifică de obicei odată cu caracteristica măsurată. De exemplu, tensiunea de ieșire a unui senzor de temperatură depinde de temperatura măsurată. Senzorii analogici sunt de obicei urmați de un convertor analog-digital (ADC), care convertește un semnal analogic într-o formă digitală pentru procesarea prin sisteme digitale sau microcontrolere. o formă digitală pentru procesarea prin sisteme digitale sau microcontrolere.



Senzorii analogici sunt utilizați pe scară largă în industrie, electronică, automobile și alte domenii în care măsurarea precisă și controlul caracteristicilor în continuă schimbare sunt importante.

4.4 Senzori digitali

Senzorii digitali sunt dispozitive care generează sau emit un semnal digital ca urmare a măsurărilor, ieșirea este afișată în formă binară, de obicei cu valori de 0 și 1 sau protocoale digitale.

Exemplu de senzori digitali:

1. Senzori digitali de temperatură: acești senzori pot măsura temperatura ambiantă și pot returna valori digitale. Protocoalele de comunicare digitală, cum ar fi I2C sau SPI, sunt adesea folosite.
2. Senzori digitali de mișcare: acești senzori detectează mișcarea în împrejurimile lor și emit un semnal digital atunci când este detectată mișcare. Tehnologia infraroșu pasiv (PIR) este adesea folosită.
3. Senzori de lumină digitală: acești senzori măsoară intensitatea luminii ambientale și trimit semnale digitale pe baza condițiilor de lumină percepute.
4. Senzori digitali de distanță: acești senzori măsoară distanța față de alte obiecte. Distanța este exprimată în formă digitală, adesea sub formă de impulsuri sau coduri digitale. De exemplu, senzori de distanță laser sau senzori ultrasonici.
5. Senzori digitali de presiune: acești senzori pot măsura valorile digitale de presiune și ieșire. Ei pot utiliza protocoale de comunicare digitală, cum ar fi I2C sau SPI.

Avantajul senzorilor digitali este că semnalele de ieșire pot fi citite și procesate cu ușurință în sistemele digitale. Datele sunt mai precise și mai puțin susceptibile la interferențe sau zgomot. În plus, acestea includ adesea un convertor analog-digital (ADC) încorporat, care permite digitizarea semnalelor analogice, facilitând conectarea senzorilor la microcontrolere sau alte sisteme digitale. Câteva exemple de senzori analogici și digitali diferiți pot fi văzuți în imaginea de mai jos:

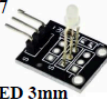
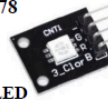
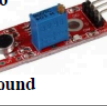
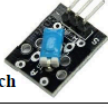
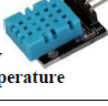
HW-040 Rotary Encoder 	HW-477 Two Color LED 3mm 	HW-478 SMD RGB LED 	HW-479 RGB LED 5mm 	HW-480 Bi-Color LED 5mm 	HW-481 7 Color LED 
HW-482 Relay 	HW-483 Button 	HW-484 Reed Switch 	HW-485 Big Sound 	HW-486 Photoresistor 	HW-487 Light Blocking 
HW-488 Infrared Obstacle Avoid 	HW-489 IR Emitter 	HW-490 IR Receiver 	HW-491 Flame 	HW-492 Hall Magnetic Switch 	HW-493 Laser Emitter 
HW-495 Analog Hall 	HW-496 Small Sound 	HW-497 Mini Reed Switch 	HW-498 Analog Temperature 	HW-499 Light Cup 	HW-500 Tap module 
HW-501 Ball Switch 	HW-502 Heartbeat Sensor 	HW-503 Digital Temperature 	HW-504 Joystick 	HW-505 Tilt Switch 	HW-506 Temperature DS18B20 
HW-507 Humidity and Temperature 	HW-508 Passive Buzzer 	HW-509 Linear Hall 	HW-511 Line Tracking 	HW-512 Active Buzzer 	HW-513 Vibration Switch 

Figura 6 Senzori analogici și digitali
Sursă imagine: <https://cleste.ro/kit-37-senzori-arduino.html>

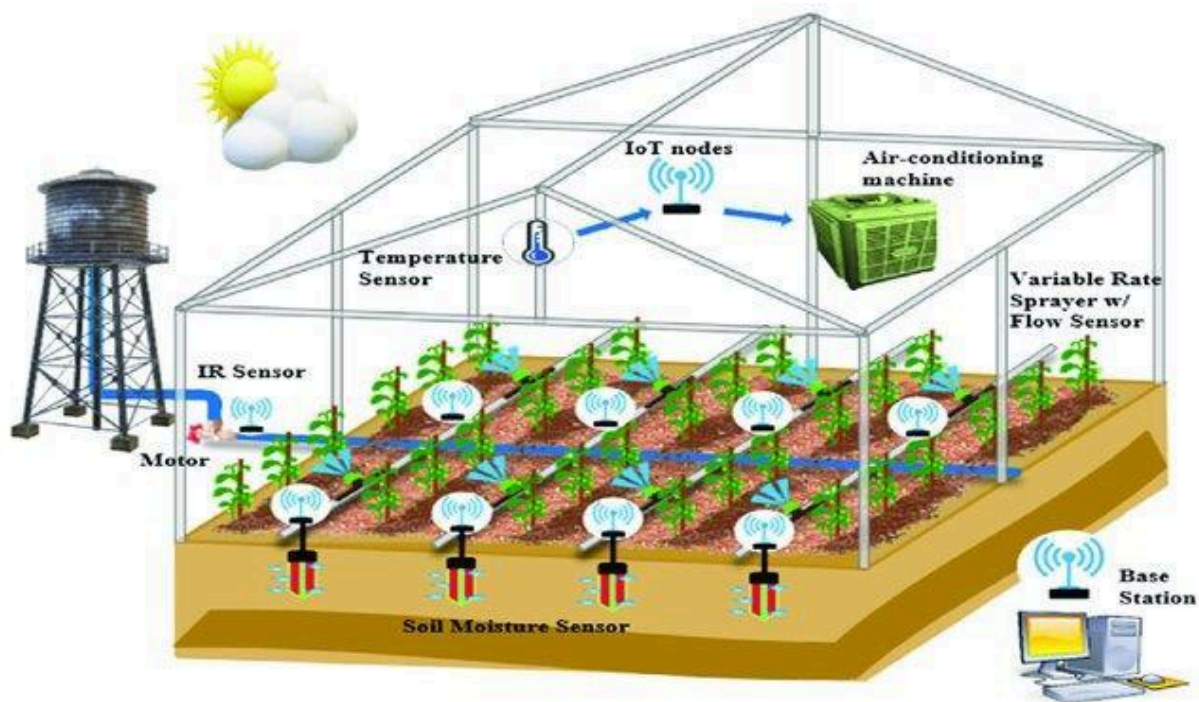
4. SISTEME DE CONTROL

5.1 Conceptul de sistem de control

Sistemele de control trebuie luate în considerare din punct de vedere IT și ingineresc.

Un sistem de control este un set de dispozitive, echipamente sau software concepute pentru a controla și controla funcționarea unui anumit mediu, proces sau mașină pentru a obține rezultatele sau comportamentul dorit. Sistemul de control monitorizează semnalele de intrare din mediu (date provenite de la senzori) și generează semnale de ieșire pe baza acestora, care afectează funcționarea sau starea sistemului.

Sistemele de control colectează date despre starea mediului, procesează datele și apoi generează ieșiri pentru a controla și controla sistemul pentru a obține funcționarea, eficiența și siguranța optime.



Ecosistem inteligent de seră
CC DE 4.0

5.2 Clasificarea sistemelor de control

Cele două tipuri fundamentale diferite de sisteme de control sunt sistemele cu buclă deschisă și cu buclă închisă, care reprezintă două abordări de bază pentru controlul automat al sistemelor. Ambele tipuri au propriile caracteristici și domeniul de aplicare, în funcție de cât de important este feedback-ul în funcționarea sistemului.

Sistem de control cu buclă deschisă (fără feedback)

Într-un sistem de control cu buclă deschisă, dispozitivul de comandă nu primește feedback cu privire la ieșirea sistemului. Aceasta înseamnă că sistemul ia în considerare numai semnalele de intrare și efectuează acțiuni sau modificări pe baza acestora, fără a verifica dacă rezultatul dorit a fost atins. Sistemele cu buclă deschisă sunt simple, adesea mai ieftine și sunt utilizate atunci când schimbările de mediu și perturbațiile externe au un impact mai mic asupra funcționării sistemului sau unde precizia și feedback-ul nu sunt critice.

Caracteristici ale sistemelor cu buclă deschisă:

- Sistemele cu buclă deschisă sunt, în general, mult mai ușor de utilizat decât sistemele cu buclă închisă. Nu sunt necesare date de ieșire, acestea funcționează independent de mediu.
- Expunere mai mare la perturbări. Acestea nu pot detecta erorile, nu puteți măsura rezultatul activităților dvs.
- În funcție de calitatea programării, șansele de succes sunt fie foarte mari, fie foarte mici. Dacă sistemul este construit robust, este cel mai probabil să funcționeze bine, altfel este mai susceptibil la eșec.

Exemple

- Un încălzitor electric simplu care este pornit și oprit de un cronometru. Pe baza setărilor cronometrului, încălzitorul pornește pentru o anumită perioadă de timp, fără a lua în considerare temperatura reală din cameră.
- Un exemplu ușor de înțeles este o mașină de spălat automată, care efectuează cicluri de spălare ținând cont de o anumită perioadă de timp pentru a menține controlul sistemului.

Sistem de control în buclă închisă (feedback)

Sistemul de control în buclă închisă, cunoscut și sub numele de sistem de control al feedback-ului, monitorizează continuu ieșirea și trimite feedback pe baza datelor primite, ceea ce afectează intrarea sistemului. Feedback-ul continuu permite sistemului să se adapteze la schimbările de mediu și la perturbațiile neașteptate, permițându-i să mențină mai eficient starea de ieșire sau performanța dorită.

Exemplu: sistemul de încălzire a locuinței, care este echipat cu un termostat. Termostatul măsoară temperatura din cameră, iar când temperatura atinge valoarea setată, încălzirea este oprită. Dacă temperatura scade, încălzirea pornește din nou. Aici, feedback-ul furnizat de termostat ajută sistemul să mențină temperatura dorită.

Cum funcționează sistemul de control?

Un sistem de control este un set de mașini concepute pentru a gestiona alte sisteme. Sistemul constă, de obicei, din circuite electronice cu programe pre-"arșe" adecvate pentru controlul sistemului.

5.3 Principalele componente ale sistemelor de control

Senzori

Acestea colectează informații măsurabile despre mediul sau starea sistemului. Acestea pot fi, de exemplu, senzori de temperatură, presiune, viteză sau poziție.

Unitate de control

Procesează datele care intră în sistem de la senzori, ia decizii și generează semnale de ieșire pentru a controla sistemul. Unitatea de control poate fi fie un circuit simplu, fie un sistem informatic complex, în funcție de sarcinile pe care ar trebui să le îndeplinească.

Acționare

Actuatoarele sunt dispozitive sau echipamente care răspund la semnalele de ieșire ale unității de comandă și afectează în mod corespunzător funcționarea sistemului. Acestea pot fi, de exemplu, motoare, supape, echipamente electrice sau mecanice controlabile.

Este important de menționat că proiectarea și implementarea sistemelor de control pot fi extrem de diverse și există multe metode, tehnologii și standarde diferite pentru dezvoltarea sistemelor de control. În funcție de aplicația specifică, sistemele de control pot fi analogice sau digitale și pot utiliza diferite strategii de control, cum ar fi bucla deschisă, bucla închisă sau modulară.

5.4 Funcțiile de bază ale sistemului de control

Sistemele de control sunt de obicei grupate în funcție de diferite criterii, dar există câteva funcții care se găsesc de obicei în toate sistemele. Acestea sunt controlul, planificarea, planul de rezervă

Controla

Controlul are prioritate față de alte funcții ale sistemului, clasa sistemului este cea care dă comenzile. Funcțiile specifice variază, dar scopul este întotdeauna de a gestiona activitățile în cel mai bun mod posibil.

Planificare

Fiecare sistem de control are un algoritm pre-programat sau alt design. Planul constă în instrucțiuni pentru implementarea setului de funcții. Acesta include date care definesc obiectivele și cerințele care trebuie îndeplinite.

Indiferent dacă este un sistem cu buclă deschisă sau cu buclă închisă, există întotdeauna posibilitatea ramificării, unde sistemul trebuie să aleagă calea prin care are cea mai mare probabilitate de a obține rezultatul dorit.

Planuri de rezervă

Fiecare sistem de control are o "strategie" pentru a evita eșecul. Cu toate acestea, se întâmplă că nu este posibilă prevenirea unei defecțiuni, pentru astfel de cazuri există un plan de rezervă, care, cu intervenția adecvată, corectează eroarea și permite sistemului să revină la o stare anterioară.

Semnale de curent de intrare

Semnalele curentului de intrare servesc ca un fel de avertisment sau indicație. Pe baza semnalului de intrare, sistemul este informat că este disponibilă o sursă externă de alimentare. Semnalul poate fi identificat de toate sistemele de control, dar numai sistemele cu buclă închisă sunt capabile să interpreteze semnalul și să răspundă în consecință.

Variabilă care poate fi manipulată

În sistemul de control, "variabila manipulabilă" (cunoscută și ca variabila controlabilă sau care intervine) este variabila care este controlată direct sau ajustată pentru a obține rezultatul dorit. Această variabilă este intrarea trimisă sistemului, care este modificată de sistemul de control astfel încât variabila de ieșire (sau răspunsul măsurabil) să se apropie de valoarea de referință dorită.

De exemplu, într-un sistem de control al temperaturii, unde scopul este de a controla temperatura din cameră la o valoare predeterminată, variabila care poate fi manipulată ar putea fi puterea elementului de încălzire sau intensitatea de răcire a aparatului de aer condiționat. Sistemul de control ajustează această variabilă pentru a atinge și menține nivelul de temperatură dorit, în ciuda condițiilor de mediu în schimbare.

O variabilă care poate fi manipulată este adesea contrastată cu perturbarea, care este o schimbare externă nedorită pe care sistemul trebuie să o compenseze, dar nu o poate controla direct. Sarcina sistemului de control este de a compensa aceste perturbații și de a menține sistemul în starea dorită prin controlul corespunzător al variabilelor care pot fi manipulate.

În sistemele de control cu buclă deschisă, setarea variabilelor manipulabile nu depinde de variabila de ieșire, adică nu există feedback. În acest sistem, variabilele care pot fi manipulate sunt stabilite în conformitate cu reguli sau programe predefinite, luând în considerare posibilele condiții de mediu sau alți factori pre-cunoscuți. Deoarece nu există feedback, controlul în buclă deschisă nu poate compensa modificările sau perturbările neașteptate care pot afecta ieșirea sistemului.

În sistemele de control în buclă închisă (sau feedback), setarea variabilelor manipulabile depinde direct de diferența dintre variabila de ieșire și valoarea de referință dorită. Sistemul monitorizează continuu variabila de ieșire și utilizează informațiile primite (feedback) pentru a ajusta cu precizie variabilele care pot fi manipulate astfel încât ieșirea să se apropie sau să se potrivească cu valoarea

dorită. Acest lucru permite sistemelor cu buclă închisă să reacționeze dinamic la schimbări și perturbații, îmbunătățind stabilitatea și precizia sistemului.

Cerințe de bază pentru sistemul de control:

Cerințele de bază pentru sistemele de control pot fi largi și variate, în funcție de aplicația sau industria în care sunt utilizate. Aceste cerințe includ, în general, fiabilitatea, precizia, stabilitatea, timpul de răspuns rapid și adaptabilitatea. Voi intra în mai multe detalii despre aceste cerințe principale mai jos:

- **Fiabilitate:** sistemul de control trebuie să funcționeze continuu pentru o perioadă lungă de timp, cu o întreținere minimă. Fiabilitatea este esențială în aplicațiile critice pentru siguranță, cum ar fi controlul zborului sau soluțiile medicale.
- **Precizie și repetabilitate:** sistemul trebuie să fie capabil să producă valorile de ieșire dorite cu precizie și repetabilitate, chiar și în condiții de mediu și de exploatare în schimbare.
- **Stabilitate:** sistemul trebuie să fie stabil în răspunsurile sale, adică ieșirea nu trebuie să oscileze în jurul valorii dorite, chiar dacă apar perturbații externe.
- **Timp de răspuns rapid:** sistemul trebuie să reacționeze rapid la modificările de intrare sau la modificările valorii de referință pentru a răspunde eficient la procesele în schimbare rapidă.
- **Robustețe:** sistemul trebuie să poată funcționa eficient și să mențină performanța chiar dacă apar întreruperi neașteptate.
- **Adaptabilitate și flexibilitate:** sistemele moderne de control trebuie să fie capabile să se adapteze și să funcționeze flexibil în condiții și cerințe în schimbare, inclusiv în cazul schimbărilor condițiilor de mediu sau al nevoilor utilizatorilor.
- **Economisirea energiei și eficiența energetică:** În industriile și aplicațiile mari consumatoare de energie, este deosebit de important ca sistemele de control să funcționeze într-un mod eficient din punct de vedere energetic, reducând costurile de exploatare și amprenta ecologică.
- **Interfață ușor de utilizat:** sistemele de control trebuie să aibă o interfață intuitivă, ușor de utilizat, care să permită configurarea, monitorizarea și întreținerea ușoară.

Aceste cerințe sunt orientări esențiale care trebuie luate în considerare în faza de proiectare pentru a dezvolta și construi sisteme de control eficiente, sigure și fiabile.

5.5 Sisteme de control în agricultură

Sistemele de control utilizate în agricultură aduc o contribuție majoră la o agricultură mai eficientă și optimizată. Ele sunt utile atât în producția vegetală, cât și în creșterea animalelor, în gestionarea și reglementarea serelor. Câteva exemple de sisteme de control agricol includ:

Sisteme de irigare

Sistemele de irigare automatizează procesele de irigare în câmpurile agricole. Ei folosesc senzori pentru a monitoriza umiditatea solului, datele meteorologice și cererea de apă a plantelor și apoi reglează sistemul de irigare pe baza acestora. Acest lucru vă permite să utilizați apa mai eficient, să udați optim plantele și să minimizați risipa de apă.

Sisteme pentru agricultura de precizie

Sistemele de agricultură de precizie ajută fermierii să gestioneze și să monitorizeze activitățile agricole cu o mai mare precizie. Cu tehnologia bazată pe GPS, aceștia pot urmări cu precizie poziția și mișcarea mașinilor pe terenurile agricole, optimizând operațiuni precum însămânțarea,

fertilizarea sau pulverizarea. Precizia crește productivitatea, reduce costurile și minimizează impactul asupra mediului.

Sisteme de management al producției

Sistemele de management al producției ajută la cultivarea culturilor în sere sau în alte medii controlate. Acestea monitorizează și reglează parametrii de mediu ai culturilor, temperatura, umiditatea, intensitatea luminii și nivelurile de CO₂, permițând fermierilor să ofere condiții ideale pentru creșterea și dezvoltarea plantelor și să optimizeze producția și utilizarea energiei.

6. LITERATURĂ

Túró L. Zs., Székely Gy. (2022): Senzori și rețele de măsurare Cluj-Napoca : Scientia, 2022

- <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/informatika/informatika/informatika-7-evfolyam/internetes-es-mobilkommunikacio/mobilkommunikacio>
- <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/informatika/informatika/informatika-9-12-evfolyam/a-kommunikacio-altal-anos-modellje/a-kommunikacio-modelljenek-bemutatasa-egy-gyakorlati-peldan>
- <https://erettsegik.hu/note/251/>
- <https://www.ipari-elektronika.com/az-induktiv-szenzorok-mukodesi-elve-es-fobb-jellemzoi>
- <https://seguidores.online/hu/sistemas-de-control/>

CAPITOL 2

1. COMUNICAREA MOBILĂ ÎN SERE

Autori:

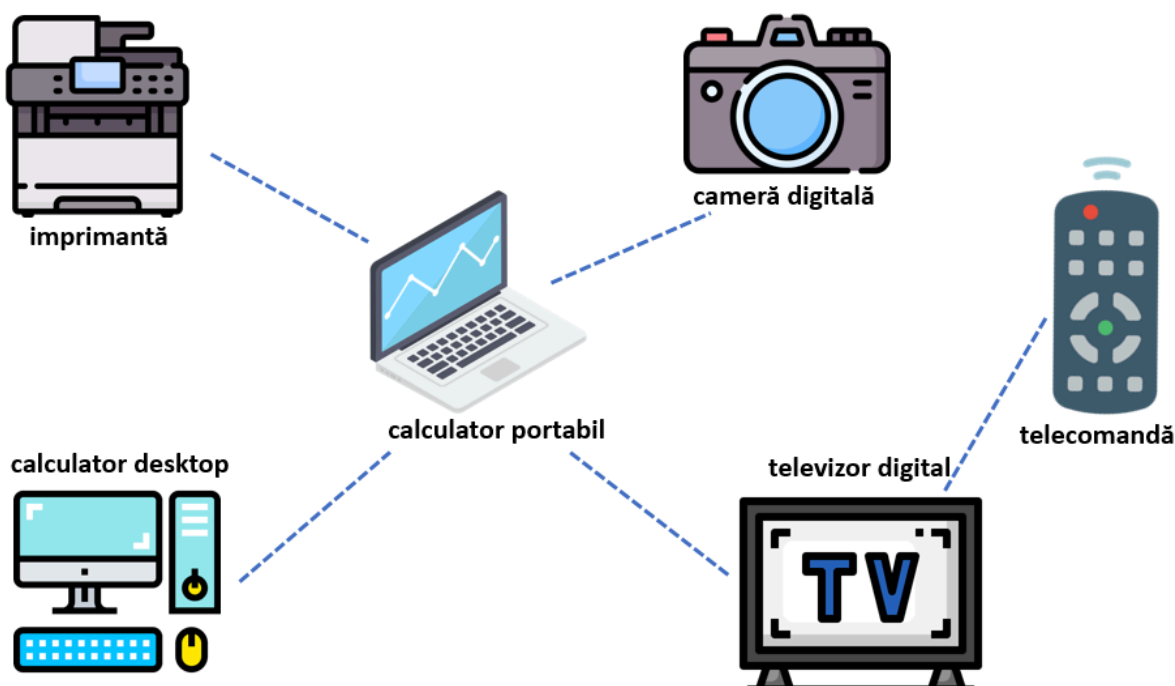
Márton Gyöngyvér - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

1. COMUNICAREA ÎN REȚEA

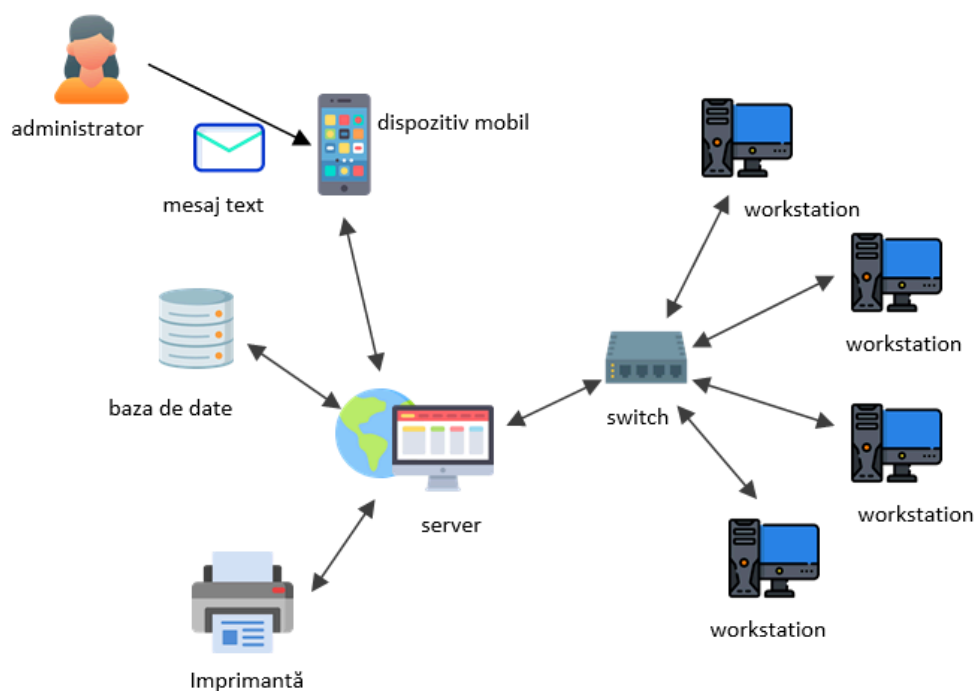
Necesitatea de a partaja informații și resurse între diferite calculatoare a condus la crearea unor sisteme informatice interconectate, cunoscute sub numele de rețele, astfel încât datele să poată fi transferate de la un calculator la altul. În aceste rețele, utilizatorii pot schimba mesaje între ei și pot partaja resurse, cum ar fi pachete software, facilități de stocare a datelor, acces la imprimante etc. Pentru a rula astfel de aplicații, este necesar un sistem software care să asigure infrastructura întregii rețele (Brookshear & Brylow, 2017).

În cazul rețelelor de calculatoare, se disting

- rețelele personale (PAN), care sunt de obicei sisteme cu rază scurtă de acțiune, în care dispozitivele implicate în comunicare, cum ar fi televizorul digital, camera digitală, imprimanta etc., sunt situate la o distanță mai mică de câțiva metri:



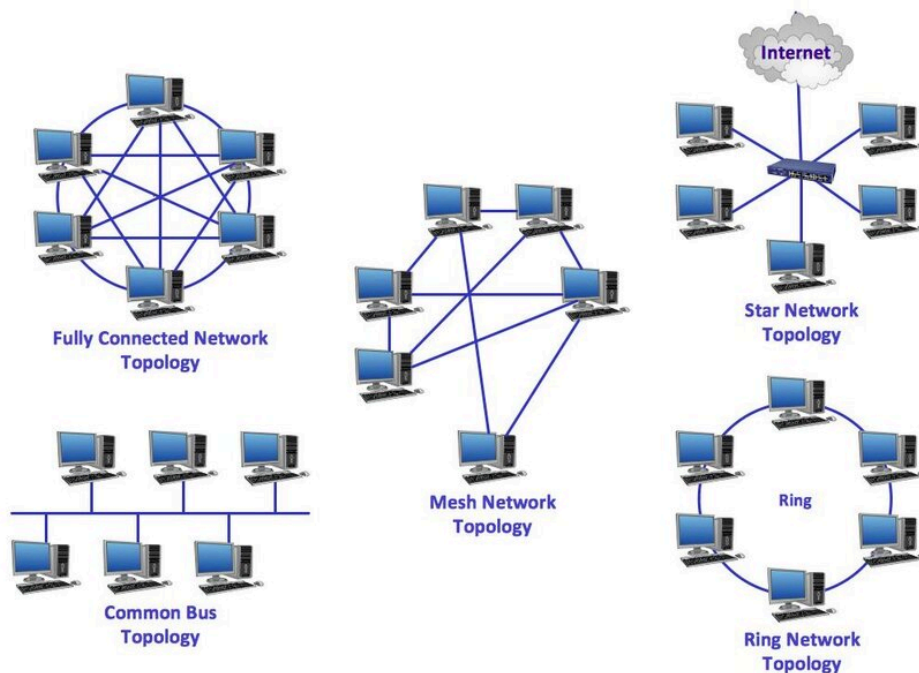
- rețele locale (LAN), care reprezintă interconectarea calculatoarelor, dispozitivelor mobile, imprimantelor etc. într-o singură clădire sau într-un complex de clădiri:



- rețele metropolitane (MAN), care sunt rețele de dimensiuni medii, cum ar fi o rețea care acoperă o comunitate locală,
- rețele de arie largă (WAN), care conectează calculatoare aflate la mare distanță, de exemplu, dispozitive aflate în orașe învecinate sau chiar în diferite părți ale lumii.

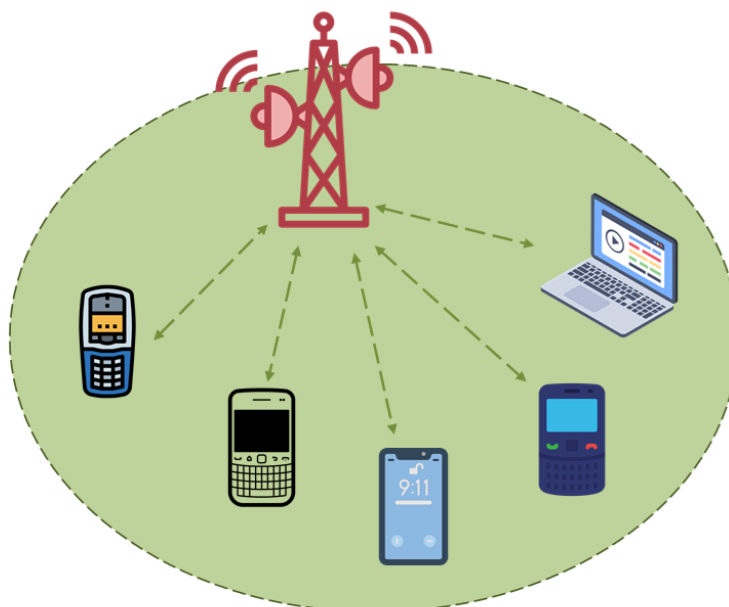
Un alt mod de clasificare a rețelelor se bazează pe faptul dacă funcționarea internă a unei rețele este publică sau controlată. Conform acestei funcționări distingem rețele deschise și închise. De exemplu, Internetul este un sistem deschis. Comunicarea pe Internet este reglementată de standarde cunoscute. Numele acestui suită de protocol este TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) care definește regulile și procedurile prin care datele sunt transmise, direcționate și primite în mediul online. Deoarece este un sistem deschis, aceste standarde pot fi utilizate liber de către oricine, fără a plăti o taxă sau a semna un contract de licență. În schimb, Novell Inc. dezvoltă și operează sisteme de proprietate și obține venituri din vânzarea sau închirierea acestor sisteme. Acesta este un sistem închis.

O altă modalitate de clasificare a rețelelor se bazează pe modul în care sunt conectate calculatoarele. Cele mai populare două topologii sunt topologia bus și topologia stea (star). În topologia bus toate nodurile rețelei sunt conectate la un mediu comun de transmisie, iar în topologia stea fiecare nod de rețea este conectat la un nod central. Topologia bus a fost populară începând cu anii 1990, când au fost dezvoltate rețelele Ethernet. Topologia stea își are rădăcinile în anii 1970 și este utilizată astăzi pentru alimentarea rețelelor fără fir. În aceste rețele, comunicarea are loc prin transmisie radio și este coordonată de un calculator central numită AP - punct de acces. Cu toate acestea, diferența dintre o rețea bus și o rețea stea nu este întotdeauna evidentă. De asemenea se mai utilizează : Topologia inel (ring), topologia rețea deplin conectată (fully conneted), și topologia mesh.

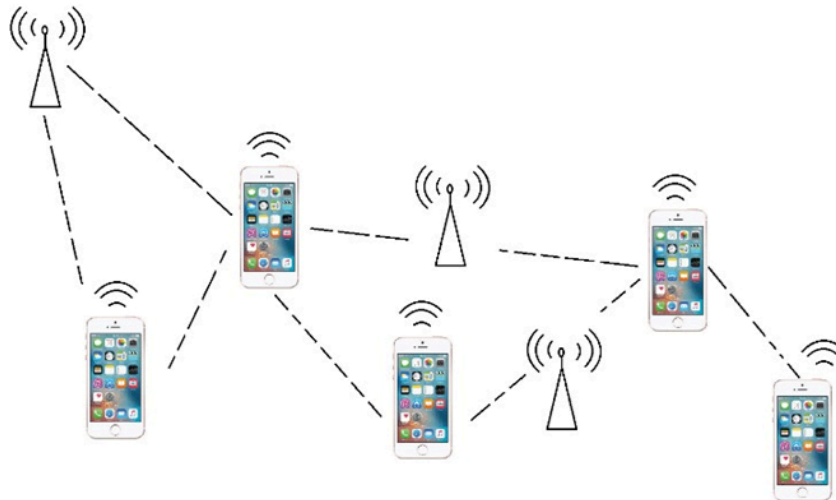


Sistemele de comunicații mobile sunt de obicei împărțite în trei categorii. Acestea sunt:

- Sistemele de comunicații bazate pe infrastructură fixă sunt cele mai frecvent utilizate sisteme, în care se utilizează un punct de acces pentru conectarea la rețea. Acestea includ sisteme mobile precum rețelele 2G, 3G:



- Sistemele de comunicații bazate pe noduri autonome sunt utilizate pentru gestionarea traficului și a rutelor. Adesea, aceste sisteme nu utilizează infrastructură fixă. Exemple de astfel de sisteme sunt rețelele ad hoc și rețelele de senzori fără fir:



- Rețelele hibride combină cele două categorii anterioare.

În rețelele wireless ad-hoc, traficul de date este transmis prin noduri. Dispozitivele din rețea se pot muta, iar conexiunile dintre dispozitive se schimbă frecvent, astfel încât informațiile necesare pentru gestionarea traficului dintre noduri trebuie actualizate constant.

Rețelele de senzori fără fir (WSN - wireless sensor network) combină senzorii cu dispozitive de calcul. Aceste rețele pot integra sute sau chiar mii de senzori cu putere și costuri reduse. Senzorii pot fi mobili sau staționari, iar sarcina lor este să monitorizeze mediul. Adesea, aceștia dispun de una sau mai multe stații de bază. O stație de bază se poate conecta la o altă rețea, la un centru de procesare și stocare a datelor de înaltă performanță sau poate servi ca punct de conectare pentru unități operate de om.

Pentru ca o rețea să funcționeze în mod fiabil, este esențial să se stabilească regulile prin care activitățile din rețea pot fi desfășurate. Aceste reguli sunt numite protocoale, iar dezvoltarea lor este un proces crucial. Fără protocoale, de exemplu, se poate întâmpla ca toate calculatoarele să încerce să transmită mesaje în același timp sau ca un calculator să nu primească un anumit conținut de la alt calculator. Protocoalele pot fi implementate la nivel hardware, software sau ca o combinație a acestora. În timpul comunicării, părțile implicate trebuie să fie de acord asupra protocolului utilizat. Pentru a asigura o comunicare stabilă și sigură, protocolul trebuie să corespundă descrierilor standard. Protocoalele de comunicare ale Internetului sunt publicate de comunitatea IETF (Internet Engineering Task Force). Asociația IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) sprijină dezvoltarea tehnologiilor legate de rețelele cu fir și fără fir, iar organizația ISO (International Organization for Standardization) se ocupă de alte tipuri de rețele.

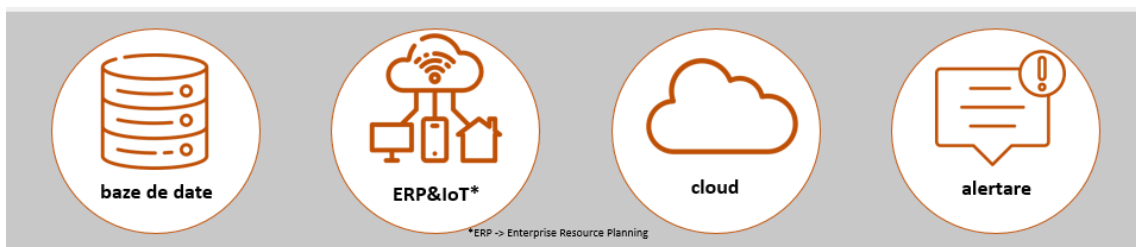
Protocolul **cerere-răspuns (request-response, request-reply)** este unul dintre cele mai de bază și mai eficiente protocoale prin care calculatoarele comunică între ele. Conform acestui protocol, un schimb de mesaje între două entități presupune ca solicitantul să trimită un mesaj de solicitare, iar receptorul, după ce îl primește, să proceseze cererea și să trimită înapoi un mesaj ca răspuns. Acest proces este similar cu un apel telefonic, în care apelantul trebuie să aștepte ca destinatarul să răspundă, după care se poate începe conversația. Într-o arhitectură client-server, comunicarea se desfășoară conform acestui protocol. Protocolul poate fi utilizat și în mod sincron, cum ar fi serviciile web prin HTTP, ceea ce înseamnă că o conexiune rămâne deschisă până ce se primește

răspunsul sau până la expirarea timpului de așteptare. Protocolul poate fi implementat și în mod asincron, ceea ce înseamnă că răspunsul este trimis înapoi ulterior, la o dată ulterioară necunoscută.

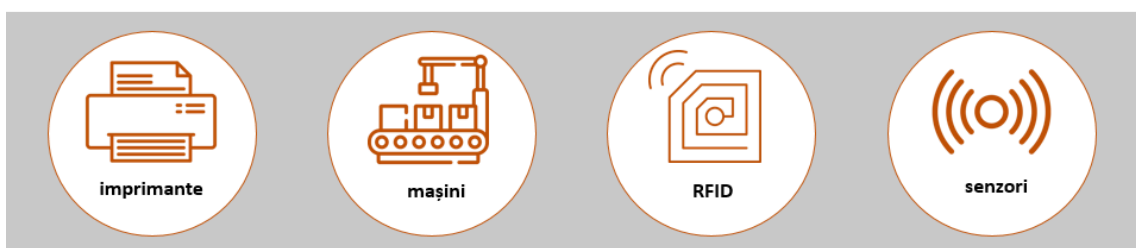
Un protocol **ușor (lightweight)** transmite o cantitate relativ mică de date suplimentare față de datele funcționale din rețeaua de calculatoare.

Protocolul **publicare-abonare (publish-subscribe)** este un protocol de comunicare în care expeditorii mesajelor nu trimit mesajele direct către anumiți destinatari, ci către așa-numiții abonați. Fără a ști cine sunt abonații, expeditorii grupează mesajele publicate, iar abonații, fără să știe cine a publicat grupurile de mesaje, indică grupurile de mesaje de care sunt interesați, adică se abonează. În acest fel, abonații vor primi mesajele la care s-au înscris.

Middleware-ul joacă un rol de intermediar între aplicațiile informatice, date și utilizatori. Permite dezvoltatorilor de software să conecteze aplicațiile în mod inteligent, simplificând dezvoltarea acestora. De asemenea, ajută operatorii de sistem să implementeze aplicații.

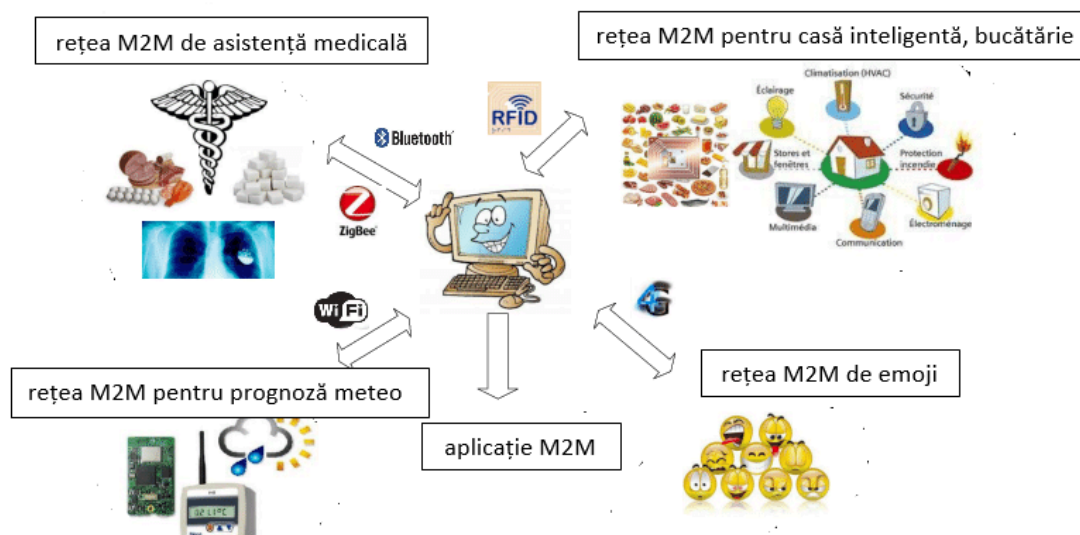


MIDDLEWARE



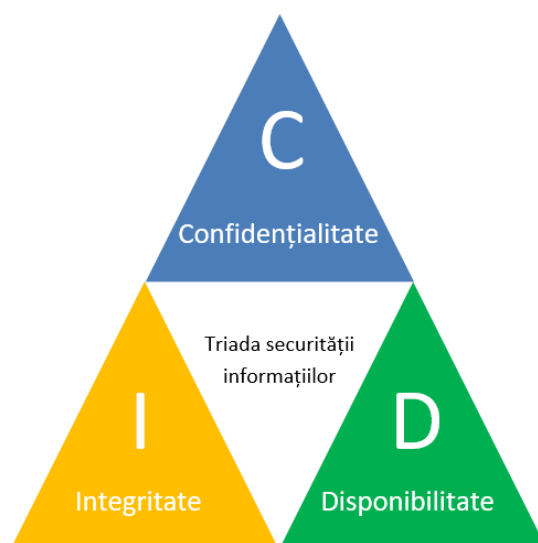
Descoperirea serviciilor și resurselor (**discovery of services and resources**) este o tehnologie care permite dispozitivelor și serviciilor să se conecteze automat la o anumită rețea fără intervenție manuală. Cu ajutorul acestei tehnologii, diferite tipuri de aplicații și microservicii pot lucra împreună. Detectarea se poate face atât pe partea clientului, cât și pe partea serverului.

Tehnologia **M2M** (machine to machine) se referă la un set de tehnici de comunicare între două dispozitive, folosind un canal direct, fără intervenție umană. Poate fi utilizată atât în comunicații cu fir, cât și fără fir. Comunicarea M2M permite unui senzor sau instrument de măsurare să transmită informațiile pe care le înregistrează (cum ar fi temperatura, puterea vântului, umiditatea etc.) către un dispozitiv care stochează, preprocesează și analizează aceste date folosind propriul software.



2. SECURITATEA SISTEMELOR MOBILE

Securitatea este definită de trei factori: confidențialitate, integritate și disponibilitate (S. Bharati, et al., 2023):



Confidențialitatea (confidentiality) înseamnă că numai dispozitivele, sistemele și persoanele autorizate au acces la informații sensibile. Cea mai veche tehnică de protejare a datelor este criptarea. În informatică, criptarea presupune că, prin utilizarea unei informații strict secrete, numită cheie, datele sunt transformate, adică criptate, și astfel stocate și transmise. Când sunt necesare din nou, datele originale pot fi restaurate folosind cheia respectivă. Astfel, atât criptarea, cât și restaurarea datelor pot fi realizate doar de către acel dispozitiv sau persoană care cunoaște cheia. Partajarea datelor criptate în timpul comunicării trebuie să fie precedată de un schimb de informații, în cadrul căruia părțile convin asupra cheii utilizate. Iar partajarea cheii trebuie să fie precedată de procesul de autentificare a părților. Atât stabilirea cheii, cât și autentificarea sunt esențiale pentru comunicări sigure.

Integritatea (integrity) înseamnă că datele transmise prin canalul de comunicație trebuie să ajungă la destinație fără a fi modificate. Pentru a asigura integritatea datelor, funcțiile hash sau codurile de autentificare a mesajelor sunt cel mai des folosite. Funcțiile hash sunt funcții matematice care dintr-un șir de date de lungime arbitrară produc de obicei un șir de date mai mic, cu lungime fixă (de exemplu, outputul unei hash poate fi 128, 160 sau 256 de biți). Aceasta este cunoscută și sub numele de amprentă digitală a datelor. Una dintre cele mai importante proprietăți ale funcțiilor hash este că datele originale nu pot fi restaurate pe baza amprenteii. Atât funcțiile hash, cât și codurile de autentificare a mesajelor au multe domenii de aplicare. De exemplu, în timpul stocării parolei, sistemul nu stochează parola, ci valoarea hash a parolei. În practică, o funcție hash utilizată frecvent este SHA-256, ale cărei versiuni au fost concepute de NSA (Agenția Națională de Securitate) încă din 1993.

Disponibilitatea (availability) înseamnă că datele de pe un server de stocare sau de pe un dispozitiv de server trebuie să fie întotdeauna disponibile pentru utilizatorii legitimi, la momentul necesar. În timpul atacurilor de tip denial of service (DoS) sau distributed denial of service (DDoS) atacatorii încearcă să epuizeze resursele sistemului. Pentru a asigura disponibilitatea, hardware-ul și software-ul care stochează, gestionează și afișează datele trebuie întreținute corespunzător, iar infrastructura tehnică trebuie verificată constant.

În timpul comunicației mobile, cele mai frecvente probleme de securitate sunt următoarele (Boudriga, 2009):

- Părțile care comunică nu sunt sigure de identitatea celeilalte părți: atunci când comunică părțile care se cunosc reciproc, acestea se pot identifica pe baza adresei de e-mail și a vocii, dar, în afara acestor elemente, de obicei nu există o autentificare suplimentară în sistem. Mulți oameni acceptă cu ușurință orice identificator.
- O terță parte poate asculta cu ușurință comunicațiile: standardele pentru comunicații oferă o anumită protecție, dar nu împotriva interceptării vizate.
- Multe informații confidențiale sunt incluse în evidențele de facturare ținute de furnizorul de servicii: numărul de identificare al părților care comunică, ora și locul comunicării etc.

Cu toate acestea, securitatea comunicațiilor mobile este adesea influențată de factori care sunt independenți de dezvoltatori și operatorii de sistem, deoarece serviciile sunt adesea folosite de utilizatori care:

- nici măcar nu sunt conștienți de problemele de securitate de bază,
- nu percep riscurile de securitate fundamentale,
- nu au cunoștințe adecvate,
- nu dispun de mijloacele necesare pentru a se apăra.

Securitatea sistemelor mobile poate fi implementată în mai multe moduri. Se face distincție între securitatea la nivel de rețea, la nivel de transport și la nivel de aplicație.

Securitatea la nivelul rețelei este transparentă pentru utilizatorii finali și pentru aplicații. Aceasta oferă soluții de securitate de uz general, cu opțiuni de filtrare: este permis doar traficul de date selectat. Fiind parte din sistemul de operare, modificarea acesteia necesită modificarea sistemului de operare.

Securitatea implementată în stratul de transport este utilizată în principal pentru a asigura securitatea tranzacțiilor web.

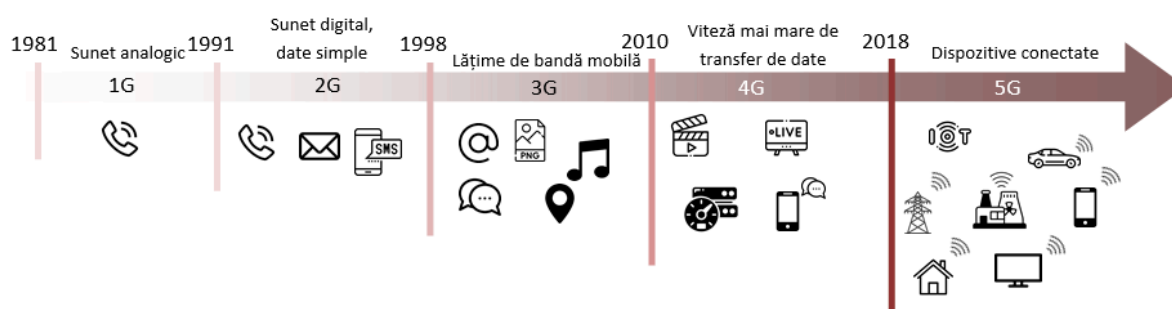
În ceea ce privește securitatea la nivel de aplicație, serviciile de securitate sunt încorporate într-o anumită aplicație. Avantajul este că serviciul poate fi adaptat nevoilor specifice ale aplicației respective.

O altă problemă de securitate este că mesajele transmise nu sunt protejate împotriva copierii neautorizate. Protecția drepturilor de autor poate fi asigurată prin încorporarea de filigrane (modele speciale). Cu ajutorul filigranelor, se poate verifica dreptul de proprietate, identifica persoana care încalcă drepturile, monitoriza distribuirea mesajului/documentului sau, pur și simplu, informa utilizatorii dacă datele sunt autorizate.

3. TEHNOLOGIA REȚELOR MOBILE ȘI EVOLUȚIILE VIITOARE: 2G, 3G, 4G, 5G

O caracteristică importantă a rețelilor fără fir este serviciul mobil, ceea ce înseamnă că comunicarea poate fi implementată oricând și oriunde, iar utilizatorii pot solicita servicii de roaming în mod autonom (Boudriga, 2009). Dezvoltarea tehnologiei comunicațiilor mobile a condus la creșterea vitezei de transmitere a datelor, care în prezent, chiar și pentru aplicații complexe, se apropie adesea de viteza rețelilor fixe.

De la prima trecere de la transmisia analogică de date 1G, în 1981, la transmisia digitală 2G, în 1992, la fiecare aproximativ zece ani au apărut noi generații de telefoane mobile. În general o nouă generație de telefonie mobilă reprezintă o schimbare fundamentală a serviciului de telefonie, noua tehnologie nefiind întotdeauna retrocompatibilă. O nouă generație înseamnă rate de biți mai mari, benzi de frecvență noi și mai largi și o capacitate mai mare de transmitere simultană a datelor.



Comunicațiile mobile pentru rețelele celulare se bazează pe standardul GSM (Global System for Mobile Communications), dezvoltat de Institutul European de Standarde în Telecomunicații (ETSI). În rețelele celulare, datele către și de la punctele finale sunt primite și transmise printr-o legătură fără fir. Rețeaua este distribuită pe o suprafață terestră denumită celule, iar fiecare celulă este deservită de cel puțin o stație de bază de emisie-recepție, dar de obicei de trei. O celulă utilizează un set diferit de frecvențe față de celulele învecinate pentru a evita interferențele și a asigura calitatea serviciului. Transmițătoarele portabile (telefoane mobile, laptopuri etc.) comunică între ele și cu transmițătoarele fixe prin intermediul stațiilor de bază (www.tell.hu, 2023).

Prima rețea GSM 2G, care a fost utilizată între 1992 și 2001, oferea încă viteze de transfer foarte mici (9,6-14,4 kb/s). Inițial, aceasta promitea teoretic viteză destul de ridicată (172 kb/s), însă viteza maxim realizată în practică a fost numai 45 kb/s. A permis utilizatorilor să se apeleze la telefon, să își trimită mesaje SMS (Short Message Service) și MMS (Multimedia Messaging Service).

Dispozitivele cu trafic redus de date, cum ar fi terminalele de plată, casele de marcat, telefoanele tradiționale, dispozitivele IoT, contoarele inteligente, sistemele eCall, dispozitivele de urmărire a

vehiculelor, utilizează încă pe scară largă tehnologia 2G. Astfel, aceste sisteme au reușit să evite tehnologiile mai noi cu costuri de utilizare ridicate. Nu este posibilă eliminarea completă a serviciilor 2G, deoarece ar exista riscul ca dispozitivele care dispun doar de infrastructură 2G să nu se poată conecta la furnizorii de servicii corespunzători; de exemplu, în caz de urgență, proprietarul dispozitivului ar fi inaccesibil sau nu ar putea contacta autoritățile competente.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), rețeaua 3G, a cărei utilizare pe scară largă datează din 2001 până în 2008, a atins rate de date mai ridicate, de obicei 384 kb/s, chiar dacă teoretic se anunțau 2 Mb/s. Cu toate acestea, performanța reală a UMTS în condiții reale, cu sarcini de rețea ridicate, a fost variabilă. Serviciul 3G permitea navigarea pe internet, ascultarea muzicii, descărcarea de videoclipuri și muzică, streaming și navigație. În prezent, întreținerea infrastructurii 3G nu mai este rentabilă, motiv pentru care dispozitivele care nu se pot conecta la următoarea generație de rețele 4G și 5G revin la 2G.

Tehnologia 4G este disponibilă din 2008, în timp ce 5G este utilizată din 2018. Ambele pot gestiona un trafic de date mult mai mare și sunt mai sigure.

În comparație cu tehnologiile anterioare, tehnologia 4G oferă acces mobil la web, servicii de jocuri, utilizarea televiziunii mobile de înaltă rezoluție, crearea de conferințe video și vizionarea televiziunii 3D. Cele mai recente standarde au viteze de descărcare de 150 Mbit/s și descărcare de 50 Mbit/s.

Standardul 5G are 3 niveluri, cel mai slab fiind Low Band, urmat de Mid Band și cel mai puternic fiind High Band. Low Band (banda joasă) oferă viteze cu 20-30% mai mari decât 4G și utilizează aceeași gamă de frecvențe de 600-900 MHz ca și 4G. Mid Band oferă viteze de date de șase ori mai mari decât 4G, de la 100-900 Mbit/s. Acesta este cel mai utilizat serviciu și este cel mai frecvent implementat în zonele metropolitane. High Band poate crește, de asemenea, de zece ori nivelul benzii medii. Aceasta utilizează frecvențe între 24 și 47 GHz și atinge adesea viteze de descărcare similare serviciilor cu fir. Datorită costului ridicat de instalare, se instalează doar în medii urbane dense, unde se adună mulțimi, așa că nu poate fi folosit peste tot din cauza acoperirii incomplete.

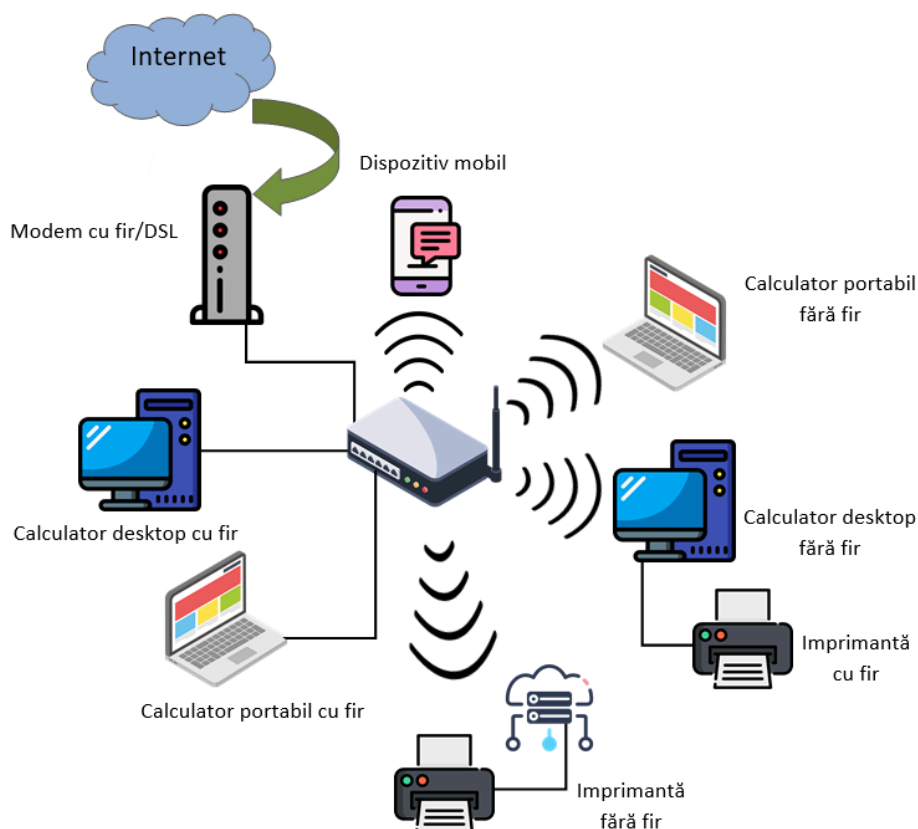
O nouă generație de servicii mobile necesită, de obicei, o actualizare a software-ului dispozitivului mobil, o modificare a setărilor de rețea sau o înlocuire a dispozitivului.

Alte sisteme de comunicații fără fir sunt utilizate pentru a furniza comunicații fără fir între dispozitive în zone mai mici. Printre acestea se numără sistemele prin satelit, rețelele locale fără fir (WLAN) și rețelele personale fără fir (WPAN). Aceste rețele oferă viteze mari de transmitere a datelor.

4. OPȚIUNI DE CONECTIVITATE MOBILĂ

4.1 Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) este o familie de protocoale de rețea fără fir utilizate în mod obișnuit pentru a conecta diferite dispozitive între ele sau la internet, permițând schimbul de date între acestea. Este una dintre cele mai răspândite tehnologii la nivel mondial pentru conectarea dispozitivelor la internet în locuințe, rețele mici de birouri și locuri publice precum hoteluri, biblioteci, aeroporturi etc. Wi-Fi este conceput să funcționeze fără probleme cu rețelele Ethernet prin cablu. Dispozitivele compatibile se pot conecta între ele, la dispozitive cu fir și la internet prin intermediul punctelor de acces fără fir. Wi-Fi este o marcă comercială a Wi-Fi Alliance, care limitează utilizarea termenului „Wi-Fi Certified” la produsele care sunt compatibile între ele:



Versiunile diferite ale Wi-Fi sunt definite de diverse standarde de protocol IEEE 802.11 și de diferite tehnologii radio. Banda radio disponibilă, raza maximă de acțiune și viteza depind, de asemenea, de versiune. Wi-Fi utilizează cel mai frecvent benzile radio UHF de 2,4 gigaherți (120 mm) și SHF de 5 gigaherți (60 mm). Aceste benzi sunt împărțite în mai multe canale, care pot fi partajate între rețele. Însă, în raza de acțiune, doar un transmițător poate transmite pe un canal la un moment dat.

În prezent, tot mai multe tehnologii fără fir sunt utilizate în comunicațiile de mesagerie. NFC și Bluetooth sunt principalii jucători în acest domeniu. Ambele tehnologii permit ca două dispozitive să comunice pe o rază scurtă, asigurând transmiterea sigură a datelor între ele.

4.2 Bluetooth

Bluetooth este o tehnologie fără fir care permite schimbul de date între dispozitive fixe și mobile pe o rază scurtă. Este un standard open-source. Numele său provine de la regele danez Harald 'Bluetooth' Gormsson, care a domnit în secolul al IX-lea.

bandă de 1 MHz per canal. Datele transmise sunt împărțite în pachete și fiecare pachet este transmis pe unul dintre canalele Bluetooth disponibile.

Multe sisteme utilizează tehnologia Bluetooth Low Energy (BLE) datorită eficienței energetice și performanței ridicate pe care le oferă. Sistemele care utilizează tehnologia BLE pot funcționa luni întregi doar cu o baterie monocelulară. Smartphone-urile cu Bluetooth au devenit parte integrantă a vieții de zi cu zi, permițând conectarea ușoară a multor dispozitive la telefoanele noastre mobile prin Bluetooth, fără a fi Bluetooth utilizează unde radio UHF, cu frecvențe cuprinse între 2,402 GHz și 2,480 GHz în Europa și SUA. Acesta gestionează un total de 79 de canale Bluetooth dedicate,

fiecare având o lățime de nevoie de carduri suplimentare, telecomenzi sau memorarea codurilor PIN.



4.3 NFC și RFID

Near Field Communication (NFC) este o tehnologie de comunicare fără fir cu rază scurtă de acțiune. NFC a fost introdusă pe piață de NXP Semiconductors și Sony ca o dezvoltare ulterioară a tehnologiilor RFID (Radio Frequency Identification) și a cardurilor inteligente. Identificarea prin radiofrecvență permite dispozitivelor aflate în proximitate să se identifice și să schimbe date prin unde radio.

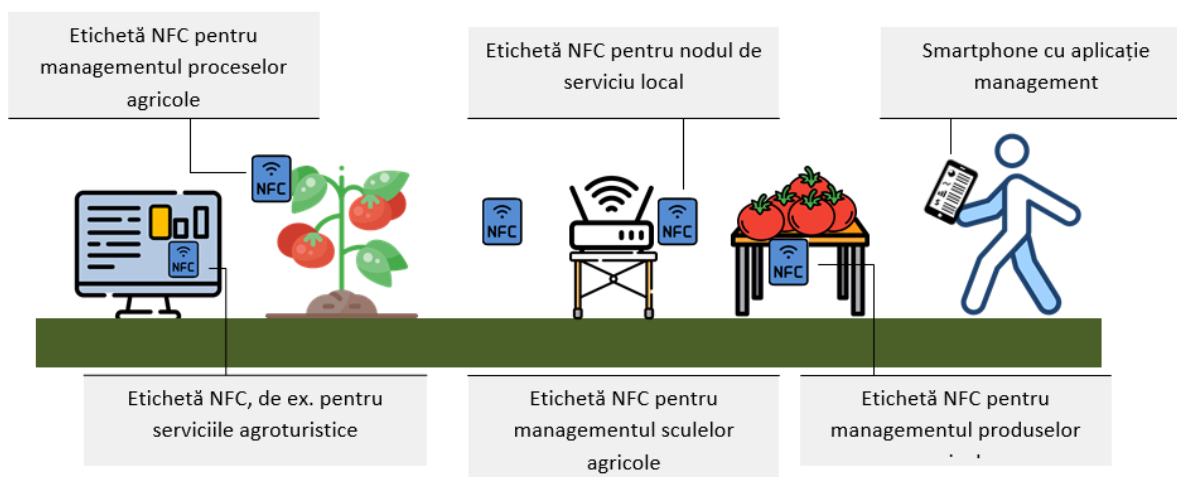
Un sistem RFID constă din trei componente: o etichetă/transponder RFID, un cititor/interogator RFID și o aplicație:



În ceea ce privește funcționarea, cititorul RFID trimite o „întrebare” etichetei RFID emițând o undă radio, la care eticheta RFID răspunde partajând datele stocate cu cititorul. Cititorul RFID poate citi simultan datele mai multor etichete RFID. Datele primite sunt apoi transferate de cititor către o bază de date pentru stocare, unde aplicația le prelucrează conform informațiilor stocate. Cititorul RFID poate citi atât etichete RFID staționare, cât și în mișcare. Sistemele RFID sunt utilizate pentru urmărirea dispozitivelor și a locațiilor, prevenirea furturilor, controlul accesului, logistică, urmărirea animalelor etc.

Tehnologia NFC este, de asemenea, construită în jurul a trei componente: o etichetă, un cititor și software-ul. Cu toate acestea, o etichetă NFC poate funcționa și ca cititor, iar cititorul NFC poate fi utilizat ca etichetă. Spre deosebire de sistemele RFID, NFC este potrivit pentru comunicarea

bidirecțională, permițând un proces rapid de identificare și transfer de date între dispozitive aflate în proximitate fizică (1-10 cm). Datele de pe o etichetă NFC pot fi citite simultan. NFC este frecvent utilizată pentru plăți fără contact, sere inteligente, transport inteligent, case inteligente și aplicații industriale. Popularitatea sa poate fi explicată prin costul scăzut, confortul, fiabilitatea și integrarea cu smartphone-urile. De asemenea, NFC este potrivită pentru construirea unui serviciu de management datorită capacității de stocare a informațiilor pe etichetele NFC. De exemplu, NFC poate fi utilizată pentru a îmbunătăți gestionarea proceselor de producție și vânzare în sere. Conectată la smartphone-uri, chiar și fermierii cu studii reduse pot controla eficient procesele de producție și vânzare.



NFC are trei moduri: peer-to-peer, citire/scriere și emulare de card.

Modul peer-to-peer permite ca două dispozitive NFC să comunice direct între ele. Comunicarea este bidirecțională și pot fi schimbate structuri de date standard.

În modul citire/scriere, un dispozitiv NFC poate accesa o etichetă NFC pasivă sau interacționa cu carduri inteligente.

În modul de emulare a cardului, un dispozitiv NFC emulează un card inteligent fără contact, permițând dispozitivelor NFC să interopereze cu cititoarele RFID tradiționale.

Ca orice alt dispozitiv electronic, dispozitivele RFID și NFC trebuie să respecte diverse standarde și reglementări. Ca soluții alternative sunt folosite codurile de bare, codurile qr, wifi, bluetooth etc.

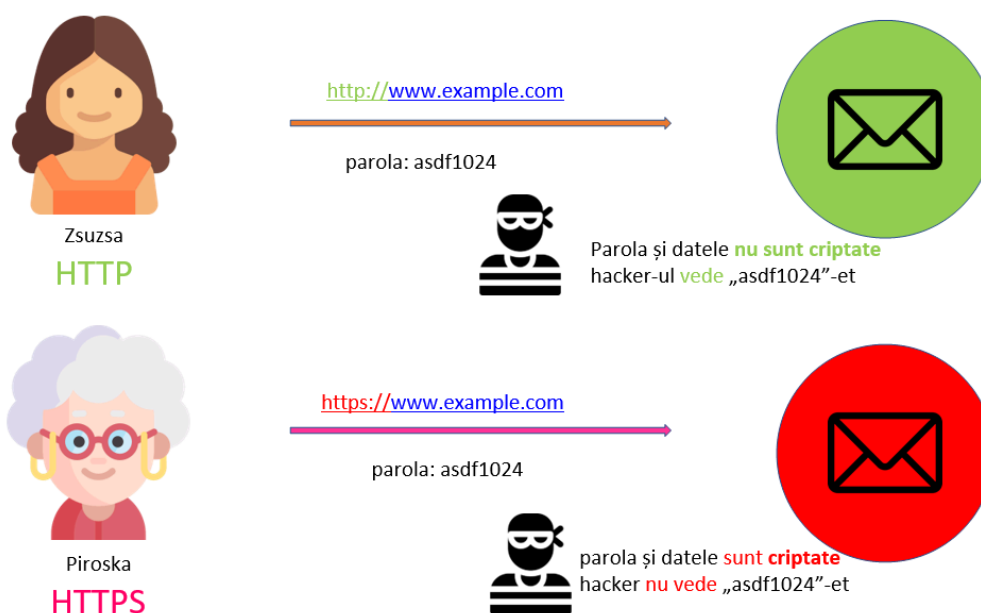


5. PROTOCOALE DE COMUNICARE ÎN SERE AGRICOLE

5.1 HTTP

Protocolul HTTP (Hypertext Transfer Protocol) descrie elementele de bază ale comunicării pe web, fiind fundamentul tuturor schimburilor de date informatice între un client și un server. De exemplu, clientul, un browser web, face solicitări care sunt deservite de server, destinatarul. Solicitățile pot veni de la client prin introducerea de text, clicuri de mouse sau atingeri ale ecranului. Protocolul gestionează documente de tip hipertext, ceea ce înseamnă că se pot face referiri la alte documente, iar solicitările clientului sunt îndeplinite folosind diverse resurse. HTTP nu utilizează criptare sau autentificare, ceea ce îl face vulnerabil la diverse atacuri, dar este rapid datorită lipsei setărilor de securitate. Este utilizat în general pentru schimbul de informații, iar întreținerea sa nu este costisitoare.

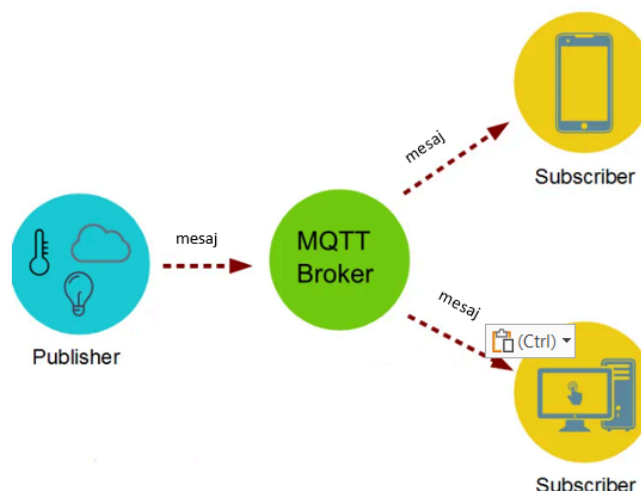
HTTPS este o versiune securizată a HTTP, (httpwg.org, 2023). Nu este un protocol de sine stătător, ci rulează peste HTTP și utilizează standardul TLS/SSL pentru securitate. Acesta garantează utilizatorului confidențialitatea și integritatea comunicării, precum și autenticitatea site-ului web vizitat. Totuși, comunicarea sigură poate fi realizată doar dacă au fost selectate pachetele de criptare adecvate și dacă autenticitatea serverului a fost verificată. HTTPS este integrat în toate browserele web moderne, iar utilizarea sa depinde de serverul web. Este protejat împotriva mai multor tipuri de atacuri, dar este mai lent decât HTTP din cauza setărilor de securitate utilizate. Este obligatoriu pentru site-urile care gestionează date sensibile (parole, detalii ale cardurilor etc.), iar întreținerea sa este mai costisitoare.



5.2 MQTT

Message Queue Telemetry Transport (MQTT) este un protocol ușor, open-source, gratuit și simplu de implementat pentru comunicarea de tip publish/subscribe între un client și un server. Aceste caracteristici îi permit să fie utilizat în medii restrictive, cum ar fi comunicarea M2M (Machine to Machine) sau în contexte IoT (Internet of Things), unde poate fi prelucrat doar un număr mic de secvențe de cod. Acesta a fost conceput pentru a funcționa eficient în condiții minimale, cum ar fi

lățime de bandă redusă, consum redus de baterie și conexiuni instabile. Mesajele sunt publicate de expeditor (publish) fără a fi necesar să știe cine a primit sau s-a abonat la mesaje. Abonații primesc toate mesajele prin intermediul unui broker MQTT.



5.3 CoAP

Constrained Application Protocol (CoAP) este un protocol web de transport conceput pentru a fi utilizat în noduri și rețele restricționate. Nodurile au adesea microcontrolere pe 8 biți, cantități mici de ROM și RAM, în timp ce rețeaua este adesea o rețea personală fără fir, cu putere redusă, ce suferă de pierderi frecvente, erori de pachete și o rată de transfer tipică de 10 kbit/s. Protocolul este conceput pentru aplicații machine-to-machine (M2M), cum ar fi aplicațiile de energie inteligentă sau automatizarea clădirilor (datatracker.ietf, 2023).

Între punctele finale ale aplicației, CoAP oferă un protocol de interacțiune cerere-răspuns, suportă descoperirea încorporată de servicii și resurse și utilizează concepte cheie ale web-ului, cum ar fi URI-urile și tipurile de media pe Internet. Se caracterizează printr-o suprafață foarte redusă și simplitate în mediul său limitat. A fost conceput pentru a se putea conecta ușor la HTTP, dar și pentru a răspunde unor nevoi specifice, cum ar fi transmiterea cererilor unicast și multicast sau mesageria asincronă.

5.4 AMQP

Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) este un standard open source pentru mesageria asincronă în rețelele cu fir. Este un protocol de nivel de aplicație al Internetului, utilizat de middleware. Acesta oferă orientare către mesaje, coadă de așteptare a mesajelor, rutare (inclusiv punct-la-punct și publicare-abonare), fiabilitate și securitate. AMQP trimite date sub forma unui flux de octeți și, prin urmare, poate interopera cu orice dispozitiv care poate genera și interpreta acest tip de date (amqp, 2023).

AMQP este conceput pentru a sprijini eficient o gamă largă de aplicații de mesagerie și modele de comunicare. Oferă o comunicare continuă, orientată pe mesaje, cu trei opțiuni pentru livrarea mesajelor: cel mult o dată, cel puțin o dată și exact o dată. De asemenea, oferă autentificare și/sau criptare bazate pe SSL/TLS. Presupune utilizarea unui protocol de transport fiabil, cum ar fi Transmission Control Protocol (TCP), care rulează în fundal.

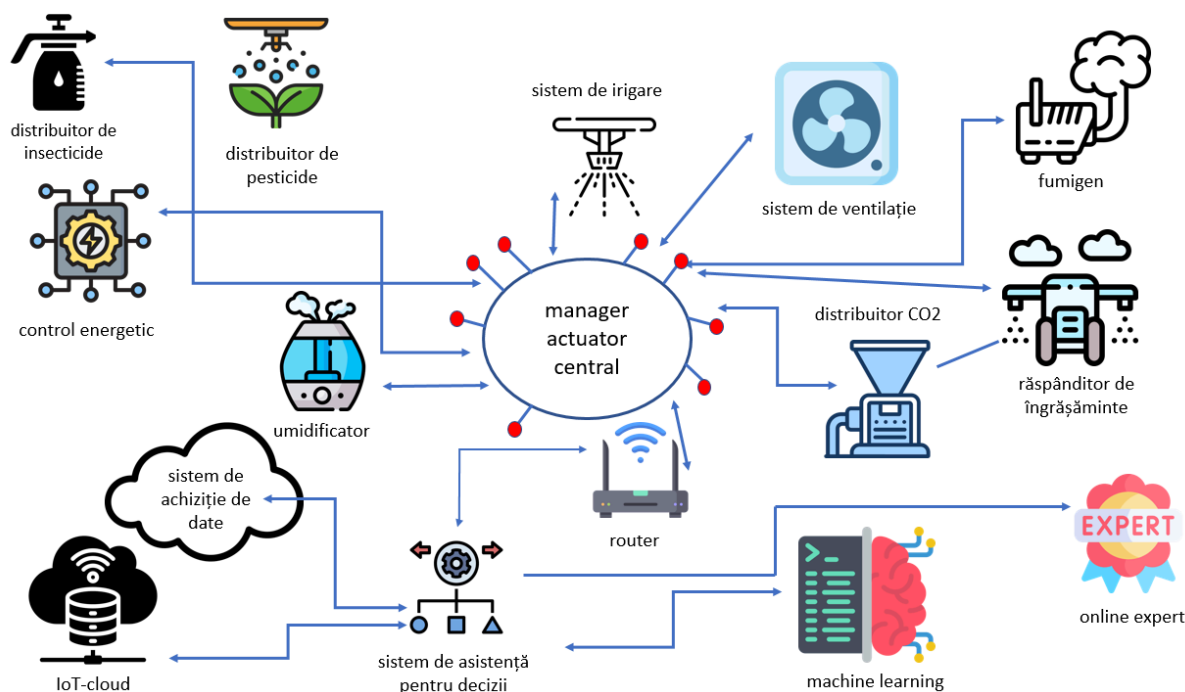
În specificația AMQP sunt definite următoarele:

- tipul de sistem,
- protocolul simetric și asincron necesar pentru a transfera mesaje de la un proces la altul,
- formatul standard și extins al mesajelor,
- setul de opțiuni de mesagerie standard și extins.

6. INTERNETUL OBIECTELOR (IoT- INTERNET OF THINGS)

Internetul obiectelor (IoT) reprezintă o rețea de obiecte fizice conectate la internet. Aceste obiecte utilizând diverse tehnologii interacționează constant cu mediul extern, între ele sau cu utilizatorii. Internetul obiectelor este considerat, în general, a treia etapă în evoluția internetului. În anii 1990, internetul avea aproximativ 1 miliard de utilizatori; comunicațiile mobile din anii 2000 au conectat încă 2 miliarde de utilizatori; iar până în 2022, IoT a reușit să conecteze 35 de miliarde de „obiecte” prin intermediul internetului. Printre acestea se numără ceasuri inteligente, senzori din mașini, sere agricole etc. Acest lucru a fost posibil datorită reducerii costurilor senzorilor și a puterii de procesare, scăderii prețurilor hardware-ului și software-ului necesare pentru conectarea dispozitivelor, precum și creșterii lățimii de bandă, care au făcut posibilă conectarea „lucrurilor” într-un mod simplu și eficient. (Banafa, 2023).

IoT are caracteristici care îl diferențiază semnificativ de internetul obișnuit, cum ar fi detectarea (sensing), eficiența (efficiency), dispozitivele interconectate (networked), operațiunile specializate (specialized) și disponibilitatea peste tot (everywhere). Aceste caracteristici ar putea schimba direcția evoluțiilor tehnologice, cu implicații semnificative pentru companiile de tehnologie. De exemplu, trecerea de la internetul prin cablu la internetul mobil a mutat atenția de la Intel la Qualcomm și de la Dell la Apple.



Mai multe inovații tehnologice au permis răspândirea IoT, inclusiv:

- senzori cu costuri reduse: în ultimii 10 ani, prețul senzorilor a scăzut de la 1,30 dolari la 60 de cenți;

- lățime de bandă ieftină: costul lățimii de bandă a scăzut de aproape 40 de ori în ultimii 10 ani;
- procesare ieftină: costurile de procesare au scăzut de aproape 60 de ori în ultimii 10 ani, permițând unui dispozitiv să proceseze atât datele generate, cât și pe cele primite;
- smartphone-uri: smartphone-urile servesc drept telecomenzi sau hub-uri în case inteligente, mașini conectate, sere sau dispozitive de sănătate și fitness;
- acoperire wireless: datorită extinderii acoperirii Wi-Fi, conectivitatea wireless este disponibilă la un cost foarte scăzut;
- big data: IoT generează cantități mari de date nestructurate, a căror analiză este esențială;
- IPv6: IPv6 este cel mai recent standard al protocolului Internet (IP), care acceptă adrese pe 128 de biți, spre deosebire de IPv4, care putea gestiona doar adrese pe 32 de biți și care a fost epuizat de dispozitivele conectate din întreaga lume. Adresele pe 128 de biți se traduc în aproximativ $3,4 \times 10^{38}$ adrese, suficient pentru a gestiona toate dispozitivele IoT.

Unul dintre dezavantajele IoT este că este dificil să se traseze o linie clară în ceea ce privește confidențialitatea și securitatea. Dispozitivele inteligente gestionează o mulțime de date personale și informații despre utilizatori, iar utilizarea necorespunzătoare a acestor date poate provoca daune considerabile. Un alt dezavantaj este că majoritatea dispozitivelor pot comunica doar cu dispozitivele provenite de la același producător. Deși proiectul AllJoyn Open Source (openconnectivity, 2023) încearcă să asigure interoperabilitatea dispozitivelor de la diferiți producători, tehnologia IoT este încă departe de a dezvolta un sistem unificat.

7. SERELE AGRICOLE ȘI COMUNICAȚIA MOBILĂ

În 2050, se estimează că populația mondială va ajunge la 9,7 miliarde de oameni, ceea ce va crește dramatic cererea de alimente. Această creștere ar putea provoca probleme precum poluarea apei și a aerului, emisiile de gaze cu efect de seră și încălzirea globală. Aceste provocări subliniază nevoia de a dezvolta soluții durabile pentru producția de alimente, iar serele de agricultură de precizie ar putea fi o soluție cheie.

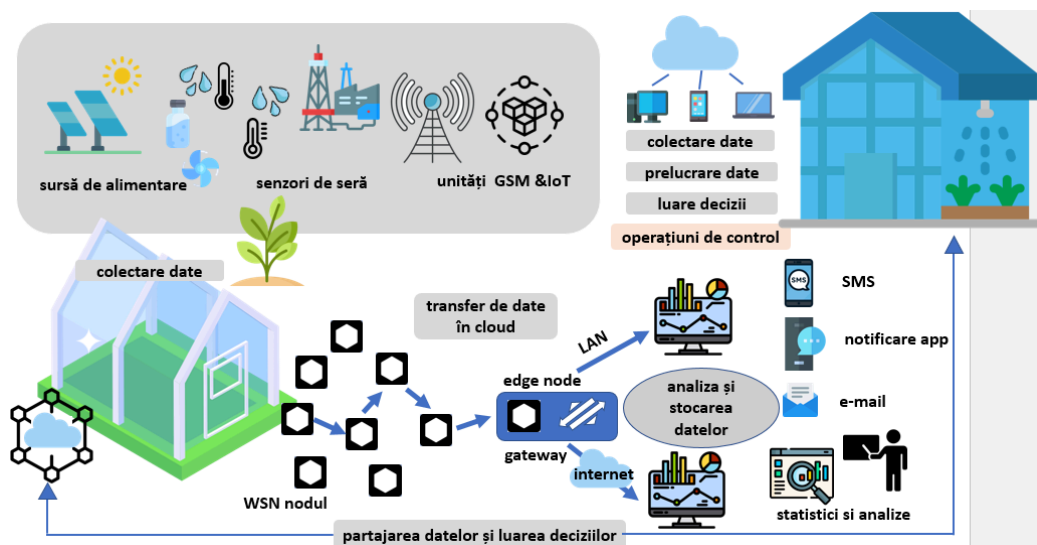
În aceste sere, sistemele mobile de control pot gestiona eficient factori esențiali precum temperatura, umiditatea, irigarea, fertilizarea, nivelul de CO₂, lumina și umbra. Acest control precis ajută fermierii să economisească energie, apă și substanțe chimice, și să mențină protecția culturilor. De asemenea, contribuie la o producție mai constantă, programată, cu produse de calitate superioară și un impact redus asupra mediului. (Manohar & Igathinathane, 2007).

Într-o seră modernă, un singur computer poate controla sute de dispozitive, cum ar fi ventilatoare, încălzitoare, supape de apă și lumini, și poate monitoriza mii de parametri precum temperatura și umiditatea, atât din interiorul, cât și din exteriorul serei. Sistemele mobile primesc date de la toți senzorii și trimit comenzi către fiecare dispozitiv la momente potrivite. În plus, aceste sisteme colectează și înregistrează date din diverse surse, oferind fermierului o imagine completă a factorilor care influențează calitatea și cantitatea produsului.

Sistemele pot crea vizualizări de date (grafice, rapoarte, rezumate) conform condițiilor de mediu trecute și actuale. Aceste vizualizări oferă o prezentare mai transparentă a datelor evaluate.

În ciuda proliferării sistemelor informatice, trebuie reamintit că succesul producției vegetale depinde în primul rând de cunoștințele agricultorului. Aceste sisteme pot contribui, în principal, la o

mai mare precizie a producției în sere, dar sunt eficiente doar în măsura în care software-ul este utilizat corect și agricultorul are competențe digitale adecvate.



Pe lângă avantajele acestor sisteme, merită luate în considerare și dezavantajele:

- costuri ridicate ale investițiilor inițiale,
- necesitatea unor operatori de sistem calificați, atât digitali, cât și mecanici,
- numărul lucrărilor de întreținere, îngrijire și precauții poate fi mai mare,
- nu întotdeauna este economică producția la scară mică și sezonieră.

În operarea serelor, în contextul tehnologiilor informatice, pot fi utilizate următoarele: rețele de senzori fără fir (WSN), internetul obiectelor (IoT), inteligența artificială (AI), tehnologiile spațiale, senzorii de la distanță, algoritmi de calcul, tehnologia blockchain, big data și identificarea prin radiofrecvență (RFID). Cu ajutorul acestor tehnologii, datele pot fi analizate, procesate, primite și transmise, adică se poate realiza prelucrarea datelor.

Microcipuri, senzori, sisteme de poziționare (sisteme GPS), software de calculator, sisteme de comunicații, protocoale de internet și date meteorologice sunt dispozitivele care asigură prelucrarea datelor legate de cultivarea plantelor (Mottram, 2022).

Invenția comutatoarelor cu tranzistori și a tehnicilor ulterioare de gravare a siliciului, precum și apariția microcipurilor, au permis dezvoltarea dispozitivelor electronice și digitale de astăzi. Reducerea semnificativă a dimensiunii și a costului de producție a determinat utilizarea pe scară largă a acestor dispozitive în diferite sectoare ale agriculturii, de exemplu în sere de precizie. Apariția diverselor senzori a asigurat detectarea și monitorizarea datelor precum viteza, fluxul de aer, umiditatea, caracteristicile bolilor animalelor și plantelor etc.

Sistemele de poziționare globală (GPS) au fost dezvoltate inițial de armata SUA în anii 1970. Aceste sisteme, și mai recent, sistemele globale de navigație prin satelit au permis determinarea poziției cu o precizie de câțiva metri. Astfel, aceste sisteme pot fi utilizate pentru navigație pe teren, dar și pentru localizarea plantelor în zone deschise sau închise.

Programele informatice sunt aplicații care pot, de asemenea, analiza imagini digitale, conținuturi multimedia, construi modele, explica relații etc. Ele pot fi utilizate pentru recunoașterea plantelor, detectarea dăunătorilor, identificarea etapelor de viață etc. Digitalizarea datelor a început în anii

1950, dar, la scurt timp, au fost dezvoltate programe informatice care permiteau prelucrarea structurată și sistematică a unor cantități mari de date. În prezent, toate bazele de date stochează cantități uriașe de informații care pot fi căutate și analizate.

Posibilitățile de comunicare s-au schimbat radical odată cu apariția internetului și, ulterior, a dispozitivelor mobile. Fiecare obiect digital (text, video, imagine, sunet), e-mail și pagină web circulă pe internet sub formă de pachete, fiecare putând fi identificat cu precizie prin standardul Internet Protocol, determinând astfel sursa și destinația acestora. World Wide Web oferă un Uniform Resource Locator (URL) pentru orice resursă pe internet, facilitând legarea și transmiterea obiectelor digitale.

În țările dezvoltate, meteorologia modernă poate furniza prognoze meteorologice detaliate cu o rezoluție de până la 1 km și prognoze exacte cu până la 7 zile în avans. Acest lucru are un impact semnificativ asupra planificării și executării operațiunilor în sere, reducând semnificativ riscurile asociate condițiilor meteorologice. Contactele unui operator de seră au un impact major asupra succesului comercial al serei. Comunicarea directă, rapidă și regulată cu diferite persoane este facilitată de internet și de comunicațiile mobile, dar este important nu doar să se utilizeze aceste funcționalități, ci și să fie folosite eficient. Pe lângă contactul cu clienții, serviciile de publicitate, gestionarea clienților și informarea trebuie incluse în politica de afaceri. În relațiile cu furnizorii, tehnologia GPS poate fi utilizată pentru a facilita logistica livrărilor. În interacțiunile cu diverse birouri, utilizarea unui software adecvat poate asigura furnizarea bidirecțională a datelor și disponibilitatea reglementărilor. Cu ajutorul serviciilor adecvate oferite de instituțiile financiare, plățile mobile, plățile în rate și serviciile bancare online pot fi simplificate. Organizațiile de advocacy reprezintă o modalitate rapidă de a obține informații actualizate și de a solicita consiliere.

Aplicațiile mobile includ soluții pentru gestionarea producției, gestionarea proceselor, urmărirea produselor și asigurarea calității.

Un fermier care administrează o seră trebuie să ia în considerare mai multe date atunci când ia decizii legate de operațiunile agricole. Acestea includ, de obicei, date brute de la senzori și mașini, cum ar fi:

- date privind culturile și date GPS: corelate cu informații GIS de la drone,
- date de la servere cloud terțe, utilizate pentru a crea o imagine a valorii și cererii culturilor,
- date de prognoză meteorologică (temperatură, viteza vântului, direcția vântului, precipitații, umiditate, presiune barometrică etc.),
- date de la senzori care măsoară condițiile locale de mediu (date meteorologice curente, condițiile solului, date despre culturi, imagini și date video care indică starea sau boala culturilor),
- date privind disponibilitatea apei în zonă,
- informații privind prețurile produselor agricole, atât interne, cât și internaționale.

8. APLICAȚII DE COMUNICAȚII MOBILE ÎN SERE

Pe piața actuală, fermierii pot găsi o varietate de senzori și instrumente care îi ajută să creeze sere inteligente chiar și pe cont propriu. Tehnologia digitală modernă poate fi folosită pentru a monitoriza calitatea solului și oferă soluții pentru a preveni degradarea acestuia, (S. Bharati, et al., 2023). Tehnologia IoT permite gestionarea solului, concentrându-se pe retenția apei, textura și rata

de absorbție. Astfel, se poate reduce utilizarea excesivă a îngrășămintelor și se poate preveni compactarea, salinizarea, acidificarea, poluarea și eroziunea solului. De exemplu, setul de instrumente Lab-in-a-Box de la AgroCares permite fermierilor să analizeze 100 de probe de sol pe zi, fără a mai fi necesar să le trimită la un laborator, (AgroCares, 2023).

În 2009, a fost lansat satelitul SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity), care oferă hărți globale ale umidității solului la fiecare una sau două zile. Acest satelit utilizează senzori la distanță pentru a colecta date despre umiditatea solului, fiind util pentru a analiza secetele în diverse regiuni.

În 2014, cercetătorii spanioli au folosit datele de la SMOS pentru a calcula indicii de epuizare a apei din sol (SWDI). De asemenea, au utilizat senzorul MODIS pentru a studia diverse proprietăți ale solului și a evalua riscul de degradare a solului în Africa Subsahariană. Alte tehnologii, cum ar fi senzori și sisteme de vizualizare, au fost folosite pentru a stabili distanța și adâncimea optimă pentru plantare.

Dispozitivele inteligente bazate pe tehnologia IoT, cum ar fi senzorii wireless, dronele și roboții, pot detecta cu precizie dăunătorii culturilor, ajutând agricultorii să reducă semnificativ utilizarea pesticidelor. Această monitorizare în timp real permite prognoza și modelarea bolilor, oferind un control mult mai eficient decât metodele tradiționale. Tehnologiile moderne de detectare a dăunătorilor și bolilor folosesc imagini captate în câmpurile agricole, fie de sateliți, fie de senzori de teren. Aceste imagini acoperă de obicei suprafețe mari și pot fi prelucrate eficient și la costuri reduse. În plus, există senzori de teren care monitorizează starea culturilor și prezența dăunătorilor pe parcursul întregului ciclu de cultură. Sistemele IoT pot colecta și analiza aceste date prin intermediul unui serviciu cloud, ceea ce ajută la reducerea costurilor și la protejarea mediului.

Tehnologiile de fertilizare bazate pe IoT pot evalua cu precizie nevoile de îngrășămintă, cu un efort minim. De exemplu, indicele de vegetație diferențială normalizată (NDVI), care se bazează pe reflectarea luminii infraroșii vizibile și aproape de spectrul vegetației, utilizează imagini din satelit pentru a evalua starea culturilor, a măsura sănătatea acestora și a analiza vegetația. Aceasta ajută, de asemenea, la evaluarea nivelului de nutrienți din sol. Astfel de măsurători pot crește semnificativ eficiența utilizării îngrășămintelor, reducând totodată efectele negative asupra mediului. Tehnologiile precum geomaparea bazată pe IoT, precizia GPS, vehiculele autonome și tehnologia cu rată variabilă (VRT) contribuie la fertilizarea inteligentă.

IoT poate fi aplicat eficient și în monitorizarea randamentului. Senzorii corespunzători pot fi montați pe orice mașină de recoltat, iar datele pot fi prelucrate, de exemplu, prin aplicația mobilă FarmTRX (farmtrx, 2023). Aceasta poate fi utilizată pentru a genera hărți de randament de înaltă calitate, care pot fi exportate de fermier pentru analize ulterioare. Imaginile din satelit sunt, de asemenea, utilizate pentru a monitoriza randamentele pe ferme mari. De exemplu, în Myanmar, imaginile interferometrice Sentinel-1 au fost folosite pentru a determina randamentul culturilor de orez; fotografiile color (RGB) de mare adâncime au fost utilizate pentru a urmări fazele de fructificare pe câmpurile de mango, iar senzorii optici au fost folosiți pentru a măsura contracția fructelor de papaya în timpul uscării.

Gestionarea irigațiilor pe baza indicelui de stres hidric al culturilor (CWSI) este o altă aplicație a tehnologiilor IoT. Această metodă se bazează pe predicții, ceea ce poate duce la îmbunătățiri semnificative ale randamentului. Calcularea CWSI necesită monitorizarea atât a stării culturilor, cât și a temperaturii aerului în diferite momente. Într-un sistem de monitorizare bazat pe senzori fără fir, toți senzorii din câmp sunt conectați, iar datele măsurate sunt transmise unui sistem de procesare, unde sunt analizate cu ajutorul unui software adecvat. Imaginile din satelit și datele

meteorologice sunt, de asemenea, integrate în modelele CWSI pentru a determina necesarul de apă. Pentru fiecare locație sunt generate valori specifice ale indicelui de irigare. Metoda de irigare cu rată variabilă (VRI) dezvoltată de CropMetrics determină cantitatea optimă de apă necesară în funcție de condițiile solului și de topografie (cropx, 2023).

9. LITERATURĂ

Către următoarele surse: data accesării: 2023.

- *agrocares*, 2023. *agrocares*. [Online]
Disponibil la adresa: (<https://www.agrocares.com/lab-in-a-box/>) [Accesat: 2023].
- *amqp*, 2023. *amqp*. [Online]
Disponibil la: <https://www.amqp.org/>
- Banafa, A., 2023. *introduction to Internet of Things (IoT)*. no place:River Publishers.
- Boudriga, N., 2009. *Security Of Mobile Communications*. fără localizare: CRR Press.
- Brookshear, J. G. & Brylow, D., 2017. *computer science an overview*. 12 eds. nr. 12: Pearson India.
- *cropx*, 2023. *cropx*. [Online]
Disponibil la: <https://cropx.com/>
- *datatracker.ietf*, 2023. *datatracker.ietf*. [Online]
Disponibil la: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>
- *docs.oasis-open*, 2023. *docs.oasis-open*. [Online]
Disponibil la: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>
- *earth.esa.int*, 2023. *earth.esa.int*. [Online]
Disponibil la: (<https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>)
- *farmtrx*, 2023. *farmtrx*. [Online]
Disponibil la: <https://farmtrx.com/>
- *httpwg.org*, 2023. *httpwg.org*. [Online]
Disponibil la: <https://httpwg.org/specs/rfc9110.html>
- Manohar, K. R. R. & Igathinathane, C., 2007. *greenhouse technology and management*. Ediția a doua. nr.:BS Publications.
- Mottram, T., 2022. *Digital Agritechnology, Robotics and Systems for Agriculture and Livestock Production*. location without c.:Nikki Levy.
- *openconnectivity*, 2023. *openconnectivity*. [Online]
Disponibil la: <https://openconnectivity.org/>
- S. Bharati, U. K. V. P., Mondal., M. & Podder., P., 2023. *artificial intelligence and smart agriculture applications*. nr.:CRC Press.
- *www.tell.hu*, 2023. *www.tell.hu*. [online]
Disponibil la: <https://www.tell.hu/minden-amit-a-2G-3G-4G-5G-halozatokrol-tudni-akartal>)
- *agrocares*, 2023. *agrocares*. [Online]
Disponibil la adresa: (<https://www.agrocares.com/lab-in-a-box/>) [Accesat în 2023].
- *amqp*, 2023. *amqp*. [Online]
Disponibil la: <https://www.amqp.org/>
- Banafa, A., 2023. *introduction to Internet of Things (IoT)*. s.l.:River Publishers.

- Boudriga, N., 2009. *security of mobile communications*. s.l.:CRR Press.
- Brookshear, J. G. & Brylow, D., 2017. *computer science an overview*. 12 ed. s.l.:Pearson India.
- cropx, 2023. *cropx*. [Online]
Disponibil la: <https://cropx.com/>
- datatracker.ietf, 2023. *datatracker.ietf*. [Online]
Disponibil la: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>
- docs.oasis-open, 2023. *docs.oasis-open*. [Online]
Disponibil la: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>
- earth.esa.int, 2023. *earth.esa.int*. [Online]
Disponibil la: (<https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>)
- farmtrx, 2023. *farmtrx*. [Online]
Disponibil la: <https://farmtrx.com/>
- httpwg.org, 2023. *httpwg.org*. [Online]
Disponibil la: <https://httpwg.org/specs/rfc9110.html>
- Manohar, K. R. R. & Igathinathane, C., 2007. *greenhouse technology and management*. Second ed. s.l.:BS Publications.
- Mottram, T., 2022. *Tehnologie agricolă digitală, robotică și sisteme pentru agricultură și producția de animale*. s.l.:Nikki Levy.
- openconnectivity, 2023. *openconnectivity*. [Online]
Disponibil la: <https://openconnectivity.org/>
- S. Bharati, U. K. V. P., Mondal., M. & Podder., P., 2023. *artificial intelligence and smart agriculture applications*. s.l.:CRC Press.
- www.tell.hu, 2023. *www.tell.hu*. [online]
Disponibil la: <https://www.tell.hu/minden-amit-a-2G-3G-4G-5G-halozatokrol-tudni-akartal>

2. AUTOMATIZAREA SERELOR, SENZORI, ROBOTICĂ

Autori:

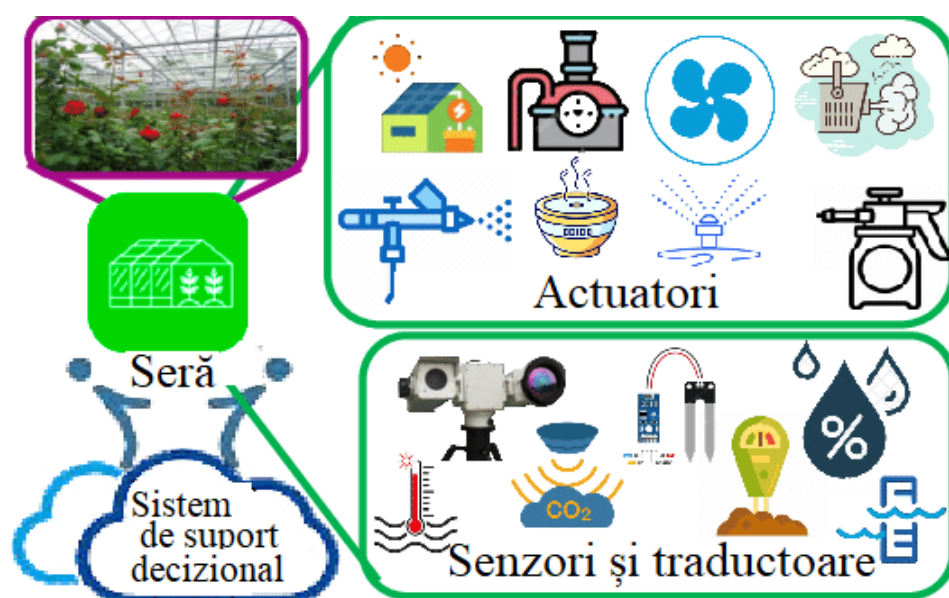
- Papp Sándor - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Túrós László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

1 INTRODUCERE

Combinăția dintre senzorii automatizați, robotică și inteligența artificială revoluționează producția agricolă. Sistemele integrate și proiectate corespunzător vor permite o mai bună monitorizare a culturilor, detectarea timpurie a bolilor și dăunătorilor, precum și o creștere și o producție optimă. Pașii către o agricultură durabilă, facilitați de automatizare și robotică, vor contribui la menținerea securității alimentare și la protejarea mediului.

2 MONITORIZAREA ȘI ÎNGRIJIREA AUTOMATIZATĂ A PLANTELOR

În domeniul producției agricole, automatizarea, senzorii și robotica joacă un rol din ce în ce mai important în creșterea eficienței și în realizarea unei producții durabile. Monitorizarea și îngrijirea automatizată permite monitorizarea continuă a sănătății plantelor și a condițiilor optime de creștere. În acest capitol, descriem utilizarea senzorilor automatizați pentru monitorizarea și diagnosticarea sănătății plantelor, detectarea timpurie a bolilor și dăunătorilor plantelor, precum și rolul sistemelor robotice de îngrijire și al inteligenței artificiale pentru creșterea și cultivarea optimă a plantelor. Figura 2.1 ilustrează unitățile utilizate într-o seră automatizată:



Sursa : https://www.researchgate.net/figure/loT-Enabled-Greenhouse_fig1_348989431

Figura 2.1 Principalele unități utilizate într-o seră automatizată

2.1 Utilizarea senzorilor automați pentru monitorizarea și diagnosticarea sănătății plantelor

Senzorii automatizați reprezintă un instrument esențial în agricultura modernă, ajutându-i pe fermieri să monitorizeze și să îngrijească culturile cu mai multă precizie. În cele ce urmează este prezentată o prezentare generală a celor mai importanți senzori:

- **senzorii de umiditate a solului** sunt capabili să măsoare în permanență conținutul de umiditate al solului, asigurând astfel optimizarea programelor de irigare, prevenind supra- sau sub irigarea, promovând o agricultură durabilă și, în cele din urmă, sporind productivitatea agricolă, minimizând risipa de apă. Printre tehnologiile mai vechi, mai simple, putem menționa senzorii *tensiometrici*, *rezistivi* și *capacitivi* de umiditate a solului. Acestea au avantajul unei construcții relativ simple și al unui cost redus, dar sunt acum înlăturate din sistemele moderne de contorizare inteligentă din cauza vitezei de măsurare, a aplicațiilor limitate și a preciziei scăzute. Cea mai precisă și mai fiabilă detectare a umidității solului cunoscută în prezent se bazează pe principiul reflectometriei în domeniul timpului (TDR), care poate fi utilizată pentru a măsura indirect conținutul de umiditate pe baza corelației cu proprietățile electrice și dielectrice ale solului. Principiul acestei măsurători constă în injectarea unui impuls electric cu timp de creștere foarte scurt (aproximativ 200 ps) într-o sondă ghidată în sol. Viteza de propagare a impulsului este strâns legată de conținutul de umiditate al solului. Un exemplu de instrument bazat pe reflectometrie în domeniul timpului este [TDR 350](#) al grupului John Morris.
- **senzorii de temperatură și umiditate** măsoară condițiile de mediu și ajută la crearea microclimatului ideal pentru plante. Aceste date sunt deosebit de importante în mediile de seră, unde controlul temperaturii și al umidității este vital pentru succesul culturii. Senzorii clasici de temperatură și umiditate relativă a aerului au fost înlocuiți acum cu senzori inteligenți integrați care convertesc și procesează local semnale analogice sensibile la zgomot și comunică cu sistemele centrale de măsurare sub forma unui semnal digital. Un exemplu foarte bun este [SHT4X](#), unul dintre numeroșii senzori inteligenți de la compania elvețiană Sensirion. Unul dintre punctele forte ale acestui dispozitiv este faptul că 128 de senzori pot fi conectați la un cablu bifilar prin intermediul magistralei și protocolului de comunicare I2C, permițând principiul măsurării în mai multe puncte într-o rețea simplă și rentabilă.
- **senzorii de radiație fotosintetică activă** (PAR) măsoară intensitatea luminii, care este esențială pentru fotosinteză și producția de nutrienți la plante. Măsurarea precisă a radiației active fotosintetice ajută la obținerea unei creșteri și a unui randament optim al plantelor. Senzorul poate fi utilizat pentru a măsura densitatea fluxului de fotoni fotosintetici (PPFD) pe bolta plantelor în medii exterioare, sere, camere de creștere și în medii reflectate sau sub boltă (translucide). Instrumentele de la compania americană Apogee Instruments sunt considerate standarde industriale, inclusiv familia de senzori PPFD Quantum [SQ-500](#).



Imagine: robotika2.jpg

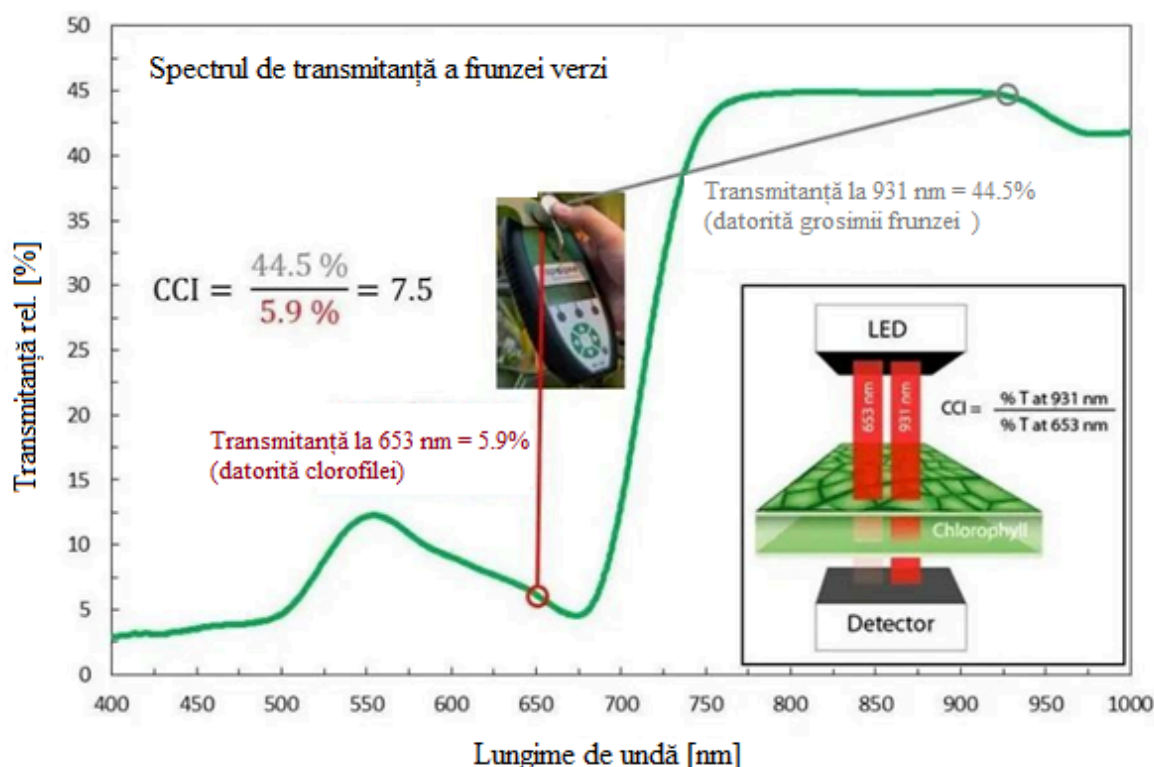
Sursa : <https://www.amazon.ca/Apogee-Instruments-MQ-500-Full-Spectrum-Quantum/dp/B09KWQJ8XP?th=1>

- **senzorul de concentrație a clorofilei** indică concentrația clorofilei din frunză în unități absolute - $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Acesta poate fi utilizat pentru a evalua starea nutrienților, pentru a estima stresul plantelor și pentru a optimiza recoltarea. În ciuda faptului că oferă informații foarte importante despre viața plantelor, prețul său relativ ridicat face ca acesta să nu fie încă utilizat pe scară largă. Aparatul de măsurare a concentrației de clorofilă Apogee [MC-100](#), precum și metoda și principiul de măsurare sunt prezentate în figurile de mai jos:



Imagine: robotika3.jpg

Sursa : <https://www.apogeeinstruments.com/mc-100-chlorophyll-concentration-meter/>



Imagine: robotika4.jpg

Sursa : <https://manuals.plus/apogee/mc-100-chlorophyll-concentration-meter-manual#axzz8QqVt1E8l>

2.2 Detectarea timpurie a bolilor și dăunătorilor plantelor cu ajutorul sistemelor automate de viziune computerizată

Având în vedere că resursele naturale se diminuează, una dintre cele mai mari probleme din agricultură este faptul că randamentele se luptă să țină pasul cu creșterea populației mondiale. Principala provocare constă în creșterea productivității, indiferent de factorii de mediu nefavorabili. Agricultură modernă de precizie utilizează cele mai recente progrese tehnologice pentru a îmbunătăți productivitatea.

Sistemul automatizat de detectare a bolilor oferă fermierului un diagnostic imediat și precis al bolilor plantelor, accelerând procesul de diagnosticare. Automatizarea sistemului de detectare a bolilor este esențială pentru accelerarea diagnosticării și intervenției asupra culturilor.

În prezent, în agricultură, prelucrarea imaginilor a devenit o aplicație esențială și unul dintre subiectele de studiu cu cea mai rapidă creștere în domeniu. O gamă largă de industrii, inclusiv agricultura, au descoperit că prelucrarea imaginilor este un instrument util pentru analiza datelor. Datele sunt colectate cu ajutorul camerelor de luat vederi, al aeronavelor sau al sateliților, iar algoritmi de procesare a imaginilor pe calculator sunt utilizați pentru a procesa și analiza imaginile. Un sistem automatizat de detectare a bolilor foliare pentru agricultura de precizie utilizează tehnici de achiziție și prelucrare a imaginilor, de segmentare a imaginilor, de extragere a caracteristicilor și de învățare automată.

Multe dintre problemele cu care se confruntă agricultura au fost mult simplificate datorită evoluțiilor recente în domeniul tehnologiilor de captare a imaginilor și de prelucrare a datelor.

Imaginile pot fi utilizate pentru a detecta frunzele, tulpinile și culturile bolnave, cuantificând astfel suprafața afectată de boală.

Figura 5 de mai jos ilustrează sistemul complex de înregistrare al unei sere inteligente:



Imagine: robotika5.jpg

Sursa : <https://phenospex.com/products/plant-phenotyping/planteye-f500-multispectral-3d-laser-scanner/>

Figura 5 Sistem de înregistrare complexă a serelor inteligente

Programul pilot al Universității din Minnesota poate fi văzut [AICI](#).

Preprocesarea datelor este o parte importantă a oricărui sistem de viziune computerizată, figura XX ilustrează etapele de procesare a imaginilor. Pentru a obține rezultate precise, orice zgomot de fond trebuie filtrat înainte de a extrage caracteristicile. Pentru a face acest lucru, imaginea color este mai întâi convertită în imagine în tonuri de gri și apoi se utilizează un filtru gaussian pentru a netezi imaginea. Algoritmul de calcul al pragului de binarizare Otsu se aplică apoi la versiunea binară a imaginii. O transformare morfologică este apoi aplicată imaginii binarizate pentru a închide micile găuri din prim-plan.

După detectarea prim-planului, se efectuează operația logică ȘI la nivelul fiecărui bit pe imaginea binară și pe imaginea color originală pentru a obține o imagine RGB a frunzei segmentate. După segmentarea imaginii, sistemul extrage forma, textura și culoarea din imagine. Contururile sunt utilizate pentru a calcula suprafața frunzei și circumferința frunzei. Contururile sunt liniile care leagă toate punctele de pe marginile obiectelor de aceeași culoare sau intensitate. De asemenea, estimăm media și varianța fiecărui canal din imaginea RGB. Pentru a calcula cantitatea de culoare verde dintr-o imagine, imaginea este convertită într-un spațiu de culoare HSV și apoi se extrag caracteristicile de textură și de culoare din matricea de co-ocurență pe scară de gri (GLCM) a imaginii.

Odată ce toate caracteristicile au fost extrase din toate imaginile din setul de date, un alt pas important în învățarea automată este selectarea caracteristicilor.

Caracteristicile sunt selectate pe baza corelației dintre variabile și variabilele țintă. De exemplu, în cazul prezicerii bolilor la măr, corelația dintre zona caracteristică verde a frunzei și zona verde a

frunzei este foarte mare, adică cele două variabile sunt interdependente. După selectarea celor mai importante caracteristici, datele sunt analizate în clasificatori de învățare automată pentru a găsi modele în date. Dintre mai mulți algoritmi de clasificare, de exemplu, clasificatorul "random forest" poate fi utilizat în combinație cu arbori de decizie pentru a obține o precizie mai mare. După rularea setului complet de operații, se pot obține diagnostice de mare precizie pentru tot mai multe specii de plante.

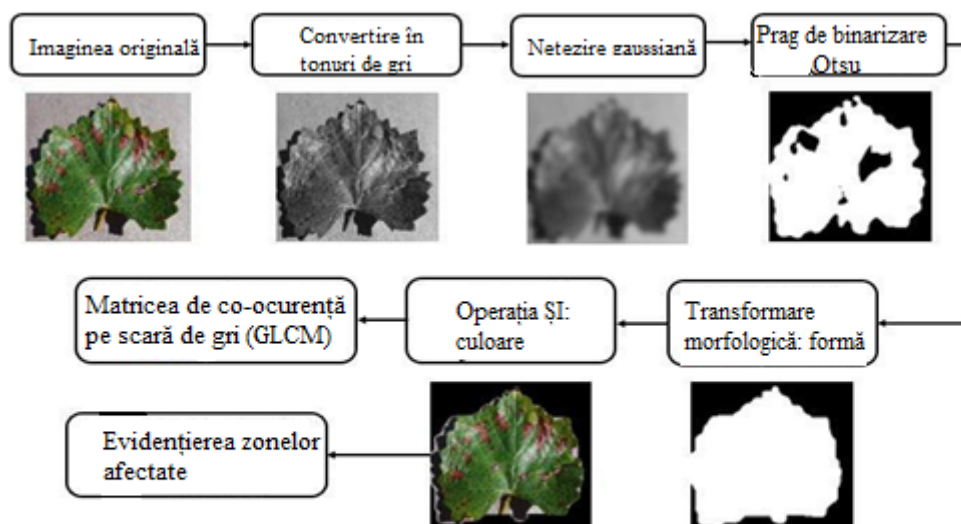


Figura: Etapele de procesare bazate pe viziunea computerizată

Pe baza rezultatelor raportate până în prezent, sistemele bazate pe viziunea computerizată pot detecta și indica, de exemplu, bolile merelor cu o precizie de 93% și bolile cartofilor cu o precizie de 98%.

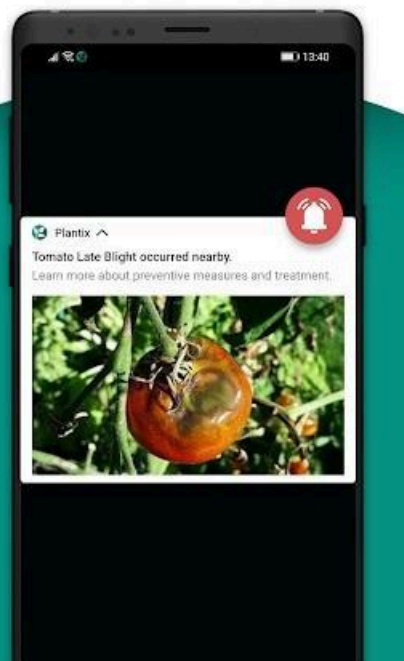
O posibilă implementare practică poate fi văzută în următorul film [AICI](#).

Un exemplu notabil este Plantix, o aplicație pentru smartphone bazată pe sistemul de operare Android, care detectează bolile plantelor și agenții patogeni pe baza unei fotografii realizate și încărcate cu aparatul foto al utilizatorului și oferă recomandări de intervenție. Trebuie remarcat faptul că, din cauza limitărilor bazei de date utilizate și a lipsei de cunoștințe de specialitate a echipei de dezvoltare, această aplicație poate fi considerată ca fiind de nivel amator. Un film demonstrativ al aplicației [este](#) disponibil [AICI](#).

Detectarea instantanee a
bolii și sfaturi de tratament



Măsuri de alertă și prevenire
a bolii



Imagine: robotika6.jpg

Sursa : <https://cafebazaar.ir/app/com.peat.GartenBank.preview?l=en>

În același timp, companii de renume mondial din domeniu dezvoltă și ele aplicații similare pentru profesioniști, cu orientare spre profit.

2.3 Sisteme de îngrijire robotizate și inteligență artificială pentru creșterea și cultivarea optimă a plantelor



Imagine: robotika7.jpg

Sursa : <https://mezogazdasag.ma/mesterseges-intelligencia-a-mezogazdasagban/>

Sistemele de îngrijire robotizate și inteligența artificială (AI) revoluționează producția vegetală. Aceste sisteme inteligente de îngrijire sunt capabile să efectueze în mod autonom diverse sarcini asupra plantelor.

De exemplu, roboții pot tăia cu precizie plantele în funcție de stadiul de creștere și de nevoile lor. Acest lucru permite plantelor să crească și să rodească în mod optim. Utilizarea inteligenței artificiale îi ajută pe roboți să învețe, astfel încât, în timp, aceștia devin mai preciși în îndeplinirea sarcinilor.

Conceptul de agricultură de precizie se bazează pe combinarea tehnologiei și a datelor pentru a optimiza producția agricolă și a minimiza impactul asupra mediului. În acest context, inteligența artificială permite o analiză mai aprofundată a datelor și un sprijin pentru deciziile agricole.

Inteligența artificială îi poate ajuta pe fermieri să obțină informații în timp real cu privire la condițiile solului și la sănătatea culturilor:

- Senzori și IoT (Internet of Things): senzorii inteligenți măsoară umiditatea solului, pH-ul și alți parametri cheie. Dispozitivele IoT permit ca aceste date să fie transmise către sistemele centrale.
- Drone și imagini din satelit: aceste dispozitive fac fotografii ale terenului, permițând detectarea timpurie a bolilor plantelor, a deficiențelor de nutrienți sau apariției dăunătorilor.
- Modele de inteligență artificială pentru analiza datelor: datele colectate sunt analizate de algoritmi de inteligență artificială pentru a identifica modele, a face predicții și a optimiza producția.

Agricultura de precizie este transformată în mod radical de inteligența artificială. Inteligența artificială le va permite fermierilor să își cultive terenurile într-un mod mai durabil, mai eficient și mai ecologic. Această evoluție nu numai că va reduce costurile de producție, ci va minimiza impactul asupra mediului și va îmbunătăți securitatea alimentară globală.

În ultimii ani, implementarea inteligenței artificiale (IA) a explodat în agricultură, permițând sectorului să atingă noi culmi. Cu toate acestea, la fel ca toate tehnologiile, IA are provocările sale cu care se confruntă sectorul agricol. Provocările potențiale și valoarea adăugată a IA în agricultură includ:

- Valori adăugate: creșterea productivității, reducerea inputurilor, minimizarea impactului asupra mediului etc.
- Provocările sistemelor de inteligență artificială sunt: costurile inițiale ridicate, colectarea și prelucrarea precisă a datelor, securitatea și protecția datelor, lipsa de profesioniști calificați și nu în ultimul rând, problemele de etică și de securitate.

În timp ce IA oferă oportunități uriașe pentru agricultură, este important ca fermierii, factorii de decizie și profesioniștii din industrie să fie conștienți de aceste provocări. Cu o abordare pro activă și o formare adecvată, industria poate profita de avantajele IA, gestionând în același timp riscurile și preocupările potențiale.

În cadrul uneia dintre conferințele din cadrul Festivalului Științei Maghiare 2023, organizat de Academia Maghiară de Științe, puteți urmări o serie de prezentări interesante despre [Agricultura durabilă: agricultura de precizie, digitalizarea pe scară largă, inteligența artificială.](#)

3 ROBOȚI DE SERĂ ȘI VEHICULE CU CONDUCERE AUTONOMĂ

3.1 Utilizarea sistemelor robotizate în sere pentru a reduce deficitul de forță de muncă și costurile forței de muncă

Automatizarea și robotica joacă un rol din ce în ce mai important în producția vegetală, în special în sere. Roboții de seră și vehiculele care se conduc singure oferă soluții la deficitul de forță de muncă și reduc costurile cu aferente, crescând în același timp în mod semnificativ eficiența și productivitatea producției vegetale. În acest capitol, vom detalia utilizarea sistemelor robotizate în sere, utilizarea vehiculelor cu conducere autonomă și a dronelor pentru udarea, stropirea și îngrijirea plantelor, precum și beneficiile roboticii în producția vegetală.

În producția vegetală, deficitul de forță de muncă poate fi o problemă critică, în special în cazul sarcinilor manuale, cum ar fi recoltarea, pulverizarea sau fertilizarea. Sistemele robotizate oferă o soluție eficientă la această problemă. Mașinile robotizate pot efectua aceste sarcini în mod autonom, reducând semnificativ dependența de forța de muncă umană.

Roboții pentru sere asigură o muncă de calitate prin precizia și fiabilitatea lor. Roboții de recoltare automatizată, de exemplu, permit recoltarea precisă și la timp a culturilor, optimizând randamentele. Acest lucru nu numai că reduce costurile cu forța de muncă, dar îmbunătățește și calitatea și cantitatea recoltei. Nu în ultimul rând, împletirea roboticii și a agriculturii regenerative permite promovarea agriculturii ecologice. Cu ajutorul roboților, utilizarea de substanțe chimice și impactul asupra mediului pot fi reduse la minimum, în timp ce randamentele și calitatea solului pot fi sporite.

3.2 Utilizarea vehiculelor care se conduc singure și a dronelor în îngrijirea plantelor

Vehiculele care se conduc singure și dronele sunt extrem de versatile în producția vegetală. Tractoarele și roboții care se conduc singuri pot urmări straturile de culturi de-a lungul unui traseu desemnat, în timp ce dronele pot monitoriza și îngriji culturile din aer.

Utilizarea vehiculelor cu conducere autonomă și a dronelor pentru udarea și stropirea culturilor permite o muncă precisă și eficientă. Sistemele automatizate reduc la minimum utilizarea substanțelor chimice sau a apei datorită controlului precis prin GPS, reducând impactul asupra mediului și costurile.

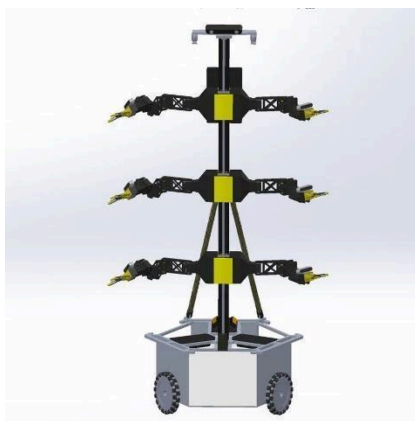
Supravegherea aeriană cu ajutorul dronelor permite inspectarea rapidă și eficientă a plantelor în zone mari, la care este dificil de ajuns. Dronele pot monitoriza plante întregi sau chiar frunzele acestora cu ajutorul unei camere de luat vederi, ajutând la detectarea timpurie a bolilor sau a dăunătorilor, înainte ca aceștia să se răspândească.

- Polenizarea robotizată a plantelor

Lipsa polenizatorilor naturali la nivel mondial amenință producția alimentară globală. Potrivit Serviciului forestier al Departamentului de Agricultură al SUA, aproximativ 80% din plantele cu flori sunt fertilizate de animale, ceea ce înseamnă că, fără polenizatori, multe plante nu se pot reproduce, nu pot da fructe sau nu pot ajunge la maturitate.

Cercetătorii de la Universitatea West Virginia dezvoltă roboți polenizatori pentru a rezolva această problemă urgentă.

Un robot cu șase brațe numit *StickBug*, care seamănă cu un liliac și poate poleniza o varietate de plante, a fost creat de o echipă condusă de *Yu Gu*, profesor asociat la Departamentul de Inginerie Mecanică și Aerospațială de la Universitatea West Virginia. Dezvoltarea a fost susținută de un grant de 750.000 de dolari de la Departamentul de Agricultură al SUA. *StickBug* studiază mai întâi mediul înconjurător și apoi cartografiază plantele în mare detaliu. Apoi știe exact unde sunt florile și care dintre ele au nevoie de polenizare, iar aceste informații sunt folosite pentru a crea un plan de lucru. Apoi se apropie de plante una câte una și folosește brațele mobile pentru a le poleniza.



Sursa :

https://www.biokontroll.hu/wp-content/uploads/2022/08/Biokultura_2022-2-3_oldalparban.pdf?x18764

Eficiența reală a polenizării cu *StickBug* este evaluată în serele de la Universitatea West Virginia, unde se cultivă mere și roșii. Aceste specii au fost alese deoarece sunt foarte populare în SUA și au o valoare economică semnificativă. Potrivit lui *Yu Gu*, roșiile sunt probabil una dintre cele mai importante culturi cultivate, dar în prezent au nevoie de ajutor pentru polenizare. În plus, roșiile pot fi cultivate pe tot parcursul anului, astfel încât robotul poate fi testat și utilizat în continuu. Scopul final este de a pune în practică aceste dezvoltări și de a crea o platformă pentru roboți care să poată fi utilizată pe scară largă în agricultură. Aflați mai multe despre cum funcționează robotul [AICI](#).

3.3 Inspecția și pulverizarea robotizată a plantelor

Pulverizarea substanțelor chimice este, de asemenea, o practică obișnuită în protecția plantelor din sere. Această operațiune este esențială, dar poate cauza unele probleme, cum ar fi daune umane și de mediu din cauza supradozajului de pesticide. Recent, cercetătorii s-au concentrat asupra agriculturii de precizie pentru a o face mai inteligentă. Aceștia folosesc senzori pentru a detecta frunzele plantelor și pentru a le pulveriza doar atunci când este necesar. În acest fel, doza de substanțe chimice poate fi ținută sub un control strict.

În prezent, se efectuează teste avansate de aplicabilitate cu ajutorul roboților de pulverizare automată care utilizează sisteme de procesare a imaginilor bazate pe inteligență artificială. Acești roboți pot detecta buruienile sau semnele de infestare a plantelor și pot pulveriza erbicide sau pesticide cu o supraveghere umană minimă. Prin urmare, robotizarea acestor operațiuni poate reduce costurile și poate crește siguranța mediului și a oamenilor.

Printre numeroșii producători, compania chineză XAG, care lucrează la provocările agriculturii 4.0, a dezvoltat câțiva roboți remarcabili sub forma de vehicule rulante sau zburătoare, utilizabili pentru pulverizare automată. Vehiculul ghidat fără pilot (UGV) *R150* este conceput pentru agricultura de

generație viitoare cu sisteme fără pilot. Cu o scalabilitate puternică și multiple moduri de operare, este prima platformă de roboți agricoli de acest tip produsă în masă. De la protecția de precizie a culturilor la cercetarea câmpului și până la manipularea materialelor agricole, acesta oferă soluții autonome la sol. Puteți vedea robotul în acțiune în Ungaria, pulverizând o cultură de varză de interior, [aici](#). Site-ul web al producătorului este disponibil [aici](#).

4 INTERACȚIUNEA ȘI COOPERAREA SISTEMELOR INTELIGENTE

Interacțiunea și cooperarea sistemelor inteligente în producția agricolă reprezintă un factor-cheie în realizarea unei producții agricole eficiente, durabile și eficace. Interconectarea sistemelor automatizate, a senzorilor și a roboților permite colectarea și analiza comună a datelor, furnizând informații importante despre starea culturilor și despre mediul de creștere. În acest capitol, sunt prezentate beneficiile colaborării sistemelor inteligente în producția de culturi.

Conectarea senzorilor, a roboților și a sistemelor automatizate pentru a colecta și analiza datele împreună

Interconectarea sistemelor automate, a senzorilor și a roboților permite integrarea informațiilor din diferite surse de date. Sensorii colectează în permanență date privind parametrii plantelor și ai mediului de creștere, cum ar fi umiditatea solului și al aerului, temperatura, intensitatea luminii etc. Sistemele automatizate și roboții execută sarcini precum irigarea, pulverizarea sau recoltarea.

Colectarea și analiza integrată a datelor permite fermierilor sau agronomilor să obțină o imagine completă a sănătății culturilor și a mediului de creștere. Analizând datele, sistemele inteligente pot identifica instantaneu probleme sau anomalii și pot trimite alerte, astfel încât să se poată lua măsurile adecvate în timp util.

Decizie inteligentă și control adaptiv în medii complexe de producție vegetală

Integrarea și analiza datelor sprijină procesul decizional inteligent și gestionarea adaptivă în mediul de producție agricolă. Sistemele automatizate pot învăța din date și se pot adapta la condițiile în schimbare, permițând operațiuni optimizate.

De exemplu, sistemele automate de irigare iau decizii inteligente prin analizarea datelor senzorilor de umiditate a solului. Atunci când nivelul de umiditate a solului scade la niveluri critice, sistemul inteligent declanșează automat sistemul de irigare pentru a asigura o alimentare optimă cu apă a plantelor. Acest lucru reduce la minimum risipa cauzată de irigarea excesivă și efectele dăunătoare ale unui sol excesiv de uscat.

Cooperarea dintre sistemele automate și robotică pentru un flux de lucru eficient și utilizarea eficientă a resurselor

Sistemele automatizate și robotica colaborează eficient pentru a ajuta la optimizarea fluxurilor de lucru și a resurselor disponibile. Roboții care comunică și colaborează între ei pot distribui sarcinile și pot lucra împreună în mod eficient pe tot parcursul procesului de creștere.

De exemplu, un sistem de irigare cu conducere autonomă și un robot de pulverizare autopropulsat pot lucra împreună pentru a optimiza irigarea și pulverizarea în funcție de nevoile plantelor. Sensorii monitorizează în permanență umiditatea solului și condițiile plantelor, iar roboții folosesc datele pentru a decide asupra operațiunilor optime. Acest lucru reduce la minimum risipa de resurse și crește eficiența cultivării.

5 DRONE DE SERĂ ȘI TEHNOLOGII BAZATE PE DRONE

Dronele și tehnologiile bazate pe drone sunt, de asemenea, din ce în ce mai răspândite și mai utile în agricultură, în special în producția vegetală. În sere, dronele oferă avantaje deosebite în ceea ce privește susținerea proceselor de cultivare, monitorizarea stării și calității culturilor și facilitarea agriculturii de precizie. În acest capitol, vom detalia modul în care dronele și tehnologiile bazate pe drone contribuie la promovarea unei producții agricole eficiente și avansate.

Utilizarea dronelor în sere pentru a sprijini procesele de cultivare

Dronele de seră sunt instrumente excelente pentru a sprijini procesele de producție vegetală. Dronele autoghidate pot urma cu precizie traseele desemnate între straturile de plante și pot îndeplini diverse sarcini în mod automat. De exemplu, dronele de pulverizare pot stropi culturile în mod eficient, reducând la minimum utilizarea de substanțe chimice și munca umană.

Dronele permit un nivel mai ridicat de monitorizare și supraveghere a plantelor. Dronele echipate cu camere de luat vederi permit fermierilor și agronomilor să monitorizeze cu ușurință creșterea și dezvoltarea culturilor și eventualele probleme, cum ar fi prezența bolilor sau a dăunătorilor.

Utilizarea dronelor pentru monitorizarea sănătății și calității culturilor

Camerele și senzorii dronelor permit monitorizarea continuă a stării și calității culturilor. Dronele echipate cu camere multispectrale sunt capabile să capteze imagini ale culturilor în diferite benzi spectrale. Acest lucru face posibilă evaluarea nivelurilor de stres, a aportului de nutrienți, a cerințelor de apă și a prezenței bolilor.

Cu ajutorul dronelor, fermierii pot detecta la timp culturile stresate și eventualele probleme, pentru a lua măsuri imediate de refacere a acestora. În plus, dronele pot prezice calitatea culturilor, ceea ce poate ajuta la obținerea unor produse mai bune și la obținerea unor prețuri mai bune pe piață.

Colectarea datelor cu ajutorul dronelor și procesarea imaginilor pentru agricultura de precizie

Datele colectate de drone sunt analizate de algoritmi de procesare a imaginilor și oferă fermierilor informații detaliate.

Datele exacte privind umiditatea solului, aprovizionarea cu nutrienți și sănătatea plantelor îi ajută pe fermieri să ia decizii mai bune. Agricultura de precizie poate reduce la minimum utilizarea substanțelor chimice și a apei, reducând impactul asupra mediului și costurile. Iar o aprovizionare mai precisă cu apă și nutrienți crește productivitatea și calitatea culturilor.

5.1 Interacțiunea om-robot și probleme etice

Dezvoltarea automatizării și a robotizării în agricultură deschide posibilitatea ca forța de muncă umană și roboții să colaboreze în producția agricolă. Cu toate acestea, progresele tehnologice și utilizarea inteligenței artificiale ridică, de asemenea, unele probleme de ordin etic. În acest capitol, prezentăm beneficiile și provocările interacțiunii om-robot în agricultură, precum și considerațiile etice legate de utilizarea roboticii și a inteligenței artificiale.

Muncitori umani și roboți care lucrează împreună în sere

Cooperarea om-robot în sere oferă multe avantaje. Roboții și sistemele automatizate pot îndeplini sarcini dificile și monotone, reducând povara asupra muncii umane. Eliberarea forței de muncă umane de astfel de sarcini le permite oamenilor să se concentreze asupra capacității lor de expertiză și asupra sarcinilor de nivel superior, cum ar fi luarea deciziilor sau supravegherea tehnică.

Cooperarea om-robot crește, de asemenea, eficiența. Oamenii și roboții lucrează în mod complementar pentru a optimiza procesele de producție vegetală, îmbunătățind productivitatea și calitatea recoltelor.

Considerații etice în aplicarea roboticii și a inteligenței artificiale în agricultură

Utilizarea automatizării și a roboticii în agricultură ridică întrebări de ordin etic. Un aspect important este situația pieței muncii și a lucrătorilor. Înlocuirea forței de muncă umane cu roboți și sisteme automatizate poate duce la șomaj în rândul lucrătorilor agricoli și, prin urmare, la inegalitate socială.

În plus, printre aspectele etice se numără protecția datelor și a vieții private în utilizarea inteligenței artificiale. Senzorii și sistemele de colectare a datelor monitorizează în permanență starea plantelor și a mediului de creștere, dar aceste date pot conține, de asemenea, informații personale și sensibile. Este important să se ia în considerare măsuri de protecție a datelor pentru a se asigura că datele cultivatorilor și ale întreprinderilor agricole sunt protejate.

Rolul forței de muncă și al competențelor umane în automatizarea și robotizarea producției vegetale

Forța de muncă și competențele umane rămân esențiale pentru automatizarea și robotizarea producției vegetale. Expertiza umană este esențială pentru funcționarea optimă a sistemelor automatizate și a roboților. Competențele permit ca roboții și sistemele să fie configurate și monitorizate în mod eficient și să intervină atunci când este necesar pentru a rezolva problemele.

Forța de muncă și expertiza umană sunt, de asemenea, esențiale în abordarea problemelor etice. Oamenii trebuie să fie pregătiți să abordeze utilizarea roboticii și a inteligenței artificiale în agricultură cu considerații etice adecvate. Este important ca fermierii, agronomii și lucrătorii agricoli să fie conștienți de beneficiile și provocările automatizării și robotizării și să le utilizeze în mod responsabil.

6 SERVICIILE ECOSISTEMICE ȘI DURABILITATEA

Creșterea automatizării și robotizării în producția vegetală afectează serviciile ecosistemice și biodiversitatea. Este important să recunoaștem provocările și oportunitățile de sustenabilitate cu care se confruntă agricultura. În acest capitol, prezentăm impactul producției agricole automatizate asupra serviciilor ecosistemice și a biodiversității și ne concentrăm asupra echilibrului dintre eficiența economică și durabilitatea mediului în sere.

IMPACTUL AUTOMATIZĂRII CULTURILOR ASUPRA SERVICIILOR ECOSISTEMICE ȘI A BIODIVERSITĂȚII

Producția agricolă automatizată poate afecta serviciile ecosistemice și biodiversitatea. Funcționarea cu precizie a sistemelor automatizate și a roboților permite o cultivare mai precisă și mai puțin

consumatoare de resurse, cum ar fi irigarea și pulverizarea optimă. Acest lucru poate reduce eroziunea solului și stresul asupra mediului, cu impact pozitiv asupra serviciilor ecosistemice.

Cu toate acestea, automatizarea poate duce uneori la o pierdere a biodiversității. Metodele de cultivare unilaterală și practicile de producție pe scară largă pot reduce diversitatea ecosistemelor dacă nu se aplică măsuri adecvate de sustenabilitate.

PROVOCĂRI ȘI OPORTUNITĂȚI DE DURABILITATE ÎN PRODUCȚIA AUTOMATIZATĂ DE CULTURI

Producția automatizată a culturilor generează o serie de provocări în materie de durabilitate. Utilizarea mai eficientă a resurselor (apă, energie, substanțe chimice) face posibilă reducerea presiunilor asupra mediului. Cu toate acestea, introducerea roboticii și a automatizării poate fi costisitoare, ceea ce poate îngreuna accesul fermelor mai mici la această tehnologie.

Opțiunile de durabilitate includ utilizarea unui proces decizional inteligent și a unui control adaptiv pentru a optimiza operațiunile pe baza condițiilor de mediu și a nevoilor culturilor. Pentru a promova durabilitatea, producția automatizată de culturi trebuie să echilibreze eficiența economică cu durabilitatea mediului.

ECHILIBRUL DINTRE EFICIENȚA ECONOMICĂ ȘI DURABILITATEA MEDIULUI ÎN SERE

Automatizarea și robotizarea în sere poate promova atât eficiența economică, cât și durabilitatea mediului. Sistemele automatizate pot reduce costurile cu forța de muncă și pot crește productivitatea, îmbunătățind rezultatele economice. Operațiunile de precizie permit o utilizare mai eficientă a resurselor, reducând astfel presiunile asupra mediului.

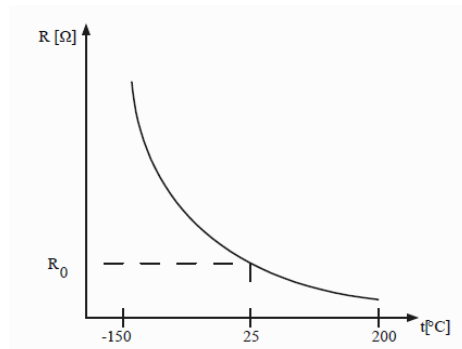
Totuși, găsirea unui echilibru este o provocare. Maximizarea eficienței economice nu merge întotdeauna mână în mână cu durabilitatea mediului. De exemplu, utilizarea excesivă a substanțelor chimice poate afecta calitatea solului și a ecosistemelor, pe lângă beneficiile economice. Acesta este motivul pentru care este importantă automatizarea și robotizarea inteligentă și responsabilă, care ia în considerare atât aspectele economice, cât și cele de mediu.

7 SENZORI UTILIZAȚI ÎN SERE, ÎN AGRICULTURĂ

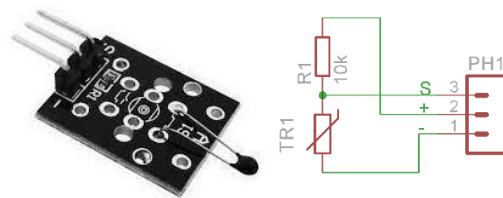
Având în vedere că senzorii utilizați în agricultură pot fi diverși în ceea ce privește caracteristicile lor, oferim câteva informații despre principiul de funcționare a acestor senzori pentru o mai bună înțelegere, dar și câteva exemple care pot fi utilizate în horticultura profesională sau chiar la nivel de hobby, exemplele nu sunt exhaustive în acest sens.

7.1 Senzor analogic de temperatură analogic

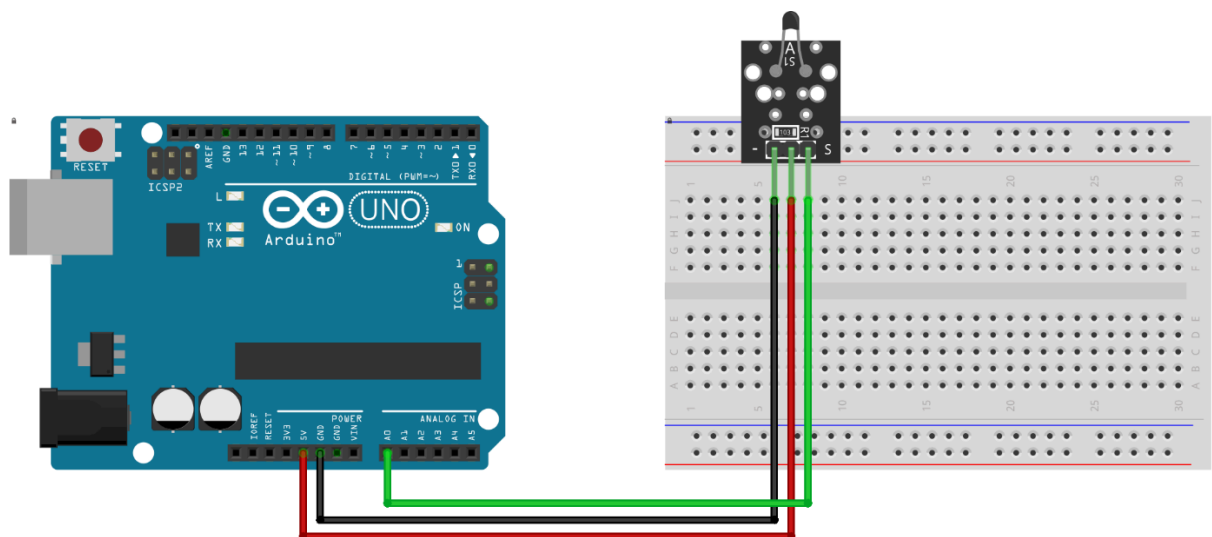
Să ne uităm la un exemplu concret, mai simplu, de măsurare a temperaturii, care este urmărit de la detectare, prin procesarea semnalului, până la afișarea informațiilor. În exemplul nostru, elementul de detecție este un termistor de tip NTC. Cea mai bună aproximare a dependenței de temperatură a termistorului este dată de ecuația Steinhart-Hart. Intrarea senzorului este temperatura, iar ieșirea este valoarea rezistenței electrice.



Acest element de detecție (termistor) este conectat ca parte a unui circuit divizor de tensiune cu o altă rezistență. . Figura de mai jos prezintă un senzor de temperatură și schema de circuit a acestuia.



Circuitul divizor de tensiune este alimentat la +5V, cu o ieșire de tensiune analogică conectată la o intrare analogică a sistem de dezvoltare cu microcontroler tip Arduino UNO.



fritzing

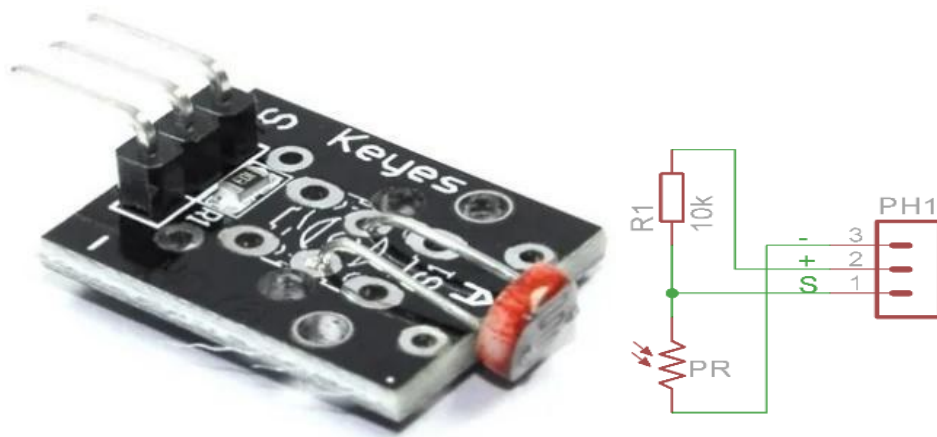
Conversia analogic-digitală se face în Arduino UNO, pe care rulează un program. Sarcina programului este de a efectua conversia analog-digitală într-o manieră ciclică. Rezultatul conversiei este o valoare numerică care este trecută printr-un proces de procesare a semnalelor digitale. În timpul procesării semnalului, calculele matematice, ținând cont de valoarea rezistenței utilizate în divizorul de tensiune și de caracteristicile statice ale senzorului, permit calcularea cu precizie a

valorii temperaturii în grade Celsius sau Kelvin. Rezultatul este transmis prin intermediul portului USB la un computer, care afișează informațiile afișate.

În cele ce urmează, vom prezenta mai mulți senzori al căror proces de procesare poate fi ușor diferit sau nu este discutat atât de detaliat.

Fotorezistența

Este utilizat pentru a detecta iluminarea, rezistența electrică scade pe măsură ce iluminarea crește, având o sensibilitate specifică și în cazul lungimii de undă a luminii. Figura de mai jos prezintă un senzor fotorezistiv și schema de circuit a acestuia.

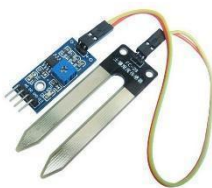


De asemenea, **fotodiodele**, **foto tranzistorii** și senzorii bazați pe aceste elemente sunt utilizați pentru a detecta lumina.

7.2 Senzor de umiditate a solului

Senzorii de umiditate sunt folosite în agricultură, în cultivarea plantelor și a florilor, unde se măsoară umiditatea solului și se controlează cantitatea de apă aplicată în funcție de valorile măsurate, folosind sisteme de irigare automată. În cazul senzorilor de umiditate rezistivi, rezistența scade, iar conductivitatea crește odată cu creșterea umidității.

În cazul senzorilor capacitivi de umiditate, dielectricul dintre cele două armături se modifică ca răspuns la umiditate, de exemplu, atunci când se măsoară umiditatea solului, dielectricul poate fi solul umed.



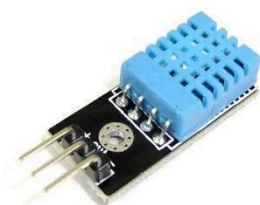
Sursa : <https://ardushop.ro/ro/home/44-modul-senzor-umiditate-sol-higrometru.html>



Sursa : <https://www.metergroup.com/en/meter-environment/products/ech20-ec-5-soil-moisture-sensor>

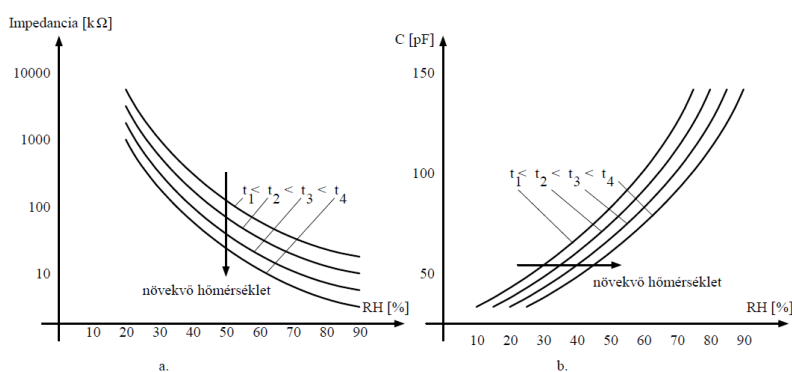
7.3 Senzor de temperatură și umiditate/umiditate a aerului

Apa este aproape omniprezentă și se prezintă sub mai multe forme: picături, vapori, brumă, zăpadă, ceață. Vaporii de apă din aer sau din orice alt gaz se consideră umiditate. Umiditatea absolută (Absolute Humidity) – indică masa de apă într-o unitate de volum de gaz.



Sursa : <https://ardushop.ro/ro/electronica/619-modul-senzor-temperatura-i-umiditate-digital-dht11.html>

Figura următoare prezintă caracteristicile statice tipice ale aparatelor de măsurat umiditatea pe baza modificărilor de rezistență (impedanță) și capacitate.



Ambele caracteristici depind de temperatură și nu este o coincidență faptul că majoritatea senzorilor de umiditate din circuitele integrate includ și senzori de temperatură.

7.4 Senzor de picături de ploaie

Senzorii de picături de ploaie detectează în principal prezența ploii, dar oferă puține informații despre cantitatea de precipitații. Proiectarea unui astfel de senzor de picături de ploaie este prezentată în figura de mai jos.



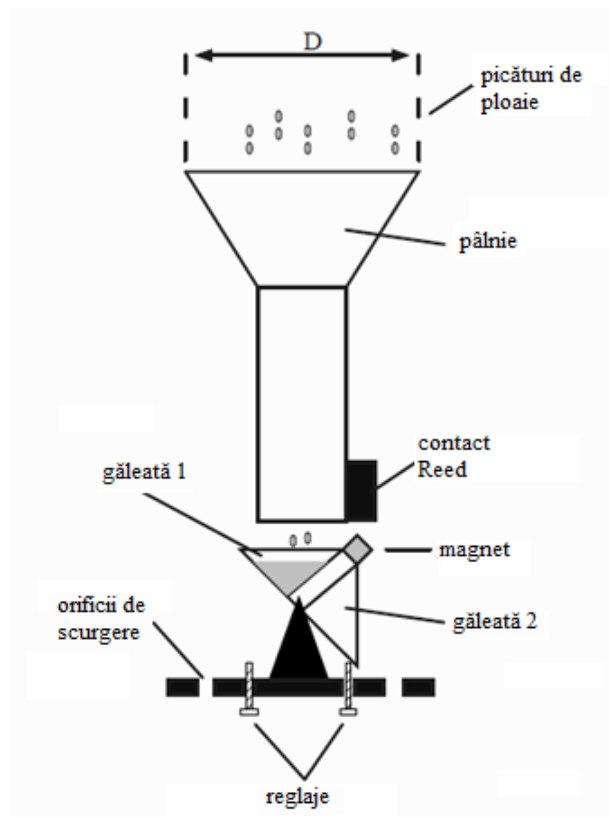
Sursa : <https://ardushop.ro/ro/home/130-senzor-picaturi-de-ploaie.html>
Ghidul utilizatorului: <https://www.youtube.com/watch?v=uDdiMMdVb90>

7.5 Senzor de precipitații

Măsurarea precipitațiilor este importantă în principal din punct de vedere meteorologic și agricol, iar vremea într-o anumită zonă geografică joacă un rol decisiv în formarea acestora. Aceasta poate fi lichidă (ploaie), solidă (zăpadă, polei, grindină) sau mixtă (grindină cu ploaie). Precipitațiile se măsoară în mm, ceea ce reprezintă numărul de litri de precipitații la 1 m² de suprafață (1 l de precipitații căzute pe 1 m² = 1 dm³ de suprafață $h = 1$ mm de înălțime a precipitațiilor). Intensitatea precipitațiilor este dată de cantitatea de precipitații căzute pe parcursul unei unități de timp.

Metoda găleții basculante este foarte frecventă și este prezentată în figura de mai jos. Găleata basculantă constă într-o pâlnie de colectare cu un diametru D, care permite colectarea picăturilor de ploaie pe o suprafață mare. Cu cât diametrul este mai mare, cu atât colectează mai eficient picăturile de ploaie împrăștiate. Putem detecta precipitațiile cu mai multă precizie, dar în același timp crește și cantitatea de precipitații colectate, astfel că gălețile plasate în fundul pâlniei sunt și ele umplute mai repede, măbind rezoluția de detecție, care depinde și de dimensiunea găleților colectoare. .

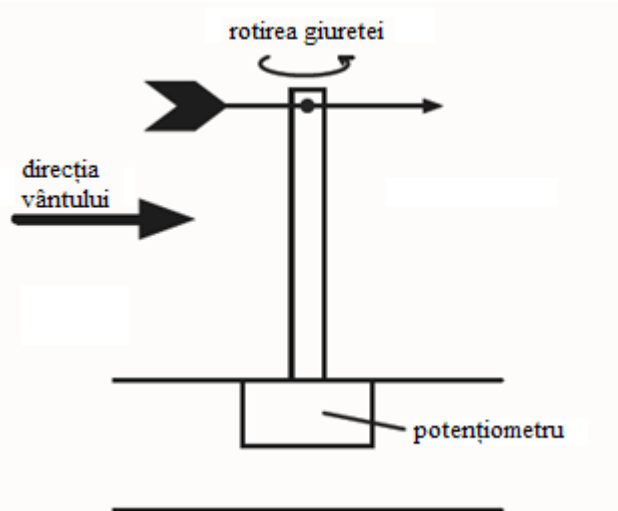
Gălețile 1 și 2 (stânga și dreapta) se vor umple și goli secvențial, pe măsură ce ploaia le umple, ca o consecință a gravitației. În timp ce una se umple, cealaltă se golește (și invers). Șuruburile de reglare vă permit să controlați cantitatea de golire și unghiul de înclinare pentru a vă asigura că gălețile sunt golite. În partea de sus a mecanismului de basculare se află un magnet permanent, în timp ce în partea de jos a buncărului se află fixat un întrerupător Reed. Când magnetul permanent se apropie de întrerupătorul Reed, contactele acestuia din urmă se închid (se umple cupa 1), iar când se umple cupa 2, întrerupătorul Reed este scos din câmpul imediat al magnetului permanent și contactele se dezactivează. Aceste schimbări de stare pot fi numărate cu ușurință de un program care rulează pe un sistem încorporat folosind un circuit electronic simplu de condiționare a semnalelor și, de aici, ținând cont de volumul găleții și de timpul scurs în timpul numărării găleților goale, se poate obține prin calcule matematice intensitatea precipitațiilor.



7.6 Măsurarea direcției vântului

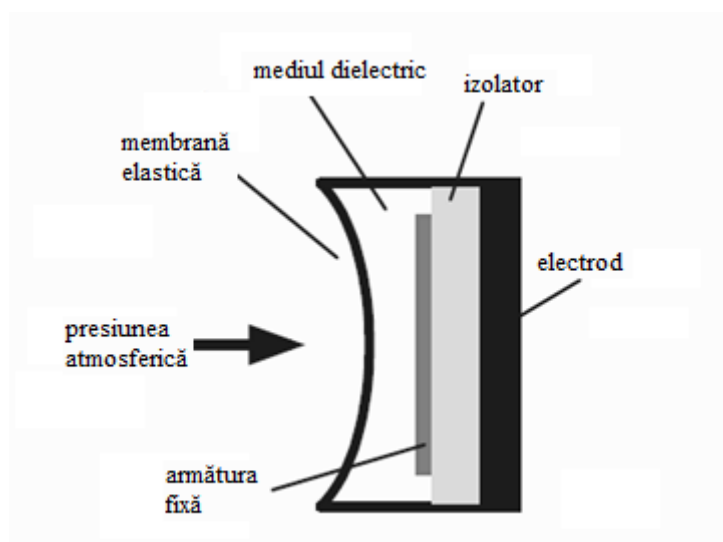
Pentru a măsura direcția vântului se utilizează de obicei un "cocoș de vânt", numit giruetă. Oficial, aceasta este plasată de obicei la o înălțime de 10 m. O giruetă este un dispozitiv plasat pe sol perpendicular pe un stâlp. Acest aranjament permite vântului să determine rotirea paletelor întotdeauna în direcția curentă a vântului în jurul axei definite de stâlp. Astfel, ea indică direcția curentă a vântului în două dimensiuni.

Într-o formă de realizare simplă, se utilizează un potențiomtru rotativ, în care cursorul se deplasează paralel cu axa paletelor de vânt. Prin urmare, poziția cursorului potențiometrului se modifică pe măsură ce sunt măsurați parametrii de mediu, adică pe măsură ce se schimbă direcția vântului. Astfel, valoarea măsurată a rezistenței se modifică între un punct final și poziția determinată de cursor. Modificarea valorii rezistenței determină o modificare a tensiunii/curentului electric în circuitul electronic care, după conversia analogică/digitală a informației, poate fi utilizată pentru a determina cu precizie valoarea direcției vântului în sistemul digital în timpul procesării semnalului.



7.7 Măsurarea presiunii barometrice

Greutatea moleculelor de aer din jurul nostru pe unitatea de suprafață se numește presiune atmosferică. Dispozitivele de măsurare a presiunii aerului se mai numesc barometre. Presiunea aerului variază în funcție de altitudine. Una dintre cele mai comune metode de măsurare este metoda capacitivă, prin care capacitatea unui condensator, care este măsurată, se modifică ca răspuns la presiunea aerului. În general, cele două armături ale unui condensator sunt o membrană fixă și una flexibilă, capacitatea fiind formată prin acțiunea unui dielectric între ele. Sub efectul presiunii aerului, armătura creată de membrana flexibilă se apropie sau se îndepărtează de armătura fixă, modificând astfel capacitatea condensatorului.

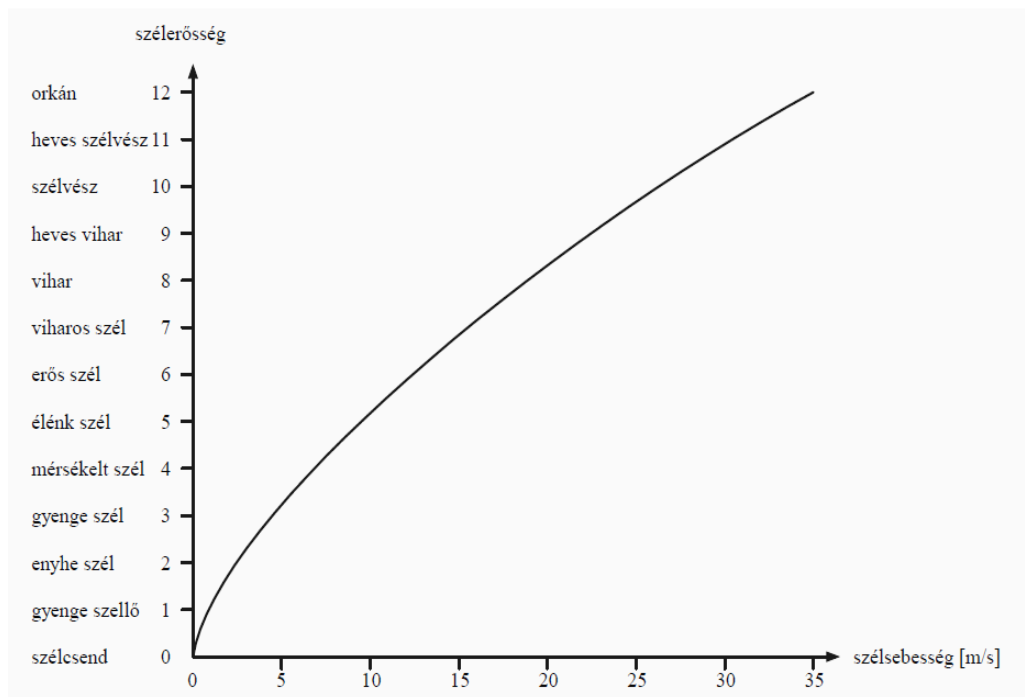


Un alt senzor utilizat adesea pentru a măsura presiunea aerului este piezorezistorul.

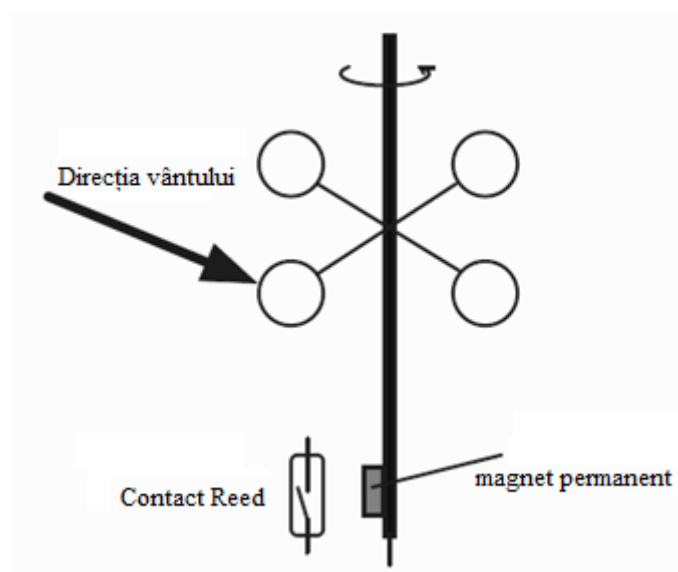
7.8 Măsurarea vitezei vântului

Viteza de curgere a vântului este cauzată de mișcarea aerului de la o presiune ridicată la una scăzută, de obicei din cauza schimbărilor de temperatură. Cu cât este mai mare această diferență de presiune între două puncte din atmosferă (gradient de presiune), cu atât mai mare va fi viteza vântului (de la punctul de presiune mai mare la punctul de presiune mai mică) pentru a compensa această diferență.

Măsurarea forței vântului pe scara Beaufort:



Pentru măsurarea vitezei vântului se utilizează mai multe sisteme de măsurare. Una dintre abordări este soluția cu elice, în care o elice este plasată pe nasul giuretei, iar viteza de rotație a acestei elice crește odată cu viteza vântului. Această viteză de rotație este măsurată prin diferite metode.



În ambele cazuri, viteza vântului este legată de viteza de rotație, care este măsurată prin intermediul unei metode optice sau magnetice.

Există, de asemenea, soluții care nu includ piese rotative care sunt supuse uzurii mecanice. Printre acestea se numără anemometrele cu fir cald sau metodele care utilizează viteza de propagare a undelor sonore. În acest din urmă caz, ultrasunetele sunt excitate într-o gamă inaudibilă pentru urechea umană, ceea ce permite determinarea nu numai a vitezei vântului, ci și a direcției acestuia.

Trei emițătoare de ultrasunete sunt plasate la o distanță de 120 de grade într-un cerc virtual și își transmit semnale unul altuia pe rând. Având în vedere că viteza ultrasunetelor și viteza vântului sunt vectorial aditive, prin măsurarea timpului de propagare a undelor sonore și cunoașterea distanței exacte dintre transmițătoare, direcția și viteza vântului pot fi calculate matematic.

Există așa-numitele stații meteo, care integrează majoritatea parametrilor de mediu enumerați într-un singur sistem sau care pot măsura mai mulți parametri.



8. LITERATURĂ

- https://www.researchgate.net/figure/IoT-Enabled-Greenhouse_fig1_348989431
- <https://www.amazon.ca/Apogee-Instruments-MQ-500-Full-Spectrum-Quantum/dp/B09KWQJ8XP?th=1>
- <https://www.apogeeinstruments.com/mc-100-chlorophyll-concentration-meter/>
- <https://manuals.plus/apogee/mc-100-chlorophyll-concentration-meter-manual#axzz8QqVt1E8I>
- <https://phenospex.com/products/plant-phenotyping/planteye-f500-multispectral-3d-laser-scanner/>
- <https://mezogazdasag.ma/mesterseges-intelligencia-a-mezogazdasagban/>
- <https://cafebazaar.ir/app/com.peat.GartenBank.preview?l=en>
- https://www.biokontroll.hu/wp-content/uploads/2022/08/Biokultura_2022-2-3_oldalparban.pdf?x18764
- Senzori și rețele de măsurare / László-Zsolt Túrós, Gyula Székely.- Cluj-Napoca : Scientia, 2022 ,ISBN 978-606-975-060-5

3. TEHNICI DE MICROPROPAGARE ÎN LABORATOR

Autori:

- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
- Borka Roland - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

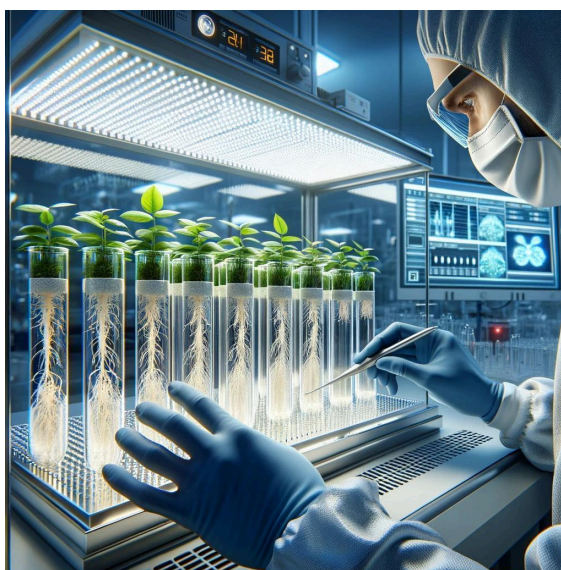
1 PRODUCEREA DE PLANTE FĂRĂ AGENȚI FITOPATOGENI ȘI MICROPROPAGAREA

1.1 Importanța micropropagării în cultura plantelor fără agenți fitopatogeni

Cultura plantelor fără boli este una dintre cele mai importante provocări pentru economia agricolă, deoarece agenți fitopatogeni ai plantelor, cum ar fi ciupercile, virușii și bacteriile, pot provoca daune grave sănătății și producției plantelor. În metodele tradiționale de înmulțire, agenții fitopatogeni pot fi adesea transferați odată cu materialul de înmulțire, expunând plantele la boli. În plus, plantele înmulțite în condiții necorespunzătoare sunt mai susceptibile la răspândirea agenților fitopatogeni și a bolilor.

Micropropagarea este o tehnică inovatoare care permite înmulțirea plantelor fără agenți fitopatogeni. Această metodă se bazează, printre altele, pe înmulțirea unor părți microscopice de țesut vegetal și pe totipotența celulelor în condiții de laborator. Procedura presupune, de obicei, prelevarea unor bucăți de țesut vegetal din partea sănătoasă a plantei-mamă, în principal din vârfurile lăstarilor, cum ar fi mugurii. Aceste fragmente de țesut sunt cultivate într-un mediu steril pe medii îmbogățite cu nutrienți, unde se formează noi plante.

Avantajul micropropagării constă în faptul că plantele înmulțite pot fi complet lipsite de agenți fitopatogeni care pot fi prezenți în plantele mamă. Prin urmare, plantele fără agenți fitopatogeni sunt sănătoase, viguroase și, în condiții adecvate, pot avea producții mai bune. În plus, micropropagarea permite ca plantele să fie înmulțite foarte rapid și eficient, indiferent de condițiile meteorologice și, prin urmare, poate duce la o producție agricolă economică și durabilă.



sursa: ChatGPT 4.0 DALL-E

1.2 Condiții de laborator și cerințe de igienă pentru o înmulțire fără agenți fitopatogeni

Condițiile de laborator și protocoalele de igienă sunt esențiale pentru succesul micropropagării. Laboratorul funcționează într-un mediu steril care reduce la minimum prezența agenților fitopatogeni și a altor contaminanți. Personalul de laborator poartă îmbrăcăminte specială, inclusiv mănuși și măști, pentru a preveni contaminarea cu agenți fitopatogeni.

Mediile de cultură pe care se înmulțesc țesuturile vegetale sunt strict sterilizate și îmbogățite cu nutrienți și hormoni sintetici pentru a asigura dezvoltarea corespunzătoare a plantelor. Uneltele, cum ar fi foarfeci, bisturie și sticlăria, sunt complet dezinfectate pentru a evita răspândirea agenților fitopatogeni printre plantele înmulțite.

Monitorizarea și întreținerea continuă a mediului de laborator sunt esențiale pentru o înmulțire fără agenți fitopatogeni. Sistemele de aer condiționat și de ventilație asigură menținerea temperaturii și a umidității corecte. Dezinfecția și curățarea regulată asigură menținerea laboratorului curat și steril.

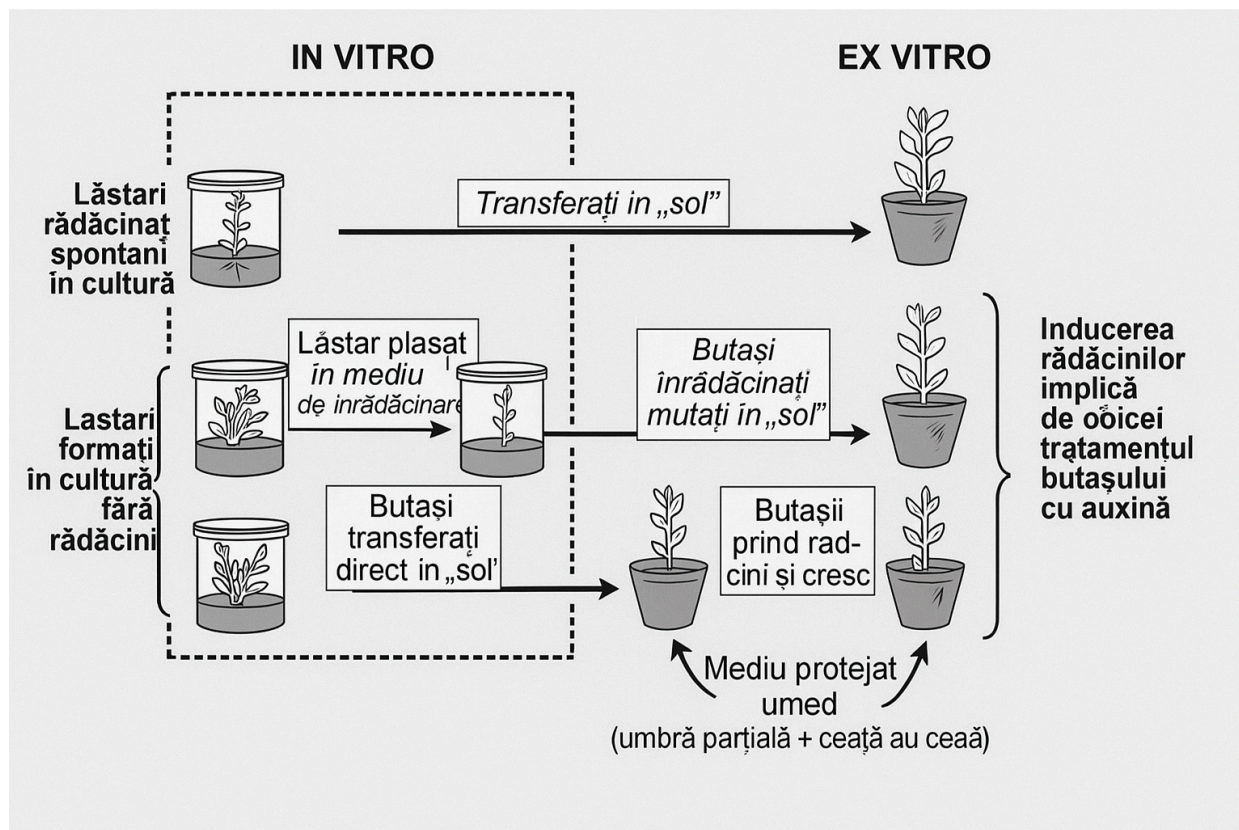
1.3 Identificarea agenților fitopatogeni și tratamentele preventive în timpul micropropagării

Deși micropropagarea are loc într-un mediu de laborator, este important ca părțile de plantă să fie selectate din plante mamă care lipsite de agenți fitopatogeni, nu manifestă simptomele unor boli. Testarea preliminară a sănătății plantelor și depistarea agenților fitopatogeni reprezintă un pas important pentru a asigura succesul micropropagării. În cazul în care plantele prezintă simptome cauzate de agenți fitopatogeni, trebuie luate măsuri preventive adecvate, cum ar fi îndepărtarea părților infectate sau punerea în carantină a plantelor.

În timpul micropropagării, plantele sunt verificate în mod regulat în ceea ce privește starea de sănătate a plantelor. În cazul în care se detectează o infecție, plantele afectate sunt imediat izolate și tratate pentru a preveni răspândirea infecției.

În general, micropropagarea este unul dintre cele mai importante instrumente de înmulțire a plantelor fără agenți fitopatogeni, permițând înmulțirea plantelor fără agenți fitopatogeni și dăunători, rapid și productiv. Respectarea strictă a condițiilor de laborator și măsurile preventive împotriva agenților fitopatogeni sunt esențiale pentru a asigura succesul procesului de micropropagare. Înmulțirea plantelor fără agenți fitopatogeni poate conduce la practici agricole durabile și eficiente, contribuind la dezvoltarea aprovizionării cu alimente și a producției agricole la nivel mondial.

2 METODE DE ÎNMULȚIRE IN VITRO ȘI APLICAREA LOR



Sursa: George et al. 2007

2.1 Pregătirea țesuturilor și a altor explante pentru înmulțirea in vitro

Metodele de înmulțire *in vitro* au adus progrese majore în agricultură și în biotehnologia vegetală, permițând înmulțirea eficientă și rapidă a plantelor în laborator. Înmulțirea *in vitro* se bazează pe tehnicile de cultivare a țesuturilor, în care mici particule de țesut de plante, numite explante, sunt plasate în medii bogate în nutrienți și li se oferă condiții optime de creștere. Explantele pot fi, de exemplu, muguri, fragmente de frunze sau alte părți de țesut.

În decursul examinării părților și țesuturilor de plante, selecția și pregătirea adecvată a acestora reprezintă un pas esențial pentru înmulțirea *in vitro*. Explantele sunt separate și pregătite în condiții de sterilitate pentru a minimiza prezența agenților fitopatogeni și a diferitelor impurități, respectiv pentru a preveni posibilitatea contaminării. Explantele sunt apoi sterilizate, de obicei în soluție de hipoclorit de sodiu și/sau etanol, pentru a se asigura că acestea sunt complet lipsite de agenți fitopatogeni.

Explantele sunt verificate cu atenție și se selectează cele mai potrivite pentru procesul de înmulțire. Acest lucru permite utilizarea doar a celor mai sănătoși și mai viguroși explante pentru înmulțirea *in vitro* și garantează dezvoltarea cu succes a unor plante sănătoase în etapele ulterioare.



Micropropagare3.jpg

Sursa : <https://liget.ro/eletmod/egy-hely-ahol-mindig-nyar-van#&gid=1&pid=5>

2.2 Compararea diferitelor tehnici de înmulțire in vitro

Printre diferitele tehnici de înmulțire *in vitro*, există o serie de opțiuni care pot fi adecvate pentru înmulțirea diferitelor specii de plante și a soiurilor acestora. Unele dintre acestea sunt:

Înmulțirea din lăstari: această metodă este potrivită pentru înmulțirea lăstarilor sănătoși. Explantele sunt sterilizate și apoi cultivate pe medii sterile. Această tehnică este deosebit de eficientă pentru plantele care produc lăstari viguroși.

Înmulțirea din fragmente de tulpină: în această metodă, părți din tulpina plantei sunt utilizate ca explant. Acesta este utilizat la producerea de butași de tulpină. Explantul este plasat pe un mediu de cultură în care fragmentul de plantă dezvoltă rădăcini și lăstari. Această metodă este deosebit de utilă pentru înmulțirea arborilor și arbuștilor care sunt dificil de înmulțit în mod convențional.

Înmulțirea prin divizarea plantei/tufei: este o metodă utilizată deregulă în înmulțirea în câmp, dar se poate aplica și în laborator în special pentru plantele care se înmulțesc rar sau greu de în mod natural. În acest caz, planta mamă este divizată în mai multe părți, iar părțile de plantă mai mici rezultate sunt așezate separat pe substrat nutritiv. Această metodă este eficientă pentru înmulțirea rapidă a plantelor.

3. MICROÎNMULȚIREA ȘI PĂSTRAREA SPECIILOR

3.1 Înmulțirea in vitro a speciilor de plante rare și pe cale de dispariție



Micropropagare5.jpg

Sursa : <https://kert.tv/novenyek-szaporitasa-gyokereztes/>

Metodele de înmulțire in vitro sunt deosebit de utile în propagarea speciilor de plante rare și pe cale de dispariție, la care accesul este limitat pentru a proteja habitatele naturale, sau a căror înmulțire prin metode tradiționale este dificilă sau ar periclita populația.

Metodele tradiționale de înmulțire necesită adesea cantități semnificative de material vegetal, ceea ce poate fi problematic pentru speciile pe cale de dispariție. Cu toate acestea, în cazul înmulțirii *in*

vitro, chiar și o singură plantă poate fi suficientă pentru înmulțire, astfel pe substrat nutritiv se poate obține o multiplicare rapidă și eficientă fără a periclita populația sau habitatul natural.

Cercetarea și dezvoltarea în continuare vor oferi oportunități de îmbunătățire și optimizare a tehnicilor de înmulțire *in vitro*, contribuind astfel la dezvoltarea durabilă și eficientă a economiei agricole.

Din perspectivă informatică, relația dintre micropropagare și conservarea speciilor poate fi abordată în felul următor:

3.2 Micropropagarea și conservarea diversității genetice a speciilor

Metodele tradiționale de reproducere sunt deseori insuficiente pentru conservarea speciilor de plante pe cale de dispariție din cauza lipsei de plante-mamă disponibile sau a timpului îndelungat de înmulțire. Micropropagarea permite producerea unui număr semnificativ de descendenți dintr-un număr mic de plante-mamă, sporind astfel diversitatea genetică și contribuind la conservarea speciilor.

În timpul micropropagării, explantele sunt cultivate în condiții sterile, minimizând riscul contaminării mediului și asigurând puritatea genetică a speciei. Prin urmare, micropropagarea poate fi o metodă ideală pentru conservarea speciilor pe cale de dispariție care nu pot fi cultivate decât în condiții speciale. Diversitatea fenotipică și adaptabilitatea în micropropagarea

- Baze de date genetice și bioinformatică: Monitorizarea și analiza diversității genetice a speciilor este esențială. Informatica permite crearea și întreținerea bazelor de date genetice care ajută la păstrarea și urmărirea diversității genetice.
- Tehnologii de secvențiere: Tehnologiile moderne de secvențiere ADN pot fi utilizate pentru a crea profiluri genetice detaliate care ajută la păstrarea diversității genetice și la optimizarea proceselor de micropropagare.

3.3 Variația fenotipică și adaptarea în micropropagare

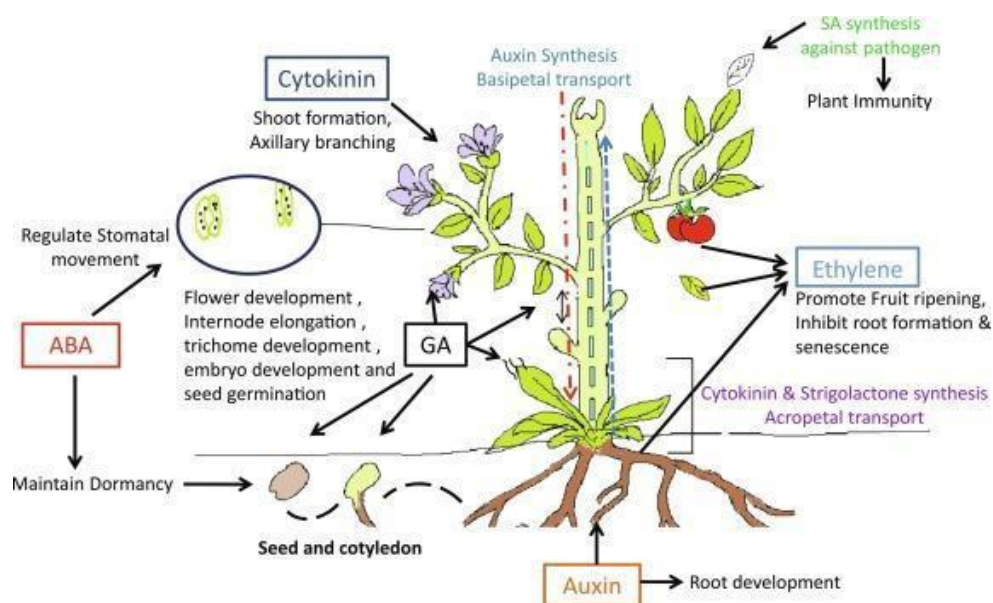
Prin selectarea și procesarea diferitelor explante, micropropagarea poate crea plante noi cu caracteristici diferite, cum ar fi frunze de diferite dimensiuni, forme sau culori.

Această variație fenotipică poate fi importantă pentru adaptabilitatea și supraviețuirea unei anumite specii sau varietate. Plantele cu fenotipuri diferite se pot adapta la diferite condiții de mediu și stres, astfel încât stocul de plante produs prin micropropagare poate fi mai rezistent la condițiile în schimbare.

Colectarea și analiza datelor: Colectarea și analiza datelor fenotipice ajută la înțelegerea efectelor diferiților factori de mediu asupra dezvoltării plantelor. Aceste informații pot fi importante în dezvoltarea și menținerea trăsăturilor adaptative.

Modelare predictivă: Cu ajutorul instrumentelor IT, putem crea modele predictive care prezic impactul diferitelor schimbări de mediu asupra fenotipului plantelor. Acest lucru poate ajuta la dezvoltarea strategiilor de propagare, astfel încât plantele să fie mai bine adaptate la condițiile în schimbare.

4. ÎMBUNĂȚĂȚIREA EFICIENȚEI ȘI PRECIZIEI MICROPROPAGĂRII



Micropropagare7.jpg

Sursa : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323907958000023>

Pentru a crește eficiența și acuratețea micropropagării, aspectele informatice de precizie pot fi aplicate după cum urmează:

4.1 Echilibrul și reglarea hormonală în procesul de multiplicare:

Echilibrul și reglarea hormonală reprezintă un factor-cheie în creșterea eficienței micropropagării. Hormonii vegetali, cum ar fi auxina și citochinina, joacă un rol important în reproducerea și creșterea plantelor. Ajustarea echilibrului hormonal optim permite creșterea și diferențierea eficientă a explantelor și promovează dezvoltarea de lăstari și rădăcini sănătoase pe plante.

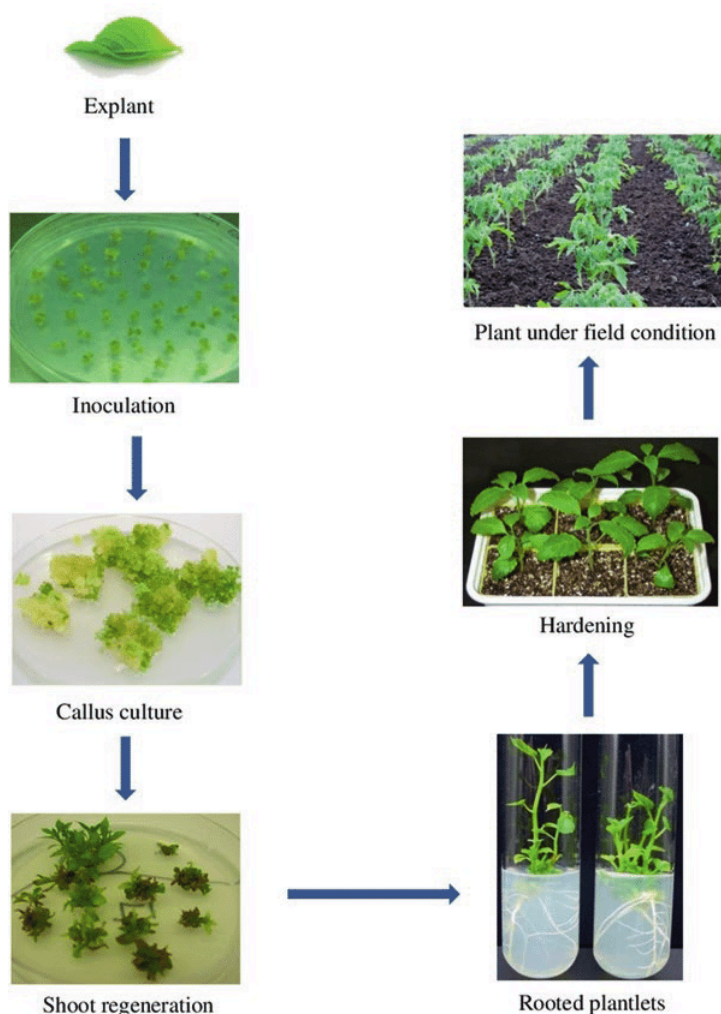
Reglarea hormonală necesită utilizarea unor concentrații și raporturi adecvate în condiții *in vitro* pentru a maximiza creșterea și reproducerea plantelor. Reglarea hormonală permite diferențierea țesuturilor și dezvoltarea organelor vegetale adecvate necesare pentru o reproducere reușită.

Colectarea datelor: tehnologiile de colectare a datelor pot fi utilizate pentru a obține informații detaliate privind răspunsurile hormonale ale plantelor în timpul procesului de reproducere.

Modelare: datele colectate vor fi utilizate pentru a construi modele care să ajute la înțelegerea rolului hormonilor în dezvoltarea plantelor.

Algoritmi de reglementare: dezvoltarea de algoritmi care să contribuie la menținerea unui echilibru hormonal optim pentru a susține dezvoltarea sănătoasă a țesuturilor vegetale.

4.2 Optimizarea nutrienților și a substraturilor pentru eficiență



Micropropagare6.png

Sursa :

<https://www.vedantu.com/question-answer/what-is-micropropagation-class-12-biology-cbse-5f9066d6d519b61dfd600b05>

Furnizarea plantelor cu nutrienții potriviți permite o creștere și o dezvoltare sănătoasă. Substratele de cultură îmbogățite cu nutrienții potriviți favorizează creșterea rapidă și eficientă a explantelor și formarea rădăcinilor și a lăstarilor.

pH-ul și compoziția substratului afectează, de asemenea, reproducerea și dezvoltarea plantelor. Un pH optim și un raport optim de nutrienți contribuie la reducerea la minimum a posibilității de contaminare și la îmbunătățirea ratei de supraviețuire a explantelor.

Managementul nutrienților: monitorizarea și controlul precis al compoziției nutrienților și a substratelor nutritive este importantă pentru o creștere optimă a țesuturilor vegetale.

Aplicarea inteligenței artificiale: sistemele bazate pe inteligența artificială pot fi utilizate pentru a optimiza compoziția substratului nutritiv, pH-ul, temperatura și alți factori de mediu.

4.3 Provocări și soluții pentru stabilitatea genetică și înmulțirea clonală:

În cazul înmulțirii clonale, explantele sunt identice din punct de vedere genetic cu plantele-mamă, ceea ce duce la o stabilitate genetică excelentă. Cu toate acestea, una dintre provocările reproducerii clonale este lipsa variabilității genetice, care, pe termen lung, poate duce la vulnerabilitatea populațiilor și la dificultăți de adaptare la noile condiții de mediu.

Pentru a îmbunătăți stabilitatea genetică și adaptabilitatea, trebui să se introducă diversitate genetică în materialul vegetal reprodus. Acest lucru se poate realiza prin introducerea de material vegetal nou în procesul de multiplicare, care poate fi obținut de la diferite plante-mamă. În plus, variabilitatea genetică poate fi generată în materialul vegetal înmulțit prin tehnici de mutație și controlul fazei de maturare.

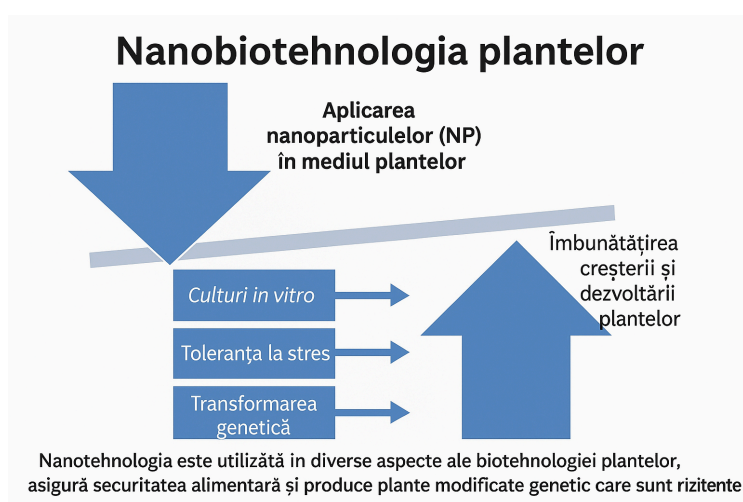
Analiza genetică: tehnologiile de secvențiere genetică pot fi utilizate pentru a monitoriza stabilitatea genetică a țesuturilor vegetale.

Baze de date și instrumente bioinformatic: stocarea și analizarea datelor genetice cu ajutorul instrumentelor bioinformatic poate ajuta la detectarea timpurie a semnelor de instabilitate genetică.

Modelarea predictivă: analiza interrelației dintre datele genetice și dezvoltarea plantelor poate ajuta la prezicerea și abordarea provocărilor din procesul de clonare.

În general, pentru a crește eficiența și acuratețea micropropagării, trebuie luate în considerare o serie de aspecte, inclusiv reglarea echilibrului hormonal, optimizarea substratului nutritiv și a nutrienților respectiv abordarea provocărilor legate de stabilitatea genetică și de reproducerea clonală. Cercetarea și dezvoltarea în continuare oferă potențialul de a îmbunătăți și mai mult tehnicile de înmulțire *in vitro* și de a promova practici durabile de producție a culturilor în economia agricolă.

5. NANOTEHNOLOGIE ȘI MICROPROPAGARE



Micropropagare8.jpg

Sursa : <https://www.eurekaselect.com/article/118920>

Utilizarea nanotehnologiei în micropropagare ar putea reprezenta un progres major, iar aspectele IT pot fi integrate în dezvoltarea acestui domeniu după cum urmează:

5.1 Aplicarea nanoparticulelor în micropropagare:

Datorită dimensiunilor lor mici și a suprafeței mari, nanoparticulele interacționează foarte eficient cu alte materiale, cum ar fi celulele vegetale. În cazul micropropagării, utilizarea nanoparticulelor permite creșterea și multiplicarea mai eficientă a explantelor vegetale. De exemplu, nanoparticulele sunt capabile să pătrundă în celulele plantelor și să livreze nutrienți, hormoni și alte substanțe necesare celulelor într-un mod țintit, ceea ce poate accelera procesele de creștere și îmbunătăți ratele de reproducere.

Colectarea și analiza datelor: tehnicile de colectare a datelor pot fi utilizate pentru a monitoriza efectele nanoparticulelor asupra celulelor vegetale. Aceste date ajută la înțelegerea interacțiunilor dintre nanoparticule și celule și a efectelor acestora.

Modelare: datele pot fi utilizate pentru a dezvolta modele care să ajute la predicția comportamentului nanoparticulelor în diferite condiții, permițând optimizarea procesului de propagare.

5.2 Beneficiile stocajelor și nutrienților nanometrici în cultura de celule vegetale:

Stocajele nanometrice în ciuda mărimi acestora oferă o suprafață mare pentru celule, ceea ce ajută la îmbunătățirea absorbției nutrienților și la optimizarea proceselor de creștere.

În plus, acestea pot, de asemenea, să direcționeze nutrienți de dimensiuni nanometrice către celule, îmbunătățind astfel creșterea și diferențierea celulară.

Dozare de precizie: nanotehnologia poate fi utilizată pentru a controla cu precizie livrarea de nutrienți și hormoni, îmbunătățind condițiile de creștere a celulelor vegetale.

Simulări și analitică: Instrumentele IT pot fi utilizate pentru a modela și analiza efectele stocajelor nanometrice și ale nutrienților, permițând dezvoltarea unor formulări și protocoale de tratament mai eficiente.

5.3 Impactul nanotehnologiei asupra eficienței reproductive și a fenotipului:

Integrarea nanotehnologiei în procesul de micropropagare poate aduce beneficii semnificative prin dozarea precisă, procese de propagare mai eficiente și fenotipuri îmbunătățite. Instrumentele informatice, cum ar fi analiza datelor, modelarea, simulările și analizele predictive, sunt esențiale pentru exploatarea acestor beneficii.

Nanotehnologia este un domeniu științific avansat care se ocupă cu manipularea materialelor și a structurilor la scară nanometrică. În ultimii ani, nanotehnologia a fost utilizată și în agricultură, în special în biotehnologia plantelor, găsindu-se astfel aplicații și în domeniul micropropagării. Beneficiile nanotehnologiei și soluțiile sale inovatoare pot duce la procese de micropropagare mai eficiente și mai durabile.

Cu toate acestea, este important de remarcat faptul că aplicarea nanotehnologiei este încă un domeniu relativ nou și insuficient cercetat și că sunt necesare cercetări suplimentare pentru a determina în ce măsură aceasta afectează procesul de micropropagare și fenotipul plantelor rezultate.

Extragerea datelor și învățarea automată: tehnicile de învățare automată și de extragere a datelor pot ajuta la extragerea informațiilor relevante din seturi mari de date, identificând astfel cele mai importante efecte ale nanotehnologiei asupra eficienței reproducerii și a fenotipului plantelor.

Analiză predictivă: predicția efectelor intervențiilor nanotehnologice poate contribui la ajustarea de finețe a strategiilor de reproducere și la obținerea fenotipurilor dorite.

6. SISTEME DE MICROPROPAGARE AUTOMATIZATE

Sistemele automatizate de micropropagare sunt soluții inovatoare care permit înmulțirea eficientă și precisă a plantelor în cantități mari, reducând la minimum nevoia de resurse umane și de timp. Sistemele automatizate reprezintă un progres semnificativ în domeniul micropropagării și oferă numeroase avantaje față de metodele tradiționale de înmulțire manuală.

Următoarele sisteme automate sunt cele mai frecvent utilizate în procesul de micropropagare:

6.1 Camere de vegetație (fitotroane)



Micropropagare9.jpg

Sursa : <https://www.darjeelinggardens.com/tissue-culture.html>

Camerele de lumină utilizate în procesul de micropropagare pot fi considerate ca o seră specială, cu toate tehnologiile despre care vom învăța în tema 6 din modulul 2.

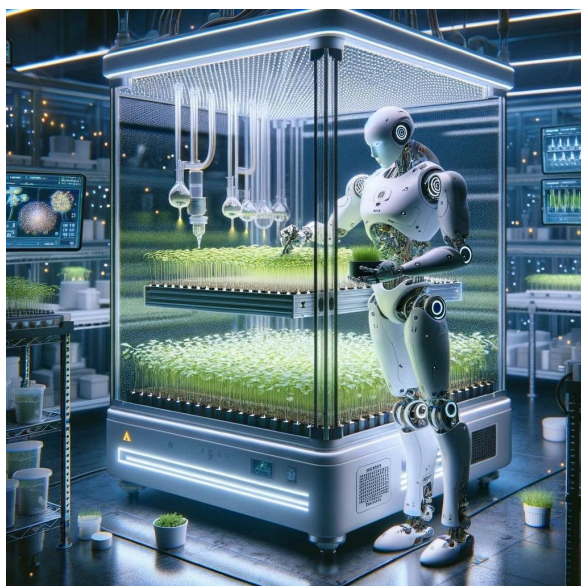
Iată câteva informații de bază despre camerele de vegetație utilizate în micropropagare:

- Funcție și scop: Scopul camerelor de vegetație este de a asigura condiții optime de creștere a culturilor. Acest lucru include intensitatea luminoasă corectă, compoziția luminii, temperatura, umiditatea și alți factori de mediu care promovează creșterea și dezvoltarea sănătoasă a plantelor.

- Control și supraveghere: în camerele de vegetație sunt prevăzute cu iluminat artificial prin sistemele automatizate care asigură controlul intensității, lungimii de undă și spectrului de lumină, care sunt esențiale pentru o creștere sănătoasă a plantelor.
- Surse de lumină: în camerele de vegetație se folosesc diferite tipuri de surse de lumină, cum ar fi lămpi fluorescente, lămpi cu LED sau lămpi speciale pentru creșterea plantelor. Aceste surse de lumină furnizează diferite lungimi de undă de lumină care afectează fotosinteza și creșterea celulelor vegetale.
- Controlul temperaturii: controlul temperaturii este, de asemenea, importantă în camerele de vegetație, deoarece creșterea și dezvoltarea plantelor depinde în mare măsură de temperatura mediului ambiant. Dispozitivele de control al temperaturii din încăperi permit cercetătorilor să seteze cu precizie și să mențină temperatura dorită.
- Umiditate și ventilație: Menținerea unei umidități adecvate și asigurarea unei ventilații corespunzătoare sunt, de asemenea, vitale pentru o creștere sănătoasă a culturilor. Sistemele de control al umidității și de ventilație din camerele de lumină ajută la optimizarea acestor factori.
- Reglabilitatea și control: la proiectarea camerelor de vegetație, se acordă o atenție deosebită pentru a se asigura că factorii de mediu, cum ar fi lumina, temperatura și umiditatea, pot fi reglați cu precizie și ușurință. Acest lucru permite lucrătorilor să verifice și să dirijeze cu strictețe mediul de creștere a culturilor. Senzorii pot fi utilizați pentru a măsura în mod continuu temperatura, umiditatea, nivelul de dioxid de carbon și intensitatea luminii, furnizând date în timp real despre mediul plantelor.

Camerele de vegetație sunt, prin urmare, esențiale în micropropagare pentru a asigura o creștere sănătoasă și controlată a plantelor. Aceste camere permit cercetătorilor să controleze cu precizie condițiile de mediu necesare pentru culturile de plante, facilitând astfel o înmulțire eficientă și de succes.

6.2 Combinarea sistemelor robotice și a micropropagării



Micropropagare10.jpg
Sursa: ChatGPT 4.0 DALL-E

În cazul micropropagării automatizate, utilizarea sistemelor robotizate permite manipularea rapidă și precisă a explantelor, plantarea și automatizarea întregului proces. Sistemele robotizate sunt capabile să lucreze cu viteză și precizie ridicată și pot procesa mai multe explante în același timp, permițând micropropagarea unui volum mai mare.

Soluțiile de precizie și consistență ale sistemelor robotizate contribuie în mare măsură la fiabilitatea și succesul procesului de reproducere. Sistemele robotizate sunt capabile să planteze explantele la o distanță și la o adâncime constantă în mediul de cultură, reducând la minimum riscul de deteriorare și contaminare.

6.3 Rolul inteligenței artificiale în micropropagarea automată

Inteligența artificială (AI) este introdusă din ce în ce mai mult în sistemele automate de micropropagare, îmbunătățind și mai mult eficiența și acuratețea. IA permite sistemelor să învețe și să se adapteze în mod autonom la diferite condiții și circumstanțe în schimbare.

Algoritmii de inteligență artificială sunt capabili să detecteze și să reacționeze în mod corespunzător la starea plantelor și să intervină la timp în cazul în care apar probleme sau anomalii în timpul procesului de reproducere. Această abordare proactivă crește ratele de succes și minimizează riscurile.

Algoritmi de optimizare: Inteligență artificială și algoritmii de învățare automată pot ajuta la determinarea condițiilor optime de creștere și la ajustarea automată a parametrilor camerei de vegetație.

Întreținerea predictivă: Analizele efectuate prin inteligența artificială pot ajuta la prezicerea necesităților de întreținere a sistemului camerei de vegetație, reducând timpii de nefuncționare și crescând eficiența sistemului.

6.4 Opțiuni de scalabilitate și de propagare în masă

Sistemele de micropropagare automatizate sunt excelente pentru scalabilitate și propagare în masă. Deoarece sistemele robotizate sunt mai rapide și mai eficiente, procesează plantele mai eficient, permit realizarea unor plantații de dimensiuni mai mari și propagarea în masă.

Având în vedere potențialul de scalabilitate și de propagare în masă, sistemele automatizate pot contribui la creșterea producției agricole și la producerea unui număr mare de plante necesare pentru menținerea soiurilor. Astfel, sistemele automatizate de micropropagare pot contribui la o producție agricolă durabilă și eficientă.

În general, sistemele automate de micropropagare revoluționează biotehnologia plantelor și agricultura, permițând o înmulțire mai rapidă, mai eficientă și mai fiabilă a plantelor. Combinarea sistemelor automatizate cu robotica și inteligența artificială va permite o creștere semnificativă a eficienței și productivității producției vegetale, contribuind la o producție agricolă durabilă și de înaltă calitate.

7. LITERATURĂ

George EF, Hall MA, Klerk G-JD. 2007. Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background. Springer Science & Business Media

- <https://tropicalhome.hu/blogs/news/tc-101-a-mikroszaporitas-alapjai>
- <https://docplayer.hu/93231435-Disznovenyek-mikroszaporitasa-dr-mosonyi-istvan-daniel.html>
- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=3jtDgraUS40>
- <https://kert.tv/novenyek-szaporitasa-gyokereztetes/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323907958000023>
- <https://www.vedantu.com/question-answer/what-is-micropropagation-class-12-biology-cbse-5f9066d6d519b61dfd600b05>
- <https://www.eurekaselect.com/article/118920>
- <https://www.darjeelinggardens.com/tissue-culture.html>

4. CULTIVAREA ÎN SERE

Autori

- Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

1. CULTIVAREA ÎN SERE, CULTURI LEGUMICOLE FORȚATE

Cultivarea în sere a legumelor, sau, în termeni tehnici, cultura forțată a legumelor la scară industrială, a început în Ungaria în anii 1950. Inițial, aceasta a însemnat exclusiv cultivarea în sol, care a fost înlocuită treptat cu cultivarea fără sol (hidroponica) în instalații de înaltă tehnologie începând cu anii 1990. Din punct de vedere tehnologic, considerăm că un sistem în creștere este cu atât mai modern cu cât putem controla mai mulți factori de mediu, obținând în același timp randamente tot mai mari și o calitate tot mai bună. Aceste obiective de cultivare se pot atinge îndeosebi în cultura forțată a legumelor, în sere cu volum mare de aer, cu climă controlată, cu fitoprotecție realizată prin metode biologice și cu cultivare fără sol (1). Se estimează că mai puțin de 0,3 % din suprafața agricolă totală a lumii este acoperită de un anumit tip de spațiu protejat de cultivare.

Nu numai în producția de legume, ci în aproape toate sectoarele horticole, cererea de forță de muncă manuală este mare, ceea ce reprezintă în prezent o provocare aproape insurmontabilă pentru horticultorii practicanți. O soluție la această problemă este dezvoltarea roboților pentru lucrări agrotehnice și fitotehnice în domeniul agriculturii de precizie.

Spațiile protejate de producție vegetală pot fi împărțite în 3 mari categorii.

1.1 Grad tehnologic redus (construcții cu spațiu aerian redus)

Acestea sunt mai puțin automatizate și foarte dependente de mediul înconjurător, folosind de obicei un singur strat de folie, cu ventilație pasivă (ventilație superioară și laterală), fără încălzire și cultivate aproape exclusiv pe sol. Pentru acest tip de structură, este foarte important să se cunoască diferențele dintre temperaturile de zi și de noapte, din cauza lipsei de încălzire și a ventilației ineficiente. Acestea nu asigură microclimatul necesar pentru cultivarea pe tot parcursul anului a culturilor care necesită căldură și, prin urmare, pot fi utilizate pentru acoperirea temporară (solarii de tip tunel) sau pentru cultivarea în perioadele fără îngheț. Construcțiile încadrate în această categorie sunt: solarii de tip tunel, răsadnițe acoperite cu folie, solar de tip Soroksár '70 fără ventilație laterală, solar mobil (**figura 1**).

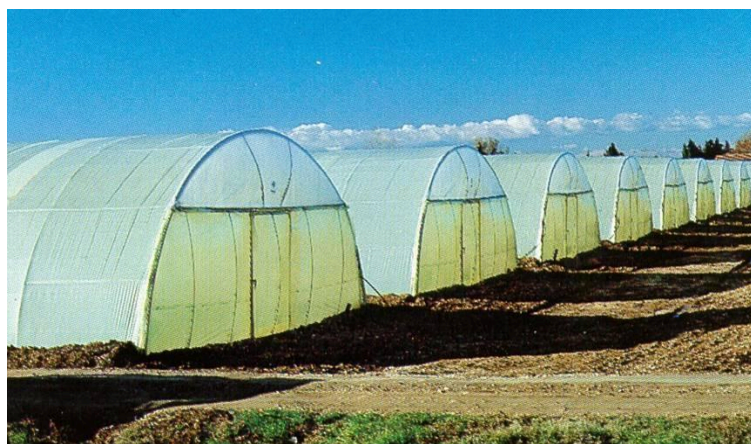


Fig. 1 Solarii de diferite tipuri

1.2 Grad tehnologic mediu (construcții încălzite și neîncălzite)

De obicei, sunt construcții acoperite cu folie, care sunt deja echipate cu control al climatului interior (încălzire de urgență, încălzire, ventilație laterală și/sau pe acoperiș), cu irigare programabilă și se poate cultiva atât pe sol cât și fără sol (hidroponie). Productivitatea și calitatea sunt, în general, mai mari decât tehnologia anterioară, iar controlul temperaturii este, de obicei, foarte simplu. Aceasta nu poate compensa încă temperaturile externe extreme și, prin urmare, nu este potrivită pentru o producție continuă pe tot parcursul anului. Aerisirea laterală se poate realiza și ulterior astfel încât se poate asigura modernizarea solarului cu grad tehnologic redus.

1.3 Grad tehnologic ridicat (construcții încălzite cu volum mare de aer)

De obicei spații protejate (solarii sau sere) cu volum mare de aer (înălțimea interioară medie > 3 m), acoperite cu un singur strat de sticlă (4-6 mm grosime), cu folie în mai multe straturi (0,04-0,3 mm grosime) sau cu plăci de polycarbonat. Pentru a optimiza utilizarea spațiului sunt dotate cu mese rulante mai ales în cazul producției de plante ornamentale sau a producerii materialului de înmulțire. Aceste mese speciale sunt, de obicei, echipate cu un sistem de irigare cu maree (a se vedea punctul 4.5).



Mese rulante și cultura de Phalaenopsis în ghivece cu sistem de irigare cu maree

Construcții specifice dotate cu control complet automatizat al climei (independente în mare parte de condițiile meteorologice exterioare), cu fertilizare cu CO₂ și aproape exclusiv cu microirigare controlată de calculator. În acest scop, acestea dispun de sisteme de irigare și de ventilație controlate prin senzori, plase de umbră pentru controlul luminii (și al climei), de obicei cultivare fără sol (cu excepția cultivării în sistem ecologic). Spațiul protejat reacționează instantaneu la schimbările din mediul extern prin intermediul unor senzori climatici externi. Cu ajutorul acestor sisteme, cultivatorul poate optimiza creșterea plantelor, maximizând randamentul și calitatea culturilor.



Sere cu volum mare de aer acoperite cu sticlă sau material plastic

1.4 Fermă verticală

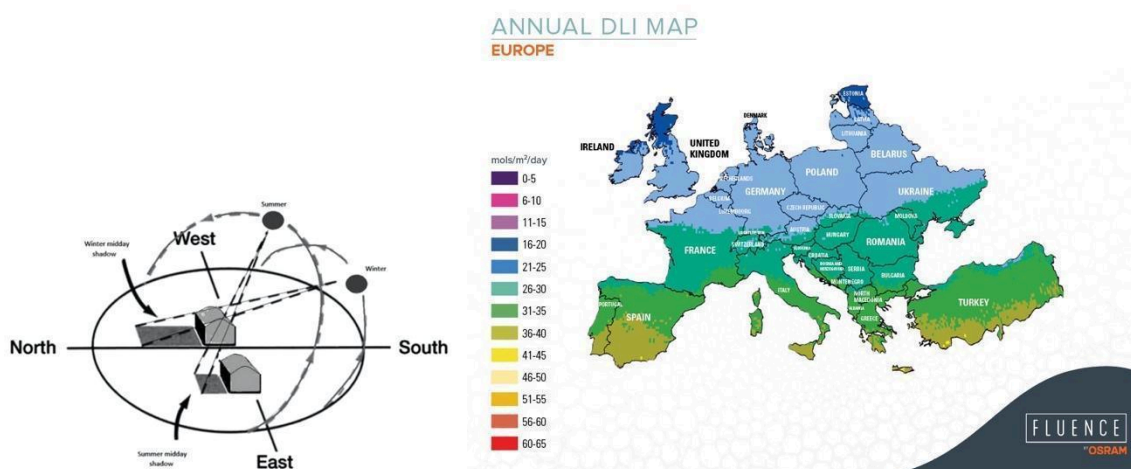
Una dintre metodele de cultivare în spațiile protejate de mare importanță și cu cea mai rapidă dezvoltare respectiv cele mai intense teme cercetate astăzi este tema plantelor legumicole produse în unități de cultură complet închise și automatizate, așa-numitele ferme verticale (Vertical Farm, Plant Factory). Acest lucru nu ar fi fost posibil fără dezvoltarea iluminatului cu LED-uri, a căror eficiență energetică permite aplicarea economică a acestuia în producția și obținerea de alimente în locuri unde nu era posibil până acum din cauza lipsei de lumină (zone nefertile, zone polare, vehicule spațiale).



Ferme verticale de la AeroFarms (New York, SUA) și VegetaFarm (Haneda, Japonia)

2. BAZELE CONTROLULUI CLIMATIC ÎN SPAȚIILE PROTEJATE

Controlul climatic al unui spațiu protejat de producție vegetală poate fi proiectat în funcție de locația geografică (latitudine) și de microclimatul de implementare. Prima determină unghiul maxim/minim de incidență a razelor solare și, prin aceasta, lungimea maximă și minimă a zilei (solstițiul de vară/iarnă) și energia zilnică teoretică așteptată a radiației solare (Daily Light Integral, DLI).



Unghiul de incidență al soarelui la solstițiile de vară și de iarnă și harta DLI a Europei

Acesta din urmă este, de asemenea, puternic influențat de microclimatul zonei, care, pe lângă încadrarea climatică de bază, este influențat de topografia locală și de alte caracteristici de suprafață. Spațiile protejate de cultivare din zona temperată sunt amplasate astfel încât rândurile de plante să fie orientate în general în direcția est-vest.

Spațiile protejate de înaltă tehnologie, care, prin urmare, pot fi construite la cel mai mare cost, trebuie să fie, de asemenea, echipate cu senzori meteorologici externi pentru a proteja cultura și echipamentul împotriva evenimentelor climatice extreme (vânt, precipitații).

Controlul climatic, care depinde în mare măsură de nivelul tehnologic al construcției, se bazează pe datele măsurate și transmise de senzori, care sunt de obicei utilizate de un software de control pentru a dezvolta condițiile climatice și edafice optime pentru tehnologia specifică a culturii legumicole. (Pentru mai multe informații, consultați capitolul 2).

3. CONTROLUL SPAȚIILOR PROTEJATE ÎN PRACTICĂ: OPERATORUL PRIVA

Pentru a crea condiții optime de creștere, este esențial ca toate sistemele să funcționeze împreună fără probleme, coordonate de un controler inteligent. Acest centru de operațiuni reprezintă baza sistemului de control, la care sunt conectate mai multe sisteme. Cu cât controlerul este mai inteligent, cu atât procesele ating mai bine un echilibru optim.

Temperatura, umiditatea, concentrația de CO₂, furnizarea de nutrienți și alimentarea cu apă sunt optimizate în funcție de cantitatea de lumină iradiată, adaptată la nevoile culturii. Sistemul de control monitorizează în permanență condițiile de creștere din spațiul protejat, cum ar fi ventilația, încălzirea, umbrirea, nivelul de CO₂, ventilatoarele, umiditatea, iluminatul, centralele de căldură, irigarea, reutilizarea soluției nutritive și a apei de drenaj, 24 de ore pe zi, utilizând datele furnizate de senzori. Toate sistemele de control disponibile în comerț dispun de opțiunile de control necesare, precum și de o interfață grafică care poate fi accesată prin intermediul unui client mobil.



Interfețe grafice operaționale ale sistemul de control Priva Operator

4. CONTROLUL SPAȚIILOR PROTEJATE ÎN PRACTICĂ: SISTEMELE GREMON

Toate sistemele majore de control al serelor disponibile în Ungaria au un sistem de control al climei controlat prin senzori și module pentru alimentarea optimă a plantelor cu apă și nutrienți.

Spre deosebire de cea precedentă, Trutina este o soluție dezvoltată în Ungaria a Gremon Systems, care poate fi utilizată chiar și în cazul cultivării pe sol. Pe lângă serviciile de bază, aceasta oferă și

monitorizarea în timp real a biomasei plantelor (cu o precizie de 1 gram), pe baza utilizării unor cântare de plante special dezvoltate. Cântarele pot fi montate ulterior în cultură, iar numărul de senzori poate fi extins. Acesta monitorizează în permanență evoluția biomasei și avertizează automat atunci când greutatea tăvii scade. Prin monitorizarea continuă a apei de irigare/soluției nutritive, optimizează strategiile de irigare pentru a economisi apă și îngrășămintele. Datorită software-ului client, puteți monitoriza procesul și de pe smartphone-ul dumneavoastră. Sistemul său de alertă trimite automat un mesaj atunci când parametrii de radiație, temperatura, valoarea EC al soluției nutritive, apa de drenaj, greutatea tăvii, mediul radicular ating valori nedorite.



Interfața grafică operațională a sistemului de control Trutina și senzori pentru măsurarea plantelor

Sistemul Power Grow de la Tungsram Agritech poate fi utilizat exclusiv pentru a controla ferma verticală proprie a companiei, care este unică prin faptul că este un sistem cu circuit complet închis. Aceasta se bazează pe o iluminare complet artificială, folosind lămpi cu LED brevetate pentru a seta rețete de iluminare specifice. Lămpile emit lumină nu numai în spectrul fotosintetic activ (PAR), ci și în gama ultravioletă, care poate fi utilizată pentru a produce efecte similare cu cele din aer liber, în condiții de iluminare naturală. Întregul potențial al variației proporțiilor dintre diferitele lungimi de undă nu a fost încă investigat științific, astfel încât nu este surprinzător faptul că mai multe universități și institute de cercetare folosesc sistemele lor pentru a studia efectele luminii asupra plantelor.

5. SISTEME DE CULTURĂ A PLANTELOR FĂRĂ SOL

Cultivarea unei specii de plante pe un anumit teren timp de mai mulți ani se numește monocultură. Monocultura culturilor legumicole duce la scăderea constantă a producțiilor medii obținute an de an, chiar și în cazul rotației soiurilor. Principalul motiv este reprezentat de efectele vătămătoare ale dăunătorilor, agenților fitopatogeni și buruienilor care se acumulează în sol, care sunt evitate prin sistemele de cultivare fără sol (soilless) din sere (9). Astfel de sisteme trebuie să înlocuiască funcțiile abiotice ale solului pentru a se asigura că rădăcinile plantelor primesc apă, oxigen și substanțe nutritive adecvate (macro-, mezo- și microelemente). În sistemele de producție anterioare, exista un conflict între satisfacerea acestor nevoi, excesul sau deficitul unuia dintre ele provocând un dezechilibru al celuilalt sau al ambelor.

În cultura fără sol, nutrienții necesari pentru creșterea plantelor sunt aplicați sub formă de soluție nutritivă, care este analogă cu capacitatea de aprovizionare cu nutrienți a solului, deoarece

nutrienții minerali sunt prezenți în faza apoasă a solului sub formă de ioni dizolvați. Deoarece mediul de susținere solid (substratul) al rădăcinilor plantelor conține, de obicei, cantități mici sau minime de nutrienți, soluția nutritivă este obligatorie pentru dezvoltarea plantelor.

Au fost dezvoltate o serie de sisteme de cultivare fără sol, dintre care cele mai importante sunt:

- Irigare prin picurare (Drip irrigation)
- Tehnica filmului nutritiv (Nutrient film technique, NFT)
- Tehnica fluxului profund (Deep flow technique, DFT)
- Cultura în ceață nutritivă (Aeroponică)
- Sistemul de maree (flux și reflux)

Sistemele care aplică soluția nutritivă direct la rădăcinile plantelor se numesc sisteme hidroponice, în timp ce sistemele care aplică soluția nutritivă la mediul radicular se numesc sisteme agregatponice (10).

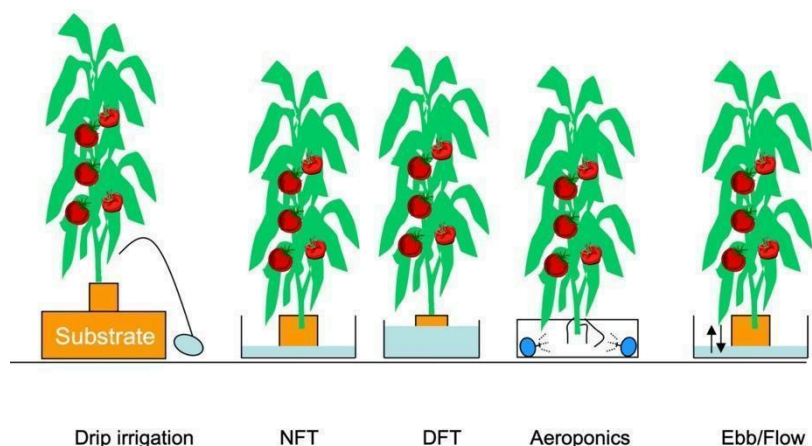
Așa-numitele sisteme de agregatponice care utilizează un substrat nu sunt cu adevărat potrivite pentru cultivarea culturilor cu desime mare (de exemplu legume pentru frunze), astfel încât acestea sunt utilizate mai mult pentru cultivarea legumelor cultivate pentru producția lor (roșii, ardei, castraveți). Pentru cultivarea legumelor pentru frunze fără sol, se folosesc în principal sistemele hidroponice NFT și DFT, dar se utilizează și aeroponia. În sistemele de cultivare complet închise care utilizează doar iluminat artificial, cum este cazul fermelor verticale, se folosesc în general sisteme hidroponice (11).

Sistemul Nutrient Film Technique (NFT) se bazează pe un canal cu o înclinație de 1-2%, cu un strat subțire de peliculă nutritivă care curge continuu în partea inferioară. Acesta este locul în care rădăcinile plantelor absorb apa și nutrienții de care au nevoie. Avantajul acestui sistem este că este prezentă o cantitate mult mai mică de soluție nutritivă, ceea ce reprezintă un avantaj în cazul sistemelor de cultivare verticale, din cauza greutateii mai mici. Alimentarea cu oxigen a rădăcinilor este, de asemenea, mai favorabilă, ceea ce crește viteza de curgere prin creșterea unghiului de înclinare, îmbunătățind astfel nivelul de oxigen din soluția nutritivă (12). Dezavantajul este că temperatura cantității mai mici de soluție nutritivă este mai variabilă, dar acest lucru nu reprezintă o problemă în sistemele de creștere cu un control strict al temperaturii aerului (13).

Deep Flow Technique (DFT) a fost, din punct de vedere istoric, a fost primul sistem de cultivare hidroponică fără sol. Creată în anii 1920, cultura în bazin se baza pe un strat de 15 cm de soluție nutritivă în bazine de beton. Plantele erau plantate într-un așa-numit pat de semințe pe o plasă metalică, care servea și ca barieră de lumină pentru soluția nutritivă. Dezavantajul era că nu era aerisit, dar a devenit punctul de plecare pentru multe soluții care folosesc un strat mai puțin adânc de soluție nutritivă.

Aeroponia este o metodă de cultivare fără sol, care necesită costuri de investiții și de exploatare ridicate și o pregătire tehnică foarte precisă. A fost dezvoltată în anii 1970 și este potrivită și pentru cultivarea la scară industrială. Principiul de bază constă în faptul că rădăcinile plantelor sunt suspendate într-un spațiu complet închis, unde soluția nutritivă este injectată prin pulverizare foarte fină, în doze de câteva secunde la fiecare 2-3 minute. Din ceața de nutrienți care se formează în jurul rădăcinilor, rădăcinile, suspendate în aer, sunt capabile să preia nutrienții în mod continuu, cu un aport excelent de oxigen. Dezavantajul este că și o scurtă pană de curent este suficientă pentru a usca rădăcinile și a compromite cultura (14).

În sistemele de flux și reflux, zona de creștere este inundată cu soluție nutritivă pentru o perioadă de timp pentru a permite plantelor și mediului de creștere să absoarbă suficientă soluție nutritivă, iar apoi soluția nutritivă rămasă este drenată. Este, de asemenea, utilizat de horticultori în principal pentru producerea de răsaduri, plante aromatice și plante ornamentale în ghiveci pe mesele de cultură.



Principalele sisteme fără sol utilizate în sere

6. CULTIVAREA FĂRĂ SOL, ALIMENTAREA CU APĂ ȘI NUTRIENȚI (SISTEM ÎNCHIS)

În cultivarea fără sol, sistemele închise pot fi, de asemenea, utilizate pentru a minimiza poluarea mediului prin scurgerea soluției nutritive (drenaj) (15). Pe lângă economiile semnificative de apă de irigare și nutrienți, randamentele ridicate și eficiența îmbunătățită a utilizării apei permit o cultivare mai rentabilă în general (16). Cu toate acestea, acumularea de ioni care sunt rareori absorbiți de plante poate provoca scurgerea parțială pentru a controla salinitatea în zonele radiculare, reducând astfel eficacitatea sistemelor cu ciclu închis pentru a preveni contaminarea apelor subterane. Sistemele inteligente de automatizare bazate pe modele de bilanț al echilibrului maselor pot fi utilizate pentru a reduce la minimum nevoia de evacuare a efluenților reciclați, reducând astfel contaminarea apelor subterane (17).

Cel mai mare factor de risc în cultivarea fără sol este, fără îndoială, dezinfectarea apei de drenaj, fără de care chiar și o singură plantă bolnavă poate infecta întreaga cultură. Costul dezinfecției este cel mai costisitor în sistemele închise. Există mai multe metode diferite de dezinfectare, inclusiv pasteurizarea, iradierea cu raze UV, tratamentul chimic, filtrarea pe nisip și filtrarea sterilizantă efectuată cu echipament de osmoză inversă (13).

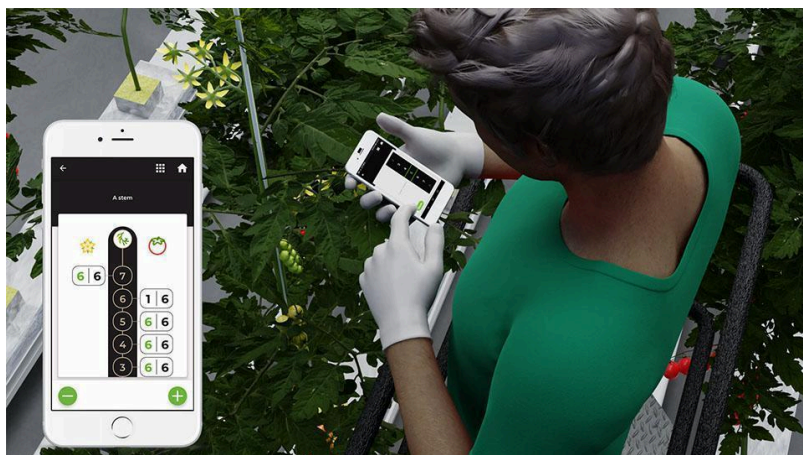
Senzori de detectare a apei

Nivelurile adecvate ale CE și pH-ului sunt factori cheie pentru o creștere sănătoasă a culturii. Calculatorul de control Priva și sistemul dual senzori EC și pH pot monitoriza și controla automat nivelurile EC și pH. Prin includerea unui senzor de debit de apă, se pot determina nivelurile corecte de EC și pH - un calcul prealabil pe care numai sistemul Priva îl poate oferi. Calculatorul de control corectează apoi abaterile de la valorile dorite pe baza citirilor de la senzorii duali de EC și pH. Iar senzorii de presiune facilitează gestionarea optimă a apei în rezervor și în rezervoarele de stocare a soluției nutritive.

The diagram illustrates a hydroponic system. At the top, a box labeled 'Apa de irigații' (Irrigation water) is connected to a series of ten vertical cylinders, each with a valve below it. These cylinders are connected to a 'Rezervoar soluții nutritive' (Nutrient solution reservoir). A dashed box labeled 'EC, pH, senzore volum k' (EC, pH, volume sensors) is connected to the reservoir. The reservoir is also connected to a 'Mediu radicular' (Root medium) section. Below this, there is a 'Rezervor de golire' (Drainage reservoir) and a 'gol de scurgere' (Drainage hole). The system is controlled by a 'Control computerist' (Computer control) unit, which is connected to a 'Cornpa sitem' (System pump) and a 'pyranometer'. The 'pyranometer' is connected to the 'irigare prin picurare' (Drip irrigation) section. The 'irigare prin picurare' section is connected to the 'gol de scurgere' and the 'Rezervor de golire'.

7. FITOMONITORINGUL

94 | Tehnologii inteligente în sere



Interfața grafică a sistemului de monitorizare a sistemului Gremon Systems Fitomonitoring

8. LUCRĂRI FITOTEHNICE ȘI RECOLTARE

Nu numai în producția de legume, ci și în aproape toate sectoarele horticole, cererea de forță de muncă manuală este mare, ceea ce reprezintă în prezent o provocare aproape insurmontabilă pentru horticultorii practicanți.

Fitotehnologia, adică intervenția directă asupra plantelor, poate include, în cazul speciilor de legume cu creștere continuă: fixarea plantelor (clipsarea), poziționarea lăstarilor, îndepărtarea lăstarilor axilari, a frunzelor, a florilor și a tulpinilor fructifere. O serie de producători oferă instrumente pentru aceste operațiuni. Pentru îndepărtarea frunzelor inferioare ale tomatelor au fost dezvoltati roboți autopropulsați, care pot lucra eficient și pe timp de noapte.



Robotul Priva Deleafing (tăiere de frunze)

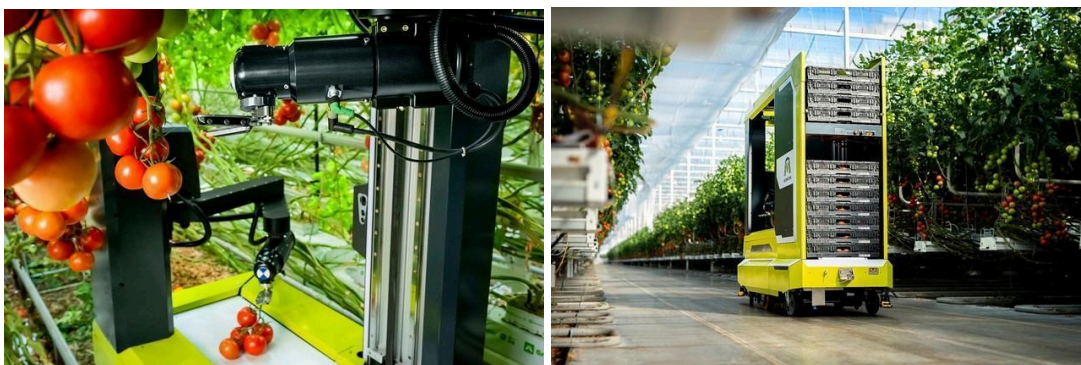
În cazul culturilor legumicole cu creștere continuă, cel mai important instrument pentru implementarea lucrărilor fitotehnice este căruciorul tehnologic, care este utilizat pentru a se deplasa între rânduri. Acesta este o structură reglabilă în înălțime, acționată de un motor electric alimentat de o baterie. Pe aceasta operatorii pot controla deplasarea acestuia și pot modifica înălțimea suportului pe care își pot desfășura activitatea în picioare.



Cărucior de recoltat electric autopropulsat cu poziție verticală reglabilă

Deși nu se încadrează în categoria lucrărilor fitotehnice, recoltarea nu se poate face fără a atinge plantele, ceea ce reprezintă una dintre cele mai mari munci, în special în cazul culturilor de legume cu creștere continuă. Pentru speciile de legume (legume pentru frunze, legume rădăcinoase, vărzoase, sparanghel) care pot fi recoltate într-o singură trecere, de obicei pentru partea lor vegetativă, sunt deja disponibile o serie de soluții automate, chiar și fără operator.

Recoltarea, în cazul culturilor cultivate pentru partea lor generativă, se efectuează de mai multe ori, chiar de mai multe ori pe săptămână și, prin urmare, trebuie să se aibă grijă să se reducă la minimum daunele aduse culturii. Exemple de astfel de specii de legume sunt tomatele, ardeii și castraveții, unde recoltarea manuală poate reprezenta până la 30% din costul total de producție, de exemplu, în cazul culturilor forțate de tomate cu perioadă lungă, în sere cu înălțime mare, perioada de recoltare este, de obicei, de la începutul lunii martie până la sfârșitul lunii decembrie, timp de aproximativ 10 luni. O soluție la această problemă o reprezintă dezvoltarea roboților dotate cu inteligență artificială (Metomotion, robotul de recoltare a tomatelor Panasonic) care pot fi aplicați la operațiunile de recoltare.



Robotul cu autopropulsie pentru recoltarea tomatelor de la MetoMotion

9. ADMINISTRAREA LUCRĂRILOR FITOTEHNICE (GREMON SYSTEMS INSIGHT MANAGER)

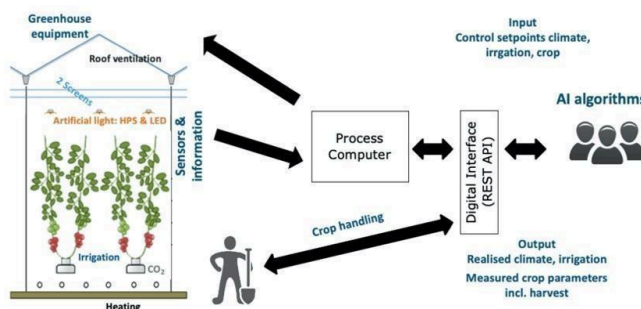
Cu toate acestea, lucrările fitotehnice și de recoltare, extrem de costisitoare și care necesită multă forță de muncă, trebuie să fie monitorizate cu precizie, pentru fiecare lucrător în parte, astfel încât să se poată pune în aplicare remunerarea în funcție de performanță. Software-ul Insight Manager de la Gremon Systems, care identifică lucrătorii cu un card magnetic unic, este o soluție dezvoltată în acest scop. Cititoarele de carduri din incinta fabricii urmăresc performanța individuală, care poate fi apoi transmisă la departamentul economic de salarizare.



Cititorul de carduri și interfață grafică operațională a sistemului de administrare Insight Manager de la Gremon Systems

10. SERĂ AUTONOMĂ (CU FUNCȚIONARE AUTONOMĂ)

Inteligența artificială (artificial intelligence, AI) a făcut progrese semnificative în multe domenii, dar încă nu și în horticultură. Crearea Serei Autonome își propune să combine știința horticolă și inteligența artificială pentru a realiza progrese în producția de alimente proaspete cu o utilizare mai eficientă a resurselor. O echipă de oameni de știință, tehnicieni și studenți cu diferite competențe în horticultură și inteligență artificială vor dezvolta soluții pentru a cultiva legume sub control de la distanță (prin senzori). Echipamentul de cultivare trebuie, bineînțeles, să poată fi controlat de calculator, în ceea ce privește încălzirea, ventilația, umbrirea, iluminarea, umidificarea, alimentarea cu CO₂, alimentarea cu apă și nutrienți. De asemenea, controlul serei poate fi operat de la distanță de către un computer industrial, dacă diferiții senzori colectează în permanență date prin intermediul unei interfețe digitale. Prin compararea rezultatelor obținute în serele controlate de IA cu cele dintr-o seră de referință operată manual, se poate concluziona că, în ceea ce privește rezultatele detaliate în ceea ce privește randamentul, utilizarea resurselor și profitul net obținut, IA a avut, în general, performanțe bune în controlul serelor și a fost capabilă să depășească tehnologia convențională (18).



11. FERMĂ VERTICALĂ (PLANT FACTORY)

Pentru a rezolva tripla problemă a hranei, a resurselor și a mediului, trebuie dezvoltate metodologii transdisciplinare bazate pe noi concepte pentru a îmbunătăți semnificativ randamentul și calitatea culturilor alimentare cu o utilizare mai redusă a resurselor și o degradare mai redusă a mediului decât sistemele actuale de producție vegetală (31). Se preconizează că fermele verticale cu lumină artificială (Plant Factory with Artificial Light, PFAL) vor fi unul dintre aceste sisteme de producție de culturi pentru a îndeplini această misiune (32). În țările europene, termenul "fermă verticală" este cel preferat, în timp ce în Asia este acceptat termenul "fabrică de plante" atunci când se face referire la sistemele de producție intensivă de plante cu rafturi stivuite vertical sau înclinate vertical (Den Besten, 2019). Popularitatea termenului "Fermă verticală" (VF) este legată de faptul că consumatorii europeni preferă termenul "fermă" în locul celui de "fabrică" pentru produsele proaspete.

Avantajele VF includ o mai bună eficiență a utilizării resurselor (resource use efficiency, RUE), o productivitate ridicată și producția de culturi de mai bună calitate fără utilizarea pesticidelor (33). Utilizarea surselor de lumină LED în horticultură este o soluție mai ecologică și mai viabilă din punct de vedere economic decât iluminatul HPS (Paucek et al, 2020).

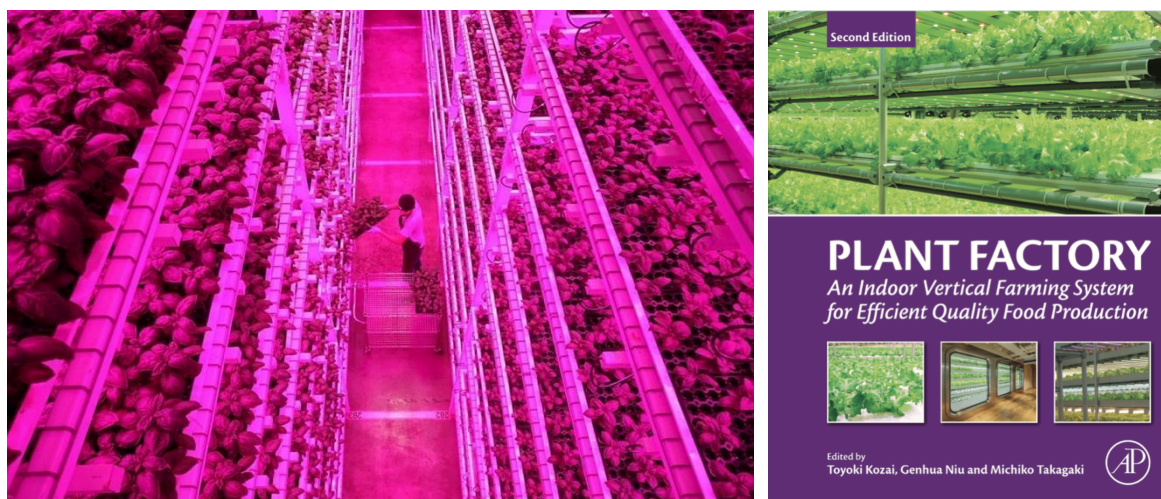
Interesul pentru alimentele proaspete și funcționale este în creștere, determinat de cererea tot mai mare a consumatorilor pentru diete care să susțină sănătatea și longevitatea. Microverdețurile au un potențial enorm pentru microadaptarea producției de legume pentru frunze și pentru îmbunătățirea calității dietelor umane (34).

Atunci când este concepută și utilizată în mod corespunzător, VF are următoarele avantaje potențiale față de agricultura convențională:

- a. Poate fi construită oriunde, deoarece nu are nevoie nici de lumina soarelui, nici de sol;
- b. Condițiile de cultivare nu sunt afectate de climatul extern și de fertilitatea solului;
- c. Producția este continuă pe tot parcursul anului și productivitatea o depășește pe cea a tehnologiilor de câmp deschis;
- d. Calitatea producției, de exemplu concentrația de fitonutrienți, poate fi îmbunătățită prin manipularea parametrilor de mediu.
- a Calitatea luminii poate fi mai bună decât în aer liber;
- e. Produsul nu conține pesticide și nu trebuie spălat înainte de consumație;
- f. Produsul are un termen de valabilitate mai lung, deoarece încărcătura bacteriană este de obicei mai mică de 300 de unități formatoare de colonii (UFC)/1, ceea ce reprezintă 1/100-1/1000 de unități din producția culturilor de câmp;
- g. Costurile de transport pot fi reduse prin amplasarea VF-urilor în apropierea zonelor urbane;
- h. Eficiența ridicată a utilizării resurselor (apă, CO₂, îngrășăminte etc.) se realizează prin reducerea la minimum a emisiilor de poluanți în mediul extern.

Chiar și în cazul cultivării fără sol în fermele verticale nutrienții esențiali pentru creșterea plantelor sunt furnizați sub formă de soluție nutritivă, deoarece mediile utilizate pentru susținerea plantelor nu conțin nutrienți sau conțin cantități minime de nutrienți. Potrivit cercetătorilor, cerințele de generale față de soluțiile nutritive utilizate în sistemele VF pot fi rezumate după cum urmează (35):

- Acesta conține toți nutrienții esențiali (cu excepția carbonului) sub formă ionică, inclusiv așa-numiții macronutrienți (oxigen, hidrogen, azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, sulf) și micronutrienți (fier, bor, mangan, cupru, zinc, molibden, clor, nichel, cobalt),
- Concentrația de ioni trebuie să fie la un nivel optim și uniform pentru creșterea plantelor,
- Acesta nu trebuie să conțină substanțe dăunătoare plantelor sau microorganisme patogene,
- pH-ul trebuie să fie uniform între 5,5 și 6,5,
- Să conțină suficient oxigen dizolvat pentru activitatea respiratorie a rădăcinilor.



Producția de plante a fermei Greensense și coperta cărții Plant Factory

12. LITERATURA

- Baudoin W, Nersisyan A, Shamilov A, Hodder A, Gutierrez D, De Pascale S, et al. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2017. 428 p.
- Ponce P, Molina A, Cepeda P, Lugo E, MacCeery B. Greenhouse Design and Control. 2015. 354 p.
- Marcelis LFM, Broekhuijsen AGM, Meinen E, Nijs EMFM, Raaphorst MGM. Quantification of the growth response to light quantity of greenhouse grown crops. *Acta Hortic.* 2006;711:97–103.
- Dueck T, Janse J, Li T, Kempkes F, Eveleens B. Influence of diffuse glass on the growth and production of tomato. *Acta Hortic.* 2012;956:75–82.
- Victoria NG, Kempkes FLK, Van Weel P, Stanghellini C, Dueck TA, Bruins M. Effect of a diffuse glass greenhouse cover on rose production and quality. *Acta Hortic.* 2012;952:241–8.
- Tuba Z, Szente K, Koch J. Response of Photosynthesis, Stomatal Conductance, Water Use Efficiency and Production to Long-Term Elevated CO₂ in Winter Wheat. *J Plant Physiol.* 1994;144(6):661–8.
- Helyes L, Tuba Z, Balogh Ján, Réti K. Production Ecophysiology of Hungarian Green Pepper Under Elevated Air CO₂ Concentration. *J Crop Improv* [Internet]. 2005 Jun 6 [cited 2015 Nov 21];13(1–2):333–44. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-23044445642&partnerID=tZOtx3y1>
- Tazawa S. Effects of various radiant sources on plant growth (Part 1). *Japan Agric Res Q.* 1999;33(3):163–76.
- Jones BJ. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. *J Plant Nutr* [Internet]. 1982;5(8):1003–30. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904168209363035>
- Van Os EA, Gieling TH, Heinrich Lieth J. Technical equipment in soilless production systems. In: *Soilless Culture: Theory and Practice* [Internet]. Elsevier B.V.; 2019. p. 587–635. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63696-6.00013-X>
- Son JE, Kim HJ, Ahn TI. Hydroponic systems. In: *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production: Second Edition* [Internet]. Elsevier Inc.; 2019. p. 273–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816691-8.00020-0>
- López-Pozos R, Martínez-Gutiérrez GA, Pérez-Pacheco R, Urrestarazu M. The effects of slope and channel nutrient solution gap number on the yield of tomato crops by a nutrient film technique system under a warm climate. *HortScience.* 2011;46(5):727–9.
- Savvas D, Gruda N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review. *Eur J Hortic Sci.* 2018;83(5):280–93.
- Jensen MH, Collins WL. Hydroponic Vegetable Production. *Hortic Rev (Am Soc Hortic Sci).* 1985;7:483–558.
- Savvas D. Current knowledge and recent technological developments in nutrition and irrigation of greenhouse crops. *Acta Hortic.* 2020;1268:1–11.
- Rouphael Y, Colla G, Cardarelli M, Fanasca S, Salerno A, Rivera CM, et al. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: Soil vs. Soilless. *Acta Hortic.* 2005;697:81–6.
- Savvas D, Meletioui G, Margariti S, Tsirogiannis I, Kotsiras A. Modeling the relationship between water uptake by cucumber and NaCl accumulation in a closed hydroponic system. *HortScience.* 2005;40(3):802–7.

- Hemming S, De Zwart F, Elings A, Righini I, Petropoulou A. Remote control of greenhouse vegetable production with artificial intelligence—greenhouse climate, irrigation, and crop production. *Sensors* (Switzerland). 2019;19(8).
- Zabel P, Bamsey M, Schubert D, Tajmar M. Review and analysis of over 40 years of space plant growth systems. *Life Sci Sp Res*. 2016;10:1–16.
- Ivanova TN, Kostov PT, Sapunova SM, Dandolov IW, Salisbury FB, Bingham GE, et al. Six-month space greenhouse experiments - A step to creation of future biological life support systems. *Acta Astronaut*. 1998;42(1–8):11–23.
- Kozai T. Why LED lighting for Urban agriculture? *LED Lighting for Urban Agriculture*. 2016. p. 3–18.
- Dieleman JA, de Visser PHB, Vermeulen PCM. Reducing the carbon footprint of greenhouse grown crops: Re-designing LED-based production systems. In: *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science; 2016. p. 395–402.
- Gómez C, Izzo LG. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agric Food*. 2018;3(2):135–53.
- Kowalczyk K, Gajc-Wolska J, Metera A, Mazur K, Radzanowska J, Szatkowski M. Effect of Supplementary Lighting on the Quality of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* L .) in Autumn-Winter Cultivation. *Acta Hortic*. 2012;956:395–402.
- Dzakovich MP, Ferruzzi MG, Mitchell CA. Manipulating Sensory and Phytochemical Profiles of Greenhouse Tomatoes Using Environmentally Relevant Doses of Ultraviolet Radiation. *J Agric Food Chem*. 2016;64(36):6801–8.
- De Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *J Hortic Sci Biotechnol*. 2012;87(3):193–202.
- Foyo-Moreno I, Alados I, Alados-Arboledas L. A new empirical model to estimate hourly diffuse photosynthetic photon flux density. *Atmos Res*. 2018;203(November 2017):189–96.
- Baxevanou C, Fidaros D, Bartzanas T, Kittas C. Yearly numerical evaluation of greenhouse cover materials. *Comput Electron Agric* [Internet]. 2018;149(December 2017):54–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.006>
- Yorio NC, Goins GD, Kagie HR, Wheeler RM, Sager JC. Improving Spinach, Radish, and peak height), which closely matches a peak absorbance of chlorophyll (McCree, 1972). Lettuce Growth under Red Light- Although red LEDs have great potential for use as a light source to drive photosynthe- emitting Diodes (LED. *HortScience* [Internet]. 2001;36(2):380–3. Available from: <http://hortsci.ashspublications.org/content/36/2/380.short>
- Utasi L, Monostori I, Végh B, Pék Z, Darkó É. Effects of light intensity and spectral composition on the growth and metabolism of spinach (*SPINACIA OLERACEA* L.). *Acta Biol Plant Agriensis*. 2019;7:3–18.
- Kozai T, Niu G. Introduction. *Plant Fact An Indoor Vert Farming Syst Effic Qual Food Prod*. 2015;3–5.
- Orsini F, Pennisi G. Sustainable use of resources in plant factories with artificial lighting (PFALs). *Eur J Hortic Sci*. 2020;85(5):297–309.
- Kozai T, Zhang G. Some Aspects of the Light Environment. In: Kozai T, Fujiwara K, Runkle ES, editors. *LED Lighting for Urban Agriculture*. Springer Science and Business Media Singapore; 2016. p. 49–55.
- Hooks T, Masabni J, Sun L, Niu G. Effect of pre-harvest supplemental uv-a/blue and red/blue led lighting on lettuce growth and nutritional quality. *Horticulturae*. 2021;7(4):1–14.
- Tsukagoshi S, Shinohara Y. Nutrition and Nutrient Uptake in Soilless Culture Systems. In: *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production* [Internet].

5. DIGITIZAREA MICROCLIMATULUI DIN SERE

Autori:

- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
- Sztítás Sándor - Alföldi ASZC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

1. CONTROLUL CLIMATIC AL ECHIPAMENTELOR DE PRODUCȚIE

Utilizarea echipamentelor de cultivare are două scopuri principale. În primul rând, pentru a proteja culturile de factorii de mediu externi (temperaturi extreme, vânt, grindină, precipitații abundente etc.) și, în al doilea rând, pentru a crea un microclimat care să creeze condițiile de mediu optime necesare pentru atingerea obiectivului de cultivare dorit. Obiectivul de producție este cel mai adesea acela de a maximiza randamentul unei culturi brute care poate fi recoltată pentru consum în stare proaspătă.

Pentru a realiza primul obiectiv, ne propunem să controlăm climatul echipamentului de creștere, să optimizăm lumina (iradierea), temperatura, umiditatea și concentrația de CO₂.

1.1 Temperatura

Temperatura disponibilă în instalație determină în mod esențial dacă o anumită cultură poate fi cultivată sau nu într-un anumit moment. Una dintre cele mai importante caracteristici ale echipamentului de creștere este așa-numita valoare ΔT , care exprimă diferența dintre temperatura internă și cea externă care poate fi obținută prin utilizarea echipamentului. În principiu, echipamentele destinate funcționării continue pe parcursul unor sezoane lungi de creștere ar trebui să fie proiectate pentru o valoare ΔT de 30-35°C, astfel încât temperatura de prag de +10°C pentru dezvoltarea culturilor sensibile la căldură să poată fi atinsă chiar și în cazul unor înghețuri de -20°C sau mai mici în timpul iernii.

Temperatura poate fi crescută și mai mult prin utilizarea încălzirii, principalele tipuri de încălzire fiind încălzirea solului, injectarea de aer cald, încălzirea spațiului cu aer și încălzirea vegetației. Ultimele două sunt utilizate în principal în instalațiile de spațiu aerian de mari dimensiuni. Încălzirea prin vegetație este cea mai eficientă, țevile fiind plasate de obicei pe sol, în apropierea zonei rădăcinilor, iar aerul cald circulând în sus prin frunzele plantelor. Tuburile pot fi din plastic (polipropilenă), de obicei de culoare neagră, cu diametrul de 3-4 cm, cu o suprafață striată pentru un transfer de căldură mai eficient, și sunt plasate în apropierea zonei rădăcinilor plantelor. Tuburile metalice (de obicei din fier) sunt așezate pe o schelă înaltă de câțiva centimetri, a cărei lățime corespunde cu ecartamentul cărucioarelor metalice cu roți folosite la recoltare și la lucrările fitotehnice. Ele au o suprafață netedă și sunt inițial vopsite în alb, dar acest lucru se uzează odată cu utilizarea constantă. În țevi curge apă (20-25°C), adesea se folosește apa termală pentru încălzire, dar ca și combustibil pentru încălzire se utilizează și gazul natural și sursele de energie regenerabilă (lemn, aşchii de lemn etc.). Soluția tehnică pentru încălzirea spațiului aerian este foarte asemănătoare, cu o suprafață netedă și, de obicei, de culoare albă, dar aici țevile sunt plasate la înălțimea suportului de plante și, prin urmare, sunt mai puțin eficiente, deoarece zona rădăcinilor

nu este încălzită. Pentru plantele care necesită căldură, temperatura zonei radiculare este, de asemenea, importantă.



Sursa:

<https://royalbrinkman.com/climate-control/greenhouse-heating/hot-air-blowers/gas-fired-heater-hhb-120kw-w90001729>

Ecranele energetice sunt utilizate pentru a reduce pierderile de energie pe timp de noapte din cauza lipsei de lumină solară, acționând ca o suprafață reflectorizantă pentru a reduce radiația termică cu unde lungi, și pot produce pierderi de căldură de până la 15°C. De obicei, acestea sunt fabricate din polietilenă țesută cu fibre de aluminiu. Acestea sunt potrivite și pentru umbrire, dar, din păcate, nu pot reduce temperaturile ridicate din zilele de vară.



Reducerea temperaturii joacă un rol important în controlul climatului de vară al instalațiilor de producție și există o serie de metode care pot fi utilizate. Cea mai ieftină este ventilația, care poate fi utilizată pentru a controla nu numai temperatura, ci și umiditatea și CO₂. Prin urmare, proporția și poziționarea suprafeței de ventilație reprezintă un aspect important la proiectarea sistemelor de creștere. Cultivatorii de spații mari de aerisire folosesc de obicei guri de aerisire pe acoperiș, a căror proporție este influențată de mărimea și proporțiile unității (lungime, lățime, înălțime), de direcția predominantă a vântului și de umbra naturală sau încorporată. În general, creșterea suprafeței ferestrelor de aerisire sporește eficiența ventilației, dar și probabilitatea de pătrundere a organismelor dăunătoare. Pe lângă ventilație, este cunoscută și utilizarea ecranelor de umbrire, a vopselelor de umbrire, a pereților de răcire, a pompelor de căldură și a aburului pentru reducerea temperaturii. Pentru a preveni încălzirea excesivă a instalației în timpul verii, se utilizează de obicei o combinație a soluțiilor de mai sus, de exemplu, ventilație, vopsire de umbrire, irigare de umidificare.

1.2 Mișcarea aerului, clima constantă

În sere, este foarte important să existe o bună distribuție a aerului pentru a asigura o temperatură uniformă în tot spațiul de creștere. Acest lucru previne ca recolta să crească diferit din cauza



faptului că este prea cald sau prea rece în colțurile serei. Circulația aerului în seră este asigurată de ventilatoare, cunoscute și sub numele de turnuri de ventilație, care ajută la îmbunătățirea ventilației și la un climat omogen în seră. Turnul de ventilație asigură, de asemenea, un suport aerian important pentru tratamentele fitosanitare cu agenți de ceață. Ventilatorul este, de asemenea, o parte esențială a controlului umidității.

Primul pas în crearea unui climat uniform este evaluarea situației actuale, și anume cât de inegală este clima din seră. Senzorii climatici pot fi utilizați pentru a cartografia temperatura și umiditatea în diferite puncte din seră, pentru a vedea unde există puncte calde/uscate sau reci/umede. Odată ce studiul este finalizat, trebuie identificate cauzele

dezechilibrului și trebuie luate măsuri pentru a rezolva problema. Cele mai frecvente cauze ale unui climat neuniform în seră sunt o anvelopă defectă (fereastră spartă sau neetanșată), alte deschideri în seră, un ecran energetic deteriorat sau o încălzire insuficientă a spațiului de aer de-a lungul pereților laterali.



Utilizarea umbrelei energetice în cultivarea palmierilor kencia

O soluție tehnică obișnuită este utilizarea ventilatoarelor pentru a asigura circulația internă a aerului în seră, ceea ce va avea ca rezultat o temperatură, o umiditate și o concentrație de CO₂ mai uniforme. Prin crearea unei circulații a aerului, se poate crește evaporarea plantelor. Mișcarea

continuă a aerului va avea ca rezultat o umiditate mai uniformă, dar mai ridicată, ceea ce poate cauza probleme la unele culturi (de exemplu, simptome de deficiență de Ca și boli fungice).

În astfel de cazuri, poate fi de ajutor o altă tehnică, un sistem de dezumidificare, care, la fel ca și ventilatoarele, asigură circulația aerului, dar care, de asemenea, asigură dezumidificarea aerului din seră fără a reduce temperatura interioară. Prin urmare, nu există nicio pierdere de energie, deoarece energia consumată este returnată în seră sub formă de aer cald, iar apa extrasă poate fi utilizată ca apă industrială.



Pentru a măsura elementele climatice de mai sus, sunt disponibile dispozitive de măsurare portabile și fixe, senzori care măsoară temperatura, umiditatea și concentrația de CO₂ din mediul și interiorul serei și trimit datele către controlerul climatic, care calculează valorile necesare pentru performanța optimă a culturii.

1.3 Stație meteorologică, senzori meteo (externi)

Măsurarea luminii solare, a temperaturii, a umidității, a vitezei și direcției vântului și a precipitațiilor este foarte importantă pentru a crea un climat stabil în seră. Sensorul de iradiere măsoară, de asemenea, căldura emisă din exteriorul serei, iar pentru a preveni pierderea de căldură, umbra energetică se poate închide mai devreme atunci când cerul este senin. Acest lucru economisește în special energie. Un senzor de condensare poate controla automat deschiderile de ventilație pentru a menține un climat interior optim. Un senzor de umiditate exterioară poate măsura umiditatea relativă a aerului din afara serei, ceea ce este important deoarece aceasta poate diferi semnificativ de umiditatea din interior. Stația meteorologică trimite toate datele măsurate către computerul de control, care reglează automat procesele pe baza calculelor sale ținând cont de date.



Senzori climatici interni

Senzorii climatici convenționali măsoară temperatura și umiditatea relativă, dar pot fi completați cu un modul opțional CO₂. Monitorul CO₂ este un instrument digital care măsoară și monitorizează concentrația de dioxid de carbon din interiorul serei. Monitorul de CO₂ aspiră aer pentru măsurare, care poate fi efectuată în mai multe locații cu ajutorul unei valve de CO₂.



Senzor PAR

Senzorul de radiație fotosintetică activă (PAR) măsoară lumina în gama de lungimi de undă de 400-700 nm. Acesta trebuie să fie plasat deasupra culturii și transmite date prin intermediul unei legături wireless la intervale reglabile de câteva minute. Pe baza cantității de lumină măsurată de senzorul PAR, computerul de control calculează cum să ajusteze umbrirea, nivelurile de dioxid de carbon și luminile de cultură pentru rezultate maxime.



O cameră cu infraroșu (cameră de temperatură a plantelor) poate măsura temperatura de la suprafața frunzelor indiferent de distanță, oferind o indicație a ratei de evaporare și a disponibilității apei în plante.



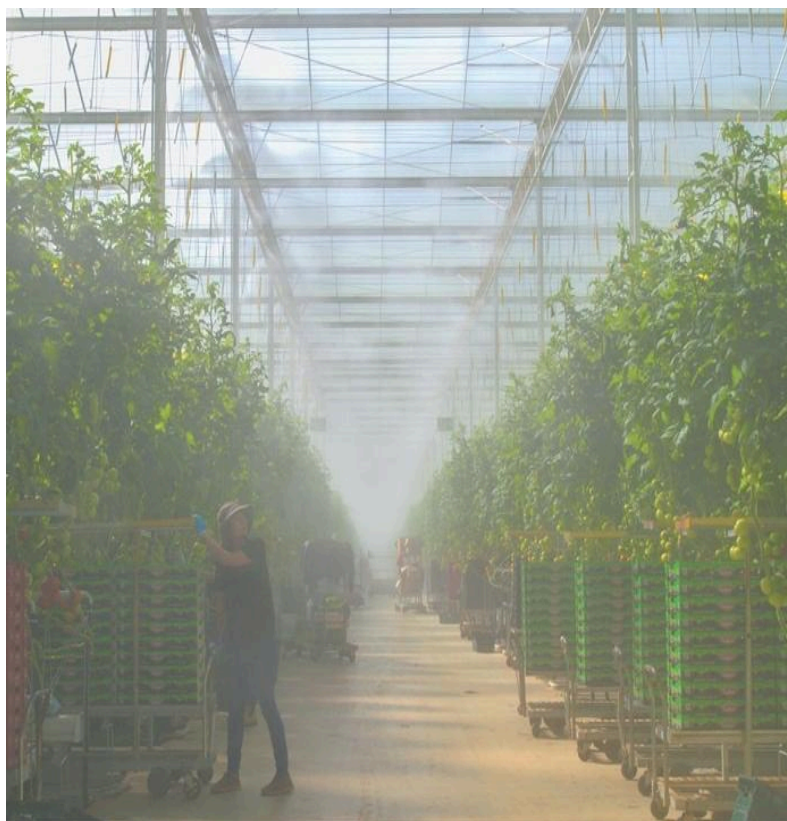
În agricultura modernă, răspândirea generală a evoluțiilor tehnologice a transformat metodele și posibilitățile de producție vegetală. Serele joacă un rol esențial în producția controlată de culturi și în durabilitatea producției alimentare. Cu toate acestea, pentru a îmbunătăți și mai mult eficiența și eficacitatea producției în sere, industria îmbunătățește și digitalizează continuu controlul și monitorizarea microclimatului sereilor.

Capitolul "Digitalizarea microclimatelor din sere" are ca scop prezentarea generală a importanței și beneficiilor digitalizării microclimatelor din sere. Introducerea tehnologiilor digitale și a sistemelor automatizate permite o gestionare mai eficientă și mai precisă a proceselor de producție vegetală, sporind astfel eficiența producției și randamentul.

1.3 Umiditate

Plantele evaporă continuu apa (transpirație) prin canalele de gaze (stomate), crescând umiditatea relativă (RH%) a aerului. Acest proces se bazează pe difuzie, astfel încât aerul cu umiditate relativă de 100% din spațiul din interiorul canalelor de gaz este schimbat cu aerul cu umiditate relativă mai scăzută din mediul înconjurător. Cu cât diferența dintre exteriorul și interiorul canalelor de gaz este mai mare, cu atât acest proces este mai rapid, ceea ce favorizează, de asemenea, absorbția apei prin rădăcini. Prin urmare, în scopuri practice, umiditatea relativă este înlocuită cu deficitul de presiune a vaporilor de apă (VPD%), care reprezintă diferența de umiditate relativă dintre interiorul și exteriorul buclei de gaz. Umiditatea scăzută crește închiderea stomatelor de gaz, reducând astfel și activitatea de asimilare și transpirație plantelor. O umiditate ridicată poate crește probabilitatea apariției infecțiilor fungice și bacteriene și reduce eficiența evaporării, reducând astfel asimilarea. Un aspect deloc neglijabil pentru culturile care necesită polenizare și care sunt cultivate pentru randamentul lor (roșii, ardei, vinete) este că umiditatea scăzută poate usca polenul, ceea ce duce la o pierdere de fertilizare și de randament. Iar dacă umiditatea este prea mare, boabele de polen se pot lipi între ele, afectând, de asemenea, în mod negativ eficiența fertilizării.

Controlul umidității poate fi realizat, de asemenea, cel mai ieftin prin ventilație. Umiditatea poate fi crescută prin utilizarea unui umidificator cu duze speciale de pulverizare și redusă prin utilizarea unui deumidificator activ.



1.4 CO₂

Plantele utilizează cantități mari de CO₂ pentru asimilare, iar ventilația este, de asemenea, cea mai ieftină modalitate de a-l înlocui. Cele mai moderne echipamente de cultivare sunt deja echipate cu fertilizare cu CO₂. În principal din cauza activității umane, concentrațiile din aerul exterior au crescut până la o medie de 400 ppm (0,04%) (6), 700-1000 (7) și, în alte cazuri, până la 1200 ppm în echipamente, maximizând asimilarea (8). În acest scop, se utilizează de obicei rezervorul de CO₂ disponibil în comerț. Utilizarea ventilatoarelor de amestec este importantă pentru a menține o calitate omogenă a aerului în seră, pentru a se asigura că concentrațiile adecvate sunt disponibile în mod uniform în toată sera.



Surse: <https://royalbrinkman.com/mechanical-equipment/measuring-equipment/co2-meters/co2-concentration-meter-0-3000-ppm-0-20-ma-081300018>

2. SENZORI ȘI COLECTAREA DATELOR ÎN SERE

Producția modernă de culturi în sere se bazează din ce în ce mai mult pe tehnologii automatizate și pe colectarea de date. Senzorii și sistemele de colectare a datelor au revoluționat producția agricolă, în special producția vegetală. Cu ajutorul acestor tehnologii, cultivatorii pot monitoriza cu mai multă acuratețe climatul și starea culturilor din serele lor, pot optimiza procesele de producție și pot crește randamentele.

2.1 Detectarea și monitorizarea parametrilor de mediu (de exemplu, temperatura, umiditatea, luminozitatea etc.)

Mentținerea unui microclimat optim este un element cheie pentru o producție eficientă a culturilor în sere. Acest lucru necesită monitorizarea și controlul diferiților parametri de mediu, cum ar fi temperatura, umiditatea, intensitatea luminii, viteza vântului și alte caracteristici climatice. Cu ajutorul senzorilor și traductoarelor, acești parametri pot fi măsurați în mod continuu și precis, astfel încât mediul din seră să poată fi controlat pe baza datelor.

Senzorii de temperatură monitorizează temperatura aerului, care este esențială pentru creșterea plantelor. Senzorii de umiditate monitorizează conținutul de umiditate al aerului, care afectează transpirația și absorbția de apă a plantelor. Iar senzorii de intensitate luminoasă monitorizează cantitatea de lumină solară care pătrunde în plante, care este, de asemenea, crucială pentru fotosinteză și metabolismul plantelor. Aceste date sunt colectate și înregistrate, permițând cultivatorilor să le analizeze și, dacă este necesar, să ajusteze clima pentru a se asigura că plantele cresc în cele mai bune condiții posibile.

2.2 Detectarea parametrilor plantelor (de exemplu, umiditatea solului, stresul plantelor, nivelul nutrienților etc.)

Monitorizarea parametrilor de mediu nu este suficientă pentru o producție vegetală de succes; este necesar să se monitorizeze și starea și dezvoltarea plantelor. În acest caz, detectarea umidității solului, a nivelului de nutrienți, a stresului plantelor și a altor parametri ai plantelor devine importantă.

Senzorii de umiditate a solului permit măsurarea umidității solului, care este esențială pentru proiectarea unor sisteme de irigare adecvate și pentru gestionarea apei. Senzorii de nutrienți monitorizează nivelurile de nutrienți din sol, ceea ce ajută la stabilirea reprovizionării optime cu nutrienți, astfel încât plantele să primească cantitatea și tipul de nutrienți potrivit. Senzorii de stres al plantelor monitorizează nivelurile de stres al plantelor, ceea ce poate fi un avertisment timpuriu pentru boli sau factori de stres din mediul înconjurător.

Datele generate de senzori vor fi integrate în platforme digitale, astfel încât cultivatorii să poată monitoriza în timp real starea și nevoile culturilor lor. Acest lucru permite intervenții în timp util și îngrijirea optimă a plantelor, crescând randamentele și reducând factorii de risc.

2.3 Selectarea și instalarea tehnologiilor de senzori și a senzorilor

Alegerea tehnologiilor de senzori și a senzorilor este esențială pentru funcționarea eficientă a serelor digitale. În acest capitol, vom trece în revistă tehnologiile și senzorii disponibili și vom prezenta avantajele și limitările acestora.

Atunci când alegeți senzorii potriviți, trebuie să țineți cont de obiectivele de creștere, de speciile de plante, de dimensiunea serei și de punctele de date preconizate. Acest capitol oferă o prezentare generală a diferitelor tipuri de senzori, cum ar fi senzorii optici, electrici, mecanici și de temperatură. De asemenea, se discută în detaliu despre procedurile de instalare și despre amplasarea optimă a senzorilor pentru colectarea de date fiabile și reprezentative.

Acest capitol își propune să îi ajute pe cultivatori să ia decizii în cunoștință de cauză cu privire la selectarea și instalarea de tehnologii și senzori. Senzorii bine aleși și corect instalați contribuie în mod semnificativ la o producție agricolă eficientă și la creșterea randamentelor.

3. CONTROLUL ȘI REGLAREA AUTOMATĂ A CLIMEI

Producția modernă de culturi în sere se bazează din ce în ce mai mult pe sisteme automatizate și tehnologii inteligente pentru a crește eficiența și eficacitatea. Capitolul "Controlul și reglarea automată a climei" își propune să ilustreze importanța controlului și reglării automate a climei în sere și să examineze beneficiile și aplicațiile utilizării unor astfel de sisteme.

În producția vegetală convențională, controlul climei și reglarea parametrilor de mediu necesită adesea o intervenție manuală, care necesită mult timp și este predispusă la erori umane. Tehnologiile de control și reglare automată a climei permit monitorizarea continuă a climei din seră și reglarea automată prin intermediul unor algoritmi inteligenți.

3.1 Controlul inteligent al climei și reglarea adaptivă în sere

Controlul automat al climei și reglarea adaptivă revoluționează producția vegetală în serele moderne. Controlul inteligent al climei permite reglarea automată și continuă a parametrilor de mediu (temperatură, umiditate, intensitate luminoasă etc.) pe baza unor valori optime prestabilite. Controlul adaptiv înseamnă analiza continuă a datelor și adaptarea flexibilă la condițiile în schimbare, astfel încât plantele să poată crește întotdeauna în cele mai potrivite condiții.

Controlul automat al climei necesită colectarea continuă de date de la senzori și traductori. Pe baza informațiilor colectate de către senzorii discutați în capitolul anterior, sistemul de control inteligent este capabil să optimizeze clima. De exemplu, atunci când temperatura crește, sistemul pornește automat sistemul de răcire sau de ventilație pentru a preveni ca plantele să sufere de stres termic. Acest tip de control automat al climei îmbunătățește semnificativ sănătatea plantelor și productivitatea culturilor.

3.2 Sisteme automatizate de încălzire, răcire și ventilație

Sistemele automatizate de încălzire, răcire și ventilație sunt esențiale pentru un control eficient și stabil al climei în sere. Senzorii monitorizează permanent parametrii de mediu, iar sistemul de control intervine automat atunci când parametrii se abat de la valorile predefinite.

Sistemele de încălzire automată se pornesc automat pe vreme rece pentru a menține temperatura optimă pentru plantele dumneavoastră. În mod similar, sistemele automate de răcire acționează pentru a preveni supraîncălzirea, de exemplu vara, când temperaturile pot fi mai ridicate. Iar sistemele de ventilație asigură un flux de aer proaspăt, care este deosebit de important pentru plante, deoarece favorizează absorbția de CO₂ și fotosinteza.

Controlul și reglarea automatizată a climei nu este numai benefică pentru plante, ci și economică. Economii de energie reduc costurile de operare și oferă cultivatorilor mai multă flexibilitate pentru a-și monitoriza și optimiza culturile în mod continuu.

3.3 Răspuns automat la schimbările de mediu și optimizarea parametrilor

Controlul automat al climei înseamnă nu numai revenirea la valorile setate, ci și posibilitatea de a reacționa automat la schimbările de mediu. Sensorii monitorizează în permanență schimbările de mediu, cum ar fi condițiile meteorologice sau starea plantelor. Dacă schimbările sunt de așa natură încât ar putea afecta creșterea plantelor sau microclimatul optim, sistemul de control reacționează automat și ajustează parametrii de mediu.

Optimizarea parametrilor va fi posibilă ca urmare a colectării și analizei datelor pe termen lung. Controlul automat al climei învață în mod continuu din date și se adaptează la condițiile de creștere în schimbare. Acest lucru permite sistemului să regleze cu precizie parametrii pentru creșterea și dezvoltarea optimă a culturilor.

Răspunsul automat la schimbările de mediu și optimizarea parametrilor îi ajută pe cultivatori să înțeleagă mai bine nevoile culturilor și să optimizeze procesele de producție. Controlul și reglarea eficientă a climei în sere contribuie la o cultivare mai stabilă și la obținerea unor randamente mai mari, minimizând în același timp impactul asupra mediului și consumul de energie.

4. UTILIZAREA MODELELOR CLIMATICE ÎN PROIECȚII

Pentru a face față efectelor schimbărilor climatice și pentru a promova o producție vegetală durabilă, producția vegetală modernă în sere se bazează din ce în ce mai mult pe utilizarea modelelor climatice pentru prognoză și simulare. Capitolul "Modele climatice în prognoză" are ca scop ilustrarea rolului și importanței modelelor climatice în optimizarea și luarea deciziilor în procesele de producție în sere.

Modelele climatice sunt modele matematice și sisteme de simulare care pot fi utilizate pentru a modela funcționarea și schimbările din sistemele climatice. Aceste instrumente permit prezicerea condițiilor climatice viitoare și a schimbărilor de mediu care au un impact major asupra producției agricole și a microclimatului serelor.

4.1 Modele climatice cu efect de seră și simulări virtuale

Modelele climatice și simulările virtuale sunt metode revoluționare de previzionare și optimizare a microclimatelor din sere. Aceste instrumente le permit cultivatorilor să anticipeze schimbările de mediu și să înțeleagă răspunsurile plantelor la diferite scenarii climatice prin simulări.

Modelele climatice de seră sunt modele computerizate care simulează parametrii de mediu și procesele vegetale din sere. Alimentate cu date provenite de la senzori, aceste modele pot prezice creșterea, dezvoltarea și producția plantelor în diferite condiții climatice. Acest lucru le permite cultivatorilor să proiecteze condiții climatice optime și să prezică procesele de producție a culturilor.

Simulările virtuale le permit cultivatorilor să simuleze diferite scenarii climatice, cum ar fi valuri de căldură extremă sau valuri de frig, și să vadă cum reacționează plantele. Acest lucru le permite cultivatorilor să dezvolte cele mai bune strategii de gestionare a climei și să se pregătească pentru condițiile meteorologice în schimbare.

4.2 Integrarea datelor de prognoză meteorologică și a modelelor climatice

Integrarea datelor de prognoză meteorologică și a modelelor climatice reprezintă un pas înainte major în domeniul producției vegetale. Combinația dintre prognozele meteorologice și modelele climatice permite realizarea de previziuni pe termen scurt și lung privind clima din sere.

Datele de prognoză meteo se referă la condițiile meteorologice actuale și din viitorul apropiat. Iar modelele climatice oferă răspunsuri la schimbările climatice pe termen lung. Prin integrarea datelor, cultivatorii pot obține previziuni mai precise privind clima din sere și condițiile meteorologice viitoare.

Previziunile integrate îi ajută pe agricultori să se pregătească pentru viitoarele schimbări meteorologice și să optimizeze creșterea culturilor prin controlul climatic în timp util. Acest lucru sporește eficiența producției de culturi și minimizează riscurile de producție.

4.3 Modele climatice pentru a ajuta la optimizarea proceselor de producție vegetală și a procesului decizional

Modelele climatice îi pot ajuta foarte mult pe cultivatori în optimizarea proceselor de producție și a procesului decizional. Predicțiile și simulările le oferă producătorilor informații despre modul în care culturile vor reacționa la diferite condiții climatice, permițându-le acestora să dezvolte cele mai bune strategii de gestionare a climei.

Modelele climatice le permit producătorilor să testeze diferite scenarii climatice într-un mediu virtual, fără a risca culturile reale. Acest lucru le permite cultivatorilor să planifice eficient producția de culturi și să optimizeze sistemele de control al climei.

Pe baza previziunilor, cultivatorii pot interveni din timp și pot preveni situații critice, cum ar fi stresul termic sau lipsa apei. Modelele climatice pot contribui, de asemenea, la o producție agricolă ecologică, permițând un control climatic eficient din punct de vedere energetic și o gestionare optimizată a apei.

5. INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ ȘI ÎNVĂȚAREA AUTOMATĂ ÎN SERE

În domeniul producției vegetale, procesele automatizate și tehnologiile digitale devin din ce în ce mai frecvente, iar inteligența artificială (AI) și soluțiile de învățare automată (ML) deschid noi dimensiuni în cultivarea serelor. AI și ML le permit cultivatorilor să analizeze datele, să gestioneze clima în mod inteligent și să ia decizii adaptive, permițând o producție agricolă mai eficientă, efecace și durabilă.

5.1 Algoritmi de învățare automată pentru analiza și interpretarea datelor

Serele moderne acumulează cantități mari de date de la senzori și traductoare care monitorizează în permanență clima și starea plantelor. Cu toate acestea, aceste date nu valorează prea mult în sine. Aici intră în joc algoritmi de învățare automată.

Învățarea automată este o ramură a inteligenței artificiale care permite sistemelor să învețe din date fără a fi programate în mod explicit. Algoritmii de învățare automată utilizați pentru a analiza și interpreta datele pot recunoaște tipare, identifica corelații și face predicții. De exemplu, algoritmi de învățare automată pot fi utilizați pentru a analiza datele privind culturile din anii anteriori pentru a prezice randamentul așteptat pentru anul următor.

5.2 Aplicarea inteligenței artificiale în controlul și optimizarea climei

Utilizarea inteligenței artificiale permite dezvoltarea și optimizarea sistemelor de control al climei pentru sere. Sistemele de inteligență artificială monitorizează și analizează în permanență datele provenite de la senzori și iau decizii de control al climei pe baza acestor informații.

Algoritmii de inteligență artificială pot identifica cerințele climatice optime ale plantelor în diferite stadii de creștere. De exemplu, este posibil ca o plantă să aibă nevoie de temperaturi și umiditate mai ridicate atunci când este mai tânără, în timp ce alți parametri de mediu devin importanți în etapele ulterioare de creștere. Sistemele de inteligență artificială colectează aceste informații și le adaptează la nevoile actuale ale plantelor, optimizând controlul climatic pentru plantele specifice.

5.3 Procesul decizional inteligent și controlul adaptiv al climei în sere

Utilizarea inteligenței artificiale și a ML permite luarea de decizii inteligente și controlul adaptiv al climei în sere. Algoritmii de inteligență artificială analizează continuu datele privind plantele și parametrii de mediu și adaptează sistemele de control al climei pe baza informațiilor obținute.

Procesul decizional inteligent permite sistemelor de control al climei să răspundă rapid și eficient la condițiile de mediu în schimbare. De exemplu, atunci când temperaturile exterioare cresc brusc, sistemul de inteligență artificială poate porni automat sistemul de răcire și poate optimiza ventilația pentru a proteja plantele de stresul termic.

Controlul adaptiv al climei permite sistemului să învețe și să se adapteze la condițiile de mediu în schimbare și la starea plantelor. Algoritmii AI și ML actualizează continuu modelele și mecanismele de decizie, ceea ce duce la un control optimizat și eficient al climei și la maximizarea eficienței producției.

Rolul AI și ML în sere este în creștere și este esențial pentru promovarea unei producții agricole durabile, eficiente și eficace. Prin luarea de decizii inteligente și controlul adaptiv al climei, cultivatorii pot anticipa mai bine nevoile culturilor și pot minimiza impactul asupra mediului, ceea ce duce la un succes pe termen lung în producția de culturi.

6. MICROCLIMATUL ȘI PRODUCTIVITATEA SERELOR

Microclimatul din sere este unul dintre cei mai importanți factori pentru o producție agricolă eficientă și de succes. Stabilirea și optimizarea microclimatului potrivit este esențială pentru o creștere eficientă a plantelor, randamente mai mari și produse de înaltă calitate. În acest capitol, analizăm în profunzime efectele microclimatului din sere asupra creșterii și productivității culturilor și arătăm cum poate fi optimizat microclimatul pentru diferite soiuri de culturi și strategii de selecție. În plus, vom examina impactul microclimatului asupra calității și valorii nutritive a culturilor, subliniind importanța producerii unor culturi mai sănătoase și cu o valoare nutritivă mai mare.

6.1 Impactul microclimatului asupra creșterii și producției vegetale

Microclimatul serelor joacă un rol esențial în creșterea și dezvoltarea plantelor. Temperatura, umiditatea, intensitatea luminoasă și concentrația de CO₂ sunt factori cheie pentru fotosinteza plantelor și prelucrarea nutrienților.

Temperatura și umiditatea optime asigură condițiile potrivite pentru ca plantele să facă fotosinteză. Intensitatea corectă a luminii este, de asemenea, vitală pentru fotosinteză, deoarece plantele folosesc lumina soarelui pentru a transforma apa și dioxidul de carbon în glucoză și oxigen. Concentrația corectă de CO₂ este, de asemenea, necesară pentru o fotosinteză optimă.

Un microclimat optim permite plantelor să utilizeze energia și nutrienții în mod eficient pentru creștere și dezvoltare. Prin urmare, cultivatorii se pot aștepta la producții mai mari și la plante mai sănătoase.

6.2 Optimizarea microclimatului pentru diferite specii de plante și strategii de selecție a speciilor

Diferitele specii de plante au cerințe diferite în materie de microclimat. Unele plante au nevoie de temperaturi mai ridicate și umiditate mai scăzută, în timp ce altele preferă un mediu mai răcoros și o umiditate mai ridicată. Cerințele de lumină și toleranța la CO₂ pot fi, de asemenea, diferite pentru diferite specii de plante.

Cultivatorii trebuie să studieze cu atenție cerințele de microclimat ale soiurilor de culturi și să țină cont de acestea atunci când selectează speciile. Asigurarea unui microclimat optim pentru nevoile culturii va crește semnificativ eficiența și randamentul acesteia.

Tehnologiile avansate de senzori și de colectare a datelor permit cultivatorilor să monitorizeze o serie de parametri, cum ar fi umiditatea solului, temperatura și intensitatea luminii. Analiza și interpretarea datelor permite dezvoltarea unui microclimat mai precis, care să se potrivească nevoilor culturii.

6.3 Impactul microclimatului asupra calității și valorii nutritive a culturilor

Microclimatul afectează nu numai creșterea și producția de plante, ci și calitatea și valoarea nutritivă a recoltei. Temperatura, intensitatea luminii și umiditatea pot afecta culoarea, aroma, conținutul de nutrienți și textura unei culturi.

Asigurarea unui microclimat optim permite obținerea unor produse de înaltă calitate, ceea ce face ca produsele să fie atractive pentru consumatori. Culturile cu o valoare nutritivă adecvată sporesc competitivitatea cultivatorilor pe piață și contribuie la disponibilitatea unor alimente mai sănătoase.

Este important de subliniat importanța proiectării și gestionării optime a microclimatului din sere pentru o producție agricolă de succes. Asigurarea unui microclimat optim permite o creștere eficientă a plantelor, randamente mai mari și producția de culturi de înaltă calitate și nutritive, ceea ce contribuie la o producție vegetală durabilă și la o alimentație mai sănătoasă.

(Pentru mai multe informații despre relația dintre microclimat și protecția plantelor, a se vedea Tema 8.)

7. ENERGIE DURABILĂ ȘI SCHIMBĂRI CLIMATICE

Problemele legate de utilizarea durabilă a energiei și de schimbările climatice sunt extrem de importante pentru durabilitatea producției vegetale și a serelor. În acest capitol, trecem în revistă soluțiile de economisire a energiei și sursele de energie durabilă care pot contribui la reducerea consumului de energie și a amprente ecologice a serelor. În plus, sunt examinate impactul schimbărilor climatice asupra microclimatului serelor și strategiile de adaptare. În cele din urmă, va

fi prezentat rolul microclimatului din sere în abordarea provocărilor generate de schimbările climatice.

7.1 Soluții de economisire a energiei și surse de energie durabilă în sere

Serele tradiționale consumă cantități semnificative de energie, în special pentru încălzire și iluminat. Cu toate acestea, reducerea consumului de energie și utilizarea surselor de energie durabilă pot îmbunătăți durabilitatea serelor.

Printre soluțiile de economisire a energiei se numără izolarea eficientă, tehnologiile solare, iluminatul cu LED-uri și sistemele de încălzire și răcire eficiente din punct de vedere energetic. Astfel de soluții reduc consumul de energie și contribuie la minimizarea impactului asupra mediului.

Printre sursele de energie durabilă se numără energia solară, energia eoliană și energia geotermală. Utilizarea surselor de energie regenerabilă contribuie la durabilitatea serelor și la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Impactul schimbărilor climatice asupra microclimatului din sere și strategii de adaptare

Schimbările climatice au deja un impact vizibil asupra microclimatului din seră. Creșterile de temperatură la nivel global, fenomenele meteorologice extreme, schimbările în ceea ce privește precipitațiile, toate acestea afectează condițiile de creștere a plantelor și microclimatul.

Elaborarea de strategii de adaptare este vitală pentru a face față impactului schimbărilor climatice. Senzorii și tehnologiile de colectare a datelor permit cultivatorilor să monitorizeze în permanență microclimatul și schimbările climatice. Acest lucru permite luarea în considerare a previziunilor meteorologice și adaptarea managementului climatic adaptiv la condițiile de mediu în schimbare.

Rolul microclimatelor de seră în abordarea provocărilor legate de schimbările climatice

Microclimatul din sere este esențial pentru a face față provocărilor legate de schimbările climatice. Asigurarea unui microclimat optim permite plantelor să crească și să producă eficient, chiar și în fața provocărilor legate de schimbările climatice.

Soluțiile eficiente din punct de vedere energetic și utilizarea surselor de energie durabilă reduc impactul serelor asupra mediului și contribuie la lupta împotriva schimbărilor climatice. Optimizarea microclimatelor în funcție de nevoile soiurilor de culturi și controlul adaptiv al climei vor permite producătorilor să facă față în mod eficient provocărilor legate de schimbările climatice.

Rolul microclimatului din sere este esențial nu numai pentru succesul cultivatorilor, ci și pentru promovarea siguranței alimentare și a sustenabilității. În lupta împotriva schimbărilor climatice, utilizarea durabilă a energiei și gestionarea adaptivă a microclimatului sunt instrumente-cheie pentru a promova în viitor o producție vegetală durabilă și prietenoasă cu clima.

8. SURSE

- <https://greenhouseemporium.com/how-to-set-up-hydroponics-in-a-greenhouse/>
- <https://www.growspan.com/news/understanding-your-greenhouse-watering-system-and-irrigation-management/>

- <https://www.dripworks.com/blog/how-to-install-drip-irrigation-in-a-greenhouse>
- <https://greenhouseinfo.com/how-build-greenhouse-drip-irrigation-system/>
- <https://greenhouseessentials.com/innovative-watering-systems-for-greenhouses-drip-irrigation-vs-misting/>
- <https://www.gardenandgreenhouse.net/articles/greenhouse-articles/drip-irrigation-for-greenhouses/>
- <https://royalbrinkman.hu/tudaszbazis/tudaszbazis-muszaki-projektek/viztisztitasi-technologia-k-a-kerteszetekben>
- <https://gremonsystems.com/hu/termek/trutina/>

6. IRIGAREA DE PRECIZIE

Autori:

- Túrós László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

1. INTRODUCERE

Sistemele inteligente de irigare, care utilizează tehnologia și analiza datelor pentru a optimiza utilizarea apei și pentru a îmbunătăți eficiența irigației plantelor și gazonului, sunt cel mai adesea folosite pentru a crea sisteme de irigare de precizie. Aceste sisteme depășesc aspersoarele tradiționale, încorporând o varietate de senzori și algoritmi bazați pe date pentru a lua decizii inteligente și informate despre când, unde și cât de mult să udă. Spre deosebire de sistemele tradiționale de irigare, care se bazează adesea pe programe fixe sau ajustări manuale, sistemele inteligente de irigare utilizează o varietate de componente și surse de date pentru a optimiza utilizarea apei și pentru a îmbunătăți eficiența procesului de irigare. Sistemele inteligente de irigare sunt o modalitate excelentă de a automatiza și optimiza procesele de irigare, economisind apă, timp și bani, menținând în același timp plantele sănătoase. Utilizând analiza datelor și irigarea adaptivă, aceste sisteme pot reduce semnificativ risipa de apă, ceea ce aduce beneficii mediului și poate duce la economii de costuri pentru utilizatori.



Sursă: imagine proprie

2. IRIGAREA ȘI MANAGEMENTUL NUTRIENȚILOR

Apa de irigare

Din punct de vedere al irigațiilor, sistemele enumerate mai târziu pot fi încadrate în categoria de microirigații, caz în care calitatea apei de irigare este foarte importantă. Dacă cantitatea de solide în suspensie depășește o concentrație de 100 ppm, există un risc mare de înfundare, caz în care sarcina filtrelor grosiere este de a filtra impuritățile fizice. Dintre proprietățile chimice ale apei de irigare, este de preferat o chimie acidă ($\text{pH} < 7$). Este important ca conținutul de fier și mangan să nu depășească 1,5 mg/l. Colmatarea este mai frecventă în apele alcaline ($\text{pH} > 8,0$). O cerință biotică este contaminarea microbiologică scăzută (< 10.000 buc/ml).

Nutrienți

În funcție de gradul în care nutrienții sunt implicați în structura plantelor, aceștia se numesc macro-, mezo-, micro- și oligoelemente:

Nutrienții care apar în plante într-o rată mai mare de 0,1% sunt considerați macronutrienți. Macronutrienții includ cei trei nutrienți principali non-minerale, carbon, oxigen și hidrogen, care alcătuiesc cea mai mare parte a organismului plantei. Plantele pot absorbi de obicei aceste elemente din aer și apă în cantități suficiente. Dintre nutrienții minerali, azotul, fosforul și potasiul sunt considerate în mod clasic macroelemente. Pe baza concentrației lor, printre elementele esențiale, calciul, magneziul și sulful sunt considerate și macroelemente. Acești ultimi trei nutrienți sunt adesea numiți mezoelemente în cărțile de specialitate.

Din punct de vedere al culturii plantelor, acei nutrienți esențiali sunt considerați micronutrienți care apar în plante în concentrație mai mică de 0,1%. Acestea includ bor, fier, mangan, zinc, cupru, molibden, clor, nichel și cobalt. Oligoelementele sunt prezente în concentrații extrem de mici, de obicei mai mici de 0,4-0,5%, cum ar fi seleniu, titan, cesiu, litiu, fluor, iod, brom și vanadiu.

Soluții nutritive

În cultivarea fără sol, elementele minerale nutritive sunt aplicate sub formă de soluție nutritivă prin intermediul sistemului de irigare. Pentru acest scop, au fost dezvoltate îngrășăminte solubile în apă, fără reziduuri, cunoscute și sub denumirea de îngrășăminte pentru irigare sau soluții nutritive. Din cauza costului lor mai ridicat, acestea ar trebui utilizate doar pentru fertilizarea prin soluție nutritivă și fertilizarea foliară.

Criteriul este ca, după dizolvare, doar 0,02% din acestea să rămână ca substanță insolubilă, astfel încât să nu înfunde filtrele sistemelor de micro-irigare. Dacă proporția de reziduu insolubil în apă este mai mare decât această valoare, atunci vorbim despre îngrășăminte care se dizolvă cu puține reziduuri, din care de obicei se precipită compuși formați de calciu. După o filtrare riguroasă, acestea pot fi utilizate și pentru fertilizarea prin soluție nutritivă. Îngrășămintele care se dizolvă cu cantități semnificative de sedimente nu sunt recomandate pentru aplicare prin sistemele de irigare; deși sunt mai ieftine, nu sunt potrivite pentru fertilizarea prin soluție nutritivă.

Îngrășăminte

În funcție de compoziția lor, deosebim între îngrășăminte simple sau așa-numite mono-, îngrășăminte complexe și îngrășăminte compuse.

Îngrășămintele mono conțin ca substanță activă un singur compus sau mai mulți compuși care includ elemente nutritive. Printre acestea se numără îngrășămintele (de exemplu, uree, azotat de amoniu, sulfat de potasiu, superfosfat, azotat de calciu, diverse chelați de microelemente) și îngrășămintele anorganice de origine naturală (de exemplu, făină de calcar și dolomit, gips, sulf elementar). Avantajul îngrășămintelor mono este că sunt relativ ieftine și, prin combinarea lor, se poate obține raportul dorit de nutrienți, însă dezavantajul lor este că, atunci când sunt aplicate, trebuie acordată o atenție deosebită suplimentării elementelor mezo și micro, ceea ce necesită cunoștințe specializate.

Îngrășămintele complexe conțin întreaga gamă de elemente nutritive esențiale ca substanță activă, de aceea sunt adecvate pentru fertilizarea culturilor forțate cu soluție nutritivă. Din cauza formării binecunoscute a precipitațiilor în cazul îngrășămintelor solubile în apă, acestea nu conțin în general calciu, dar în practică sunt considerate tot complexe. Avantajul lor este că, chiar și cu un nivel tehnologic și profesional scăzut, se poate asigura în siguranță completarea cu elemente mezo și micro pentru culturi. Dezavantajele includ prețul lor relativ ridicat și raportul fix de elemente nutritive, deja menționat în cazul îngrășămintelor compuse.

3. PRINCIPALELE CARACTERISTICI ȘI STRUCTURA SISTEMELOR DE IRIGAȚII

În cultivarea fără sol, fertilizarea cu soluție nutritivă și irigarea nu pot fi separate, deoarece mediul de transport al soluției nutritive este apa de irigare. Cele mai importante caracteristici ale soluției nutritive sunt conductivitatea electrică (EC) și pH-ul. Conductivitatea electrică este proporțională cu conținutul de substanțe nutritive dizolvate, măsurată în mS/cm, iar valoarea medie poate varia între 2 și 3, în funcție de tipul de plantă, ceea ce corespunde unei concentrații de 2-3 g/l. De obicei, pH-ul soluției nutritive este ajustat la o valoare sub 6. Datorită optimizării strategiei de irigare, se poate economisi până la 15% apă și îngrășămintele.

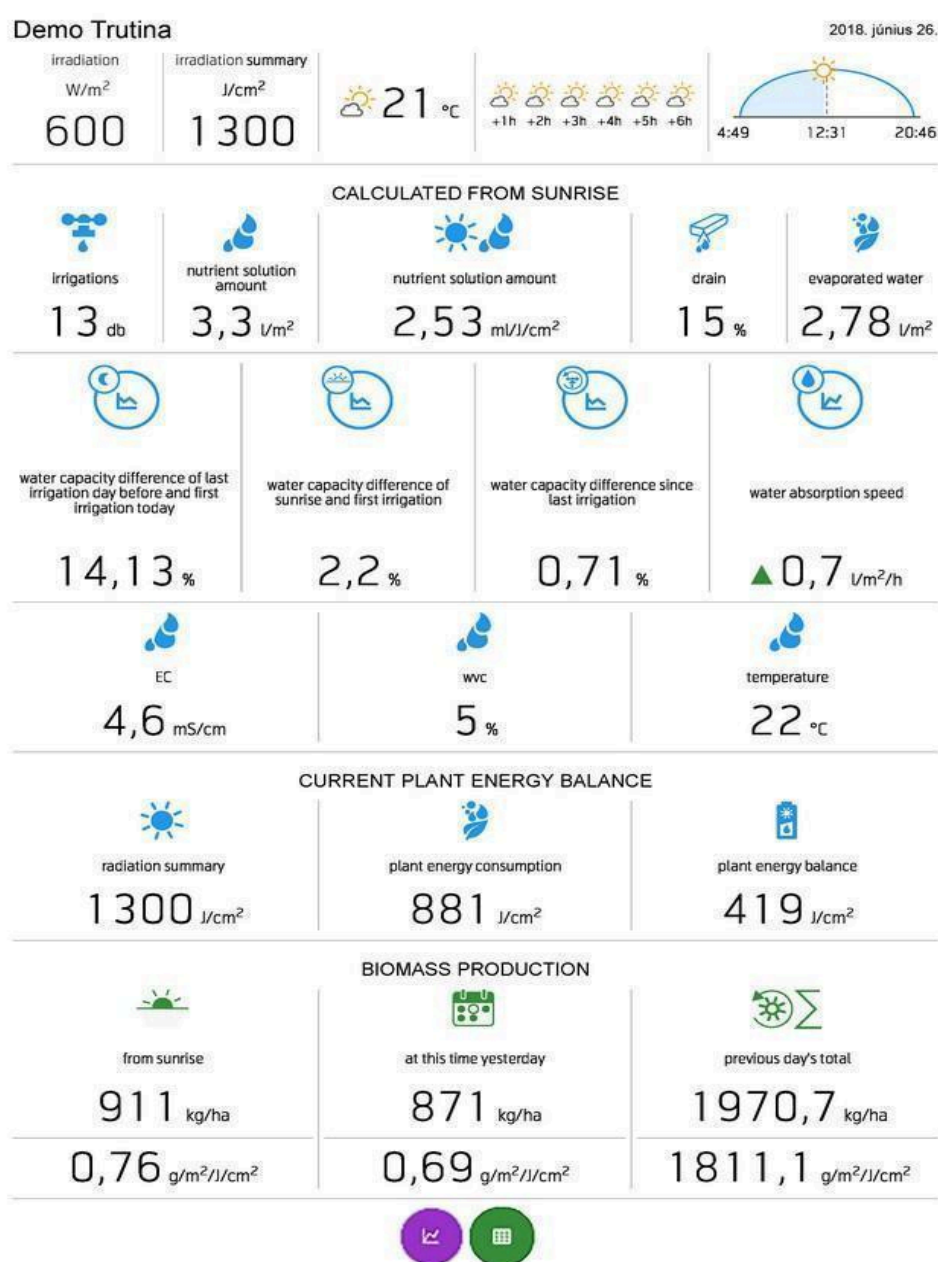
Un sistem de irigare și fertilizare trebuie să aibă următoarele caracteristici: sistem de filtrare dublu (100 și 300 microni), pompă pentru apă curată și pompă de sistem, rezervor de amestecare de mari dimensiuni (pentru pH stabil), măsurare și control dublu al EC și pH, gestionarea mai multor rețete de soluții nutritive, operabil ca unitate independentă și pornire a irigării bazată pe măsurarea luminii.



Sursă: <https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/tudasbazis-muszaki-projektek/viztisztitasi-technologiak-a-kerteszetekben>

Părțile componente ale managementului irigației și nutriției sunt, de obicei, următoarele:

- Măsurarea biomasei, care susține deciziile de cultivare pe baza observațiilor în timp real ale biomasei vegetale, cu o precizie cât mai mare posibilă.
- Apa de drenaj (apă care curge din substrat) și monitorizarea continuă a caracteristicilor soluției nutritive (EC, pH și temperatură)..
- Compatibilitate cu smartphone-uri, astfel încât principalele parametri de măsurare să poată fi vizualizați în timp real pe dispozitive mobile, indiferent de sistemul de operare mobil utilizat.
- Sistem de avertizare, care trimite automat un mesaj utilizatorului dacă unul dintre parametri scade sub un anumit nivel.



Sursă: <https://gremonsystems.com/hu/termek/trutina/>



Sursă:

<https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/altalanos-noevenytermesztes/mi-a-kueloenbseg-a-kozetgyapotos-es-a-kokuszros-termesztes-koezoett-?>

Esența sistemelor de irigare de precizie constă în efortul de a crea o irigare perfectă. De la început, trebuie să afirmăm că nu există o irigare perfectă, ci doar efortul de a o realiza. Majoritatea producătorilor de tehnică de irigare își desfășoară experimentele în laboratoare pentru a găsi cele mai precise metode de aplicare a apei. Chiar și în cazul irigării superioare realizată de aspersoare amplasate într-o seră, nu putem atinge o uniformitate de 100% conform parametrilor specificați de producători. Sistemele de picurare funcționează cu o aplicare a apei mult mai eficientă. Sistemele de irigare existente pot fi modernizate cu ușurință cu o investiție mică, obținând astfel o irigare mult mai precisă.

4. TIPURI DE SISTEME DE IRIGARE ÎN SERE

Irigarea superioară cu aspersoare micro



Sursă:

<https://www.growspan.com/news/understanding-your-greenhouse-watering-system-and-irrigation-management/>

În proiectarea irigații superioare în sere, este important să se stabilească din timp ce tip de plante, ce tehnologie și ce tip de seră vor fi utilizate pentru irigare sau umidificare superioară.

Irigarea superioară cu aspersoare micro, destinată pentru o irigare uniformă a plantelor exigente

Salata și ridichile cultivate pe sol fără completare cu sistem de picurare, sau în tăvi pentru plantule, necesită o uniformitate maximă de 92-95%. Aceste plante semnalează chiar și cele mai mici deficiențe de uniformitate, amplificându-le vizibil..

Irigare superioară independentă, pentru plante mai puțin sensibile

Este rar utilizată independent, deoarece, în principal pentru fertilizare și menținerea uscată a frunzelor, producătorii adesea o completează cu benzi de picurare. Exemple de utilizare includ irigarea ardeilor și a varzelor. Costul și prețul benzilor de picurare sunt bine compensate prin utilizarea lor.

În serele acoperite cu folie, aspersoarele sunt utilizate mai ales înainte de plantare pentru umplerea umidității solului, precum și în timpul plantării și ulterior, pentru irigarea de refrescare de 3-4 ori pe zi. Aceasta este adesea denumită umidificare în sere, dar în acest caz apa irigă solul, în timp ce în umidificare se umidifică doar aerul, fără ca apa să apară pe sol.



Sursă: <https://www.agricolplast.it/irrigazione-ad-aspersione-per-agricoltura/>

Irigarea prin picurare în sere



Sursă: <https://greenhouseinfo.com/how-build-greenhouse-drip-irrigation-system/>

Irigarea prin picurare în sere este o metodă tot mai populară și eficientă pentru udarea plantelor. Acest sistem permite livrarea apei direct în zona rădăcinilor plantelor, reducând astfel risipa de apă și crescând eficiența irigației.

Printre avantajele sistemelor de irigare prin picurare se numără posibilitatea de a controla cu precizie frecvența și cantitatea de apă aplicată, optimizând astfel creșterea plantelor și reducând riscul de supra- sau sub-irigare. În plus, deoarece apa ajunge direct în zona rădăcinilor, riscul de apariție a bolilor și a creșterii de plante necontrolate este redus. Irigarea prin picurare este un instrument eficient pentru reducerea răspândirii patogenilor și a creșterii plantelor necontrolate, deoarece nu umezește frunzele, prevenind astfel crearea unui mediu favorabil pentru bolile fungice și bacteriene.



Țeavă de picurare cu pereți rigizi, în timpul funcționării (csepegtető.mov)

Totuși, costurile de instalare și întreținere a sistemelor de irigare prin picurare pot reprezenta o provocare. Configurarea sistemului necesită o investiție financiară în componente precum țevi, picurători, filtre și controlere, precum și costuri de muncă pentru instalare. În plus, picurătorii și filtrele se pot înfunda, ceea ce reduce eficiența sistemului, de aceea sunt necesare întreținere și curățare regulată.



Unele plante, în special cele care dezvoltă sisteme de rădăcini superficiale sau care necesită umiditate ridicată, nu beneficiază întotdeauna în aceeași măsură de aplicarea irigației prin picurare. Este important să cunoaștem cerințele specifice ale plantelor înainte de a decide tipul sistemului de irigare.

Irigarea în sistemele de cultivare fără sol

În sistemele de cultivare fără sol, cum ar fi sistemele hidroponice, se aplică diferite metode de irigare. Acestea includ sisteme cu rădăcini suspendate în apă, precum cultura pe apă adâncă, care

este ideală pentru plante mai mici, cum ar fi salata. În acest sistem, rădăcinile plantelor sunt complet acoperite cu soluție nutritivă, de aceea este important să se monitorizeze atent conținutul de oxigen al soluției. (vezi. 4.5).

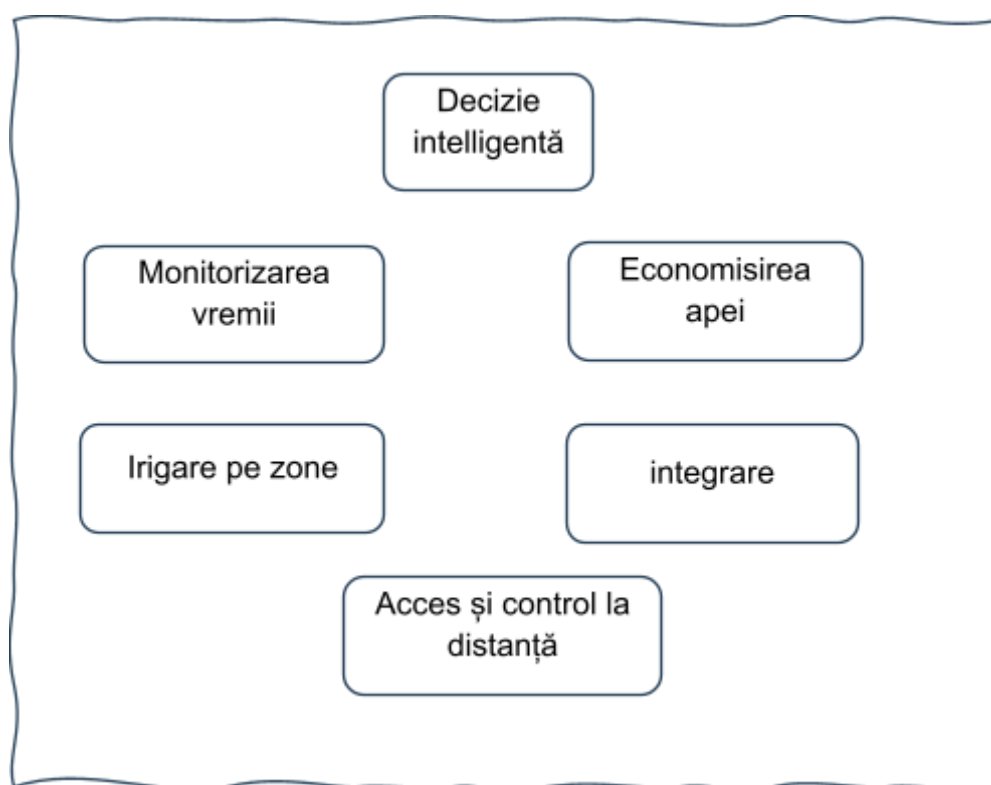
Sistemul de irigare prin picurare, similar cu irigarea prin picurare tradițională, permite reciclarea apei excesive, făcând astfel sistemul de irigare mai eficient. Acest sistem este compus din rezervoare de apă separate, pompe de apă și tuburi mici care furnizează apă plantelor la intervale regulate.

O altă metodă frecvent utilizată este tehnica filmului nutritiv (NFT), în care plantele sunt alimentate cu nutrienți printr-o apă care circulă continuu.

Sistemul aeroponic folosește mai puțină apă, în care rădăcinile plantelor sunt suspendate în aer și sunt pulverizate cu soluție nutritivă.

În timpul configurării sistemelor hidroponice, este important să cunoaștem condițiile adecvate de iluminare, să monitorizăm concentrația soluției nutritive și valoarea pH-ului, precum și să îmbogățim apa cu oxigen. Costul sistemului variază în funcție de tipul și dimensiunea aleasă.

5. CARACTERISTICILE PRINCIPALE ALE ECHIPAMENTELOR DE IRIGARE INTELIGENTE



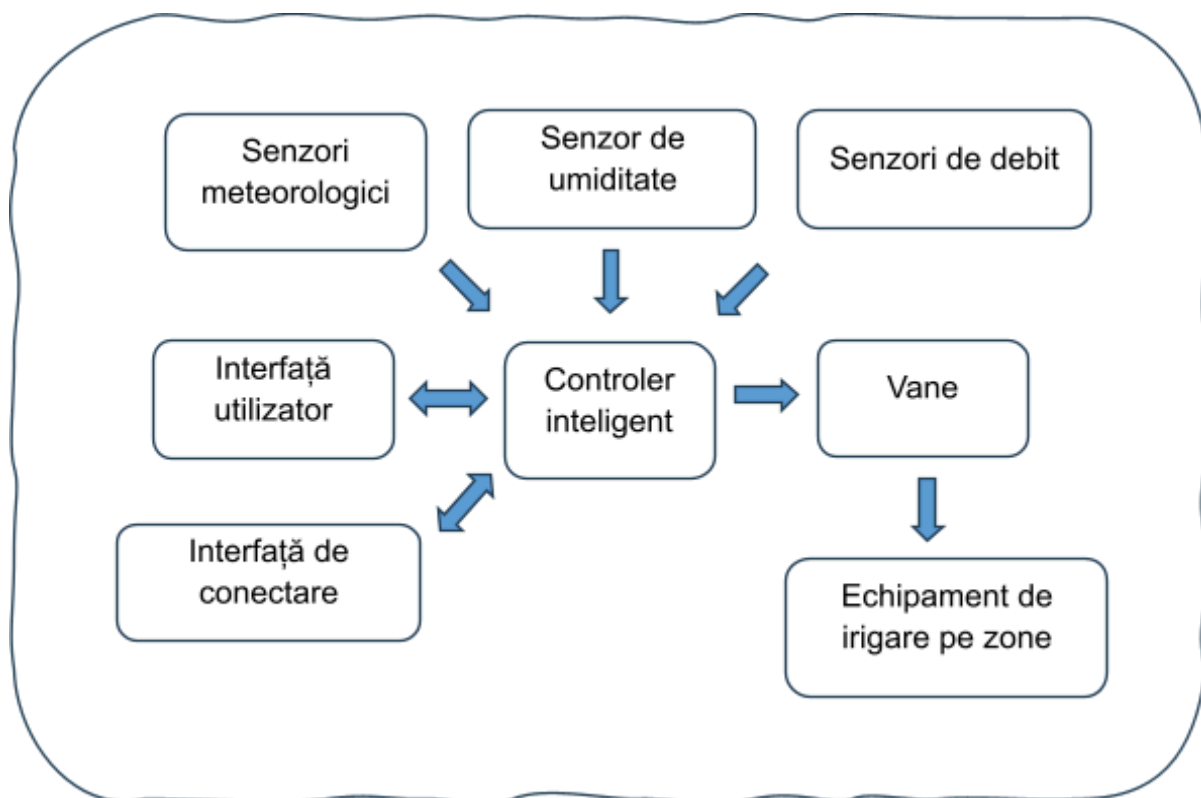
Caracteristicile echipamentelor de irigare inteligente

- **Monitorizarea vremii:** Echipamentele de irigare inteligente sunt adesea echipate cu senzori de vreme sau se conectează la servicii meteorologice online. Prin monitorizarea datelor meteorologice în timp real, sistemul poate ajusta planurile de irigare în funcție de condițiile actuale și prognozate ale vremii. De exemplu, dacă vremea este mai înnorată, sistemul poate amâna irigarea pentru a evita udarea inutilă.

- **Decizie inteligentă:** Unitatea inteligentă de luare a deciziilor analizează datele provenite de la diferiți senzori și, folosind condițiile meteorologice prognozate sau actuale, stabilește planul și durata optimă de irigare pentru fiecare zonă a sistemului de irigare.
- **Irigare pe zone:** Sistemele de irigare inteligente sunt de obicei împărțite în mai multe zone, fiecare reprezentând o subzonă specifică a terenului care trebuie irigat, cu nevoi de apă diferite. Prin divizarea în zone, apa poate fi direcționată către anumite regiuni, prevenind astfel suprairigarea în unele zone și subirigarea în altele.
- **Acces și control de la distanță:** Multe sisteme de irigare inteligente oferă acces de la distanță prin aplicații mobile sau interfețe web. Acest lucru permite utilizatorilor să supravegheze și să controleze sistemul de irigare de oriunde, ajustându-l după cum este necesar. De exemplu, dacă utilizatorul observă că o anumită zonă primește prea multă sau prea puțină apă, poate modifica manual setările prin intermediul aplicației.
- **Economisirea apei:** Scopul principal al sistemelor de irigare inteligente este economisirea apei prin utilizarea acesteia într-un mod mai eficient. Prin utilizarea datelor în timp real și a algoritmilor inteligenți, aceste sisteme pot reduce risipa de apă.
- **Integrarea cu sistemele inteligente din casă:** Unele sisteme de irigare inteligente pot fi integrate în sisteme mai mari de locuințe inteligente, permițându-le să comunice cu alte dispozitive inteligente din casă. De exemplu, pot fi sincronizate cu senzorii de radiație pentru a preveni irigarea în zilele înnorate sau cu senzorii de umiditate pentru a ajusta irigarea în funcție de condițiile atmosferice.

6. STRUCTURA UNUI SISTEM DE IRIGARE INTELIGENT

Un sistem inteligent de irigații constă de obicei din mai multe componente cheie care lucrează împreună pentru a optimiza utilizarea apei și a automatiza procesul de irigații. Aceste componente



pot varia în funcție de marca și modelul specific al sistemului dumneavoastră.

- **Controler inteligent:** Echipamentele de irigare inteligente folosesc controlere inteligente care funcționează ca centrul de comandă al sistemului. Aceste controlere primesc date de la senzorii de vreme și climă, senzorii de umiditate a solului și alte dispozitive conectate. Prin intermediul algoritmilor de control și analizelor de date, controlerul creează un program de irigare optimizat pe baza factorilor precum condițiile climatice, nivelul de umiditate al solului/mediu de rădăcină și tipurile de plante.
- **Senzori meteorologici:** Senzorii meteorologici, cum ar fi senzorii de ploaie, senzorii de direcție și viteză a vântului, senzorii de presiune atmosferică și senzorii de temperatură, furnizează date meteorologice în timp real controlerului inteligent. Aceste informații sunt esențiale pentru reglarea climatului interior și pentru asigurarea unei alimentări optime cu apă.



*Interfață grafică pentru senzorii meteorologici
Senzori de precipitații, viteză a vântului și direcție a vântului*

- **Senzori de umiditate a solului:** Senzorii de umiditate a solului sunt componente esențiale ale sistemelor de irigare inteligente. Aceștia măsoară nivelul de umiditate al solului. Senzorii sunt plasați în sol sau în mediul de rădăcină și furnizează date controlerului inteligent despre cât de uscat sau umed este solul în diferite zone. Aceste informații ajută sistemul să determine când este necesară irigarea și câtă apă trebuie aplicată.



Senzor de umiditate a solului

- **Senzori de debit:** Senzorii de debit monitorizează viteza de curgere a apei prin sistemul de irigare. Aceștia ajută la detectarea scurgerilor sau a altor probleme din sistem și pot furniza date valoroase pentru monitorizarea și conservarea consumului de apă. În plus, sistemul poate utiliza aceste informații pentru a opri automat alimentarea cu apă în cazul în care detectează o scurgere, prevenind astfel pierderile de apă.



Senzor de debit

- **Pompa de apă:** Adesea indispensabilă în sistemele de irigare, dar nu întotdeauna necesară. Există diferite tipuri de pompe de apă. Una dintre cele mai frecvent utilizate este pompa submersibilă, care este proiectată pentru a fi scufundată în apă. De obicei, este utilizată în fântâni și alte rezervoare de apă adâncă.



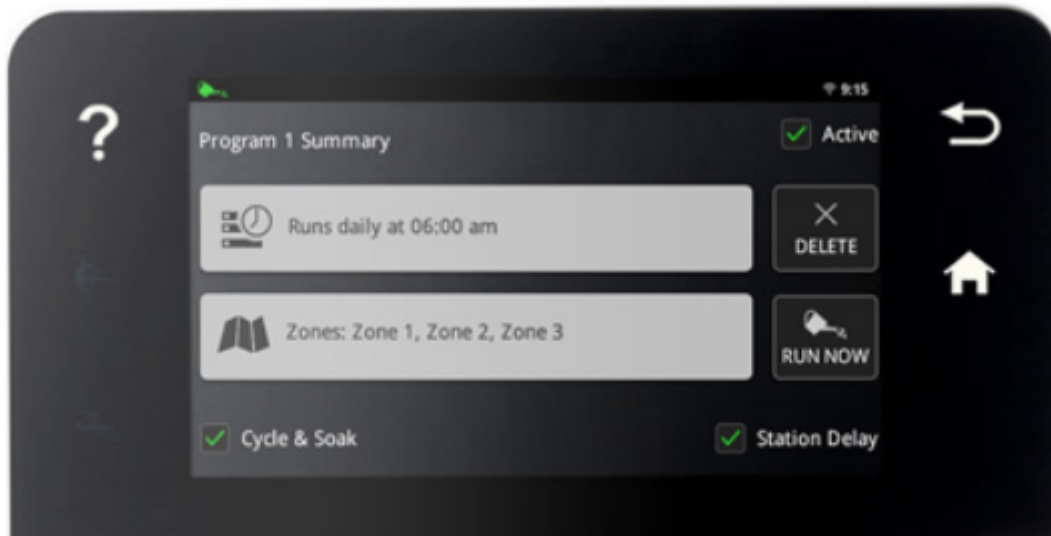
Pompă de apă

- **Vane:** Vanele reglează fluxul de apă în diferitele zone ale sistemului de irigare. Fiecare zonă are de obicei propria vană, care permite controlul apei către anumite zone. Controlerul inteligent comunică cu vane și le deschide sau închide conform programului de irigare.



Vană controlată electronic

- **Interfață utilizator:** Majoritatea sistemelor de irigare inteligente sunt echipate cu un ecran grafic, care poate fi cu touchscreen, cu aplicație mobilă sau cu o interfață web, permițând utilizatorilor să supravegheze și să controleze sistemul de la distanță. Prin intermediul aplicației sau al interfeței, utilizatorii pot modifica programele de irigare, vizualiza istoricul irigării și ajusta setările sistemului.



Interfață utilizator

- **Echipament de irigare specific pe zone:** În sistemele de irigare tradiționale, se folosesc echipamente de irigare specifice pentru zone, cum ar fi duze de udare, picurătoare sau duze rotative, pentru a livra apa în diferite părți ale peisajului. În sistemele de irigare inteligente, aceste dispozitive sunt de obicei prezente, colaborând cu controlerul inteligent pentru a asigura o irigare de precizie și eficientă.



Sistem de picurare

- **Interfață de conectare:** Sistemul de irigare inteligent poate fi echipat cu opțiuni de conectare prin cablu sau wireless pentru a se conecta la serviciile de control al climatului, de unde poate primi actualizări de software și se poate integra în sisteme inteligente de acasă pentru a colabora cu alte dispozitive.

Aceste componente colaborează pentru a crea un sistem de irigare inteligent și eficient, care optimizează utilizarea apei și menține sănătatea plantelor. În plus, unele sisteme pot avea funcționalități suplimentare, cum ar fi integrarea cu servicii meteorologice și control vocal prin asistenți virtuali, pentru a spori economisirea și gestionarea apei.

7. SORSA

- <https://greenhouseemporium.com/how-to-set-up-hydroponics-in-a-greenhouse/>
- <https://www.growspan.com/news/understanding-your-greenhouse-watering-system-and-irrigation-management/>
- <https://www.dripworks.com/blog/how-to-install-drip-irrigation-in-a-greenhouse>
- <https://greenhouseinfo.com/how-build-greenhouse-drip-irrigation-system/>
- <https://greenhouseessentials.com/innovative-watering-systems-for-greenhouses-drip-irrigation-vs-misting/>
- <https://www.gardenandgreenhouse.net/articles/greenhouse-articles/drip-irrigation-for-greenhouses/>
- <https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/tudasbazis-muszaki-projektek/viztiszttasi-technologiak-a-kertesz-etekben>
- <https://gremonsystems.com/hu/termekek/trutina/>

7. DIGITALIZAREA ILUMINATULUI ARTIFICIAL ÎN SERE

Autori

Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

1 ROLUL LUMINII ÎN VIAȚA PLANTELOR

Lumina reprezintă spectrul de radiații electromagnetice vizibile pentru ochiul uman (400-780 nm), cu următoarele spectre în special: 400-420 nm - violet; 420-490 nm - albastru; 490-540 nm - verde; 540-640 nm - galben; 640-780 nm - roșu. Aceeași spectru joacă un rol activ în fotosinteza la plante.

Fotosinteza este procesul biochimic prin care organismele vii folosesc energia luminii solare pentru a transforma materia anorganică în materie organică (1). Dacă se analizează intensitatea razelor solare care ajung pe Pământ în funcție de lungimea de undă, în această gamă vizibilă se află cele mai intense radiații (2). Prin urmare, plantele au evoluat pentru a utiliza cele mai intense radiații (**figura 1**). Aceasta se numește radiație fotosintetică activă (**PAR**).

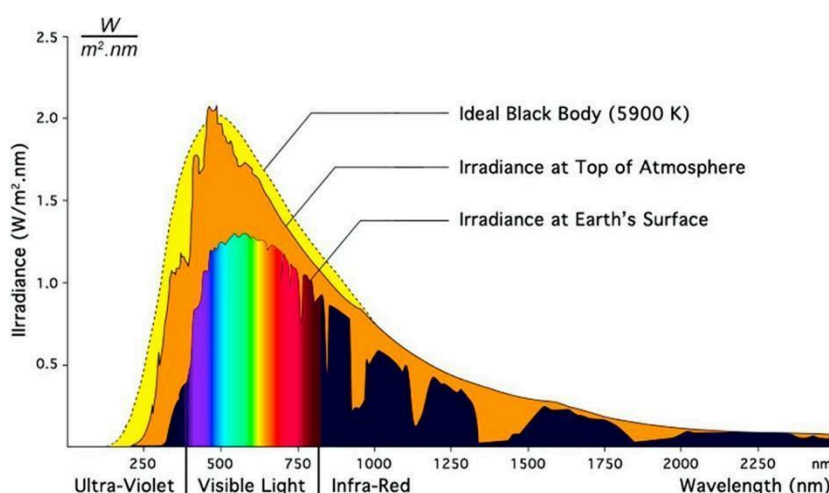


Figura 1 Spectrul solar total la suprafața Pământului și la partea superioară a atmosferei (2).

Radiația fotosintetică activă reprezintă aproximativ 40-48% din spectrul de energie radiantă a Soarelui, în funcție de caracteristicile atmosferei (opacitate, umiditate relativă, poluare atmosferică) și de poziția geografică (latitudine). Restul de 52-60% din energia radiantă este predominant reprezentat de radiația termică cu unde lungi din **regiunea** infraroșie (**IR**). **În plus**, radiațiile **ultraviolete (UV)** exercită, de asemenea, o activitate biologică (3).

Frunzele sunt organul pe care plantele au evoluat pentru a utiliza lumina, iar capacitatea lor de a absorbi lumina depinde de mărimea și amplasarea lor. Dimensiunea frunzelor se exprimă prin suprafața foliară (LA). În condiții optime, cu cât suprafața foliară este mai mare, cu atât mai multă lumină poate folosi o plantă. Cu toate acestea, într-o populație de plante, creșterea suprafeței foliare sporește utilizarea luminii doar până la o anumită limită, deoarece umbrirea reciprocă a plantelor o inhibă dincolo de un anumit nivel. Într-un arboret de cultură, suprafața foliară a vegetației trebuie măsurată nu numai în termeni absoluți, ci și în raport cu suprafața de creștere (At). Raportul dintre cele două se numește indicele suprafeței foliare ($LAI=LA \cdot At^{-1}$). În funcție de specia vegetală, creșterea indicelui suprafeței foliare crește și utilizarea luminii numai până la o anumită limită, peste care apare autoumbră, adică frunzele inferioare nu primesc suficientă lumină pentru fotosinteză (4).

Diferitele specii de plante au cerințe diferite în materie de lumină. Pe lângă cantitatea de iluminare, durata de expunere a plantelor la lumină trebuie să fie luată în considerare la evaluarea cerințelor de lumină. Printre speciile care necesită mai multă lumină se numără: roșiile, ardeii, pepenii verzi, pepenii galbeni. Varza, varza, varza kale, fasolea, sfecla și ceapa sunt considerate ca având o exigență medie de lumină. Printre plantele care tolerează umbra se numără: țelina, morcovii și rubarba. În prezent, cerințele de lumină ale majorității speciilor de legume cultivate sunt cuantificate prin DLI (Daily Light Integral), cantitatea de fotoni (daily light integral) incidente pe o anumită suprafață într-o zi, măsurată în $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, care poate fi calculată din datele furnizate de senzorii fotometrice moderni ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) (5). Astfel, de exemplu, pentru a cultiva culturi cu intensitate luminoasă, cum ar fi ardeii sau roșiile, este necesar un minim de $22\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, iar pentru salata iceberg, mai puțin intensivă din punct de vedere a luminozității, $11,5\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, (6-9).

Răspunsul plantelor la raportul dintre timpul petrecut la lumină și timpul petrecut în întuneric se numește fotoperiodism. Caracteristicile de dezvoltare care fac obiectul reglementării fotoperiodice includ înflorirea, dormanța mugurilor și senescența frunzelor. În această privință, se pot distinge trei grupe, după cum urmează (10):

1. Inițierea florală la plantele de zi scurtă are loc atunci când fotoperioada zilnică durează până la 12 ore. Fotoperioadele mai lungi inhibă sau opresc complet formarea florilor. Culturile noastre se încadrează în acest grup: soia și cartofii dulci.
2. Inițierea florilor la plantele de zi lungă are loc atunci când durata fotoperioadei zilnice este de cel puțin 9-14 ore, dar cu cât fotoperioada depășește mai mult această valoare critică, cu atât formarea florilor este mai rapidă. Include: mazăre, spanac, ridichi și varză chinezească.
3. Dezvoltarea plantelor diurne este independentă de durata zilei, cunoscute și sub numele de plante afotoperiodice. Unele specii de plante sunt de zi scurtă, iar altele de zi lungă. Printre acestea se numără salata și roșiile.

Aceste grupe pot fi întâlnite și în cadrul speciilor de plante individuale, astfel încât, atunci când se alege o specie, este esențial să se știe pe care să o alegem pentru un anumit sezon de creștere sau pentru o anumită durată de lumină (11).

Iluminatul este factorul de mediu numărul unu care afectează creșterea și dezvoltarea plantelor, iar cultivarea în interior depinde în mare măsură de calitatea luminii. Lumina naturală este cel mai important factor în cultivarea în sere. În zona temperată, în cultivarea îndelungată, cantitatea de lumină solară care intră este optimă doar pentru o perioadă scurtă de timp și este cea mai importantă pentru procesele anabolice (asimilare) ale plantelor. Conform așa-numitei reguli de 1%, formulată de cercetătorii olandezi, o iradiere cu 1% mai mare duce, în general, la o producție cu 1% mai mare (12). Prin urmare, echipamentele sunt dezvoltate în primul rând pentru a îmbunătăți utilizarea luminii, dintre care materialul de acoperire este doar un factor cheie (a se vedea tabelul 3 din modulul 1).

Deoarece răspunsul plantelor la lumină, **fotomorfogeneza, depinde în** mare măsură de genotip și de stadiul de dezvoltare, este necesar să se determine cerințele de lumină ale diferitelor stadii de dezvoltare pentru diferite soiuri, pentru a obține un randament maxim (13).

Eficiența fotosintetică a diferitelor spectre a fost studiată de mulți cercetători, una dintre cele mai acceptate fiind curba McCree (14).

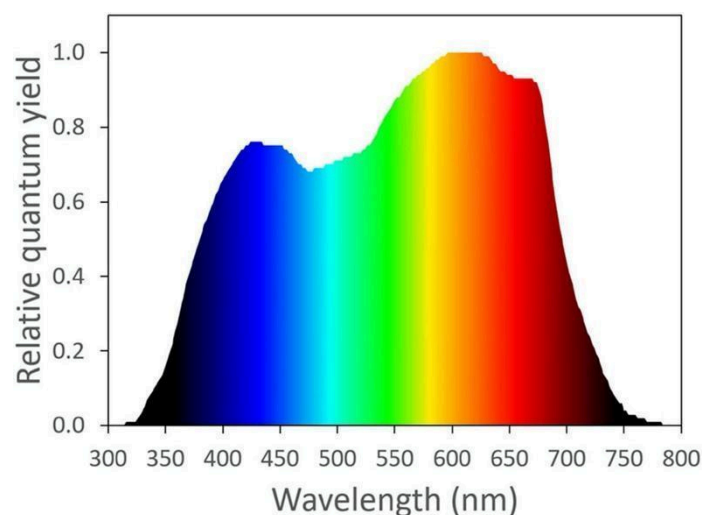


Figura 2 Spectrele de acțiune normalizate ale randamentului cuantic maxim al asimilării CO_2 la benzi de undă înguste, de la ultraviolet la lungimi de undă în roșu îndepărtat (15)

Speciile de plante, și chiar și soiurile, răspund în mod diferit la diferitele tipuri de iluminare spectrală, dar există un acord asupra faptului că lumina roșie este importantă pentru aparatul fotosintetic și influențează transportul de asimilați (16).

În fotosinteză, lumina albastră afectează dezvoltarea cloroplastelor, formarea clorofilei și conținutul plantelor, dar răspunsul plantelor depinde în mare măsură de doza de lumină albastră (17).

Efectul iluminării verzi este similar cu cel al iluminării albastre, fiind implicat în fotosinteză prin intermediul pigmentilor fitocrom și criptocrom (18). Iluminarea prea intensă cu lumină roșie duce la așa-numitul "sindrom al luminii roșii", care se manifestă prin morfologia slabă a microlegumelor, cu expresie defectuoasă a genelor (18,19). Combinația dintre lumina roșie și alte surse de lumină, în special lumina albastră, poate regla eficient deschiderea stomatală și poate îmbunătăți absorbția de carbon de către plante, prevenind astfel formarea "sindromului luminii roșii" (20,21).

Pe lângă fotosinteză, lumina afectează și alte procese ale plantelor, cum ar fi **fotomorfogeneza**, care implică răspunsurile plantelor la lumină în ceea ce privește creșterea și dezvoltarea. Fotomorfogeneza descrie răspunsurile de creștere și dezvoltare induse de lumină care nu sunt neapărat legate direct de fotosinteză. În acest caz, lumina acționează ca un semnal care activează fotoreceptorii plantelor, influențând creșterea plantelor, înflorirea, dezvoltarea rădăcinilor și alte procese de dezvoltare.

Acești fotoreceptori fac parte din rețele complexe de semnalizare care influențează expresia genelor și dezvoltarea plantelor. Prin detectarea tipurilor de lumină, a intensităților și a perioadelor de expunere, plantele se adaptează la condițiile de mediu, optimizează activitatea fotosintetică și creșterea și dezvoltă strategii de supraviețuire.

Rolul precis al fiecărui fotoreceptor și căile de semnalizare pe care le mediază sunt încă în curs de investigare activă, iar acest domeniu evoluează în mod dinamic. Fotoreceptorii sunt (22): Fitocromii sunt în principal responsabili pentru detectarea luminii roșii (660 nm) și roșii îndepărtate (730 nm). Aceștia au două forme, Pr (care absorb lumina roșie) și Pfr (care absorb lumina roșie îndepărtată). Ei reglează creșterea plantelor, înflorirea, germinarea și alte procese de dezvoltare. Criptocromii detectează spectrul de lumină UV-A și albastru (aproximativ 320-500 nm). Ei sunt implicați în

reglarea ritmului circadian al plantelor, a momentului de înflorire și de creștere a lăstarilor. Lumina UV determină scurtarea articulațiilor plantei. Fototropinele sunt deosebit de sensibile la lumina albastră (aproximativ 400-500 nm). Rolul lor principal este în fototropism, care este mecanismul prin care plantele se apleacă spre lumină, și reglează mișcările organelor de deschidere, cum ar fi deschiderea și închiderea stomatelor. Fotoreceptorii UV-B detectează lumina UV-B (280-320 nm). Aceștia reglează răspunsurile defensive, cum ar fi apărarea împotriva UV-B, și pot influența creșterea și morfologia plantelor.

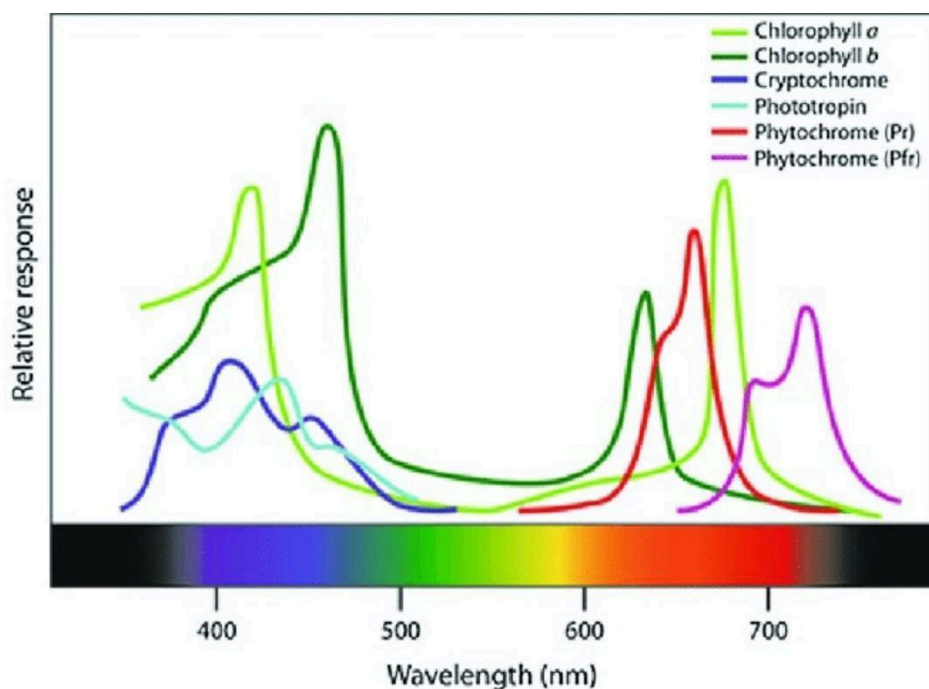


Figura 3 Curbele de absorbție relativă a moleculelor care absorb lumina în funcție de lungimea de undă

2 ILUMINATUL ARTIFICIAL

Studiul plantelor cultivate sub lumină artificială a început în urmă cu aproximativ 150 de ani, iar începând cu 1971, cercetarea spațială a dat un impuls major cercetării în acest domeniu (23). Sursele de lumină au fost inițial tuburi fluorescente cu diferite intensități și spectre de lumină, lămpi cu sodiu de înaltă presiune (HPS) (24) și, începând cu anii 1990, diode emițătoare de lumină (LED) (25). În zona temperată, se utilizează în principal în producția de plante legumicole și în unele echipamente de producție de plante ornamentale și ierburi. În ultimii ani, a fost implementat și în cazul plantelor de tomate, permițând recoltarea în ianuarie-februarie. Pentru a reduce iradierea în ceea ce privește reducerea luminii, nu este nevoie de prea mult în zona temperată.

3 TIPURI DE SURSE DE LUMINĂ ARTIFICIALĂ

În ultimii ani, utilizarea iluminatului artificial suplimentar în sere a devenit din ce în ce mai frecventă. Anterior, acest lucru era esențial pentru unele plante ornamentale, dar acum este utilizat și pentru producția de alimente în culturile de legume. Fermele verticale nu folosesc deloc lumina naturală, ci doar surse de lumină electrică. Această ultimă metodă de producție de plante a fost utilizată în trecut în așa-numitele fitotroni, doar în scopuri de cercetare (26).

Sursele de lumină utilizate pentru cultivarea plantelor sunt: tuburi fluorescente: tuburile fluorescente tradiționale, cum ar fi tuburile T5, T8 și T12, sunt încă populare, în special pentru cultivarea răsadurilor tinere și a plantelor mici. Aceste surse de lumină sunt excelente pentru o distribuție uniformă a luminii pe suprafețe mari. Lămpi fluorescente compacte (CFL) și lămpi cu sodiu de înaltă presiune (HPS): Aceste tipuri de lămpi oferă o durată de viață mai lungă și o putere de iluminare mai bună, dar produc mai multă căldură, necesitând un control al temperaturii. Iluminarea cu LED-uri: Lămpi cu LED (diode emițătoare de lumină) devin din ce în ce mai populare în producția de culturi, deoarece sunt eficiente din punct de vedere energetic, au o durată de viață lungă și permit controlul spectrului luminos. LED-urile de diferite culori, cum ar fi roșu și albastru, sunt deosebit de utile pentru anumite etape de creștere a plantelor. Tabelul următor compară avantajele și dezavantajele surselor de lumină artificială (27).

Tabelul 1 Avantajele și dezavantajele surselor de lumină artificială

Sursă de lumină Tip	Beneficii	Dezavantaje
Tuburi fluorescente (T5, T8, etc.)	Distribuție uniformă a luminii, costuri inițiale mai mici, mai puțină generare de căldură	Consum de energie mai mare decât LED-urile, înlocuire mai frecventă decât LED-urile
Lămpi fluorescente compacte (CFL)	Eficiență energetică, achiziție și instalare ușoară	Este necesară gestionarea căldurii, nu este ideal pentru suprafețe mari
Lămpi cu sodiu de înaltă presiune (HPS)	Intensitate luminoasă ridicată, bună pentru susținerea înfloriturii	Producție mare de căldură, spectru neechilibrat
Lămpi cu halogenuri metalice (MH)	Bun pentru susținerea creșterii vegetative, cu spectru larg	Producție mare de căldură, necesită înlocuire frecventă, mai puțin eficiente energetic decât LED sau CFL
LED	Consum redus de energie, durată lungă de viață, generare redusă de căldură, controlabilitate a spectrului	Costuri inițiale mai mari, luminozitate limitată în unele cazuri

Sursele de lumină pe bază de LED, datorită rentabilității lor îmbunătățite (25,28,29), au dat, de asemenea, un impuls major producției de culturi iluminate artificial în ultimul deceniu (30). Utilizarea lor a făcut posibilă producerea de culturi în momente și în locuri în care anterior nu era posibil, ceea ce este deosebit de important pentru culturi precum legumele cu frunze pe tot parcursul anului (25,31).



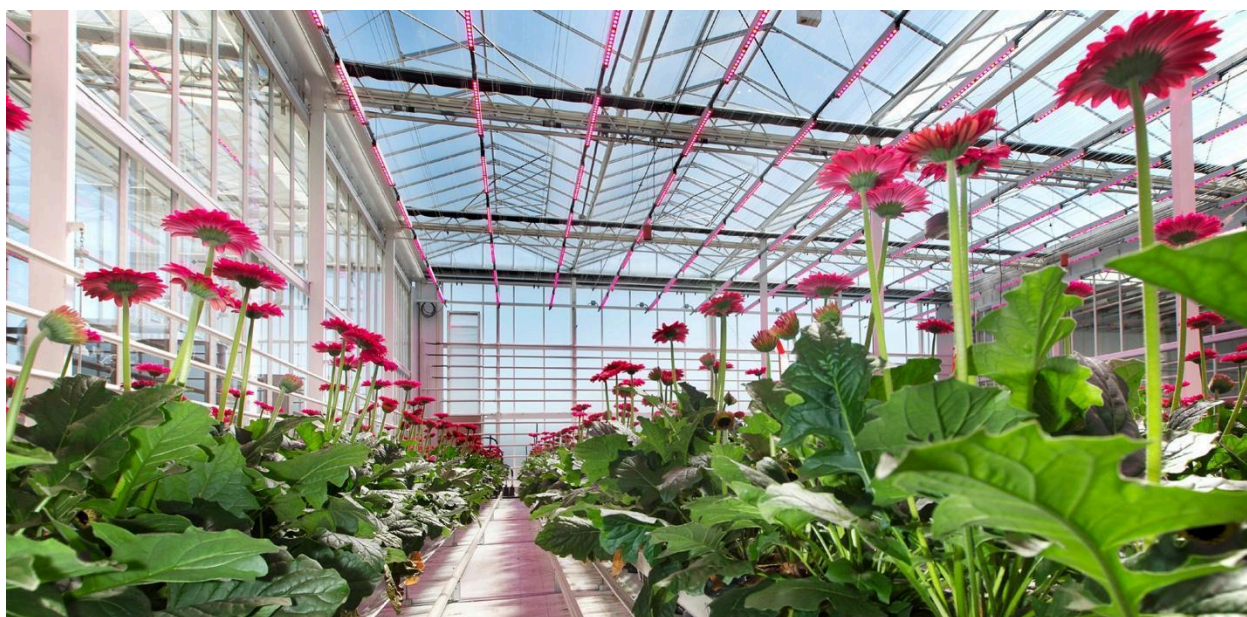


Figura 4 Lampă cu vapori de sodiu de înaltă presiune (HPS), diodă emițătoare de lumină HPS (LED) cu lumină intermediară, lămpi LED de sus

4 COMPARAȚIE ÎNTRE SURSELE DE LUMINĂ HPS ȘI LED

O condiție prealabilă pentru funcționarea eficientă a serele moderne este asigurarea unui iluminat artificial (suplimentar) adecvat și eficient din punct de vedere energetic. Cercetarea și dezvoltarea în acest domeniu a făcut, de asemenea, pași mari în ultimii ani. Pentru plante, nu cantitatea totală de lumină primită este cea mai importantă, ci radiația fotosintetic activă (PAR) (32). În domeniul luminii vizibile, pigmentii fotosintetici din plante sunt cel mai bine capabili să utilizeze radiații cu lungimi de undă de aproximativ 450 nm, pe de o parte, și 660 nm, pe de altă parte. În plus, aceștia pot detecta și intervale de lumină care sunt invizibile pentru ochiul uman (33). Deoarece sursele de lumină cu LED-uri pot controla cu precizie spectrul de lumină emisă, acestea oferă o modalitate mai eficientă de îmbunătățire a performanțelor plantelor decât alte surse de lumină. Chiar și în serele care anterior aveau HPS sau alte tipuri de iluminat artificial, lămpile sunt înlocuite cu surse de lumină mai moderne bazate pe LED-uri.

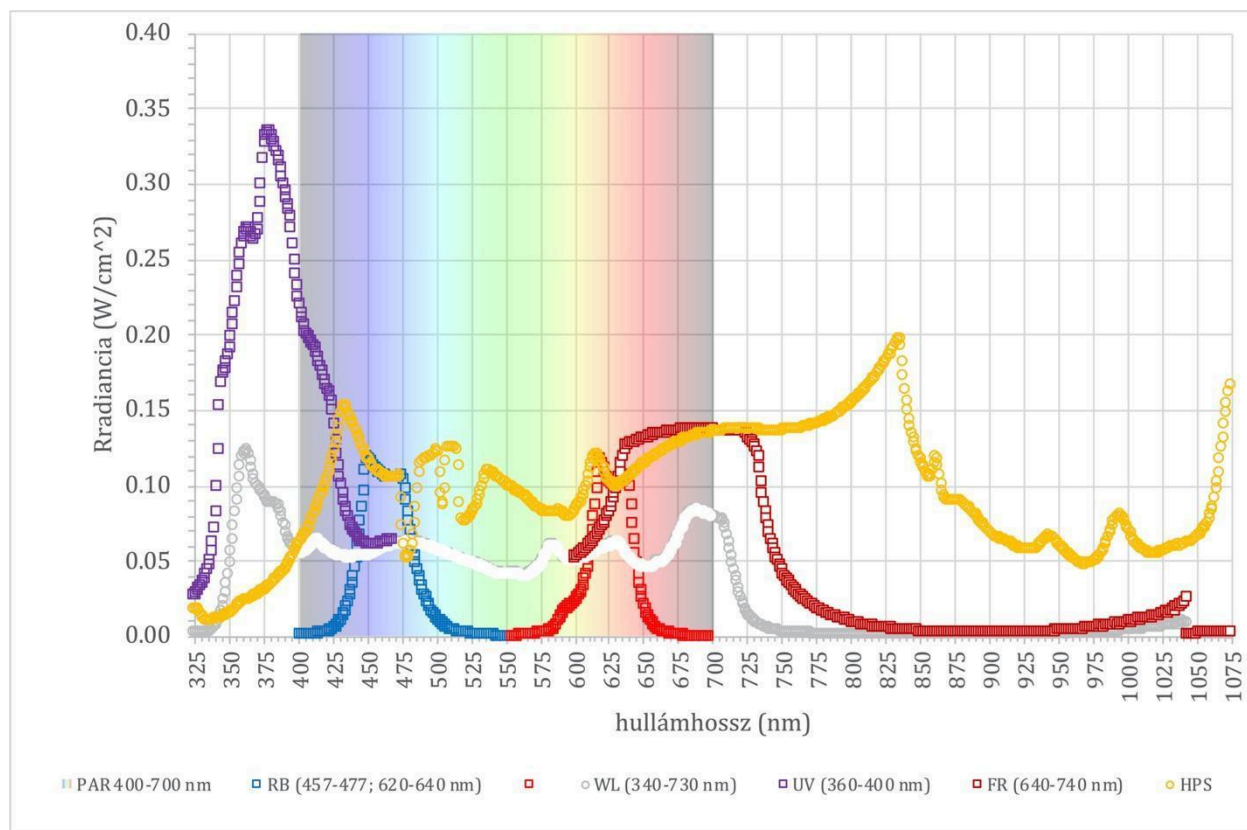


Figura 5 Spectrele HPS și ale surselor de lumină cu LED-uri de diferite culori (albastru/roșu: RB; ultraviolet: UV; roșu apropiat: FR) și alb compact (WL) în raport cu regiunea fotosintetic activă (PAR).

Lungimea de undă și intensitatea luminii au o influență puternică asupra vitalității și productivității plantelor. Cu ajutorul lămpilor cu LED, putem oferi întotdeauna compoziția spectrală și cantitatea optimă de lumină, adaptate la etapele de viață ale plantelor. Experimentele au arătat că, pentru majoritatea plantelor, gama de lumină albastră stimulează creșterea vegetativă, lumina roșie stimulează procesele generative, iar roșul îndepărtat este potrivit pentru a induce înflorirea (34). La cultivarea legumelor cu frunze, este foarte important să se evite acumularea de nitrați în corpul plantelor, iar acest lucru poate fi realizat cu un spectru luminos optim. În experimentele cu spanac cultivat în diferite condiții de lumină, plantele au prezentat diferite lungimi ale tulpinii, suprafețe foliare, producție de biomasă și, de asemenea, o compoziție nutrițională diferită. De exemplu, lumina roșie îndepărtată a crescut conținutul de fier al frunzelor (35).

Un experiment comparativ între HPS și LED a arătat că proporția de energie utilizată a variat semnificativ (între 45% și 85%) între diferite climate pentru serele iluminate cu HPS (**figura 5**). Economii de energie preconizate prin trecerea la LED-uri au fost cuprinse între 10-25% din consumul total de energie; climatul exterior a fost cel mai important factor care a determinat cantitatea de energie care ar putea fi economisită. S-a constatat că transpirația plantelor este mai mare în cazul lămpilor HPS, ceea ce duce la o pierdere mai mare de energie, iar nevoia de dezumidificare prin ventilație a crescut. Cererea mai mare de căldură a serele cu LED-uri a fost mai pronunțată iarna, când excesul de căldură de la lămpile din serele iluminate cu HPS a redus sarcina sistemului de încălzire. În timpul verii, atât serele HPS, cât și cele cu LED au avut cerințe scăzute de încălzire, în timp ce serele HPS au necesitat mai multă ventilație (36).

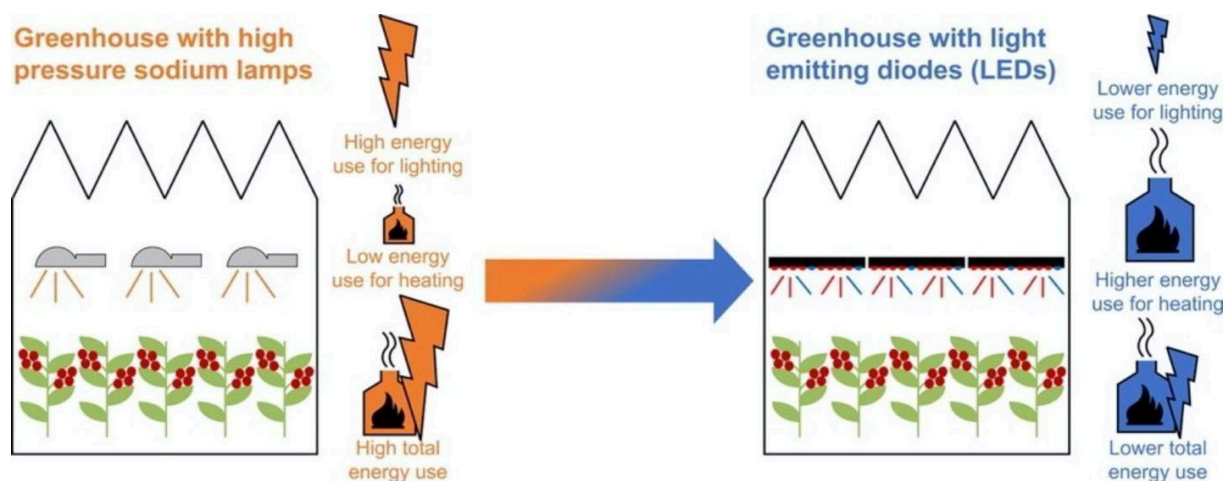


Figura 5.6 Comparație între plafonierele cu vapori de sodiu de înaltă presiune (HPS) și cele cu diode emițătoare de lumină (LED)

La o concluzie similară au ajuns cercetătorii care au comparat lămpile HPS și LED în cazul castraveților încolțiți. Toamna și primăvara, sarcina termică mai mică a lămpilor cu LED permite concentrații mai mari de CO_2 datorită cerințelor mai mici de ventilație, dar vara, reducerea sarcinii termice nu este suficient de mare pentru a afecta semnificativ concentrațiile de CO_2 . La peste 60°N , iradierea LED-urilor trebuie să fie crescută peste $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ pentru a înlocui lămpile PS (37).

5 LITERATURA

- Nagy L, Magyar M. Nu există alternative la fotosinteză: de la molecule la nanostructuri. În: N: Jeschke P, Starikov EB, editori. *Agricultural Biocatalysis: Theoretical Studies and Photosynthesis Aspects* [Internet]. Jenny Stanford Publishing; 2022. p. 211-47. Disponibil la: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003313076-7/alternatives-photosynthesis-molecules-nanostructures-lâszlô-nagy-melinda-magyar>
- Wang L, Yu J. Capitolul 1 - Principii de fotocataliză. În: In: Yu J, Zhang L, Wang L, Wang L, Zhu BBT-IS și T, editori. *S-scheme Heterojunction Photocatalysts: Fundamentals and Applications* [Internet]. Elsevier; 2023. p. 1-52. Disponibil la: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443187865000020>
- Akitsu TK, Nasahara KN, Ijima O, Hirose Y, Ide R, Takagi K, et al. Variabilitatea și caracterul sezonier al raportului dintre radiația fotosintetic activă și radiația solară: Un model empiric simplu al raportului. *Int J Appl. Earth Obs Geoinf.* 2022;108:102724.
- Sarlikioti V, Meinen E, Marcelis LFM. Reflectanța culturilor ca instrument pentru monitorizarea online a LAI și a interceptării PAR în două culturi de seră diferite. *Biosyst Eng* [Internet]. 2011;108(2):114-20. Disponibil la: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.11.004>
- Björn LO, Shevela D, Govindjee G. What Is Photosynthesis? - O viziune mai largă și mai cuprinzătoare. Nova Science Publisher, Inc.; 2023. p. 1-43.
- Gavhane KP, Hasan M, Singh DK, Kumar SN, Sahoo RN, Alam W. Determinarea integralei optime de lumină zilnică (DLI) pentru cultivarea în interior a salatei iceberg într-un sistem hidroponic vertical autohton. *Sci Rep* [Internet]. 2023;13(10923):1-15. Disponibil la: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36997-2>
- Matsuda R, Ozawa N, Fujiwara K. Fotosinteza foliară, creșterea plantelor și acumularea de carbohidrați la tomate în diferite fotoperioade și diferențe de temperatură diurnă. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2014;170:150-8. Disponibil la: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.014>
- Lanoue J, Little C, Hao X. The Power of Far-Red Light at Night: Răspunsul fotomorfogenic, fiziologic și de randament la ardei în timpul iluminării dinamice de 24 de ore. *Front Plant Sci.* 2022;13:857616.
- 9 Mitchell CA, Both A-J, Bourget MC, Burr JF, Kubota C, Lopez RG, et al. LED-urile: viitorul iluminatului în sere! *Chron Hortic* [Internet]. 2012;52(1):6-12. Disponibil la: <http://leds.hrt.msu.edu/>.
- Weller JL, Kendrick RE. Photomorphogenesis and Photoperiodism in Plants. in: *Photomorphogenesis and Photoperiodism in Plants*: Björn LO, editor. *Photobiology: The Science of Light and Life* (Știința luminii și a vieții). Springer Science and Business Media New York; 2015. p. 299-321.
- Boucher L, Eaves J, Brégar A, Pepin S, Dorais M. O nouă strategie de iluminare pentru legumele cu frunze verzi de interior prin segmentarea fotoperioadei și înlocuirea perioadei de întuneric cu punctul de compensare a luminii acestora. *Acta Hortic.* 2022;1337:107-15.
- Marcelis LFM, Broekhuijsen AGM, Meinen E, Nijis EMFM, Raaphorst MGM. Cuantificarea răspunsului de creștere la cantitatea de lumină a culturilor cultivate în seră. *Acta Hortic.* 2006;711:97-103.
- Wong CE, Teo ZWN, Shen L, Yu H. Văzând luminile pentru frunzele verzi în agricultura verticală de interior. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2020;106:48-63. Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.031>
- McCree KJ. Spectrul de acțiune, absorbanta și randamentul cuantic al fotosintezei la plantele de cultură. *Agric Meteorol.* 1971;9:191-216.
- Liu J, van Iersel MW. Fiziologia fotosintetică a luminii albastre, verzi și roșii: Light Intensity Effects and Underlying Mechanisms. *Front Plant Sci.* 2021;12:619987.
- Baroli I, Price GD, Badger MR, Von Caemmerer S. Contribuția fotosintezei la răspunsul la lumina roșie a conductanței stomatice. *Plant Physiol.* 2008;146(2):737-47.
- Hogewoning SW, Trouwborst G, Maljaars H, Poorter H, van Ieperen W, Harbinson J. Răspunsurile la dozele de lumină albastră la fotosinteza, morfologia și compoziția chimică a frunzelor de *Cucumis sativus* cultivate sub diferite combinații de lumină roșie și albastră. *J Exp Bot.* 2010;61(11):3107-17.
- Swartz TE, Corchnoy SB, Christie JM, Lewis JW, Szundi I, Briggs WR, et al. 18. The Photocycle of a Flavin-binding Domain of the Blue Light Photoreceptor Phototropin. *J Biol Chem* [Internet]. 2001;276(39):36493-500. Disponibil la: <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M103114200>
- Zhang X, Bisbis M, Heuvelink E, Jiang, WeijieMarcelis LFM. lumina verde reduce alungirea atunci când înlocuiește parțial lumina albastră unică, independent de criptocromul 1a. *Physiol Plant.* 2021;173(4):1946-55.
- Darkó É, Heydarizadeh P, Schoefs B, Sabzalian MR. Fotosinteza sub lumină artificială: schimbarea în metabolismul primar și secundar. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2014;369(1640):1-7.

- Davis PA, Burns C. Fotobiologia în horticultura protejată. *Food Energy Secur.* 2016;5(4):223-38.
- Naznin MT, Lefsrud MG: An Overview of LED Lighting and Spectral Quality on Plant Photosynthesis, în Dutta Gupta S, editor. *Light Emitting Diodes for Agriculture: Smart Lighting*, Springer Nature Singapore Pte Ltd; 2017. p. 101-11.
- Zabel P, Bamsey M, Schubert D, Tajmar M. Revizuirea și analiza a peste 40 de ani de sisteme spațiale de creștere a plantelor. *Life Sci Sp Res.* 2016;10:1-16.
- Ivanova TN, Kostov PT, Sapunova SM, Dandolov IW, Salisbury FB, Bingham GE, et al. Six-month space greenhouse experiments - A step to creation of future biological life support systems. *Acta Astronaut.* 1998;42(1-8):11-23.
- Dieleman JA, de Visser PHB, Vermeulen PCM. Reducerea amprente de carbon a culturilor cultivate în sere: Reproiectarea sistemelor de producție bazate pe LED. *Societatea Internațională pentru Știința Horticulturii*; 2016. p. 395-402.
- Eliseeva LG, Othman AJ, Belkin YD, Molodkina PG. Optimizarea biotehnologică pentru producția, calitatea și siguranța legumelor cultivate în fitotroni de tip urban.
- Fujiwara K. Light Sources. în Kozai T, Niu G, Takagaki M, editori. *Plant Factory An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. Academic Press; 2020. p. 139-51.
- Gómez C, Izzo LG. Creșterea eficienței producției vegetale cu ajutorul LED-urilor. *AIMS Agric Food.* 2018;3(2):135-53.
- Kowalczyk K, Gajc-Wolska J, Metera A, Mazur K, Radzanowska J, Szatkowski M. Efectul iluminării suplimentare asupra calității fructelor de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) în cultura de toamnă-iarnă. *Acta Hortic.* 2012;956:395-402.
- Dzakovich MP, Ferruzzi MG, Mitchell CA. Manipularea profilelor senzoriale și fitochimice ale tomatelor de seră folosind doze de radiații ultraviolete relevante pentru mediu. *J Agric Food Chem.* 2016;64(36):6801-8.
- 31. de Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. de Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. O privire de ansamblu asupra climei și randamentului culturilor în sere închise. *J Hortic Sci Biotechnol.* 2012;87(3):193-202.
- Foyo-Moreno I, Alados I, Alados-Arboledas L. A new empirical model to estimate hourly diffuse photosynthetic photon flux density. *Atmos Res.* 2018;203(noiembrie 2017):189-96.
- Baxevanou C, Fidaros D, Bartzanas T, Kittas C. Yearly numerical evaluation of greenhouse cover materials. *Comput Electron Agric [Internet].* 2018;149(decembrie 2017):54-70. Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.006>
- Yorio NC, Goins GD, Kagie HR, Wheeler RM, Sager JC. Îmbunătățirea creșterii spanacului, ridichii și salatei în condiții de diodă roșie (LED) cu suplimentarea cu lumină albastră. *HortScience [Internet].* 2001;36(2):380-3. Disponibil la: <http://hortsci.ashspublications.org/content/36/2/380.short>
- Utasi L, Monostori I, Végh B, Pék Z, Darkó É. Efectele intensității luminoase și ale compoziției spectrale asupra creșterii și metabolismului spanacului (*Spinacia oleracea* L.). *Acta Biol Plant Agriensis.* 2019;7:3-18.
- Katzin D, Marcelis LFM, van Mourik S. Economii de energie în sere prin trecerea de la iluminatul cu sodiu de înaltă presiune la iluminatul cu LED-uri. *Appl Energy [Internet].* 2021;281(iulie 2020):116019. Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116019>
- Kaukoranta T, Särkkä LE, Jokinen K. Eficiența energetică a producției de castraveți de seră în condiții de iluminare cu LED și HPS. *Acta Hortic.* 2017;1170:967-72.

8. PROTECȚIA DE PRECIZIE A CULTURILOR ÎN SERE

Autori:

- Ádám János - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
- Sándor - Alföldi ASZC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

1. PREFAȚĂ

Progresele și inovațiile tehnologice uriașe în domeniul producției vegetale și al protecției culturilor au avut un impact semnificativ asupra durabilității agriculturii, a randamentelor și a calității culturilor. Metodele de cultivare de precizie în sere permit o protecție mai precisă și mai eficientă a culturilor, minimizând impactul asupra mediului și îmbunătățind rezultatele economice. Acest curs se adresează celor interesați de agricultura modernă și care doresc să dobândească cunoștințe mai ample despre cele mai recente instrumente și strategii de protecție a culturilor.

Scopul cursului este de a oferi o imagine de ansamblu a problemelor și provocărilor cheie care apar în domeniul gestionării de precizie a dăunătorilor. Acesta va acoperi, printre altele, tehnici și instrumente inovatoare, cum ar fi senzorii automatizați, inteligența artificială și modificarea genetică, care permit detectarea timpurie a dăunătorilor și a bolilor, precum și controlul și gestionarea eficientă.

Structura conținutului se concentrează pe următoarele subiecte:

- Monitorizarea și detectarea timpurie a dăunătorilor și agenților patogeni
- Protecția de precizie a plantelor și intervenții specifice
- Produse și metode de protecție a plantelor ecologice în sere
- Gestionarea rezistenței față de dăunători și agenți patogeni
- Efectele climei din seră și protecția plantelor
- Protecția plantelor și durabilitatea

Fiecare capitol abordează subiectul mai în profunzime, prezentând cele mai recente cercetări, exemple practice și provocări în domeniu. Scopul nostru este ca acest curriculum să vă ajute să înțelegeți și să aplicați mai bine instrumentele și principiile agriculturii de precizie.

2. MONITORIZAREA ȘI DETECTAREA TIMPURIE A DĂUNĂTORILOR ȘI AGENȚILOR PATOGENI

Depistarea timpurie a dăunătorilor și a agenților patogeni și a simptomelor pe care aceștia le provoacă reprezintă baza gestionării precise a dăunătorilor. Dacă daunele cauzate de o boală sau de o populație de dăunători pot fi controlate într-un stadiu incipient, fermierul poate evita pierderi semnificative de recoltă, ca să nu mai vorbim de reducerea la minimum a costurilor de control.

2.1 Aplicarea senzorilor automatizați și a procesării imaginilor pentru identificarea dăunătorilor și a bolilor

Revoluția tehnologică din sectorul agricol transformă din ce în ce mai mult și domeniul protecției plantelor. Progresele în domeniul senzorilor automatizați și al procesării imaginilor permit o identificare mai eficientă și mai precisă a dăunătorilor și a agenților patogeni, aducând o contribuție semnificativă la realizarea unei protecții de precizie a culturilor.

Senzorii automatizați instalați în serele de precizie și în fermele verticale monitorizează permanent parametrii de mediu ai plantelor. Acești senzori sunt capabili să măsoare temperatura, umiditatea, intensitatea luminii, nivelul de CO₂, umiditatea de la suprafața frunzelor și alți parametri importanți care pot afecta incidența dăunătorilor și a agenților patogeni. Colectarea datelor în timp real permite o reacție rapidă la potențialele amenințări. Identificarea timpurie a dăunătorilor și a agenților patogeni sau a simptomelor pe care aceștia le provoacă este de neprețuit în protecția culturilor.

Progresele în domeniul prelucrării imaginilor oferă noi oportunități pentru protecția culturilor. Camerele și algoritmi de procesare a imaginilor utilizați colectează informații vizuale detaliate despre plante. Deteriorările cauzate de dăunători, simptomele bolilor și alte anomalii, cum ar fi ofilirea și îngălbenirea, pot fi identificate cu ușurință. Se poate spune că dăunătorii, în special, dar și anumite grupuri de agenți patogeni, produc așa-numitele simptome tipice pe plantele deteriorate. Exemple sunt învelișul micelial alb caracteristic ciupercilor care cauzează făinarea (figura 8.1.1) sau mucegaiul cu funingine care colonizează excrementele afidelor. Sistemele automatizate pot procesa rapid cantități mari de date și pot identifica anomalii, permițând detectarea timpurie și intervenția țintită.



Simptomele specifice ale făinării pe suprafața frunzelor (2.1)

Utilizarea senzorilor automatizați și a procesării automate a imaginilor are multe avantaje:

- Aceasta reduce nevoia de intervenție umană și de monitorizare manuală, economisind timp și resurse.
- Monitorizarea continuă și precisă a instalațiilor permite detectarea timpurie a problemelor, minimizând astfel daunele și costurile de control.

- Pe baza datelor exacte se pot dezvolta strategii de protecție specifice și eficiente care pot îmbunătăți sănătatea plantelor și randamentul.

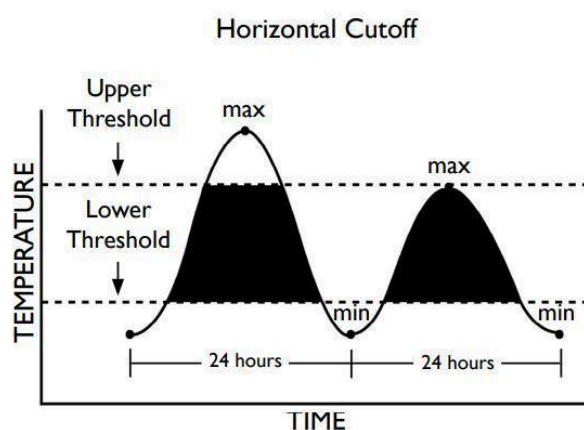
Utilizarea senzorilor automatizați și a procesării imaginilor reprezintă un progres major în domeniul protecției culturilor. În viitor sunt așteptate și alte evoluții și inovații în acest domeniu, ceea ce va face ca protecția de precizie a culturilor să fie și mai eficientă și mai durabilă, contribuind la securitatea și durabilitatea alimentară la nivel mondial.

2.2 Evaluarea și monitorizarea riscului de dăunători și boli în sere

Producția vegetală este un mediu dinamic, în continuă schimbare, în care dăunătorii și bolile cauzate de agenți patogeni reprezintă una dintre cele mai importante provocări cu care se confruntă cultivatorii. Identificarea la timp și gestionarea eficientă a dăunătorilor și a bolilor este esențială pentru a menține randamentul și calitatea. Evaluarea și monitorizarea riscurilor joacă un rol esențial în implementarea cu succes a gestionării de precizie a dăunătorilor.

Evaluarea riscurilor legate de dăunători și de boli presupune identificarea amenințărilor potențiale și a zonelor de risc. Identificarea zonelor va ține cont de sensibilitatea speciilor și soiurilor de plante, de factorii meteorologici și de mediu, precum și de experiența anilor anteriori. Evaluarea zonelor sensibile permite o planificare mai eficientă a măsurilor preventive și ajută la prevenirea răspândirii dăunătorilor și a bolilor. La fel ca în câmp, dăunătorii nu apar peste tot și deodată în seră, așa că monitorizarea zonelor sensibile este foarte recomandată.

Monitorizarea riscurilor se bazează pe monitorizarea regulată a proceselor și a stării plantelor din sere. Acest lucru se poate face cu ajutorul senzorilor sau prin colectarea manuală a datelor. Senzorii colectează informații privind modificările și valorile temperaturii, umidității relative a aerului, umidității solului și a altor parametri critici, cum ar fi durata umidității la suprafața frunzelor. Stocarea datelor colectate permite nu numai monitorizarea condițiilor curente, ci și analiza seriilor de date în timp și calcularea diferitelor valori (de exemplu, sumele gradelor termice utile) (figura 8.1.2). Aceste date sunt comparate cu praguri predefinite și se generează alarme atunci când acestea sunt atinse sau se apropie de ele. Aceste alarme pot fi trimise fie prin SMS GSM, fie prin mesaj push în cazul unei aplicații mobile adecvate. Acest lucru permite o intervenție rapidă înainte ca dăunătorii sau bolile să provoace daune grave.



Monitorizarea temperaturii pentru a urmări condițiile de creștere a agenților patogeni (2.2)

Monitorizarea riscului de dăunători și agenți patogeni se poate face nu numai prin observarea și monitorizarea condițiilor, ci și a agenților de dăunare propriu-ziși. Acest lucru se poate face cu

ajutorul unor dispozitive de capturare, cum ar fi capcanele pentru spori sau capcanele lipicioase, care pot fi operate prin procesarea imaginilor în sistemele mai avansate și prin control manual în sistemele mai puțin avansate.

Printre beneficiile evaluării și monitorizării automate a riscurilor se numără: permit o abordare proactivă a protecției culturilor, care reduce la minimum daunele cauzate de dăunători și boli. Tratamentele sau măsurile preventive sau curative timpurii sunt mult mai eficiente decât intervențiile tardive sau inoportune. Datele exacte și în timp real permit planificarea și implementarea unor intervenții specifice și eficiente. Evaluarea datelor oferă, de asemenea, posibilitatea de a planifica activitățile de control din anul următor. Alerte în timp util reduc pierderile materiale și cheltuielile, precum și utilizarea de substanțe chimice, contribuind la o producție agricolă durabilă.

În general, evaluarea și monitorizarea automatizată a riscurilor reprezintă un instrument esențial pentru punerea în practică cu succes a gestionării de precizie a organismelor dăunătoare.

2.3 Rolul inteligenței artificiale în dezvoltarea sistemelor de detecție timpurie

Una dintre cele mai importante provocări în domeniul protecției culturilor este detectarea timpurie a dăunătorilor și a bolilor și dezvoltarea unei protecții eficiente împotriva acestora. Cu toate acestea, în agricultura modernă, progresele tehnologice deschid noi oportunități în acest domeniu, iar utilizarea inteligenței artificiale (IA) revoluționează dezvoltarea sistemelor de detectare timpurie.

Inteligența artificială este un set de algoritmi și sisteme care pot învăța și lua decizii pe baza datelor, asemănător cu inteligența umană.

Inteligența artificială joacă un rol important în dezvoltarea sistemelor de detectare timpurie în multe domenii:

Prima și cea mai importantă este prelucrarea și analiza datelor: prelucrarea și analiza datelor privind plantele și parametrii de mediu ar fi o sarcină imposibilă din punct de vedere al resurselor umane. Cu toate acestea, inteligența artificială este capabilă să proceseze rapid și eficient cantități mari de date (big data). Aceasta identifică corelații și modele care pot indica prezența dăunătorilor și a bolilor, mai întâi prin învățare și apoi autonom. Proiectarea unui sistem de recunoaștere a imaginilor, de recunoaștere a tiparelor începe cu colectarea datelor și continuă cu antrenarea algoritmului. Acest lucru se numește etichetare (labeling). Această sarcină este cheia succesului ulterior al algoritmului și al IA. Acest proces necesită multă muncă, deoarece, de exemplu, toate imaginile capturate trebuie să fie etichetate manual cu simptomele bolii sau ale solicitantului și cu gravitatea acestora, astfel încât sistemul să le poată recunoaște ulterior și să nu trimită alarme false sau, mai rău, să nu reușească să recunoască simptomele la timp.

Modele predictive: inteligența artificială poate fi utilizată pentru a dezvolta modele predictive care pot fi folosite pentru a prezice probabilitatea de apariție a dăunătorilor și a bolilor. Având în vedere condițiile de mediu, vremea și alți factori, inteligența artificială poate ajuta la perfecționarea estimărilor de risc.

Monitorizare automată: senzorii și sistemele de procesare a imaginilor controlate de inteligența artificială monitorizează permanent starea plantelor și parametrii de mediu ai acestora. Pe baza unor modele și modificări predefinite, sistemul poate trimite o alertă atunci când apar semne de dăunători sau boli. Trebuie remarcat aici că un astfel de sistem poate juca un rol major nu numai în

protecția culturilor, ci și în gestionarea și controlul altor operațiuni agrotehnice (de exemplu, irigarea, dirijarea aerului).

Sprijin decizional: IA poate ajuta cultivatorii și fermierii să dezvolte strategii optime de conservare. Sistemele bazate pe IA pot lua în considerare datele actuale și istorice, informațiile și factorii de risc pentru a ajuta la luarea deciziilor.

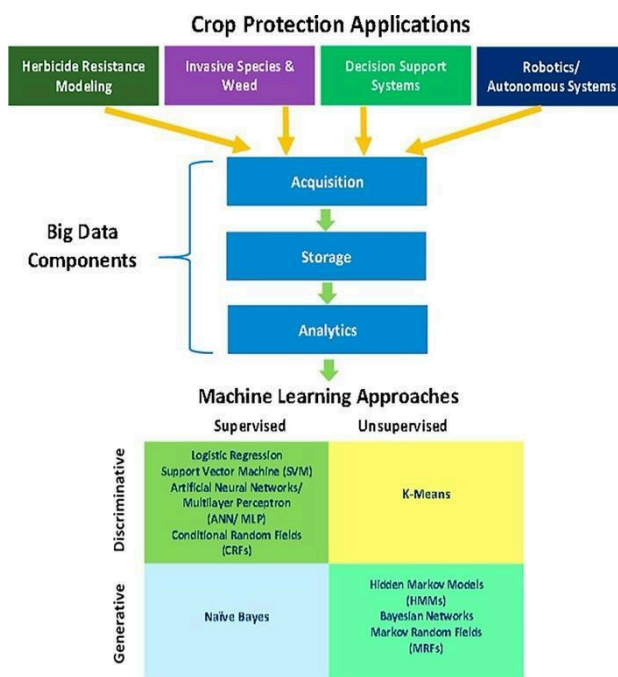
Utilizarea inteligenței artificiale în dezvoltarea de sisteme de detectare timpurie are un potențial uriaș pentru protecția de precizie a culturilor. Sistemele bazate pe inteligență artificială permit o reacție rapidă și intervenții eficiente, minimizând daunele și sporind durabilitatea producției agricole. Se preconizează că evoluțiile ulterioare în domeniul inteligenței artificiale vor duce la sisteme de detectare timpurie și mai bune și mai precise, contribuind la securitatea alimentară globală și la o agricultură durabilă.

3. PROTECȚIA DE PRECIZIE A PLANTELOR ȘI INTERVENȚII DIRECȚIONATE

3.1. Combinarea procesului decizional bazat pe date și a fitoprotecției de precizie

Combinarea dintre procesul decizional bazat pe date și fitoprotecția de precizie a culturilor a revoluționat agricultura, permițând cultivatorilor să creeze o nouă dimensiune a protecției eficiente și durabile a culturilor. Această legătură permite ca strategiile de protecție a culturilor să fie adaptate cu precizie la condițiile de cultură, la condițiile de mediu și la alți factori relevanți.

Procesul decizional bazat pe date se bazează pe date, senzori și măsurători care monitorizează starea plantelor, a solului/mediului de nutriție și a factorilor de mediu (figura 3.1.). Aceste date înregistrează în timp real dezvoltarea plantelor, prezența dăunătorilor și a bolilor și schimbările de mediu. Prin prelucrarea și analiza datelor, procesul decizional bazat pe date conduce la o protecție mai precisă și mai eficientă a culturilor.



Prezentare generală a aplicațiilor de protecție a culturilor și a legăturilor acestora cu Big Data și cu abordările de învățare automată

Pe baza principiilor de precizie în protecția plantelor, tratamentele sunt direcționate și aplicate în zona necesară. Procesul decizional bazat pe date le permite fermierilor să identifice cu precizie zonele de risc și să efectueze intervenții de protecție a plantelor doar în acele zone. Acest lucru minimizează utilizarea de substanțe chimice și reduce impactul asupra mediului, păstrând în același timp producția și calitatea.

Beneficiile unei abordări combinate se fac simțite în multe domenii:

O protecție mai precisă și mai eficientă a culturilor: procesul decizional bazat pe date permite intervenții specifice și oportune împotriva dăunătorilor și bolilor. Metodele de precizie pentru protecția culturilor pot fi utilizate pentru a aplica în mod eficient aceste intervenții în zonele cu probleme, reducând la minimum utilizarea inutilă a substanțelor chimice.

Protecția mediului: o abordare bazată pe date contribuie la reducerea presiunilor asupra mediului prin reducerea utilizării de substanțe chimice. Printr-o protecție mai precisă a culturilor, impactul asupra mediului poate fi redus la minimum, contribuind astfel la o agricultură durabilă.

Eficiență economică: combinația dintre procesul decizional bazat pe date și agricultura de precizie permite o utilizare mai eficientă a resurselor și reducerea costurilor. Intervențiile precise pot îmbunătăți randamentele și calitatea, crescând veniturile fermierilor și reducând costurile.

Datele pe care se bazează cel mai mult protecția plantelor:

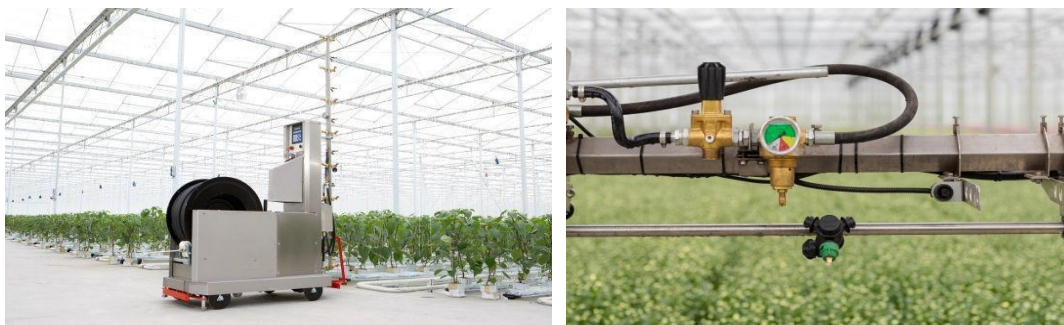
Temperatura: temperatura aerului are o mare influență asupra apariției dăunătorilor sau a agenților patogeni. În cazul dăunătorilor, de exemplu, rata de dezvoltare a insectelor (viteza, numărul de generații) este foarte strâns legată de temperatură. În cazul agenților patogeni, temperatura poate determina germinarea sporilor fungici și perioada de incubație. O temperatură prea ridicată sau prea scăzută poate, de asemenea, să modifice eficacitatea pesticidelor, astfel încât este important ca tratamentele să fie efectuate la temperatura potrivită pentru produs.

Umiditatea relativă a aerului și umiditatea suprafeței frunzelor: temperatura plantelor este întotdeauna mai scăzută decât temperatura aerului din cauza evaporării. Dacă umiditatea într-o seră crește până la 90% sau mai mult, există o mare probabilitate de condensare pe suprafețele mai reci ale plantelor, care vor forma o peliculă subțire de umiditate. Această umiditate, uneori invizibilă cu ochiul liber, este suficientă pentru ca sporii să germineze.

Prin urmare, combinarea procesului decizional bazat pe date cu gestionarea de precizie a culturilor este un element-cheie în dezvoltarea agriculturii moderne. Noile tehnologii și abordări vor permite o protecție durabilă și eficientă a culturilor, contribuind la securitatea alimentară globală și la durabilitatea mediului.

3.2. Tratamente direcționate și controlul dăunătorilor numai în zonele afectate

Protecția tradițională a culturilor în agricultură necesită adesea cantități semnificative de pesticide aplicate pe suprafețe întinse, indiferent de locul și de gradul de severitate a dăunătorului sau a bolii (figura 3.2). Cu toate acestea, tehnologia modernă permite o schimbare radicală în protecția culturilor și punerea în aplicare a stropirii și a combaterii dăunătorilor cu țintă precisă doar în zonele afectate.



Robot de stropit autopropulsat în sere și rampă de stropit pentru aplicarea pesticidelor în volum foarte mic (ULV)

Pulverizarea direcționată se bazează pe luarea deciziilor bazate pe date și pe protecția precisă a culturilor. Senzorii pot fi utilizați pentru a monitoriza în permanență sănătatea plantelor și factorii de mediu. Datele pot fi analizate pentru a identifica zonele care sunt amenințate în mod real de dăunători sau boli. Pulverizarea se aplică în aceste zone, reducând la minimum utilizarea de substanțe chimice.

În sere, monitorizarea dăunătorilor și a bolilor poate fi automatizată cu ajutorul unor astfel de sisteme și chiar și aplicarea pesticidelor poate fi gestionată prin sisteme centralizate (de exemplu prin irigare). În cadrul gestionării de precizie a dăunătorilor, tratamentul este direcționat către focarele de infecție.

ACEST LUCRU ARE MULTE AVANTAJE:

Sustenabilitatea mediului: pulverizarea direcționată reduce impactul asupra mediului al substanțelor chimice prin aplicarea acestora numai în zonele cu risc. Acest lucru reduce la minimum riscurile de contaminare a solului, a apei și a alimentelor.

Reducerea cantităților de substanțe chimice: pulverizarea direcționată în zonele afectate permite o utilizare mai eficientă a substanțelor chimice, deoarece acestea sunt aplicate doar acolo unde este necesar. Acest lucru poate duce la economii semnificative pentru fermieri și cultivatori, precum și la reducerea riscului de dezvoltare a rezistenței.

Eficiență economică: combinația dintre luarea deciziilor bazate pe date și pulverizarea direcționată poate îmbunătăți randamentul și calitatea prin protejarea culturilor împotriva dăunătorilor sau bolilor exact la momentul și locul potrivit.

Economii de timp și de forță de muncă: sistemele automatizate și intervențiile specifice reduc la minimum munca vie și timpul inutil care ar fi necesar pentru a gestiona întreaga suprafață în cadrul protecției convenționale a culturilor.

Gestionarea spațială orientată, bazată pe evaluarea riscurilor și pe controlul dăunătorilor, este o piatră de temelie a gestionării de precizie a dăunătorilor. Tehnologia modernă și abordările bazate pe date permit o protecție durabilă și eficientă a culturilor, îmbunătățind rezultatele economice.

3.3 Evaluarea eficacității fitoprotecției de precizie și a avantajele economiilor realizate

Protecția de precizie a culturilor nu are ca scop doar controlul eficient al dăunătorilor și bolilor, ci oferă și multe alte beneficii cultivatorilor în procesul de producție. Evaluarea eficacității tehnologiilor și a abordărilor bazate pe date este un pas important în proiectarea și dezvoltarea sistemului.

Există mai multe modalități de evaluare a eficienței protecției de precizie a culturilor. Eficiența poate fi măsurată în termeni de cantitate și calitate a culturilor, modificări ale cantității de pesticide utilizate și ale numărului de tratamente, modificări ale forței de muncă și, bineînțeles, prin economiile realizate.

Cea mai evidentă verificare este determinarea nivelului de dăunare: fitoprotecția de precizie permite un control mai eficient al dăunătorilor și al agenților patogeni, ceea ce poate fi asociat cu niveluri mai scăzute ale pagubelor. Eficiența poate fi evaluată în funcție de starea, dezvoltarea și randamentul plantelor. Nivelul daunelor poate fi un indicator atât calitativ, cât și cantitativ, astfel încât definirea și cuantificarea acestuia necesită cunoștințe metodologice precise pentru fiecare plantă și pentru fiecare agent de dăunare. Daunele cantitative sunt poate cel mai ușor de evaluat, în cazul în care amploarea daunelor poate fi cuantificată în mod clar în ceea ce privește numărul de culturi afectate, de exemplu roșii sau ardei. Gradul de deteriorare calitativă se poate referi la indicatori ai valorii nutritive, gustului, mirosului sau la deteriorarea duratei de depozitare.

Utilizarea pesticidelor: intervențiile direcționate reduc cantitatea de pesticide utilizate. Reducerea utilizării pesticidelor contribuie la durabilitatea mediului și la calitatea apei, la securitatea alimentară, la supraviețuirea prădătorilor naturali și a organismelor benefice, precum și la menținerea biodiversității.

Economii de forță de muncă: sistemele automatizate și intervențiile specifice reduc cantitatea de muncă manuală necesară, ceea ce poate duce la economii semnificative de forță de muncă. Cu toate acestea, trebuie remarcat faptul că sistemele automatizate necesită adesea fie o forță de muncă foarte calificată pentru funcționare, monitorizare sau efectuarea intervențiilor specifice în caz de defecțiune, fie un contract cu un furnizor de servicii.

Eficiența economică: deciziile bazate pe date și intervențiile direcționate pot îmbunătăți producția și calitatea recoltei, reducând în același timp costurile. Eficiența economică sporită contribuie la rentabilitatea agriculturii, ceea ce le permite fermierilor să investească și să se îmbunătățească în continuare.

BENEFICIILE ECONOMISIRII SE RESIMT PE MAI MULTE NIVELURI:

Reducerea costurilor: utilizarea mai redusă a pesticidelor și intervențiile specifice reduc costurile de protecție a culturilor, ceea ce duce la economii semnificative pentru agricultori.

Eficiența resurselor: protecția de precizie a culturilor permite utilizarea mai eficientă a resurselor, reducând cheltuielile inutile și risipa.

Protecția mediului: prin utilizarea unei cantități mai mici de pesticide și a unor metode ecologice, agricultura de precizie contribuie la reducerea presiunilor asupra mediului și la durabilitate.

Creșterea profitabilității: o producție mai eficientă și costuri reduse îmbunătățesc rentabilitatea și competitivitatea fermierilor.

Prin urmare, evaluarea eficacității protecției de precizie a culturilor și a beneficiilor economiilor realizate va contribui la o agricultură durabilă și la eficiența economică pe scară largă. Prin integrarea procesului decizional bazat pe date și a tehnologiei moderne, beneficiile protecției culturilor vor contribui și mai mult la securitatea alimentară globală și la o agricultură durabilă.

4. PESTICIDE ȘI METODE ECOLOGICE ÎN SERE

Agricultura și producția vegetală au parcurs un drum lung în direcția unei protecții a culturilor ecologice, dar chiar și în prezent, cultivatorii sunt încă atacați pentru practicile lor de protecție a culturilor. Pe de o parte, există o presiune socială și de reglementare asupra agricultorilor pentru a produce într-un mod mai responsabil față de mediu, iar pe de altă parte, sarcina simplă, dar cu atât mai presantă, de a proteja culturile. Setul modern de instrumente de combatere integrată a dăunătorilor include o serie de soluții ecologice.

4.1. Controlul biologic și utilizarea prădătorilor naturali în controlul dăunătorilor

Fitoprotecția biologică este o abordare eficientă și ecologică a controlului dăunătorilor și a bolilor, care exploatează procesele ecologice naturale și interacțiunile dintre organisme în sprijinul protecției plantelor. Utilizarea prădătorilor naturali și a agenților biologici împotriva dăunătorilor și agenților patogeni permite controlul și reducerea la minimum a populațiilor agenților de dăunare.

Avantajele utilizării controlului biologic și a prădătorilor naturali:

Măsură prietenoasă cu mediul: Biosecuritatea se bazează pe procese naturale și organisme vii, minimizând utilizarea de substanțe chimice și reducând impactul asupra mediului.

Eficacitate pe termen lung: introducerea și susținerea prădătorilor naturali poate asigura o protecție pe termen lung împotriva dăunătorilor și bolilor, deoarece aceste organisme țin sub control populațiile de dăunători.

Reducerea riscului de rezistență: controlul biologic reduce la minimum riscul ca dăunătorii și agenții patogeni să dezvolte rezistență la pesticidele convenționale prin faptul că nu crează o presiune de selecție.

Menținerea echilibrului în mediu: sprijinirea prădătorilor naturali contribuie la menținerea echilibrului în mediu și a biodiversității.

Controlul biologic al dăunătorilor și utilizarea prădătorilor naturali includ utilizarea parazitoizilor și a prădători naturali, introducerea de organisme benefice, utilizarea de agenți microbiologici, utilizarea feromonilor și a momelilor (figura 4.1).



Parazitoizii sunt organisme care ucid dăunătorii, cum ar fi afidele sau omizile. Un exemplu tipic de parazitoizi este reprezentat de unele viespi, care își depun ouăle în dăunător cu ovipozitorul lor, iar larvele care eclozează din ouăle din pradă consumă dăunătorul din interior. Paraziți prădători pot fi prădători naturali ai dăunătorilor, cum ar fi gărgărițele folosite ca dușmani ai afidelor, sau acarienii prădători și ploșnițe.

Introducerea organismelor benefice: insecte precum albinele sau fluturii care ajută la polenizarea plantelor, îmbunătățind recoltele.

Utilizarea agenților microbieni: utilizarea bacteriilor sau ciupercilor naturali din sol într-un mod care previne răspândirea sau creșterea agenților patogeni, ajutând în același timp plantele să crească. Printre exemple se pot număra ciupercile din genul *Arthrobothrys* sau diverse genuri de bacterii (*Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Bacillus*).

Utilizarea feromonilor și a momelilor: substanțe chimice sau feromoni produși de dăunători pentru a atrage sau a înșela dăunătorii, contribuind astfel la controlul populațiilor. Feromonii sunt folosiți pentru a atrage masculii cu feromonul unei femele dăunătoare, care zboară într-o capcană, astfel încât populația să poată fi ținută sub control. În cazul momelilor, animalele dăunătoare cad, de asemenea, într-o capcană sau ies din ascunzătorile lor, căzând astfel pradă prădătorilor.

Cu toate acestea, trebuie menționate și dificultățile controlului biologic, deoarece cei care optează pentru această metodă de control nu pot folosi controlul chimic, deoarece acesta poate avea un efect dăunător asupra prădătorilor naturali. Eliberarea prădătorilor naturali necesită o bună sincronizare, deoarece prădătorii fără pradă fie vor muri, fie vor deveni dăunători ai plantelor.

Pentru fermierii interesați, controlul biologic și utilizarea prădătorilor naturali oferă o oportunitate excelentă pentru o producție agricolă durabilă și ecologică. Cu cunoștințe temeinice, o planificare și o îngrijire corespunzătoare, controlul biologic poate fi un instrument eficient în lupta împotriva dăunătorilor și agenților patogeni, contribuind la creșterea randamentelor și la durabilitatea producției agricole.

4.2. Pesticide ecologice și utilizarea acestora

Fitoprotecția ecologică a plantelor și utilizarea de produse ecologice reprezintă o abordare care îmbină controlul eficient al agenților de dăunare cu preocupările legate de mediu și de durabilitate. Această abordare conservă resursele naturale și minimizează presiunile asupra mediului, protejând în același timp plantele împotriva dăunătorilor și bolilor.

Beneficiile utilizării pesticidelor ecologice pot fi rezumate după cum urmează:

- **Reducerea presiunilor asupra mediului:** materialele organice și ecologice tind să se descompună mai repede și au un impact mai mic asupra solului și a surselor de apă. Produsele de descompunere ale acestor materiale sunt, de asemenea, substanțe naturale. În cazul pesticidelor convenționale (chimice), principala problemă de mediu nu este adesea ingredientul activ, ci produsele de degradare ale acestuia.
- **Sustenabilitate:** gestionarea organică a dăunătorilor oferă o soluție mai durabilă pe termen lung, deoarece reduce la minimum riscul de a dezvolta rezistență la dăunători și agenți patogeni. Compoziția structurală a materialelor organice este complexă și, prin urmare, este dificil de a dezvolta rezistență la dăunători.

- **Păstrarea valorii nutritive:** protecția culturilor ecologice ajută la păstrarea valorii nutritive și a calității plantelor, ceea ce este benefic și pentru consumatori.

Utilizarea produselor fitosanitare ecologice poate include:

- **Extrakte de plante:** de exemplu, extrakte de usturoi, roșii sau mentă, care pot conține în mod natural substanțe eficiente împotriva dăunătorilor. Metaboliții secundari formați în aceste plante au un efect natural repelent, adică resping dăunătorii.
- **Uleiuri naturale:** cum ar fi uleiul de neem, uleiul de rapiță sau uleiurile esențiale, care pot contribui la protecția împotriva dăunătorilor și a agenților patogeni. Uleiurile pot oferi protecție fizică împotriva dăunătorilor cu aparat bucal de supt și înțepat, dar aplicarea lor necorespunzătoare (de exemplu, atunci când sunt aplicate la temperaturi ridicate) poate duce la afectarea nedorită a culturilor sau la pierderea eficacității.
- **Bacterii și ciuperci:** Anumite bacterii și ciuperci pot fi utile în combaterea dăunătorilor și a agenților patogeni. Printre exemple se numără *Bacillus thuringiensis* și speciile de *Trichoderma*. Bacteria *Bacillus thuringiensis* produce o toxină numită Bt, care este mortală pentru unele insecte dacă este ingerată. Toxina se leagă de peretele intestinal al animalului unde provoacă perforarea acestuia, ucigând animalul. Unele specii din genul de ciuperci *Trichoderma* găsesc forme persistente de ciuperci patogene (de exemplu, *Sclerotinia*) în sol și le consumă.

Utilizarea produselor fitosanitare ecologice este esențială pentru o producție vegetală durabilă. Astfel de abordări ajută la conservarea resurselor naturale, la reducerea la minimum a impactului negativ asupra mediului și la îmbunătățirea calității producției vegetale, contribuind în același timp la securitatea alimentară globală și la o agricultură durabilă.

4.3. Optimizarea utilizării pesticidelor și principiile fitoprotecției fără pesticide

Optimizarea utilizării pesticidelor și principiile de fitoprotecției fără chimicale reprezintă o abordare care plasează protecția mediului și durabilitatea în prim-planul protecției culturilor. Acestea încurajează fermierii să reducă utilizarea substanțelor chimice și să favorizeze în schimb metodele naturale și durabile. Optimizarea utilizării pesticidelor este scopul protecției integrate a plantelor.

Beneficiile și obiectivele principale ale principiilor de optimizare a utilizării pesticidelor și de protecție a culturilor fără pesticide sunt:

- **Sustenabilitatea mediului:** utilizarea optimizată a pesticidelor și metodele fără chimicale minimizează impactul asupra mediului, reducând riscul de contaminare a solului și a apei. Protecția modernă a culturilor nu urmărește eliminarea totală a populației dăunătoare, ci menținerea acestora sub pragul de dăunare. Majoritatea produselor moderne de protecție a plantelor sunt acum specifice, adică dezvoltate pentru a viza doar 1 sau 2 grupuri de agenți de dăunare. Numărul pesticidelor cu spectru larg este în continuă scădere, iar utilizarea lor este supusă unor condiții din ce în ce mai stricte.
- **Menținerea unui echilibru natural:** protecția culturilor fără pesticide ajută la menținerea unui echilibru al organismelor naturale și al proceselor ecologice, ceea ce poate contribui la controlul dăunătorilor și al bolilor pe termen lung. În multe cazuri, protecția chimică a plantelor a dus la dispariția organismelor benefice și a dușmanilor naturali dintr-o zonă, în timp ce dăunătorii au reapărut an de an.

- **Reducerea riscului de rezistență:** utilizarea optimă a pesticidelor și metodele fără chimicale reduc la minimum riscul ca dăunătorii și agenții patogeni să dezvolte rezistență la pesticide.
- **Păstrarea valorii nutritive și a calității:** metodele naturale și durabile contribuie la păstrarea valorii nutritive și a calității culturilor, ceea ce este în beneficiul consumatorilor.

Optimizarea utilizării pesticidelor și punerea în aplicare a principiilor de control a dăunătorilor fără pesticide înseamnă utilizarea următoarelor metode:

Fitoprotecție integrată: utilizarea integrată a diferitelor metode și măsuri de control, cum ar fi metodele și măsurile agrotehnice, biologice, chimice, biotehnologice. Metodele agrotehnice pot include alegerea soiului cultivat (de exemplu, rezistente), iar biotehnologia poate include utilizarea de capcane cu feromoni.

Biotehnologia și soiurile rezistente: utilizarea biotehnologiei pentru a promova dezvoltarea și utilizarea de soiuri de plante rezistente la dăunători și agenți patogeni.

Gestionarea nutrienților și lucrările solului: reprovizionarea cu nutrienți și gestionarea solului în timp util și în mod corespunzător ajută plantele să dezvolte o creștere sănătoasă și rezistență la dăunători și boli.

Măsuri de prevenire și agrotehnice: bunele practici de îngrijire a plantelor, cum ar fi tăierea regulată și corectă, controlul buruienilor și mulcirea, pot împiedica răspândirea dăunătorilor și a agenților patogeni.

Optimizarea utilizării pesticidelor și principiile de protecție a culturilor fără pesticide sunt esențiale pentru promovarea agriculturii și a producției vegetale durabile. Aceste metode contribuie la conservarea resurselor naturale, la minimizarea impactului asupra mediului și la îmbunătățirea calității culturilor.

5. GESTIONAREA REZISTENȚEI LA DĂUNĂTORI ȘI AGENȚI PATOGENI

5.1. Utilizarea de soiuri de plante rezistente și strategii de creare a soiurilor

O cheie pentru controlul eficient al dăunătorilor și agenților patogeni este crearea și utilizarea de soiuri de plante rezistente, care sunt rezistente în mod natural sau sunt mai puțin rezistente la dăunători și agenți patogeni. Soiurile de plante rezistente și strategiile de creare permit o producție agricolă mai durabilă și mai puțin dependentă de substanțe chimice. În cazul rezistenței, ar trebui să menționăm soiurile de plante rezistente și tolerante. În cazul soiurilor rezistente înseamnă că un dăunător nu poate infecta cultura, în timp ce o plantă tolerantă este una în care infecția are loc, dar simptomele nu se dezvoltă sau nu sunt suficient de severe pentru a provoca daune calitative.

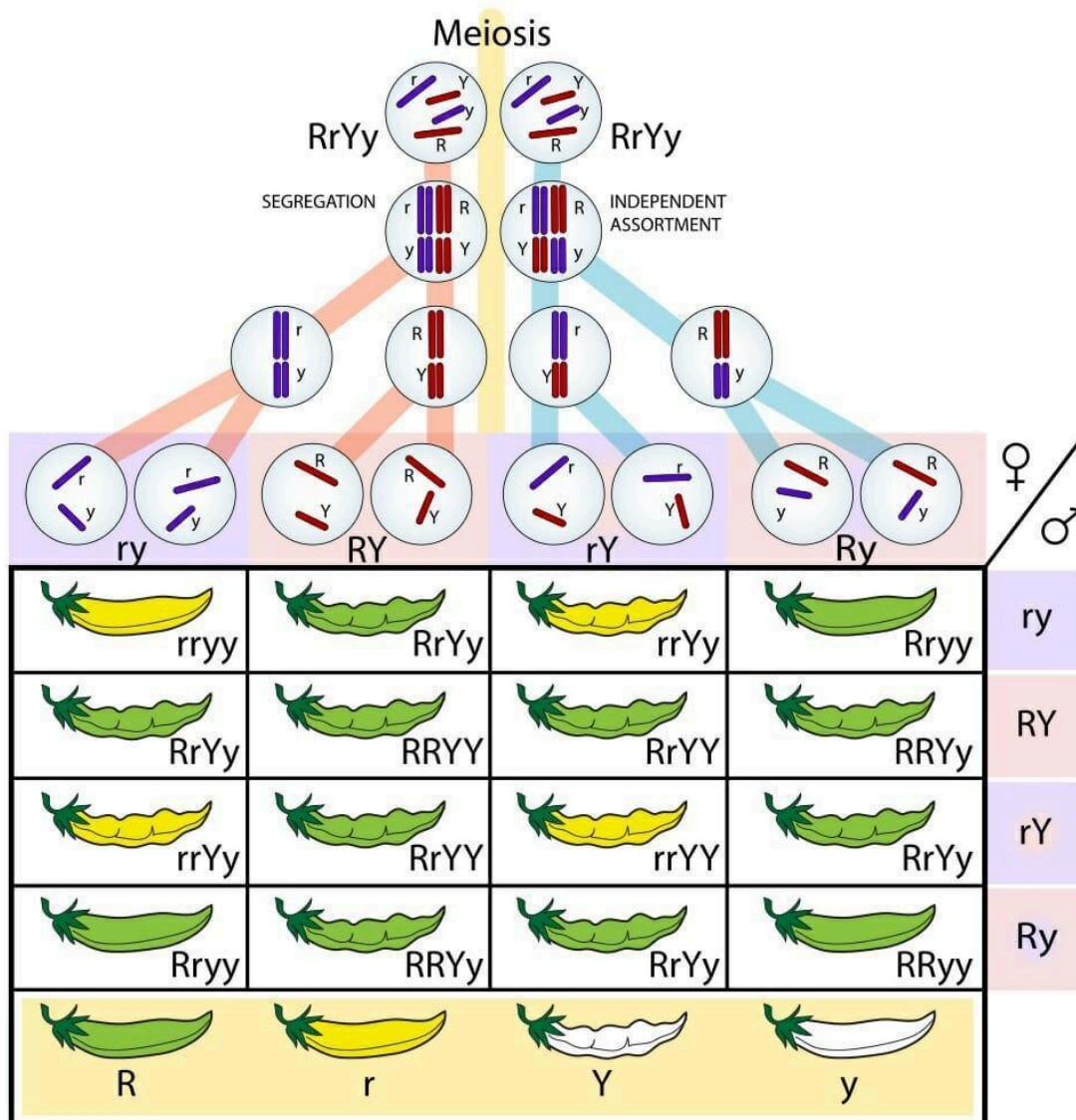
Avantajele utilizării soiurilor de plante rezistente și strategiile de creare a soiurilor:

- **Reducerea utilizării de substanțe chimice:** varietățile de culturi rezistente au mai puține șanse de a fi infectate de dăunători și agenți patogeni, astfel încât o utilizare mai redusă a pesticidelor poate fi suficientă pentru a le proteja.
- **Durabilitatea mediului:** rezistența naturală a culturilor rezistente reduce povara poluării chimice asupra mediului.

- **Eficiența economică:** culturile cu rezistență pot duce la randamente mai mari și la o calitate mai bună, îmbunătățind rezultatele economice.
- **Reducerea riscului de apariție a rezistenței:** întrucât nu folosim pesticide sau folosim doar o cantitate mică de pesticide la culturile rezistente, riscul dezvoltării rezistenței la pesticide la dăunători și agenți patogeni este redus în cazul populațiilor.

Soiurile de plante rezistente și strategiile de creare a soiurilor pot fi aplicate în următoarele moduri:

Selecția și încrucișarea tradițională: încrucișarea și selecția între diferite soiuri de plante pentru a crea plante mai rezistente la dăunători și agenți patogeni (figura 5.1). Este un proces lent și costisitor, dar soiurile obținute în acest mod sunt permise în țările în care culturile OMG nu pot fi cultivate.



Procesul de ameliorare prin încrucișare (5.1)

Metode moleculare: metodele biotehnologice moderne, cum ar fi modificarea genelor, permit introducerea selectivă a genelor de rezistență în plante. Procesul începe cu descoperirea și identificarea genei responsabile de rezistență, urmată de localizarea și identificarea acesteia.

Aceasta este urmată de introducerea direcționată a genei și testarea efectului așteptat. În cazul în care acestea au succes, următorul pas este omologarea soiului.

Păstrarea diversității genetice: menținerea diversității genetice și încrucișarea soiurilor rezistente poate contribui la menținerea rezistenței pe termen lung. Rezistența la unii agenți patogeni și dăunători este codificată de mai multe gene, astfel încât conservarea și amestecul natural al genelor poate îmbunătăți gradul de rezistență.

Utilizarea soiurilor de plante rezistente și a strategiilor de creare a soiurilor reprezintă o parte esențială a practicilor agricole moderne, permițând o producție agricolă durabilă și eficientă. Există specii pentru care îmbunătățirea rezistenței este esențială pentru supraviețuirea și cultivabilitatea lor. Cultivarea de soiuri rezistente sau de soiuri tolerante contribuie la reducerea utilizării de substanțe chimice, la îmbunătățirea rezultatelor economice și la creșterea productivității agricole.

5.2 Culturi rezistente și manipulări genetice pentru un control eficient al bolilor și dăunătorilor

Culturile rezistente și manipularea genetică oferă o abordare eficientă și inovatoare a controlului dăunătorilor și bolilor, care poate crește randamentul și calitatea culturilor, reducând în același timp utilizarea de substanțe chimice și stresul asupra mediului. Biotehnologia avansată permite modificarea selectivă a genelor pentru a crește rezistența plantelor la dăunători și boli.

Metodele generale de utilizare a plantelor rezistente și a manipulărilor genetice includ:

- **Introgresie genetică:** introducerea în plante a unor gene străine care codifică proteine sau substanțe care favorizează rezistența. Această metodă se mai numește și transformare genetică. Introducerea unei secvențe genetice care codifică rezistența sau o trăsătură individuală se poate face prin tunul de gene, în care secvența genetică amplificată pe un suport ee injectată în țesutul plantei cu ajutorul aerului comprimat, cu scopul de a o introduce în locul potrivit și să se poată exprima.
- **Editarea genelor:** metodele de transformare descrise anterior implică inserția relativ imprecisă și aleatorie a unei gene existente. În schimb, editarea genelor se bazează pe capacitatea de a crea rezistență într-o genă existentă într-o plantă prin modificarea a doar a unui nucleotid din genă. Acesta este cazul, de exemplu, al sistemului CRISPR-Cas9, care a fost descoperit în anul 2020.
- **Ameliorarea prin încrucișare:** crearea de noi soiuri din încrucișări de soiuri de plante diferite prin încrucișare tradițională. În această metodă, unul dintre părinți poartă gena sau genele responsabile de rezistență, iar celălalt poartă alte trăsături pozitive (de exemplu, randament ridicat).

Utilizarea culturilor rezistente și a manipulărilor genetice reprezintă o cale de urmat pentru o agricultură și o producție vegetală durabile. Rezistența și agenții patogeni sau dăunătorii evoluează împreună în mod natural. În cazul în care rezistența la un agent patogen sau la un dăunător se dezvoltă la o plantă, este foarte probabil ca și agentul de dăunare să evolueze în viitor pentru a trece de această rezistență, iar procesul va începe din nou.

5.3 Managementul durabil al rezistenței și prevenirea rezistenței

Gestionarea durabilă a rezistenței și prevenirea dezvoltării rezistenței sunt esențiale pentru controlul dăunătorilor, agenților patogeni și al buruienilor. Măsurile eficiente împotriva dezvoltării rezistenței și a menținerii rezistenței vor asigura o producție agricolă durabilă și eficientă pe termen lung.

Gestionarea durabilă a rezistenței este un set de metode care se concentrează pe distrugerea sau ocolirea rezistenței deja stabilite la dăunători. Prevenirea dezvoltării rezistenței necesită decizii și practici conștiente de gestionare a organismelor dăunătoare.

Motivele pentru dezvoltarea rezistenței se datorează, de obicei, tratamentelor cu pesticide necorespunzătoare. Rezistența la anumite pesticide se poate dezvolta la dăunători din mai multe motive.

Primul este **atunci când pesticidul nu este aplicat la doza recomandată**. Pesticidele sunt costisitoare, iar cultivatorii aleg uneori să aplice doze mai mici decât cele recomandate din motive financiare. În acest caz, este posibil ca anumiți indivizi ai organismului dăunător să supraviețuiască tratamentului și să se obișnuiască cu substanța activă din cauza dozei scăzute.

O situație similară poate rezulta dacă aceeași substanță activă sau același grup de substanțe active este aplicat de mai multe ori la rând la doza permisă, **dar fără aplicarea rotației pesticidelor**. Dosarul de autorizare pentru un produs de protecție a plantelor va include întotdeauna tehnologia propusă pentru cultura respectivă, doza și numărul maxim de tratamente. În lipsa respectării acestor instrucțiuni, indivizii agentului de dăunare pot dezvolta o rezistență la ei înșiși, ceea ce duce la apariția unor populații rezistente. Agenții de dăunare se pot răspândi în diferite moduri chiar și pe diferite continente, astfel încât o tulpină rezistentă care se dezvoltă oriunde în lume reprezintă o amenințare pentru protecția globală a culturilor în ansamblu.

În cazul în care a apărut deja o tulpină rezistentă a agentului de dăunare, aceasta poate fi ținută sub control în cultură prin aplicarea unui tratament adecvat.

Într-o seră (spre deosebire de o plantație), opțiunea este de a înlocui cultura, de exemplu, în cazul în care se dezvoltă rezistență la un dăunător care infectează doar roșiile, soluția poate fi înlocuirea întregii culturi cu o altă cultură. Acest lucru necesită o decizie economică serioasă, deoarece, în multe cazuri, cultivatorul dispune de tehnologia necesară pentru a cultiva o singură cultură, dar este, de asemenea, o soluție foarte eficientă pentru rezolvarea problemei.

Rotația substanțelor active ale pesticidelor este o metodă adecvată pentru gestionarea rezistenței și prevenirea dezvoltării acesteia. În cazul în care un dăunător este rezistent la o substanță activă sau la un grup de substanțe active, aceasta ar trebui eliminată din protecția plantelor și ar trebui utilizate alte pesticide cu moduri de acțiune diferite. În domeniul protecției culturilor, această opțiune devine din ce în ce mai limitată, deoarece disponibilitatea substanțelor active este în scădere, astfel încât trecerea la controlul biologic poate fi o opțiune, deoarece afide rezistente la buburuze nu s-au dezvoltat încă.

Prevenirea rezistenței și gestionarea durabilă a rezistenței pot fi realizate prin metode complexe, inclusiv prin utilizarea gestionării integrate a dăunătorilor, care include utilizarea culturilor rezistente, gestionarea chimică judicioasă și bine fundamentată a dăunătorilor, metode biologice și biotehnologice.

Gestionarea durabilă a rezistenței și prevenirea dezvoltării rezistenței sunt esențiale pentru protecția durabilă și pe termen lung a culturilor. Aceste măsuri contribuie la reducerea la minimum a pagubelor provocate de dăunători și agenți patogeni.⁶⁵ Climatul serelor și protecția plantelor

Controlul climei în sere este o piatră de temelie a producției de plante de interior. Una dintre cele mai mari diferențe față de cultivarea în aer liber este minimizarea riscurilor cauzate de factorii meteorologici.

6. EFECTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA APARIȚIEI DĂUNĂTORILOR ȘI AGENȚILOR PATOGENI ÎN SERE

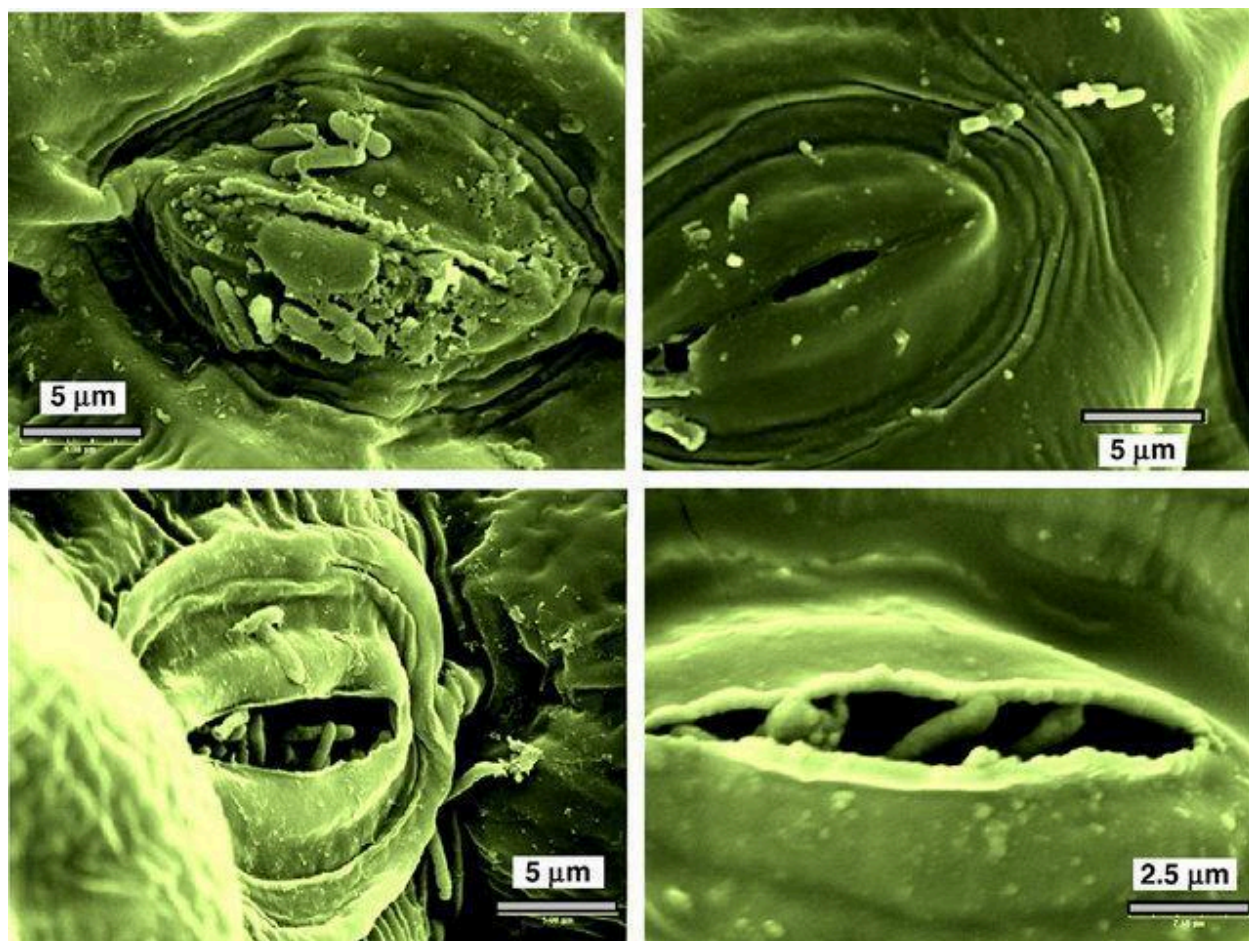
Variațiile de temperatură și umiditate afectează apariția dăunătorilor și a agenților patogeni, influențează echilibrul ecologic și pot ajuta sau împiedica protecției eficiente a plantelor.

6.1 Efectele temperaturii și umidității asupra apariției dăunătorilor și agenților patogeni în sere

Modificări ale activității dăunătorilor: creșterea temperaturilor sporește activitatea dăunătorilor până la un anumit nivel. Dezvoltarea dăunătorilor, în special a insectelor, este puternic influențată de temperatura exterioară, deoarece aceste organisme nu își pot regla propria temperatură. În dezvoltarea lor, se face distincția între temperaturi de prag de dezvoltare, temperaturi optime de dezvoltare și temperaturi maxime de dezvoltare. Viteza de dezvoltare a acestora și, prin urmare, numărul de generații care se dezvoltă, depinde de temperatura aerului.

Relația dintre dăunători și umiditate este mai puțin clară. Unii dăunători sunt inhibați de umiditatea ridicată, cum ar fi păianjenii, care se înmulțesc în sere pe timp uscat și cald. Umiditatea ridicată, de exemplu, este deosebit de atractivă pentru furnici.

Agenți patogeni: cele mai frecvente grupuri de agenți patogeni sunt virusurile, bacteriile și ciupercile patogene pentru plante. Răspândirea virusurilor depinde în mare măsură de activitatea vectorilor, dar în cazul bacteriilor și ciupercilor, temperaturile ridicate și umiditatea ridicată sunt în general favorabile infecției. Bacteriile sunt capabile de mișcări active în medii umede, astfel încât pot ajunge cu ușurință la punctul de infecție de pe frunzele umede, care este adesea unul dintre orificiile de evacuare a gazelor (figura 6.1). Sporii fungilor au nevoie, de asemenea, de o anumită cantitate de umiditate pe plantă pentru a germina. După germinarea sporilor, ciuperca își manifestă daunele fie la suprafața plantei, fie în țesuturile acesteia.



Orificiile de evacuare a gazelor (stomatele) din frunze ca puncte de infecție primară (6.1)

Apariția simptomelor: simptomele cauzate de agenții de dăunare pot varia în funcție de diferite temperaturi și niveluri de umiditate. Unele simptome virale sunt mascate la temperaturi ridicate, în timp ce sunt ușor de observat la temperaturi mai scăzute. În cazul bolilor bacteriene, apariția secreției bacteriene în pete este de obicei asociată cu o umiditate ridicată.

Modificări ale zonelor de apariție: monitorizarea climatului din sere este importantă, deoarece infestările inițiale pot fi localizate. Dacă fermierul este familiarizat cu microclimatul din seră, se poate aștepta la o apariție inițială sporadică a unei boli sau a unui dăunător, astfel încât să poată efectua un tratament preventiv în zonă.

Provocări ale controlului fitosanitar: schimbarea rapidă a tiparelor meteorologice în sere poate face dificilă controlul la timp, ceea ce poate crește riscul de răspândire a dăunătorilor și a agenților patogeni. Sistemele automate de monitorizare, discutate anterior, și analiza datelor pot fi de mare ajutor în acest sens. Cel mai important element al acestora este monitorizarea climatică, în care mai mulți parametri sunt măsurați, înregistrați și analizați de senzori în mai multe locații.

Proгноza fitosanitară: cercetarea a dus la apariția a tot mai multe modele evolutive care descriu biologia și evoluția dăunătorilor și agenților patogeni. Aceste modele utilizează adesea date meteorologice pentru a calcula forma actuală de dezvoltare a dăunătorului sau probabilitatea apariției acestuia. În sere, utilizarea unor astfel de sisteme este o soluție evidentă, deoarece sistemul poate trimite avertismente atunci când detectează factori meteorologici favorabili apariției

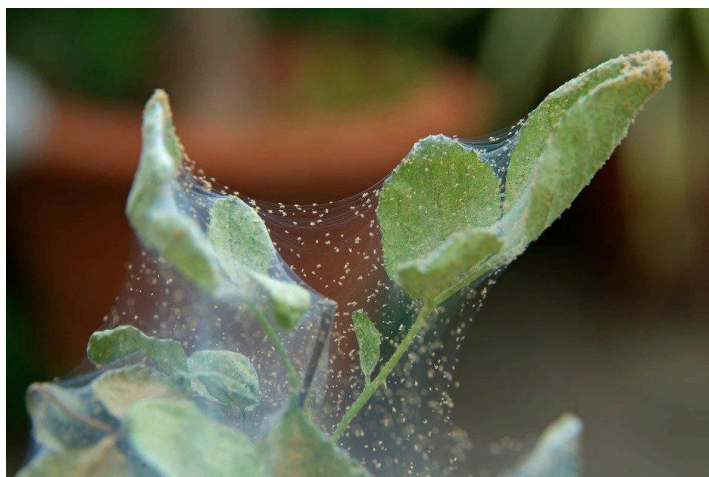
dăunătorului. Un astfel de sistem poate ajuta la planificarea controlului în timp util și la prevenirea răspândirii dăunătorilor și agenților patogeni.

6.2. Optimizarea microclimatului din sere pentru a crea condiții nefavorabile pentru dăunători și boli

Optimizarea microclimatului din sere este o strategie care are ca scop crearea unui mediu în sere care să nu fie favorabil dăunătorilor și bolilor, precum și crearea unui mediu optim pentru plante. Astfel de măsuri ajută la reducerea populațiilor de dăunători și a răspândirii agenților patogeni, contribuind la o protecție eficientă a plantelor și la o producție durabilă în sere.

Din punctul de vedere al protecției plantelor, obiectivul principal al optimizării microclimatului din seră este de a ajuta la controlul dăunătorilor și agenților patogeni. Crearea unui microclimat optim pentru plante ajută la dezvoltarea acestora și, atunci când este combinată cu o aprovizionare adecvată cu nutrienți, este mai puțin probabil ca plantele viguroase să fie infectate de dăunători, deoarece mecanismele de apărare ale plantelor pot fi activate la timp. Dacă o populație de plante este suficient de aerisită, umiditatea poate fi menținută la un nivel optim, reducând astfel șansele de apariție a agenților patogeni. În același timp, dăunătorii au mai puține locuri în care să se ascundă de tratamentele chimice sau de prădătorii lor naturali.

Optimizarea microclimatului din seră este foarte importantă, de exemplu, pentru combaterea acarienilor, dar infestarea cu mușegai cenușiu poate fi evitată și prin ventilație adecvată (figura 6.2.).



Simptomele infestării cu acarieni pe frunză (6.2)

Strategii de optimizare a microclimatului din sere:

Controlul temperaturii și al umidității: setarea temperaturii și umidității optime pentru a crea condiții care nu sunt nefavorabile pentru dăunători și boli. De exemplu, se pot utiliza dezumidificatoare pentru a evita umiditatea excesivă.

Ventilația și fluxul de aer: asigurarea unei ventilații și a unui flux de aer adecvate poate contribui la reducerea umidității și la răspândirea agenților patogeni. Sistemele de ventilație automată asigură schimbul de aer proaspăt și, adesea, aerul exterior ajută, de asemenea, la reglarea temperaturii din seră.

Controlul intensității luminii, umbrirea: rolul acestora dispozitive este de a asigura condiții optime de lumină pentru plante. Unii dăunători și boli preferă mediile mai întunecate și mai umbrite, astfel

Încât controlul intensității luminii poate inhiba dezvoltarea lor. Umbrele/perdelele de protecție termică pot ajuta la evitarea creșterii excesive a temperaturii, a arsurilor solare și a răcirii excesive pe timp de noapte (umbrele energetice). Ele reprezintă unul dintre cele mai de bază mijloace de control al temperaturii și umidității.

Optimizarea asigurării apei: controlul aprovizionării cu apă și al irigației poate contribui, de asemenea, la crearea unui microclimat adecvat. Umiditatea excesivă poate contribui la răspândirea bolilor, în special a agenților de dăunare care se transmit prin sol și prin apă.

Scopul acestor exemple este de a demonstra modul în care diferiți factori din microclimatul serei pot fi controlați pentru a crea condiții nefavorabile pentru dăunători și boli. Ajustarea microclimatului optim este un instrument eficient pentru protecția plantelor, reducând utilizarea de substanțe chimice și promovând o producție agricolă durabilă.

6.3. Gestionarea schimbărilor climatice din sere cu ajutorul fitoprotecției de precizie

Controlul climei în sere este esențială pentru a optimiza sănătatea plantelor și productivitatea acestora. Cu toate acestea, efectele schimbărilor climatice pot îngreuna menținerea unui mediu stabil în sere. O abordare a fitoprotecției de precizie poate contribui în mod eficient la gestionarea și optimizarea variabilității climatice din sere.

Provocări în gestionarea climatului din sere:

- Fluctuațiile de temperatură și umiditate: temperatura și umiditatea sunt factori strâns legați. Umiditatea din aer nu se condensează la suprafața plantelor atâta timp cât temperatura este peste punctul de rouă. Fluctuațiile de temperatură datorate schimbărilor climatice pot avea un impact negativ asupra creșterii plantelor și a sensibilității la boli. Încălzirea puternică din timpul zilei favorizează dezvoltarea insectelor, dar poate menține umiditatea la un nivel scăzut, în timp ce o răcire rapidă poate duce la condensare la suprafața plantelor, ceea ce favorizează apariția agenților patogeni.
- Modificări ale condițiilor de lumină: condițiile extreme de lumină pot afecta activitatea fotosintetică și nivelurile de stres la plante. De exemplu, o intensitate luminoasă ridicată poate șoca răsadurile proaspăt plantate, care trebuie aclimatizate la condițiile din seră.

Instrumente ale fitoprotecției de precizie pentru gestionarea schimbărilor climatice:

- Monitorizare bazată pe date: senzorii automatizați vă permit să monitorizați în permanență clima, temperatura, umiditatea și alți parametri din seră.
- Prognoze meteorologice realiste - Protecția de precizie a culturilor poate utiliza date meteorologice reale pentru a face previziuni mai precise cu privire la schimbările viitoare și pentru a vă ajuta să vă pregătiți pentru amenințările potențiale.
- Intervenții dirijate: pe baza monitorizării bazate pe date și a prognozelor meteorologice, putem lua măsuri specifice pentru a optimiza climatul din sere. De exemplu, putem crește ventilația sau ajusta sistemele de umbră înainte ca temperaturile să crească.
- Irigare de precizie: pe baza datelor, puteți seta sistemul de irigare automată pentru a vă asigura că plantele primesc întotdeauna cantitatea potrivită de apă, reducând problemele cauzate de umiditatea excesivă.
- Monitorizarea dăunătorilor și a bolilor: fitoprotecția de precizie vă permite detectarea timpurie a dăunătorilor și a bolilor, astfel încât să se poată lua măsuri imediate.

Prin utilizarea protecției de precizie a culturilor, agricultorii pot fi mai bine pregătiți pentru schimbările climatice și pentru protecția culturilor. Procesul decizional bazat pe date și intervențiile specifice pot optimiza climatul din sere, pot minimiza stresul și pot crește randamentul.

7. PROTECȚIA PLANTELOR ȘI SUSTENABILITATEA

7.1. Integrarea considerentelor de sustenabilitate în strategiile de protecție a culturilor

Protecția culturilor este o parte fundamentală a agriculturii moderne, fiind concepută pentru a proteja plantele de dăunători, boli și stresul de mediu. Cu toate acestea, metodele utilizate pentru protecție au adesea un impact asupra sustenabilității. Legătura dintre protecția culturilor și sustenabilitate este de o importanță capitală pentru conservarea biodiversității și a echilibrului ecologic.

Aspecte cheie:

1. Reducerea aportului de pesticide: utilizarea excesivă a pesticidelor poate duce la poluarea mediului, la deteriorarea speciilor care nu sunt vizate și la dezvoltarea rezistenței la dăunători și agenți patogeni. Utilizarea strategiilor de combatere integrată a dăunătorilor (IPM), care combină operațiunile agrotehnice, chimice, biologice și biotehnologice, poate reduce la minimum impactul negativ asupra mediului.
2. Conservarea biodiversității: managementul integrat al dăunătorilor ia în considerare conservarea dușmanilor naturali, a polenizatorilor și a altor organisme benefice. Practicile favorabile biodiversității în interiorul și în jurul terenurilor agricole pot contribui la menținerea echilibrului ecosistemului, cu multe beneficii pe termen lung.
3. Utilizarea eficientă a resurselor: protecția durabilă a culturilor optimizează resursele. Tehnicile de agricultură de precizie bazate pe date și tehnologie permit aplicarea unor măsuri de conservare specifice, reducând la minimum deșeurile și impactul asupra mediului. Este important să se aplice o protecție a plantelor rațională, bazată pe prognoză și cu aplicare dirijată.
4. Luarea în considerare a aspectelor schimbărilor climatice: deoarece schimbările climatice afectează dăunătorii și agenții patogeni, metodele durabile de protecție a culturilor trebuie să se adapteze la noile provocări. Utilizarea unor soiuri de culturi rezistente, adoptarea unor practici adaptate la schimbările climatice și integrarea unor tehnologii avansate de monitorizare pot spori succesul și pot duce la un management durabil.

Beneficiile fitoprotecției și a sustenabilității:

1. Stabilitatea productivității pe termen lung: metodele durabile de protecție a culturilor contribuie la obținerea unor randamente stabile și constante, asigurând securitatea alimentară și stabilitatea economică.
2. Ecosistem și sănătate: promovarea biodiversității și reducerea utilizării pesticidelor chimice mențin sănătatea ecosistemului și contribuie la securitatea alimentară.
3. Amprenta redusă asupra mediului: abordările integrate reduc impactul negativ al agriculturii asupra calității aerului, solului și apei.

4. Viabilitatea economică: practicile durabile îmbunătățesc adesea gestionarea resurselor, reduc costurile și cresc profitabilitatea fermierilor.

5. Adaptarea climatică: abordările axate pe durabilitate facilitează adaptarea la condițiile climatice în schimbare, permițând fermierilor să atenueze riscurile legate de climă.

Pe scurt, fitoprotecția și sustenabilitatea se pot combina pentru a crea un sistem agricol rezistent și echilibrat din punct de vedere ecologic. Folosind abordări integrate, bazate pe știință și inovații tehnologice, agricultura poate prospera, păstrând în același timp mediul înconjurător pentru generațiile prezente și viitoare.

7.2. Impactul produselor și metodelor de protecție a plantelor asupra mediului și calității apei

Protecția plantelor este de o importanță esențială în producția vegetală, dar impactul pesticidelor și al metodelor utilizate asupra mediului și a calității apei reprezintă o preocupare majoră. Pentru a menține echilibrul ecologic și pentru a promova o agricultură durabilă, protecția culturilor trebuie să fie în concordanță cu principiile de protecție a mediului.

Principalele efecte ale pesticidelor chimice:

Pericol pentru apă: pesticidele care nu sunt utilizate sau depozitate corespunzător pot să se prelingă și să se infiltreze în apele subterane sau în corpurile de apă, contaminându-le. Produsele de protecție a plantelor sunt clasificate în categorii de pericol pentru apă. Pentru a face distincția între categoriile de pericol pentru apă, se utilizează unitatea de măsură a concentrației letale (LC50) (mg/l) și distanța de siguranță măsurată (m). Concentrația letală indică concentrația substanței care ucide 50% din pești. Distanța de siguranță este distanța în metri față de apa stătătoare în interiorul căreia este interzisă utilizarea pesticidului.

Clasificare	LC50 (mg/l)	Distanța de siguranță (m)
Extrem de periculos:	< 0,1	200
Mediu de periculos:	0,1 - 5	50
Moderat de periculos:	6 - 50	20
Nu este periculos:	> 50	5

Toxicitatea pentru albine: anumite pesticide pot avea efecte toxice asupra albinelor, afectând polenizarea și populațiile de albine. Înainte ca un produs cu o anumită substanță activă să fie introdus pe piață, sunt monitorizate efectele sale asupra albinelor, ca cele mai importante insecte polenizatoare și organisme nețintă. Sunt luați în considerare trei factori:

Doza letală LD50 (mg/kg): Cantitatea de produs de protecție a plantelor, exprimată în miligrame pe kilogram de greutate corporală a animalului de testat (șobolan), care ucide 50 % dintre animalele testate după administrarea orală. Toxicitate prin contact direct (CDT): procentul de albine ucise prin contact direct. Toxicitatea reziduală de contact (RTR): cât timp își păstrează toxicitatea substanța activă (în acest caz, albinele sunt colonizate la fiecare oră).

Pe baza acestor indicatori, cele trei categorii de risc apicol sunt:

Extrem de periculoase pentru albine: produsele care conțin aceste substanțe active provoacă o mortalitate a albinelor de 90-100% la contactul direct și își păstrează toxicitatea timp de aproximativ 12 ore. Utilizarea lor este interzisă în culturile înflorite, atunci când cultura sau împrejurimile acesteia sunt acoperite de o masă de plante melifere înflorite sau atunci când cultura este vizitată de albine din alte motive.

Moderat de periculoase pentru albine: produsele care conțin aceste substanțe active provoacă o mortalitate de 60-100% a albinelor la contact direct și își păstrează toxicitatea timp de aproximativ 8 ore. În timpul înfloririi, aplicarea lor poate fi începută cu o oră înainte de apusul soarelui, după încheierea zborului zilnic al albinelor, și trebuie oprită înainte de ora 23:00.

Nu este dăunător pentru albine: utilizarea substanței active conform destinației nu prezintă niciun risc pentru albine. Nu este dăunătoare pentru albine. Poate fi utilizat în culturile cu flori și în apropierea albinelor, dar trebuie respectate măsurile restrictive, dacă există, indicate în documentul de autorizare.

Protecția biologică a plantelor:

Efectele prădătorilor sau paraziților introduși: Intervențiile utilizate în combaterea biologică pot avea efecte nedorite, cum ar fi o creștere excesivă a prădătorilor sau paraziților introduși. Un bun exemplu este apariția și răspândirea buburzei arlechin în Ungaria. În astfel de cazuri, echilibrul ecologic este perturbat. Dacă noul organism găsește un mediu adecvat și nu are prădători sau este mai viabil decât speciile concurente, reproducerea sa nu are nicio limită pentru o anumită perioadă de timp.

Protecția ecologică a plantelor:

Degradarea mediului: pesticidele organice tind să se degradeze mai repede în mediu, reducând efectele reziduale. Cu toate acestea, ele pot avea, de asemenea, efecte asupra mediului, în special atunci când sunt utilizate în cantități mari.

Eficacitate: eficacitatea produselor fitosanitare ecologice poate fi variabilă și poate fi sensibilă la temporizarea și metodele de aplicare.

Protecția ecologică a plantelor pentru a păstra calitatea apei:

Abordarea integrată a fitoprotecției combină diferite metode de control pentru a minimiza impactul asupra mediului și pentru a reduce utilizarea de substanțe chimice. Utilizarea tehnicilor de pulverizare și a aditivilor poate reduce evaporarea pesticidelor, reducând astfel impactul asupra mediului. Procesul decizional bazat pe date și intervențiile orientate reduc utilizarea și efectele nocive ale pesticidelor prin aplicarea acestora doar acolo unde și când este necesar. Pentru a reduce impactul protecției plantelor și pentru a promova durabilitatea mediului, practicile de producție a culturilor ar trebui să fie în conformitate cu principiile de durabilitate, pentru a păstra echilibrul ecologic și calitatea apei.

7.3 Protecția ecologică a culturilor și rolul agrobiotehnologiei în producția durabilă în sere

Producția durabilă în sere este de o importanță capitală pentru producția de alimente la nivel mondial și pentru menținerea echilibrului ecologic. Integrarea protecției ecologice a culturilor și a agri-biotehnologiei este esențială pentru promovarea practicilor agricole durabile și pentru creșterea eficienței producției vegetale.

Protecția ecologică a plantelor:

- Controlul biologic: utilizarea dușmanilor naturali și a prădătorilor ajută la combaterea dăunătorilor fără a fi nevoie de utilizarea unor cantități mari de produse chimice. Acest lucru reduce stresul asupra mediului și sprijină echilibrul ecologic.
- Pesticide ecologice: pesticidele ecologice utilizate pentru protecția culturilor sunt mai puțin dăunătoare pentru mediu, deoarece se degradează mai repede și lasă mai puține efecte de durată.
- Fitoprotecția de precizie: procesul decizional bazat pe date și intervențiile specifice permit o utilizare mai precisă și mai eficientă a pesticidelor și a metodelor, reducând la minimum eliberarea de substanțe chimice inutile în mediu.
- Fitoprotecția integrată: utilizarea instrumentelor de producție vegetală pentru protecția culturilor (o combinație de metode agrotehnice, chimice, biologice și biotehnologice).

Rolul biotehnologiei agricole:

- Culturi modificate genetic: agrobiotehnologia oferă posibilitatea modificării genetice a culturilor, de exemplu pentru a dezvolta rezistență la dăunători și agenți patogeni. Utilizarea de soiuri rezistente sau tolerante poate reduce utilizarea de substanțe chimice și presiunile asupra mediului.
- Eficiența nutrienților și a apei: agrobiotehnologia poate contribui la crearea de plante care utilizează mai eficient nutrienții și apa, reducând cantitatea necesară și minimizând impactul asupra mediului.

Combinația dintre protecția ecologică a culturilor și agrobiotehnologie deschide noi dimensiuni în producția durabilă în sere. Aceste abordări permit un control eficient al dăunătorilor și agenților patogeni, reducând în același timp la minimum presiunile asupra mediului și susținând biodiversitatea. În agricultura viitorului, aceste soluții sunt esențiale pentru a asigura sustenabilitatea și stabilitatea producției alimentare globale.

8. LITERATURA

1. Agrios, G.N. (1997): Plant Pathology (4th ed.). Academic Press. San Diego California.
2. Bán R. (2006): Növénykórtan. Egyetemi jegyzet. Gödöllő.
3. Barna, B., Érsek, T., Gáborjányi, R., Kiss, L., Klement, Z., Ott, P., Szécsi, Á. (1998): Növénykórokozó mikroorganizmusok. Budapest. ELTE Eötvös Kiadó.
4. Bognár, S., Huzián, L. (1979): Növényvédelmi állattan. Mezőgazdasági Kiadó.
5. Ciancio A., Mukerji K. G. (2007): General concepts in integrated pest and disease management Springer, Dordrecht, The Netherlands
6. Gáborjányi, R., Almási, A., Király, Z. (2007): Molekuláris növénykórtan: támadás és védekezés. Budapest. Agroinform.
7. Glits M., Horváth J., Kuroli G., Petróczi, I. (1997): Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest
8. Glits, M., Folk, Gy. (2000): Kertészeti növénykórtan. Budapest. Mezőgazda Kiadó Kft.
9. Horváth J. (1999): A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
10. Horváth J., Gáborjányi R. (1999): Növényvírusok és virológiai vizsgálati módszerek. Budapest. Mezőgazda Kiadó Kft.
11. Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest
12. Janse, J.D. (2009): Phytobacteriology. Wallingford. Cabi Publishing.

13. Jenser, G. (2003): Integrált növényvédelem a kártevők ellen. Mezőgazda Kiadó, Budapest
 14. Kádár A. (2014): Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás. Mezőgazda Kiadó, Budapest
 15. Ocskó Z., Erdős Gy., Molnár J. (2023): Növényvédőszerek, termésnövelő anyagok I. Agrinex Bt., Budapest
 16. Peshin R., Pimentel D. (2014): Integrated pest management Vol. 4.: Experiences with implementation, global overview. Springer, Dordrecht, The Netherlands
 17. Radcliffe E.B., Hutchison W.D., Cancelado R.E. (2008): Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies. Cambridge University Press, Cambridge, UK
 18. Sambrook, J., Fritsch, E. F., Maniatis, T. (1989): Molecular Cloning: a Laboratory Manual. 2nd edition. Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor. NY. U.S.A.
- Vétek G., Nagy G. (2011): Kártevők és kórokozók a kertben. Cser Kiadó, Budapest

CAPITOLUL 3

METODE INOVATIVE DE PREDARE

Autor: Hartyányi Mária - iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.

1. INTRODUCERE

În conformitate cu apariția noilor tehnologii, există o nevoie din ce în ce mai mare de reînnoire continuă a metodelor de predare la toate nivelurile de învățământ. Soluțiile utilizate în sere inteligente care integrează și inteligența artificială necesită cunoștințe și abilități complexe, care adesea trebuie predate dincolo de cadrul metodelor tradiționale de predare frontală. Sunt subliniate metodele de învățare interactivă, experiențială, care susțin în mod natural participarea activă a elevilor, încurajează explorarea independentă a problemelor și dezvoltă gândirea independentă.

În capitolele următoare, ne propunem să oferim îndrumări practice educatorilor pentru a-și introduce elevii în aplicarea tehnologiilor horticole moderne într-un mod mai experiențial și mai eficient. Printre metodele de învățare activă, ne concentrăm în detaliu pe metoda proiectului, deoarece această abordare educațională permite elevilor să exploreze și să înțeleagă procesele complexe implicate în operarea serelor inteligente prin experiență directă și scenarii profesionale din viața reală. Proiectele desfășurate în cooperare cu companii externe nu numai că facilitează dobândirea de cunoștințe profesionale de către studenți, dar îi ajută și să dezvolte abilități transferabile esențiale – cum ar fi comunicarea, colaborarea, creativitatea și gândirea critică – care sunt indispensabile pentru succesul pe piața muncii de astăzi.

2. METODE INOVATOARE DE PREDARE ÎN SECOLUL XXI

Într-o sală de clasă tradițională, profesorul stă în fața clasei, la catedră, și explică, astfel încât ora se desfășoară predominant printr-o comunicare unidirecțională: profesorul vorbește, iar elevii ascultă și, în cel mai bun caz, sunt atenți. Feedbackul este minim.



"Cred că este un pic exagerat, dar există mult adevăr în afirmația că atunci când mergi la școală, trauma constă în faptul că trebuie să încetezi să înveți în mod natural și să accepți să fii învățat." Seymour Papert 2000, <http://www.papert.org/articles/freire/freirePart1.html>

Lecția constă în predare și explicații, iar elevii ascultă, după care își demonstrează cunoștințele acumulate pe baza manualului. **Scopul principal al învățării este promovarea examenului!** Deși

succesul la examen rămâne important, metodele active de predare și învățare schimbă accentul procesului educațional.

Condițiile de aplicare a metodelor de învățare activă conform pedagogilor reformați din secolul al XIX-lea:

- atmosferă incluzivă și deschisă în clasă care trezește curiozitatea interioară,
- curriculum legat de experiențele anterioare ale elevilor și de viața lor;
- atmosferă comunitară potrivită pentru dezvoltarea comportamentului social și democratic.



Sursa: Shutterstock

Există multe instrumente pedagogice care sprijină învățarea activă, de la forme mai simple de lucru în clasă, cum ar fi munca în grup, până la metode mai complexe, precum metoda clasei inversate. Printre cele mai cunoscute și răspândite metode de învățare active includ:

- învățarea bazată pe proiecte;
- metoda clasei inversate,
- învățarea bazată pe experiență,
- învățarea prin descoperire,
- învățarea bazată pe cercetare.

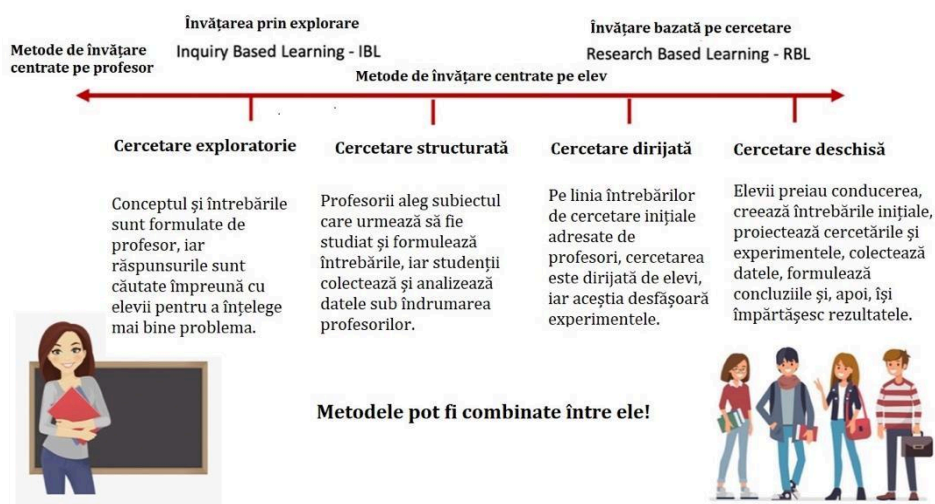


<https://www.youtube.com/watch?v=OOSQFjzsnGY&t=14s>

Mai multe videoclipuri despre metoda clasei inversate: [Flip-IT! Canalul YouTube!](#)

Elevii devin centrul procesului de învățare, dar responsabilitatea și sarcinile profesorului nu se diminuează. Ieșind din rolul obișnuit de transmitere a cunoștințelor și retrăgându-se puțin în fundal, profesorul predă uneori controlul elevilor. O lecție activă, desfășurată prin muncă de grup, necesită mai multă pregătire decât o prelegere tradițională. Profesorul trebuie să fie atent la mai multe lucruri simultan pentru a-i implica pe elevi în procesul de asimilare a materialului didactic. Fără o planificare minuțioasă și în lipsa direcției și controlului, lecția poate aluneca ușor în haos.

Oare merită munca suplimentară și investiția de timp? Pe măsură ce controlul extern scade, crește autonomia elevilor, iar munca independentă implică o responsabilitate mai mare. În anumite privințe, elevii iau decizii pe cont propriu, iar pentru greșeli și lacune nu pot învinovăți pe altcineva decât pe ei înșiși. Prin experiențe proprii și obstacole întâlnite, cunoștințele se vor fixa mai profund decât atunci când ascultă pasiv explicațiile profesorului.



Sursa: [Menu digital](#)

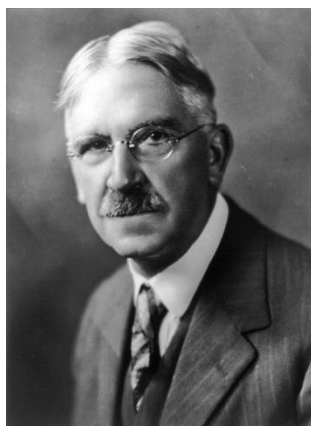
Site-ul *Digital Menu* descrie și alte metode active de învățare.

3. ÎNVĂȚAREA ACTIVĂ – CONTEXTUL ISTORIC AL METODEI PROIECTULUI

La începutul secolului al XIX-lea, pedagogia reformistă, inclusiv metoda proiectului, a apărut ca o reacție la eșecurile sistemelor rigide de educație concepute pentru învățământul de masă.

Prima descriere cuprinzătoare a conceptului de învățare activă este asociată cu filozoful american al educației, John Dewey, care, în 1899, a publicat principiile pedagogice fundamentale ale „învățării prin acțiune”, valabile și astăzi. Potrivit lui Dewey, educația trebuie să fie conectată la viața de zi cu zi și la experiențele elevilor și să se concentreze pe soluționarea problemelor reale.





John Dewey (Wikipedia)

William Heard Kilpatrick, fostul student al lui Dewey a fost primul care a folosit termenul „metoda proiectului” într-un ghid practic destinat profesorilor. Potrivit acestuia, esența metodei constă în colaborarea dintre elevi. La vremea respectivă, ideea că elevii nu trebuie să stea la ore cu mâinile la spate a stârnit o opoziție semnificativă. Sistemul educațional tradițional, strict și autoritar, nu era deschis față de principiile pedagogice revoluționare promovate de Dewey și colegii săi.

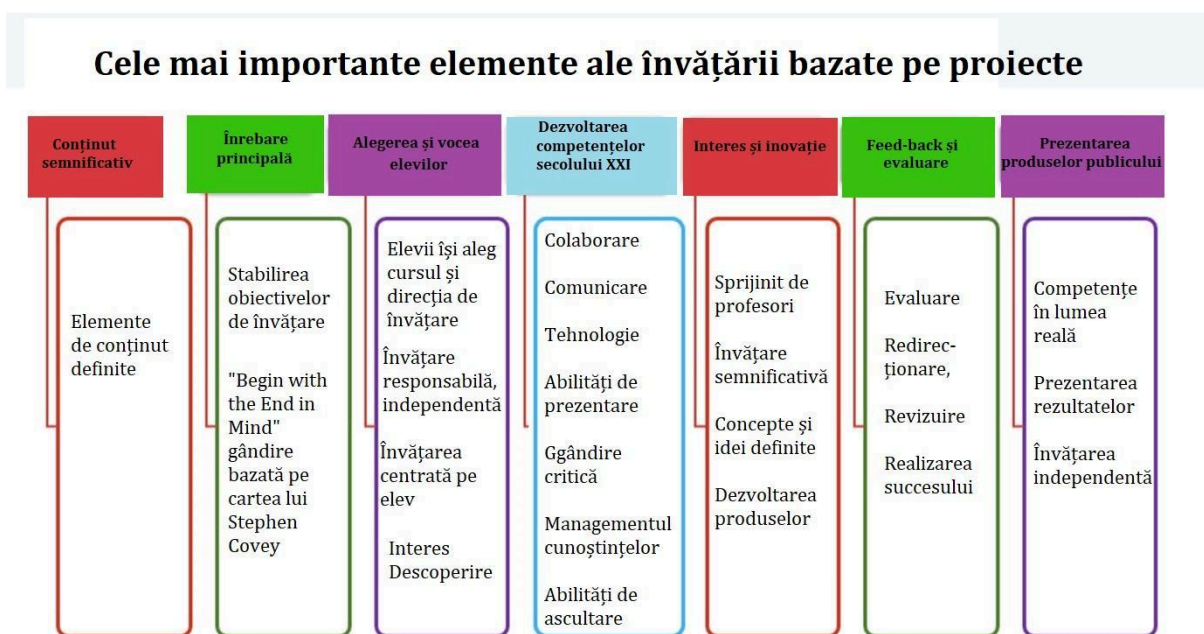
Explozia tehnologică și dezvoltarea economică accelerată a secolului XXI fac inevitabilă reînnoirea educației, iar printre metodele potrivite pentru redresarea pedagogică, metoda proiectului joacă un rol proeminent.

Care sunt cele mai elementare așteptări ale educației în secolul XXI?

- Trecerea de la memorarea materialului la dezvoltarea competențelor (de exemplu, gândirea critică, rezolvarea problemelor, creativitatea, adaptabilitatea etc.). Dobândirea de cunoștințe prin aplicarea cunoștințelor, mai degrabă decât simpla memorare a faptelor și cifrelor.
- Exploatarea instrumentelor digitale, a resurselor online și a tehnologiei în clasă pentru a îmbunătăți experiența de învățare. Pregătirea studenților pentru lumea digitală prin îmbunătățirea alfabetizării lor digitale și dezvoltarea competențelor lor prin utilizarea de software educațional, module interactive de învățare și platforme care sprijină învățarea la distanță.
- Adaptarea instruirii la stilurile, nevoile și ritmul individual de învățare al elevilor. Tehnologii de învățare adaptive, programe de învățământ flexibile și strategii de predare diferențiate pentru a se asigura că toți elevii învață eficient.
- Pregătirea elevilor pentru a se dezvolta într-o lume din ce în ce mai interconectată, colaborând cu alții, integrând o perspectivă globală, promovând învățarea limbilor străine în curriculum.
- Integrarea sustenabilității în curriculum pentru a se asigura că elevii sunt conștienți de provocările de mediu, de principiile unei vieți durabile și fac un efort conștient pentru a păstra mediul.
- Acceptarea învățării ca un mod de viață, un proces pe tot parcursul vieții, dincolo de școlarizarea formală. Învățarea în rândul adulților, formarea profesională continuă, platformele de învățare online, adaptate la nevoile în schimbare ale forței de muncă.
- Renunțarea la testele standardizate tradiționale în favoarea unor forme mai variate de evaluare care pot măsura cu exactitate competențele și cunoștințele elevilor. Acestea ar

putea include evaluări de portofoliu, evaluări inter pares și sarcini de rezolvare a problemelor din lumea reală.

Metoda proiectului oferă o gamă largă de oportunități pentru a ajuta școlile să răspundă așteptărilor educației secolului XXI. Acest lucru este susținut de figura care rezumă principalele caracteristici ale metodei proiectului.



Sursa: Center for Project Based Learning, Sam Houston State University, SUA

<http://www.shsu.edu/centers/project-based-learning/images/PBL-Essential-Elements-Revised20130802.jpg>

- **Conținut curricular:** subiect în conformitate cu programa școlară, rigoare academică. Profesorii lansează proiectul cu o activitate care stârnește interesul elevilor și îi încurajează să pună întrebări. Activitatea poate fi un videoclip, o discuție, un vorbitor invitat, o excursie, o experiență de laborator etc.
- **Întrebare orientativă:** după discuție și brainstorming, elevii formulează o întrebare centrală care definește scopul proiectului. Întrebarea trebuie să fie provocatoare, deschisă, complexă și legată de curriculum și de rezultatele așteptate ale învățării.
- **„Vocea elevilor”, alegerea lor:** interesul elevilor este captat de sarcinile provocatoare pe care le aleg ei. Rezultatele proiectului (de exemplu, raportul de proiect, prezentările digitale și orale, demonstrațiile vizuale) sunt concepute de elevi.
- **Competențele secolului XXI:** colaborarea este esențială pentru metoda proiectului. Proiectul ar trebui să ofere elevilor oportunități de a-și dezvolta competențe valoroase ale secolului XXI, cum ar fi colaborarea, comunicarea, gândirea critică și utilizarea instrumentelor digitale, care îi vor ajuta la locul de muncă și în viață.
- **Interes și inovare:** Târgul de idei îi ajută pe elevi să genereze noi idei și întrebări.
- **Feedback și revizuire:** pe măsură ce elevii își dezvoltă ideile și produsele, echipele văd, evaluează și critică munca celorlalți. Profesorul verifică notițele, schițele și planurile și monitorizează progresul.
- **Produs prezentat public:** echipele de elevi își prezintă rezultatele, concluziile și soluțiile unor audiențe precum colegii, părinții, comunitatea, mediul de afaceri, guvernul și profesioniști din diferite industrii.

Metoda proiectului îi ajută pe elevi să integreze cunoștințele dobândite în diferite discipline și să le aplice în practică. Aceasta promovează învățarea activă, conectează curriculumul cu problemele reale, încurajează cooperarea, dezvoltă gândirea critică și abilitățile de comunicare prin dezbateri, rezolvarea sarcinilor și abordarea problemelor în echipă. Se spune adesea că secolul XXI este „secolul proiectelor”, deoarece abordarea bazată pe proiecte este prezentă în toate segmentele vieții economice, ceea ce face ca aplicarea metodei proiectului să fie deosebit de relevantă în prezent.

În capitolele următoare, pornind de la conceptele de bază ale proiectelor din viața economică, vom ajunge la proiecte pedagogice pentru a ne apropia de așteptările pieței muncii prin încorporarea metodelor proiectelor de afaceri.

4. CONCEPTE DE BAZĂ ALE PROIECTELOR DE AFACERI

Firmele și întreprinderile pot rămâne competitive într-un mediu economic dinamic și în continuă schimbare doar dacă reușesc să răspundă nevoilor pieței prin inovații rapide și adaptate. Dezvoltările individuale și unice impun o abordare și un stil de lucru complet diferite atât pentru conducere, cât și pentru angajați, comparativ cu sarcinile obișnuite de rutină zilnică.

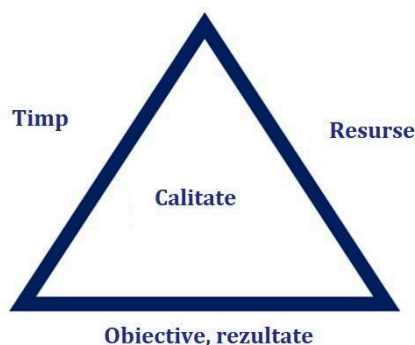
Un proiect reprezintă o succesiune de activități neregulate, desfășurate într-un interval de timp bine delimitat. Este o serie de acțiuni orientate către atingerea unor obiective specifice, coordonate și monitorizate în mod sistematic, în limitele stabilite de termene, costuri și resurse disponibile.

În producția de tractoare, fabricarea pieselor și asamblarea acestora se realizează în etape de lucru bine definite, iar fluxul de lucru face parte din sarcinile operaționale zilnice. În schimb, dezvoltarea, proiectarea și lansarea unui nou model de tractor reprezintă o sarcină de proiect, care presupune procese de lucru unice, diferite de sarcinile zilnice obișnuite.

Sarcinile operaționale contribuie la buna funcționare a proceselor, în timp ce proiectul reprezintă o inovație unică, ce implică ieșirea din rutina zilnică și comportă întotdeauna riscuri.

Numărul de persoane implicate în proiectarea și dezvoltarea proiectului este determinat de dimensiunea acestuia: selectarea membrilor echipei de proiect și construirea organizației corespunzătoare sunt printre pașii esențiali în inițierea unui proiect.

Particularitatea proiectelor este așa-numita "robie triplă", care este simbolizată de triumfiul proiectului cunoscut din literatură.



Triunghiul proiectului (Farkas și colab., 2012, p. 7)

Componentele robiei triple sunt:

- obiectivele și rezultatele preconizate;
- timpul disponibil și
- resurse (active, bani, forță de muncă etc.).

Cele trei componente sunt strâns legate: dacă una se schimbă, cel puțin una dintre celelalte două trebuie să se schimbe sau, în caz contrar, calitatea rezultatelor dorite va avea de suferit. Câteva exemple includ:

- dacă este necesar să lucrați cu mai puțini angajați decât era planificat, atunci va dura mai mult,
- dacă termenul este scurtat, este probabil ca costurile să crească;
- dacă bugetul financiar este redus, realizarea obiectivelor va fi pusă în pericol;
- dacă termenul este anticipat, calitatea planificată nu poate fi garantată decât dacă se majorează o altă resursă (de exemplu, bugetul financiar).

Părțile interesate de proiect

Părțile interesate de proiect sunt persoane care au un anumit interes în rezultatele proiectului, sunt afectate într-un fel de succesul sau eșecul proiectului. Planificarea detaliată este întotdeauna precedată de identificarea părților interesate: cine va folosi rezultatele în mod direct, cine poate fi sperat pentru sprijin sau care ar putea avea un interes în crearea de obstacole în calea dezvoltării.

În rândul părților interesate, grupul-țintă **și** promotorul de proiect **joacă un rol deosebit de important**. Grupul țintă include persoane și grupuri sociale care vor utiliza direct rezultatele proiectului. Ei sunt cei care trebuie să fie implicați în monitorizarea și evaluarea rezultatelor pe toată perioada proiectului, de la planificare până la finalizare.

Promotorul de proiect este persoana sau instituția care furnizează resurse, instrumente și bani pentru punerea în aplicare a proiectului. Nu este necesară nicio justificare specială pentru a explica cât de important este ca promotorul de proiect să fie informat cu privire la toate evenimentele și problemele care au loc în timpul implementării.

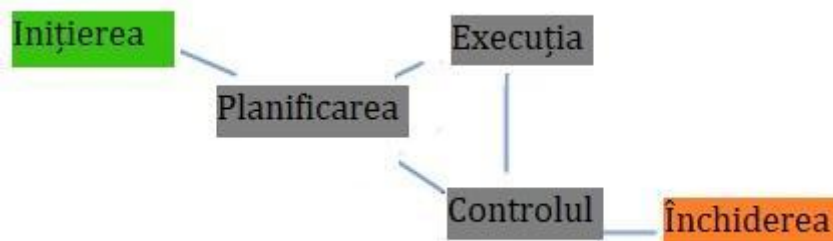
În funcție de dimensiune, proiectul implică una sau mai multe **echipe sub conducerea managerului de proiect sau a echipei de management**. Managementul și controlul sunt sarcinile managementului, succesul este în mare măsură determinat de competența managerilor de proiect. Succesul unui proiect necesită o echipă care combină o gamă largă de expertiză, abilități și abilități.

Succesul depinde de calitatea cooperării, diviziunea muncii, comunicarea internă și externă, monitorizarea continuă, evaluarea și feedback-ul și capacitatea de a "reproiecta" rapid, flexibil și rapid atunci când este necesar.

Managerul de proiect sau echipa de management coordonează și controlează lucrările, evaluează și gestionează riscurile potențiale și încearcă să rezolve potențialele probleme și conflicte. Calitatea rezultatului final depinde într-o măsură semnificativă de competența experților și profesioniștilor implicați în managementul profesional.

4.1 Etapele de lucru sau ciclul de viață al unui proiect

Chiar și cel mai complex proiect poate fi descris folosind o schemă simplă:



Începerea proiectului, planificarea

Ciclul de viață al unui proiect începe cu o idee sau o propunere, care trebuie dezvoltată într-un plan de lucru realist în etapa de planificare. Pentru proiectele mai mari, se realizează, de obicei, un studiu de fezabilitate. Acest studiu include: evaluarea situației existente, analiza nevoilor, o justificare detaliată care să determine dacă dezvoltarea planificată este necesară și realizabilă.

Părțile unui plan de proiect

- Prezentarea succintă a obiectivelor proiectului (de ce, ce, cui, cum, ce, cand).
- Prezentarea echipei de proiect.
- Plan de lucru detaliat.
 - Prezentarea detaliată a etapelor, fazelor de lucru, sarcinilor și activităților, precum și a rezultatelor planificate.
 - Estimați duratele activităților, planificați activități, stabilirea etapelor cheie, alocarea resurselor.
- Plan financiar.
- Definirea distribuției muncii și a responsabilităților.
- Reguli fundamentale de colaborare și comunicare.
- Proceduri și reguli verificare, plan de asigurare a calității.

Indicatori

Analiza riscurilor, planul de gestionare a riscurilor.

Rezultatele proiectului ar trebui să fie descrise clar, folosind indicatori calitativi și cantitativi. De exemplu, dacă obiectivul este elaborarea unui studiu nou, se vor specifica detalii precum lungimea documentului, formatul acestuia și limbile în care va fi disponibil.

Dacă planul proiectului nu conține astfel de indicatori, evaluarea rezultatelor devine lipsită de sens, iar reușita proiectului este dificil de măsurat.

Implementare, realizare

În timpul implementării, apar frecvent schimbări ale condițiilor interne sau externe față de cele anticipate în planul inițial. Problemele interne neașteptate, precum și factori externi (de exemplu, condițiile meteorologice), pot influența progresul proiectului.

În special pentru proiectele de durată, care se întind pe mai mulți ani, este esențială revizuirea periodică a planului inițial. Ajustările devin inevitabile pentru a ține pasul cu schimbările.

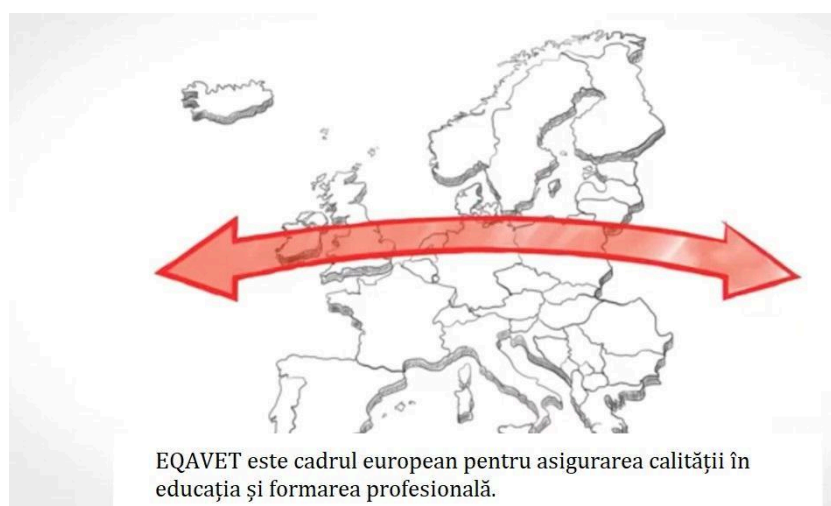
Monitorizarea, evaluarea și controlul continuu

Monitorizarea și evaluarea progresului sunt procese continue. Fiecare etapă a proiectului trebuie monitorizată cu atenție, iar rezultatele parțiale trebuie verificate. Dacă o etapă nu produce rezultatele dorite, succesul etapelor ulterioare poate fi compromis.

Evaluarea și intervenția acolo unde este necesar sunt esențiale pentru succesul proiectului.

Repetarea ciclică a controlului calității este descrisă prin metoda de management PDCA (Plan-Do-Check-Act): Planificarea (Plan) stabilește obiectivele și indicatorii de performanță, implementarea (Do) presupune desfășurarea activităților planificate, verificarea (Check) compară rezultatele obținute cu cele planificate, intervenția (Act) presupune corectarea abaterilor și, dacă este necesar, revizuirea planului înainte de a relua ciclul.¹

Metoda PDCA face parte din cadrul EQAVET (European Quality Assurance in Vocational Education and Training), recomandat de Uniunea Europeană ca standard pentru managementul calității în educația profesională. Pentru mai multe informații despre EQAVET și despre aplicarea sa pot fi găsite în materialul video atașat.



EQAVET este cadrul european pentru asigurarea calității în educația și formarea profesională.

<https://www.youtube.com/watch?v=wH5BKAfkqY>

Închiderea proiectului

Închiderea proiectului este una dintre cele mai dificile sarcini ale managementului, fiind, în principal, o activitate administrativă. Aceasta include următoarele sarcini principale:

- Evaluarea finală a tuturor rezultatelor și a rezultatelor parțiale.
- Prezentarea detaliată a rezultatelor obținute.
- Elaborarea rapoartelor administrative și financiare.
- Analiza impactului, care implică prezentarea efectelor preconizate ale rezultatelor proiectului.

¹ Numit și ciclul Deming, acest concept își are originea în contribuțiile lui William Edwards Deming (1900–1993), un statistician american care a perfecționat modelul Plan-Do-Study-Act (PDSA), propus inițial de colegul său Walter A. Shewhart.

- Demonstrarea sustenabilității pe termen lung a rezultatelor.

Proprietarul proiectului (sponsorul) are dreptul să se aștepte ca rezultatul final să fie în perfectă concordanță cu planul de proiect. În evaluarea finală, nu este suficient să se demonstreze doar îndeplinirea indicatorilor cuantificați; este, de asemenea, esențial să se dovedească faptul că rezultatul corespunde așteptărilor grupului țintă și că respectă criteriile de calitate stabilite.

Prezentarea rezultatelor obținute unui public larg, dar mai ales grupului țintă, are scopul de a pregăti introducerea pe piață a noului produs sau serviciu. În cazul proiectelor mai mari, care durează mai mulți ani, nu trebuie ignorată analiza impactului imediat și pe termen lung al rezultatelor, precum și a sustenabilității acestora. Această analiză este deosebit de importantă, mai ales atunci când rezultatele răspund unei nevoi mai largi a comunității sau societății. De asemenea, chiar și atunci când scopul a fost dezvoltarea unui nou produs, sustenabilitatea rămâne esențială, fiind în interesul economic al companiei.

Documentare și comunicare

Calitatea documentației este un factor fundamental determinant pentru succesul proiectului. Una dintre cele mai importante sarcini la demararea unui proiect este ca membrii echipei să stabilească mijloacele de comunicare și documentare, precum și platforma digitală pe care vor colabora. Acesta este momentul în care managementul dezvoltă un model standard care va fi utilizat pentru evaluare și implementarea protocoale.

5. METODA PROIECTULUI

Concepte de bază

În învățarea bazată pe proiecte, elevii devin actori activi, dezvoltându-și abilitățile și acumulând cunoștințe prin implicarea în diverse proiecte sau rezolvarea unor probleme inspirate din viața reală. Un proiect pedagogic poate implica crearea unui produs specific, cum ar fi un software, dar poate consta și în analizarea unei probleme sociale sau realizarea unei cercetări pe un subiect de interes.

Învățarea bazată pe proiecte este o metodă de învățare, predare și organizare a procesului educațional, în care elevii colaborează, beneficiind de diferite grade de asistență din partea profesorilor. Aceștia nu se limitează la munca individuală, ci creează rezultate și produse tangibile prin aplicarea metodelor de planificare, organizare și implementare a proiectelor în sens general. În majoritatea cazurilor, aceste proiecte sunt concepute pentru a răspunde nevoilor sau intereselor unei comunități mai largi.

5.1 Avantajele metodei proiectului

- Prin participarea la proiecte, elevii se confruntă cu probleme reale care necesită gândire creativă și abilități de rezolvare a problemelor. Metoda proiectelor încurajează elevii să gândească critic, să genereze idei noi și să găsească soluții eficiente la provocările cu care se confruntă.
- Elevii își aleg propriile subiecte și lucrează la proiect. Această activitate este motivantă pentru ei, deoarece interesele și pasiunile lor personale pot fi reflectate în procesul de învățare. Participarea activă ajută la depășirea sentimentelor de plictiseală și pasivitate și crește entuziasmul pentru învățare.

- Promovează învățarea experiențială, deoarece elevii dobândesc cunoștințe și își dezvoltă abilități prin experiență. Ei aplică ceea ce învață în practică prin raportarea la probleme din viața reală, ceea ce duce la o înțelegere mai profundă și la cunoștințe mai durabile.
- Metoda proiectelor promovează colaborarea între studenți. Elevilor li se cere să lucreze împreună, împărtășind idei și sarcini, ceea ce dezvoltă abilitățile de comunicare și sociale, pregătindu-i pentru activitatea la locul de muncă.
- Metoda proiectelor oferă posibilitatea de a diferenția obiectivele de învățare și conținutul în funcție de nevoile individuale ale elevilor. Varietatea proiectelor le permite elevilor să aleagă un subiect în funcție de propriile lor interese și abilități, ceea ce le sporește motivația de a învăța.

Metoda proiectelor s-a dovedit a fi mai eficientă decât predarea frontală tradițională în dezvoltarea competențelor secolului XXI. Accentul se pune nu pe predare, ci pe învățare, profesorul ocupând un loc secundar și gestionând evenimentele, iar elevii preluând conducerea, munca de proiect reușită permițându-le să stăpânească materialul:

- să formuleze întrebări critice cu privire la problema în cauză;
- să elaboreze independent un plan de lucru pentru „cercetare”;
- selectarea instrumentelor adecvate de prelucrare a informațiilor și datelor;
- să realizeze produse de proiect, rezumate de text, analize și prezentări;
- dezvoltarea unei comunități constructive de învățare;
- să lucreze cu colegii pentru a-și prezenta ideile, conceptele și produsele finite ale proiectului;
- să-și evalueze produsele și rezultatele învățării proprii și colective.

În general, metoda proiectelor oferă o modalitate plăcută, experiențială și creativă de învățare care dezvoltă gândirea critică, rezolvarea problemelor, colaborarea și abilitățile de comunicare ale elevilor. Învățarea interactivă și practică îi ajută pe elevi să aplice informațiile în situații din viața reală, pregătindu-i pentru o viață de adult de succes și împlinită.

5.2 Proiect de afaceri vs proiect pedagogic

Fără îndoială, proiectele de afaceri și cele educaționale au multe trăsături în comun, însă vom vedea că diferența constă în detalii. Metoda proiectelor a fost o inovație pedagogică la începutul secolului al XX-lea tocmai pentru că ajută la apropierea școlilor de viața reală.

Criterii comune

- Ambele sunt provocatoare, în sensul că munca de proiect înseamnă ieșirea din rutina zilnică și furnizarea de muncă suplimentară pentru personalul organizației implicat în proiect.
- Niciuna dintre ele nu poate elimina complet riscurile potențiale.
- Ambele sunt limitate în timp și resurse.
- Ambele au obiective bine definite.
- Succesul necesită o echipă cu abilități diverse și comunicare organizată.
- Etapele ciclului de viață sunt aceleași: planificare, implementare, evaluare și închidere.
- Diviziunea corectă a muncii, planificarea și programarea activităților sunt aspecte cheie în ambele cazuri.
- Ambele necesită evaluare continuă și feedback, conform ciclului PDCA (Planificare, Implementare, Verificare, Acțiune).
- Rezultatele preconizate sunt descrise și susținute de indicatori măsurabili
- Părțile interesate de proiect ar trebui să fie informate, în special la lansare și la închidere.

Valoare adăugată

Pe lângă caracteristicile comune, este și mai important să identificăm oportunitățile specifice proiectelor de afaceri, care pot aduce valoare adăugată în îmbunătățirea calității învățării:

- dezvoltarea unei perspective orientate pe proiect;
- familiarizarea cu conceptele de bază ale proiectelor (de exemplu: resurse, părți interesate, grup țintă, ciclu de viață etc.);
- conștientizarea importanței planificării și pregătirii;
- identificarea rolurilor necesare pentru succesul proiectului;
- însușirea noțiunilor de bază ale managementului de proiect (de exemplu: etapă, termen limită, diviziunea muncii, indicator, documentație);
- dezvoltarea competențelor transversale;
- îmbunătățirea competențelor personale, a comportamentului, a culturii dezbaterii, a autocunoașterii, a autoevaluării.

Prin experiențele dobândite în cadrul sarcinilor de proiect pot fi dezvoltate competențele „soft” esențiale în secolul XXI. Dintre acestea, ne concentrăm acum pe patru competențe deosebit de importante: gândirea critică, colaborarea, creativitatea și comunicarea. Acestea sunt cunoscute sub denumirea de „4C” (Critical Thinking – gândire critică)

Dintre abilitățile "soft" ale secolului 21 care pot fi dezvoltate prin experiența dobândită în sarcinile de proiect, ne vom ocupa acum de doar patru abilități care sunt considerate a fi de o importanță deosebită, care sunt adesea denumite "4K" în literatură². Acestea sunt: gândire critică, comunicare, creativitate și colaborare.

Gândire critică	Comunicare
Elevii analizează probleme complexe și decid singuri asupra soluțiilor pe care doresc să le găsească în cadrul temei propuse. Ei desfășoară cercetări individual sau în grup, colectând informațiile și documentele necesare, și selectează împreună surse de încredere. Sub îndrumarea profesorului, elevii își pot exprima opiniile în dezbateri și discuții, fiind încurajați să trateze critic resursele utilizate. De asemenea, trebuie să învețe cum să-și argumenteze punctul de vedere și să convingă alți colegi. În final, împreună trag concluzii și învață lecții importante din experiența dobândită.	În era digitală, comunicarea nu mai înseamnă doar interacțiuni față în față; ea a devenit parte integrantă a „conversației” din spațiul virtual, incluzând rețelele sociale, e-mailurile și aplicațiile de mesagerie pe mobil. Comunicarea presupune dezvoltarea unor abilități esențiale ale secolului XXI. Pe lângă competențele digitale indispensabile, sunt necesare și abilități analitice și de evaluare, cum ar fi filtrarea eficientă a spamului. Abilitățile de comunicare se consolidează mai ales la finalul unui proiect, atunci când rezultatele trebuie prezentate unui public larg într-un mod convingător și bine structurat.
Creativitate	Collab
Dezvoltarea creativității este stimulată prin brainstorming, colaborare în proiectare și realizarea de produse concrete în cadrul proiectului, precum și prin crearea de conținut digital. Aceste activități pot fi rareori integrate în munca obișnuită de clasă. Nu este realist să ne așteptăm ca toți membrii echipei de proiect să fie la fel de creativi, însă fiecare poate contribui cu idei valoroase în procesul de co-planificare. Succesul în încurajarea elevilor mai reținuți să-și exprime ideile depinde în mare măsură de abilitățile pedagogice ale profesorului, care trebuie să creeze un mediu sigur și motivant pentru exprimare.	În timpul planificării și implementării proiectului, elevii ajung să înțeleagă care sunt punctele forte și slabe ale fiecărui membru al echipei. Ei recunosc valoarea „diversității” și cât de benefică este completarea reciprocă a punctelor forte individuale. În activitatea de proiect, precizia este la fel de importantă ca și creativitatea, perspicacitatea tehnică, competențele digitale avansate, abilitățile organizaționale și comunicarea eficientă. Munca în echipă contribuie la creșterea simțului responsabilității, îi ajută pe elevi să își aprecieze reciproc abilitățile, să se asculte unii pe alții și să respecte opiniile celorlalți. Problemele care apar pe parcursul proiectului oferă oportunități de dezvoltare a toleranței la conflicte și a abilităților necesare pentru soluționarea acestora.

² În limba engleză: 4C (Critical thinking, Communication, Creativity, Collaboration). Sursa: Cadrul pentru învățarea secolului 21 (p21.org)

5.3 Proiectarea proiectelor pedagogice

Învățarea bazată pe proiecte aduce, fără îndoială, numeroase beneficii elevilor, dar implică și un efort considerabil suplimentar pentru profesori, comparativ cu pregătirea lecțiilor obișnuite. Succesul unui proiect depinde în mare măsură de cât de minuțios și detaliat a fost planificat. Factori precum disponibilitatea sprijinului, implicarea unui coleg din personalul didactic care este dornic să participe, sprijinul părinților și accesul la companii locale dispuse să ofere vizite sau sfaturi profesionale sunt esențiali pentru reușită.

Nașterea ideii de proiect, pregătirea proiectului

Primul pas în planificare este alegerea subiectului. Decizia privind obiectivele de învățare și rezultatele așteptate, conform curriculumului pentru sfârșitul unei faze de învățare (semestru), revine profesorului (sau profesorilor). Aceștia trebuie să decidă care dintre obiectivele respective este mai ușor de realizat prin metoda proiectului și care subiecte sunt, de obicei, mai greu de stăpânit de către elevi prin metodele tradiționale.

În faza pregătitoare, este recomandat să discutați ideea proiectului cu conducerea școlii: susțin aceasta inițiativă? La fel ca un proiect de afaceri, un proiect pedagogic înseamnă ieșirea din rutina zilnică obișnuită, fiind posibil să fie necesare instrumente diferite și o flexibilizare a calendarului pe parcursul perioadei proiectului. Acest lucru nu va fi ușor fără sprijinul conducerii.

Pentru consultare, este recomandabil să pregătiți în scris o schiță a propunerii de proiect, iar site-ul web al meniului digital poate oferi un ghid util pentru planificare. Un formular trebuie completat, iar după finalizare, acesta poate fi salvat ca fișier PDF.

Alegeți o temă

Dacă propunerea primește aprobarea administrației școlii, putem începe prima discuție despre proiect cu elevii:

- Ce îi interesează cu adevărat în cadrul subiectului?
- Cum poate fi proiectul relevant pentru viața lor individuală și pentru viitoarea lor profesie?



Sursa: Shutterstock

În acest moment, putem capta imaginația elevilor dacă le trezim interesul printr-o introducere „eficientă”, folosind declarații provocatoare, controversate, întrebări introductive, toate amplificate de elemente video, imagini și media spectaculoase.

Este recomandabil să implicați elevii încă din această fază de lucru, deoarece vor fi cu adevărat motivați dacă simt că rezultatul planificat și tema proiectului le aparțin. În cadrul subiectului dat, putem aborda mai multe teme specifice, dar cel mai important este ca decizia finală să fie luată împreună cu elevii.

De asemenea, este o sarcină comună formularea unora dintre problemele din cadrul temei pe care proiectul ar trebui să le abordeze.

EXEMPLU de alegere a unui subiect

Clasa se pregătește să devină fermieri, elevii se pregătesc să devină cultivatori de legume. În clasa a XI-a, subiectul „Producția vegetală” are 200 de lecții, iar clasa se concentrează pe „organizarea producției vegetale și agricultura de precizie”.

Agricultura de precizie este un subiect modern care îi interesează pe elevi, care aud în fiecare zi știri despre utilizarea tot mai frecventă a noilor tehnologii în ferme.

Dintre rezultatele așteptate ale învățării, elevilor le-a plăcut cel mai mult subiectul „metode de iluminare în producția de legume în sere” și au decis să îl învețe în cadrul unui proiect.

Ei au formulat întrebările în funcție de care vor lucra la acest subiect:

1. Care sunt cerințele de apă pentru ardeii crescuți într-o seră? Cum diferă acest lucru de ardeii crescuți în aer liber?
2. Ce soluții și tehnologii de precizie sunt disponibile pentru a satisface nevoile de apă ale culturilor în sere? Care sunt costurile, avantajele și dezavantajele fiecărei soluții?
3. Care dintre acestea din urmă este deja folosită de fermierii din zonă?

Ideii practice

Este în interesul nostru comun să facem pasul următor numai dacă există un entuziasm vizibil și tangibil din partea conducerii, a elevilor și a colegilor profesori deopotrivă. Nu este prea târziu să faceți un pas înapoi sau să amânați proiectul!

Un proiect bun răspunde unei probleme reale, iar definirea problemei începe cu punerea unor întrebări bune. Pentru a decide, organizați un experiment cu elevii: pot formula împreună întrebări și probleme din viața reală pe tema dată? Acest lucru va arăta dacă metodele de lucru ale proiectului sunt cea mai bună modalitate de a găsi o soluție.

Formați grupuri pentru experiment.

1. Fiecare grup trebuie să scrie câteva întrebări despre subiect.
2. Analizați și îmbunătățiți întrebările. Dacă cineva a scris o afirmație în loc de o întrebare, reformulați-o ca întrebare și transformați întrebările închise în întrebări deschise. Numerotați întrebările corectate astfel încât cele mai bune întrebări să fie în partea de sus.
3. Fiecare grup ar trebui să-și prezinte propriile întrebări și să voteze apoi pentru cele mai bune.

Instrumente digitale pentru brainstorming

Pentru brainstorming, luați în considerare utilizarea unui instrument digital (de exemplu, [Linolt](#), care poate fi utilizat și de pe telefoane și tablete).

Până la sfârșitul experimentului, va fi clar dacă motivația este reală și dacă curiozitatea elevilor a fost stârnită. Apoi decideți, împreună cu clasa, dacă să lansați proiectul.

În cazul unei decizii pozitive, se poate începe planificarea detaliată, în conformitate cu etapele de lucru ale ciclului de viață.

Design pedagogic

Odată ce tema a fost aleasă, una dintre cele mai dificile sarcini în pregătirea pentru învățarea pe bază de proiect este pregătirea planului pedagogic general, în conformitate cu planul-cadru de învățământ și cu programul de formare. Este necesar să se descrie rezultatele (așteptate) ale învățării care urmează să fie obținute până la sfârșitul proiectului, ce cunoștințe vor dobândi studenții și ce competențe își vor dezvolta prin activitatea de proiect (a se vedea anexa 2).

EXEMPLU: Rezultatele învățării planificate	
Cunoștințe	Acesta rezumă informațiile cunoscute despre cerințele de apă și irigarea ardeilor verzi. El enumeră tehnologiile de irigare de precizie utilizate în cultivarea legumelor în sere, prezentând avantajele și dezavantajele acestora. De asemenea, arată ce soluții sunt folosite de fermierii din zonă și motivele pentru care le aleg
Aptitudini	Abilități profesionale: prezintă particularitățile fiziologice ale ardeilor crescuți în sere, cerințele lor de apă. În teren, identifică componentele tehnologiei de irigare de precizie, listează opțiunile de reglare automată. Management de proiect: enumeră etapele ciclului de viață al proiectului, formulează conceptele de bază legate de proiect (produs, termen limită, documentație etc.). Competențe transversale: colaborare, comunicare, creativitate, gândire critică. Digital: Colectarea datelor pe Internet. Colaborarea în mediul digital ales partajarea textului și a conținutului multimedia. Realizarea unei prezentări.
Atitudini:	Motivați să învețe în munca de proiect.
Responsabilitate și autonomie	Lucrează în grupuri, sub îndrumarea profesorilor, și își îndeplinesc sarcinile individuale în mod independent.

5.4 Planificați-vă proiectul

Ajungem acum la cel mai important pas în învățarea bazată pe proiecte: conceperea detaliată a proiectului. Trebuie elaborate două planuri. Primul este planul propriu-zis al proiectului, care este

întocmit de elevi cu ajutorul profesorilor. La fel ca un plan de proiect de afaceri, planul de proiect include etape, activități, termene limită și responsabilități.

Celălalt este **planul pedagogic al proiectului**, care este elaborat de profesori, dar detaliile sunt, de asemenea, împărtășite cu elevii: ce trebuie să știe până la sfârșitul proiectului, cine va evalua rezultatele și cum etc. Planul pedagogic leagă activitățile de obiectivele de învățare stabilite. Acesta descrie, punct cu punct, modul în care finalizarea fiecărei activități va conduce la dobândirea de noi cunoștințe, ce competențe vor fi dezvoltate și cum vor fi acestea evaluate.

Domeniul de aplicare al ambelor documente este determinat de durata proiectului planificat. În cazul unui proiect mai mic, planificat pentru câteva ore, cele două documente pot fi combinate.

Plan de proiect

Planul de lucru detaliat (repere, etape de lucru, activități, program etc.), sarcini pentru echipele de proiect trebuie dezvoltate independent de studenți, dar ajutorul profesorilor este, de asemenea, indispensabil aici. Dacă lucrați cu tineri de 16-18 ani, puteți discuta cunoștințele despre proiectele de afaceri cu ei: ce înseamnă împărțirea responsabilităților, de ce este importantă comunicarea continuă, cum pot și trebuie să fie monitorizate și evaluate rezultatele în funcție de indicatori.

Să începem cu sfârșitul!

Este recomandabil să începeți planificarea de la rezultatul final prin crearea unei liste de produse și rezultate într-un tabel pe care elevii îl vor "pune pe masă" la sfârșitul proiectului și le putem prezenta părților interesate interne și externe ale proiectului.

Rezultate, produse, indicatori

De exemplu, dacă proiectul se referă la studenții de la IT care dezvoltă o aplicație, rezultatul va fi un produs concret - un software funcțional. Dacă proiectul implică echipe de ucenici care pregătesc un prânz cu mai multe feluri dintr-un coș de materii prime, produsul va fi prânzul servit. Dacă, la sfârșitul unui proiect care durează câteva luni, studenții de la grădinarit scot pe piață legumele pe care le-au produs, produsul ar putea fi un coș de morcovi, dar rezultatul va fi și o parte din venit.

Acestea sunt produse posibile, tangibile ale învățării bazate pe proiecte. În timpul implementării proiectului, pot fi obținute și alte tipuri de rezultate, documente, rezumate ale cercetării, prezentări. Pentru a ajuta la obținerea unei imagini de ansamblu asupra tuturor acestor lucruri, un tabel de acest tip poate fi util:

Denumirea produsului, rezultatul	Descriere	Responsabil	Versiune, format	Indicator (buc., pag., sec.)	Evaluarea este realizată de
Agricultura de precizie	Sumarul rezultatelor cercetării grupurilor de proiect	Echipa XY, Echipa ZW	Document Word	Min. 3 pagini	Celelalte echipe

Tabelul de prezentare generală are două avantaje: pe de o parte, clarifică angajamentul și ceea ce trebuie realizat, iar pe de altă parte, introduce concepte de bază precum indicatorii și evaluarea.

Tabelul permite compararea obiectivelor stabilite la începutul proiectului cu rezultatele obținute la sfârșitul proiectului.

Diagramă Gantt

Una dintre cele mai dificile sarcini ale activității didactice este de a sprijini independența elevilor la maxim: de a „ajusta” ideile și sugestiile lor până când acestea sunt în conformitate cu rezultatele așteptate ale învățării. Deși metoda proiectului presupune ca elevii să lucreze în mod autonom, nu se poate sublinia prea mult faptul că responsabilitatea orientării și ajustării aparține profesorului. În acest spirit, ar trebui elaborată împreună cu elevii o diagramă Gantt, adică un calendar detaliat pentru proiectul elevilor, cu o listă specifică de activități, etape și termene limită.

Titlul proiectului: XXXXX												
Durata: xx săptămâni (an.lună.zi – an.lună.zi)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sarcini de management												
Ședința de lansare a proiectului												
Ședințe de echipă												
Activități												
Activitatea 1												

De asemenea, puteți crea o diagramă Gantt utilizând o foaie de calcul, cum ar fi Google Spreadsheet.

Plan pedagogic detaliat

De fapt, planificarea pedagogică a început odată cu alegerea subiectului, deoarece multe aspecte (cum ar fi dacă proiectul ar trebui să acopere mai mult de un subiect) au trebuit să fie stabilite

Înainte de stabilirea obiectivelor specifice. Cu toate acestea, planul pedagogic detaliat poate fi elaborat numai pe baza unei liste de activități planificate.

Planul pedagogic nu este altceva decât completarea listei de activități prezentate în diagrama Gantt cu rezultatele învățării legate de activități: ce cunoștințe noi vor dobândi elevii prin desfășurarea activităților, ce competențe își vor dezvolta în timp ce lucrează la acestea și cum vom monitoriza și evalua dacă obiectivele învățării au fost atinse.

În planul pedagogic, pe lângă rezultatele învățării curriculare, ar trebui să abordăm, de asemenea, cunoștințele și competențele de gestionare a proiectelor care pot fi dobândite prin intermediul activității, care sunt tabelate în analiza aspectelor de proiectare.

Activitate				
Descrierea activității:				
	Cunoștințe, informații	Abilitate	Atitudini	Responsabilitate și autonomie
Rezultatele învățării profesionale				
Rezultatele învățării în managementul proiectelor				
Competențe digitale:				
Forme de lucru, metode, instrumente				
Verificare, evaluare, feedback				
În timpul lucrului la proiect (profesional, de proiect, digital sau o combinație dintre acestea)				
La finalizarea activității (profesional, proiect, digital sau unul dintre acestea) (profesional, de proiect, digital sau o combinație dintre acestea)				

Cea mai mare parte a planificării pedagogice este responsabilitatea profesorilor, dar pentru ca elevii să își asume responsabilitatea pentru munca lor, aceștia trebuie să fie conștienți, de asemenea, de ceea ce se așteaptă exact de la ei la sfârșitul fiecărei activități. Descrierea rezultatelor învățării în conformitate cu cadrele europene și naționale ale calificărilor

Descrierea rezultatelor învățării conform cadrelor europene și naționale de calificare

În interesul transparenței calificărilor, Consiliul European a elaborat Cadrul European al Calificărilor (CEC³), care oferă o terminologie uniformă pentru o descriere clară și transparentă a rezultatelor învățării în cadrul formării. Versiunea actuală a fost publicată în 2017. Pe baza descrierii formărilor standardizate, pot fi comparate profesiile și diplomele dobândite în diferite state membre ale UE.

Scopurile CEC:

- **Facilitarea comparabilității și a recunoașterii** pentru angajatorii și instituțiile de învățământ din diferite țări europene.
- **Creșterea mobilității cursanților și a lucrătorilor în Europa** pentru persoanele care caută un loc de muncă sau o formare continuă într-o altă țară europeană.
- **Promovarea și încurajarea învățării pe tot parcursul vieții** prin consolidarea descrierilor calificărilor obținute în diferite forme de învățare (formală, non formală sau informală).
- **Sprijinirea asigurării calității sistemelor de educație și formare** prin descrierea consecventă a nivelului calificărilor și a rezultatelor învățării.

CEC este disponibil în toate limbile europene pe site-ul web public [al legislației Uniunii Europene](#). Versiunile lingvistice ale actului de abrogare a versiunii din 2008 a [recomandării Consiliului din 22 mai 2017](#). Pe baza CEC, fiecare stat membru elaborează un cadru național adaptat sistemului său educațional, care este introdus după aprobarea UE.

CEC este un cadru pentru descrierea rezultatelor învățării pentru opt niveluri de calificare, de la școala primară la studii doctorale⁴.

Rezultatele învățării: afirmații definite în termeni *de cunoștințe, abilități, responsabilitate și autonomie* cu privire la ceea ce elevii știu, înțeleg și sunt capabili să execute la sfârșitul unui proces de învățare.

În conformitate cu recomandările CEC, rezultatele învățării trebuie descrise în funcție de următoarele caracteristici, denumite descriptori:

- cunoaștere (knowledge),
- aptitudini (skills)
- responsabilitate și autonomie (responsibility and autonomy)

Cunoaștere (knowledge):	rezultatul dobândirii informațiilor prin învățare. Cunoașterea este un set de fapte, principii, teorii și practici legate de un domeniu de muncă sau de studiu. CEC descrie cunoștințele în termeni teoretici și/sau factuale. (În taxonomia cognitivă a lui Bloom: memorie, înțelegere, analiză)
--------------------------------	---

³ engleză: European Qualification Framework (EQF)

⁴ Anexa 1 a documentului conține termenii utilizați în recomandare, iar anexa 2 descrie cele opt niveluri.

Aptitudini (skills):	capacitatea de a aplica cunoștințele și de a folosi know-how-ul pentru a îndeplini sarcini și a rezolva probleme. CEC descrie competențe cognitive (utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) și practice (dexteritate manuală și utilizarea metodelor, materialelor, instrumentelor și instrumentelor). (În taxonomia lui Bloom: câmpul cognitiv: aplicare, evaluare, creație, câmp psihomotor:)
Responsabilitate și autonomie:	capacitatea cursantului de a aplica cunoștințele și abilitățile în mod autonom și responsabil.

În România Cadrul European al Calificărilor încă nu este implementat.

În cadrul maghiar ([MKKR](#)in) aplicat celor trei caracteristici CEC: (cunoștințe, abilități, autonomie și responsabilitate) este completat de "atitudinile" caracteristice (cunoștințe, abilități, atitudini, autonomie și responsabilitate).

În tabelul cadrului maghiar, "atitudinea" conține obiectivele dezvoltării unei atitudini față de învățare, muncă, colegi și propriile acțiuni.

Mai jos găsim un exemplu de descriere a cerințelor de instruire și de ieșire:

- Numele sectorului: Agricultură și silvicultură
- Titlul profesiei: Grădinar
- Nivelul Cadrului European al Calificărilor: 4

Cunoștințe	Abilități, aptitudini	Comportamente și atitudini așteptate	Grad de autonomie și responsabilitate
Cursantul enumeră instrumentele de măsurări meteorologice și explică modul în care acestea funcționează.	Cursantul observă caracteristicile climatice ale României.	Se străduiește să obțină citiri exacte ale datelor meteorologice.	Cursantul interpretează datele meteorologice în mod independent.

Formularea rezultatelor învățării începe, de obicei, cu următoarea introducere:

"Până la sfârșitul fazei de învățare, elevul va putea... ", unde enunțul este completat cu **un verb care descrie o acțiune**, de exemplu: explicați, enumerați, prezentați etc. Trebuie ales un verb prin folosirea căruia rezultatul poate fi evaluat.

Verbe sugerate pentru formularea rezultatelor așteptate ale învățării în domeniul cunoașterii, cunoștințelor dobândite:

- Interpretează,
- grupează, aranjează,
- compară,
- rezumă, sintetizează,
- deduce,
- suplimentează, completează,
- explică,
- identifică,
- recunoaște,
- amintește,
- determină, definește.

Formularea poate fi mai simplă prin omiterea primei părți al enunțului, deoarece este logic ca rezultatul învățării să fie atins până la sfârșitul lecției, cursului sau proiectului.

Exemple:

- Recunoaște și denumeste instrumentele de măsurare meteorologice.
- Recită datele notabile din istoria națiunii.
- Grupează instrucțiunile din limbajul de programare după funcție.

Formulări incorecte, **verbe nerecomandate:** a ști, a crede, a înțelege, a fi conștient de ceva.

Aceste verbe de fapt nu implic o acțiune.

"Studentul cunoaște regulile de protecție a muncii."

Verbul "știe" nu se referă la acțiune. Definiția trebuie să fie mai detaliată. Cât de detaliată este cunoașterea studentului? Amintește regulile? Poate să enumere și să aplice regulile? Cum pot fi evaluate rezultatele învățării dacă tot ce știm este că studentul este "familiarizat" cu subiectul?

În mod similar, următorul enunț nu indică o acțiune:

"Studentul înțelege importanța prelucrării solului." Nu este clar ce înseamnă acest lucru. Poate justifica? Poate enumera vreun aspect? Poate da explicații de ce este importantă (prelucrarea solului)?

Verbe propuse pentru formularea rezultatelor așteptate ale învățării în termeni de abilități și abilități

Abilitățile și aptitudinile se referă la capacitatea cursantului de a aplica cunoștințele și învățăturile dobândite. De exemplu, aplicarea poate însemna că elevii sintetizează elemente de cunoștințe într-un mod nou, creează o formă nouă sau produs nou. Punerea în practică este corelată cu experiențele anterioare de învățare ale elevilor, ceea ce necesită adesea creativitate. Aceasta include, atunci când elevii proiectează sau creează ceva. De exemplu în timp ce scriu, pictează, construiesc etc., ei combină cunoștințele dobândite și elementele de cunoștințe în funcție de propriile idei.

Verbe sugerate:

- efectuează
- realizează,
- verifică,
- evaluează,

- planifică,
- pregătește,
- dezvoltă,
- produce,
- crează
- compilează,
- sistematizează,
- prezintă.

Exemple:

- El elaborează un plan de amenajare a terenului, efectuează lucrările necesare solului. El pregătește plantele și construiește o grădină conform planului.
- În limbajul de programare învățat, el scrie un program care implementează gestionarea datelor (introducerea, modificarea, căutarea, listarea, agregarea datelor).
- Cursantul verifică dezvoltarea plantelor cultivate în seră pe baza rapoartelor săptămânale de măsurare și face o prognoză pentru data preconizată a recoltării.
- Creează un plan de testare, execută și documentează testele modulului.

Dar aici putem descrie și obiectivele de învățare care vizează dezvoltarea abilităților transversale (gândire critică, comunicare, colaborare, rezolvarea problemelor etc.).

Exemple:

- El argumentează convingător în cadrul dezbaterii.
- Colaborează cu colegii de echipă
- Elaborează o prezentare de impact.

Formularea competențelor digitale

Printre obiectivele de învățare ale educației secolului 21, dezvoltarea competențelor digitale ocupă un loc proeminent. [DigComp 2.2](#) este un instrument pentru o descriere comună a competențelor digitale, cea mai recentă versiune a cadrului de referință elaborată de Centrul Comun de Cercetare al Comisiei Europene⁵ publicată în 2013 și actualizată în 2022, cu multe, multe exemple spre încântarea dezvoltatorilor de curriculum. Dezvoltarea competențelor digitale în obiectivele de învățare ar trebui să se reflecte în toate calificările, programele de învățământ și planurile de lecție, indiferent de domeniu, nivel și formă de formare.

DigComp 2.2 împarte rezultatele învățării în **5** domenii ale cadrului, cu subiecte suplimentare în funcție de zonă:

1. Gestionarea informațiilor și a datelor (3 subiecte)
2. Comunicare și colaborare (6 subiecte)
3. Crearea de conținut digital (4 subiecte)
4. Securitate (4 subiecte)
5. Rezolvarea problemelor (4 subiecte)

Acesta împarte domeniile de competență în teme, definind cele patru niveluri de competență:

- nivelul de bază;

⁵ Centrul Comun de Cercetare https://joint-research-centre.ec.europa.eu/index_en

- nivel intermediar;
- nivel avansat,
- nivel de master.

În cadrul fiecărui nivel, se disting încă două niveluri. **Aceste niveluri de clasificare sunt numite dimensiuni** în document:

- Dimensiunea 1: domeniu de competență
- Dimensiunea 2: element de competență
- Dimensiunea 3: nivelul de competență (nivelul de bază 1.2, nivelul intermediar 3.4, ..., nivelul de master 7.8)
- Dimensiunea 4: descriere în funcție de cunoștințe, abilități și atitudine
- Dimensiunea 5: cazuri de utilizare

Progresând după nivel, fiecare abilitate primește mai multe descrieri ale sarcinilor, cum ar fi:

Dimensiunea 1	Domeniul de competență:	3. Crearea de conținut digital
Dimensiunea 2	Element de competență:	3.1 Dezvoltarea conținutului digital (crearea și editarea unor conținuturi digitale în diverse formate, autoexprimarea prin mijloace digitale)
Dimensiunea 3	Nivelul de competență	Nivel intermediar, inclusiv nivelul 3: Pot rezolva în mod independent problemele clar definite
• <i>alegerea metodelor prin care pot fi produse și editate conținuturi bine definite, care au un format familiar,</i> • <i>exprimarea sinelui prin crearea unor conținuturi digitale bine definite, familiare.</i>		
Dimensiunea 4	Exemple pentru cunoștințe, abilități și atitudini:	
Cunoaștere:	• Cursantul știe că conținutul digital este prezentat în formă digitală și există multe tipuri de conținut digital (de exemplu, sunet, imagini, text, video, aplicații) care sunt stocate în diferite tipuri de fișiere. • <i>Cunoaște că sistemele bazate pe IA pot fi utilizate pentru a crea automat conținut digital (de exemplu, text, știri, eseu, postare pe Facebook, muzică, imagine) folosind conținutul digital existent ca sursă. Aceste conținuturi sunt greu de distins de cele create de om. (AI)</i> ...	
Îndemânare:	• <i>Este capabil să utilizeze instrumente și metode pentru a produce conținut digital ușor accesibil oricui (de exemplu, adăugarea de text alternativ la imagini, tabele și grafice; utilizarea unei structuri de documente etichetate informativ adecvate scopului, litere, culori și linkuri accesibile) în conformitate cu standardele și orientările relevante (de exemplu, WCAG 2.1 și EN 301 549). (DH)</i> • <i>Este capabil să alege formatul potrivit pentru conținutul digital ținând cont de scopul acestuia (de exemplu, salvarea unui document într-un format editabil, spre deosebire de un format care nu poate fi editat, dar este ușor de tipărit).</i>	
Atitudine:		

• Este deschis la găsirea de alternative la producția de conținut digital. • Este gata să respecte cerințele și orientările oficiale (de exemplu, WCAG 2.1 și EN 301 549) la testarea paginilor web, a fișierelor digitale, a documentelor, a e-mailurilor sau a altor aplicații web. (DH)	
Dimensiunea 4	Studii de caz
Muncă:	elaborarea unui scurt material de instruire pentru colegi privind aplicarea noii proceduri în cadrul organizației • <i>Un coleg cu competențe digitale avansate (la care pot apela oricând pentru ajutor, dacă este necesar)</i>
Învățare:	compilarea unei prezentări către colegii de clasă pe un anumit subiect. Cu ajutorul profesorului meu • <i>Pot face o prezentare a muncii mele colegilor mei cu animație digitală în tutorialul video recomandat de profesorul meu pe YouTube</i>

Cadrul DigComp 2.2 este destul de complex la început, dar nu este conceput ca o lectură, ci mai degrabă ca un manual, care merită folosit pentru a dezvolta programe școlare, pentru a planifica lecții și proiecte și pentru a vă inspira din exemple pentru a descrie rezultatele învățării și obiectivele legate de dezvoltarea abilităților digitale.

Cadrul este disponibil pentru descărcare într-un număr tot mai mare de limbi europene. În curând sperăm să fie accesibil și în limba română.

5.5 Implementare

Dacă planificarea a fost suficient de temeinică și detaliată, implementarea, adică activitățile planificate, se desfășoară conform programului, în ordine.

Implementarea proiectelor pedagogice este însoțită de Ciclul PDCA, de asemenea. Ciclul este un ghid simplu pentru monitorizarea, evaluarea și feedback-ul continuu, acoperind produsele proiectului, metodele de lucru și, în special, modul în care elevii progresează către rezultatele țintă ale învățării.

În faza de implementare, sarcina profesorului stă în observarea (monitorizarea) și evaluarea continuă, care oferă o bază pentru intervenția și corectarea în timp util dacă ceva nu se realizează conform planului.

Este recomandat utilizarea instrumentelor digitale în fiecare etapă a metodei proiectului - dar numai dacă instrumentul digital este folosit în scopul proiectului. Al treilea modul conține destul de multe idei pentru acest lucru. Alese în mod corect, instrumentele digitale facilitează colaborarea și munca individuală și îmbunătățesc competențele digitale ale participanților.

5.6 Evaluare

Evaluarea rezultatelor învățării bazate pe proiecte necesită metode care permit măsurarea performanței elevilor, a rezultatelor învățării și a succesului proiectului.

Următoarele metode pot fi propuse pentru a evalua rezultatul metodologiei proiectului.

- Produsul (rezultatul) proiectului, care poate avea diverse forme, trebuie măsurat și evaluat: o aplicație, un site web, o expoziție, o prezentare, o grădină (de exemplu, ca urmare a construcției cadrului) etc. Dacă proiectarea a fost minuțioasă, atunci indicatorii cantitativi și

calitativi au fost definiți în prealabil pentru produsele studenților , **care oferă o bază excelentă pentru evaluarea rezultatelor** finale. Dacă nu există niciun indicator, atunci nu există un etalon de care rezultatul poate fi comparat.

- Dezvoltarea profesională a cursanților (rezultatele așteptate ale învățării, cunoștințele, abilitățile, competențele) ar trebui măsurată și evaluată la sfârșitul proiectului, pe baza unui plan pedagogic în care obiectivele de învățare planificate (cunoștințe, abilități, atitudini și responsabilități) sunt descrise cu exactitate.
- Putem evalua cunoștințele, abilitățile și competențele de intrare.
- Conform ciclului PDCA, evaluarea și feedback-ul sunt continue în timpul implementării proiectului. Evaluarea în timpul implementării ar trebui să fie mai simplă, mai rapidă, chiar și una verbală. Evaluarea și feedback-ul sunt importante, deoarece astfel putem urmări progresul în rezolvarea sarcinilor vizate și dezvoltarea elevilor!

Câteva exemple de metode de evaluare care se încadrează în învățarea bazată pe proiecte:

Prezentarea proiectului și evaluarea lui

Elevii își pot prezenta proiectul profesorilor, colegilor sau altor părți interesate. În timpul prezentării, aceștia pot prezenta procesul proiectului, rezultatele obținute și pot reflecta asupra a ceea ce au învățat și experimentat. După prezentări, ei pot evalua eficacitatea proiectelor și performanța studenților.

Portofolii

Elevii își creează propriul portofoliu de proiecte care conține propriile obiective, realizări și lecții învățate, reflectând asupra propriului proces de învățare și progres.

Note de proiect

Elevii pot păstra înregistrări care documentează procesul proiectului, problemele rezolvate și rezultatele obținute. Acest lucru face mai ușor pentru profesori să țină evidența muncii elevilor.

Casete de evaluare

Rubricile de evaluare sunt instrumente structurate de evaluare (prezentate în anexă) menite să ajute în evaluarea obiectivă și consecventă. Rubricile de evaluare conțin abilitățile, cunoștințele și rezultatele necesare și permit elevilor și profesorilor să-și evalueze cu exactitate performanța.

Reflecție și autoevaluare

La terminarea proiectului elevii ar trebui să aibă oportunități de reflecție și autoevaluare. Evaluarea propriei performanțe și gândirea procesului de învățare îi ajută pe elevi în dezvoltarea personală și îi motivează să învețe.

Feedback și evaluare de grup

În cazul proiectelor de grup, membrii grupului se pot evalua reciproc pentru a aprecia contribuția lor la succesul proiectului. Acest lucru promovează colaborarea și munca în echipă.

Evaluarea externă

Pentru unele proiecte, pot fi implicați evaluatori externi, cum ar fi profesioniști sau profesori din alte școli, care pot aduce o perspectivă obiectivă evaluării proiectelor.

Combinarea și aplicarea metodelor de mai sus permite o evaluare aprofundată și cuprinzătoare a rezultatelor metodei proiectului. Procesul de evaluare ar trebui să sprijine dezvoltarea elevilor și să ajute profesorii și elevii să înțeleagă rezultatele și să identifice oportunități de dezvoltare ulterioară.

5.7. Provocări în aplicarea metodei proiectului

Prin aplicarea metodei proiectului, atât profesorii cât și elevii se pot confrunta cu numeroase provocări. În continuare vor fi menționate câteva dintre acele:

Cerințe de timp

Metoda proiectului are de obicei o durată mai lungă decât educația frontală tradițională. Planificarea, implementarea și evaluarea proiectelor pot fi consumatoare de timp atât pentru profesori, cât și pentru elevi.

Inegalitatea participării

În timpul proiectelor de grup, unii elevi pot fi implicați mai activ, în timp ce alții sunt mai puțin activi. Este important să se acorde atenție participării active a tuturor studenților la proiecte și să se țină seama de diferențele individuale.

Diviziunea muncii

Elevilor ar trebui să li se dea sarcini și roluri adecvate în echipele de proiect. Unii studenți pot fi prea dominanți, în timp ce alții pot ocupa un rol mai pasiv. O distribuție echitabilă a sarcinilor și cooperarea între membrii grupului sunt importante.

Pregătirea profesorilor și a elevilor

Pentru a aplica metoda proiectului, atât profesorii, cât și elevii trebuie să fie bine pregătiți. Profesorii trebuie să fie conștienți de metoda proiectului și de modul de gestionare corectă a acesteia, dar elevii trebuie, de asemenea, să fie pregătiți să învețe diferit de metodele de învățare tradiționale.

Găsirea echilibrului

În metoda proiectului, echilibrul între îndrumarea profesorilor și munca independentă a elevilor are o importanță uriașă. Este important să avem control, dar este, de asemenea, important să oferim elevilor libertate și responsabilitate în procesul de învățare.

Lipsa resurselor

Implementarea proiectelor poate necesita resurse, instrumente, software, laboratoare și, uneori, chiar sprijin financiar. Dacă acestea lipsesc, proiectele pot deveni dificil de implementat.

Evaluare și feedback

Evaluarea și feedback-ul reprezintă o provocare majoră în metodologia proiectului. Rezultatele proiectelor ar trebui evaluate în mod obiectiv, iar elevilor ar trebui să li se ofere feedback constructiv pentru a sprijini dezvoltarea lor.

Cu toate acestea, aceste provocări pot fi abordate printr-o planificare, pregătire și colaborare adecvată între profesori, elevi și comunitatea școlară. Datorită avantajelor metodei proiectului și a experiențelor de învățare mai profunde pe care elevii le dezvoltă, merită adesea folosirea unei metode de predare eficientă și valoroasă chiar și cu aceste dificultăți.

5.8 Instrumente digitale în metoda proiectului

Liceenii de astăzi s-au născut între 2012 și 2016, sunt membri ai generației digitale, folosesc dispozitivele cu încredere și pricepere, calculatoarele și telefoanele mobile s-au integrat în viața lor de zi cu zi. Ei cumpără bilete la cinematografe cu telefoanele mobile, păstrează legătura cu ceilalți pe mobil, rețelele sociale sunt spațiul lor natural de locuit. Ei sunt în mod constant "activați", își

petrec cea mai mare parte a timpului liber în comunități virtuale și nu-și pot imagina lumea fără internet mobil și social media.

Punctul forte al metodelor active de învățare constă tocmai în faptul că acestea oferă profesorilor posibilitatea de a canaliza competențele digitale avansate ale elevilor în procesele de învățare.

Această nouă generație de studenți provoacă majoritatea profesorilor. Nu se mai pune problema dacă tehnologia ar trebui sau nu să fie utilizată în educație: întrebarea este ce instrumente online ar trebui utilizate și cum.

5.9 Aplicarea metodei proiectului în educația și formarea profesională

În formarea profesională, elevii dobândesc în primul rând cunoștințe și abilități profesionale. Metoda proiectului oferă studenților posibilitatea de a utiliza cunoștințele teoretice dobândite pentru aplicare și transfer în proiecte practice. De exemplu, un student la horticultură ar putea proiecta și implementa un proiect de amenajare unui teritoriu aplicând cele învățate în știința solului, botanică și proiectarea grădinii.

Metoda proiectului îi ajută pe elevi să obțină o perspectivă mai profundă asupra profesiei alese și a propriilor domenii de interes. Elevii pot experimenta, prin proiecte din lumea reală, cum este să lucrezi într-o profesie și să-și evalueze propriile abilități și interese. Acest lucru poate contribui la dezvoltarea conștiinței profesionale de sine și la consolidarea orientării profesionale.

Proiectele pot fi realizate în grupuri sau chiar independent, oferind studenților posibilitatea de a-și dezvolta abilitățile sociale și antreprenoriale. În timpul proiectelor de grup, elevii ar trebui să colaboreze, împărțind idei și sarcini. Acest lucru dezvoltă abilități de comunicare, rezolvarea conflictelor și participarea la munca în echipă.

Metoda proiectului permite studenților să câștige experiență reală și relevantă. Proiectele sunt construite după probleme și situații reale, oferind studenților experiențe practice de învățare. Acest lucru crește valoarea și utilitatea învățării pentru elevi, deoarece aceștia pot vedea cum pot fi aplicate cunoștințele în viața reală.

Metoda proiectului are obiective și rezultate clare care pot fi măsurate și evaluate. Evaluarea lucrărilor de proiect ale elevilor ajută atât profesorii, cât și elevii să vadă nivelul lor de cunoștințe și abilități profesionale. Evaluarea oferă elevilor posibilitatea de a-și urmări progresul și de a se îmbunătăți pe baza feedback-ului.

În general, metoda proiectului poate fi aplicată eficient în EFP și oferă multe beneficii atât pentru studenți, cât și pentru profesori. Proiectele bazate pe probleme reale ajută la aprofundarea cunoștințelor profesionale, la dezvoltarea autocunoașterii profesionale și la dezvoltarea abilităților sociale. Experiențele practice de învățare contribuie la motivarea elevilor și la creșterea relevanței educației.

6. LITERATURA

1. Dewey, J. (1976). *A nevelés jellege és folyamata* (Molnár M., Szabolcs É. & Váczi J. ford.). Tankönyvkiadó. (Eredeti kiadás: 1964)

2. Kilpatrick, W. H. (1929). *The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Educative Process* [Céltudatos cselekvés a nevelési folyamatban]. Teachers college, Columbia University.
<http://www.educationengland.org.uk/documents/kilpatrick1918/index.html>
3. Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
(Published in Hungarian as: Észrengés. A gyermeki gondolkodás titkos útjai. Budapest: Számalk, 1988.)
4. Az Európai Parlament És A Tanács Ajánlása (2009. június 18.) a szakoktatás és szakképzés európai minőségbiztosítási referenciakeretének létrehozásáról, (EGT-vonatkozású szöveg), 2009/C 155/01, Az Európai Unió Hivatalos Lapja,
[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32009H0708\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32009H0708(01))
5. European Commission. (2013). *Opening up education: Innovative teaching and learning for all through new technologies and open educational resources* (COM/2013/0654 final).
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0654>
6. Paniagua, A. and D. Istance (2018): *Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies*, Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris
7. Hartyányi, M. Et al. (2018): *Fordított osztályterem a gyakorlatban – Módszertani megújulás a szakképzésben*, iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont, Gödöllő, ISBN 978-615-81083-0-0. <https://www.flip-it.hu/> (Accessed March 2022)
8. P21 (2019). *Framework for 21st Century Learning* [Keretrendszer a 21. századi tanuláshoz]. Partnership for 21st Century Learning.,
https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
9. Hartyányi, M. ed. (2019): *Munkaerőpiaci igényekhez igazodó szakképzés II.*, Keresletvezérelt szakképzés projektmódszerrel (2019), iTStudy Hungary Oktatóközpont, Gödöllő,
<https://www.itstudy.hu/publikaciok/munkaeropiaci-igenyekhez-igazodo-szakkepzes-letoltheto-konyv>
10. Palencsárné, K. M. et al (2022): *Gyakorlat teszi a mestert – a projektoktatás kézikönyve*, Tempus Közalapítvány, Budapest
11. Farkas, R., Lajtos, G., Hartyányi, M., & Pölöskeiné Hegedűs, H. (2012). *Projektmenedzsment és MS Project 2003, 2007. SZÁMALK–Prompt-G.*
<https://www.itstudy.hu/sites/default/files/letoltesek/projektmenedzsment-es-ms-project-2003-2007-letoltheto-konyv.pdf>

Resurse

Flip IT! – Fordított tanterem az európai szakképzésben c. Erasmus projekt (2015-1-HU01-KA202-013555), <https://www.flip-it.hu/hu>

Reacti-VET – Szakképzés a munkaerőpiac igényeivel összhangban, Erasmus+ KA2, projekt (2018-1-HU01-KA202-047816), <https://reactivet.itstudy.hu/hu>

PROIECTE STUDENȚEȘTI – STUDII DE CAZ

INTRODUCERE

Az alábbiakban néhány példát mutatunk be a tanárok által megvalósított projektekről, különös tekintettel a tanulási folyamatokra, a tanulók bevonódására és a megszerzett tapasztalatokra.

Grupul țintă al proiectului Horticultura 4.0 sunt profesorii care lucrează în formarea profesională agricolă, în timp ce beneficiarii direcți ai rezultatelor proiectului sunt elevii din formarea agricolă secundară și terțiară și, pe termen lung, întreprinderile agricole care caută angajați familiarizați cu tehnologia serelor inteligente.

Formarea online a oferit oportunitatea de a implica nu numai membrii grupului țintă (profesori), ci și viitorii fermieri – studenți – și actorii de pe piața muncii din agricultură – întreprinderi.

Ca sarcină finală, profesorii participanți au fost însărcinați să aleagă un subiect la alegere din curriculumul "sere inteligente" și să pregătească un plan de proiect împreună cu elevii lor, de preferință cu implicarea unei companii agricole. Profesorii au avut astfel ocazia să testeze metoda proiectului în propria practică didactică, într-o situație reală, în cooperare cu parteneri reali.

Feedback-ul profesorilor și elevilor participanți a confirmat clar că metoda proiectului sprijină în mod eficient învățarea activă. Studenții nu numai că au dobândit cunoștințe teoretice din lumea digitalizării agricole și a serelor inteligente, dar au putut experimenta și modul în care tehnologiile de ultimă generație funcționează în practică prin propria lor experiență. Acest tip de învățare nu este doar o construcție de cunoștințe, ci și extrem de valoroasă din punct de vedere motivațional și de orientare în carieră.

Mai jos sunt câteva exemple de proiecte implementate de profesori, cu un accent deosebit pe procesele de învățare, implicarea elevilor și experiența acumulată.

CULTIVAREA SEREI – SALATĂ VERDE CARE CREȘTE ÎN DIFERITE MEDII DE CREȘTERE

Detaliile proiectului

Grup țintă:

Studenți din anul III de la specializările Horticultură, Peisagistică și Agricultură

Instituție și țară:

Centrul Școlar Agricol și Tehnic Beszédes József Kanjiža, Serbia

Unitate externă participantă la proiect:	Membrii consorțiului proiectului Horticulture 4.0
Numărul de studenți care participă:	12
Profesori:	Ágota Berec
Durata proiectului:	8 săptămâni
Lucrări la proiect:	20 ore de pregătire + 12 lecții de lucru de proiect



Mulțumiri

Am dori să mulțumim managementului profesionist și angajaților fermei școlii pentru cooperarea lor. Mai ales datorită posibilității de utilizare a instrumentelor, echipamentelor și facilităților, care au susținut foarte mult implementarea proiectului. De asemenea, suntem recunoscători pentru furnizarea substratelor de cultivare și a semințelor utilizate în proiect. Mulțumiri speciale studenților care au implementat proiectul pentru participarea lor entuziastă și responsabilă, precum și profesoarei lor, Ágota Berec pentru îndrumarea profesională.

Scopul proiectului

Scopul proiectului a fost de a oferi studenților experiență practică în implementarea cultivării salatei pe diferite substraturi de creștere, într-un solar. Accentul a fost pus pe învățarea proprietăților fizice și chimice ale substratelor de creștere și pe observarea dezvoltării plantelor.

Pe lângă aprofundarea cunoștințelor practice de horticultură, scopul procesului de învățare a fost de a dezvolta abilități de observare, colectare de date, muncă responsabilă și crearea unei atitudini ecologice în producția agricolă.

Pregătire

Primul pas a fost formarea echipelor de proiect și întocmirea unui plan de proiect. Planul pedagogic a fost elaborat de profesorul care conduce proiectul împreună cu personalul fermei educaționale, ținând cont de caracteristicile de vârstă ale elevilor, cunoștințele lor anterioare și obiectivele de învățare ale proiectului. Programul proiectului a fost deja dezvoltat cu implicarea studenților, încurajându-i astfel să participe activ și să fie independenți.

În conformitate cu obiectivele proiectului, s-a acordat o atenție deosebită introducerii proprietăților substratelor de creștere în faza pregătitoare. În clasă, elevii s-au familiarizat cu elementele de bază ale cultivării salatei, caracteristicile fizice și chimice ale diferitelor substraturi de creștere și efectele lor asupra dezvoltării plantelor. Dobândirea cunoștințelor teoretice a fost susținută de materiale ilustrative și discuții comune.



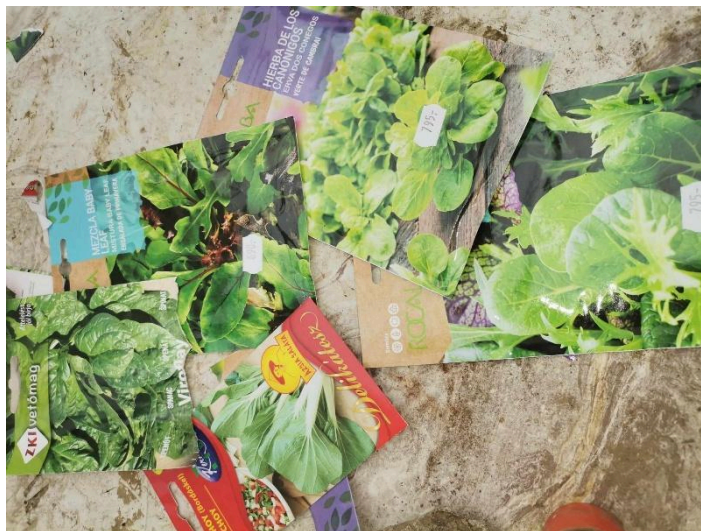
După aceea, elevii au efectuat măsurători preliminare și o evaluare a stării substratelor de creștere disponibile în ferma didactică. Au învățat să documenteze parametrii importanți pentru cultivare (de exemplu, valoarea pH-ului, conductivitatea electrică, capacitatea de reținere a apei) și, pe baza datelor, au decis împreună ce grup va lucra cu ce substrat de creștere.

Un element important al fazei de pregătire a proiectului a fost determinarea cerințelor de echipamente și materiale. Elevii au participat activ la recensământ și pregătirea instrumentelor necesare (semințe, tăvi, instrumente de măsurare, dispozitive de irigare și soluții nutritive). În timpul planificării comune, s-au dezvoltat abilitățile de gândire logică și planificare a sarcinilor și au dobândit, de asemenea, o perspectivă asupra proceselor organizaționale ale cultivării în solar.

Implementarea

Elevii au desfășurat toate activitățile sub supravegherea profesorului, dar independent, astfel încât proiectul a servit ca o situație reală de învățare, în care, pe lângă dobândirea de cunoștințe practice, observația, responsabilitatea și fundamentarea unei abordări științifice au jucat un rol cheie.

La început, studenții au primit pregătirea teoretică aferentă diferitelor substraturi de creștere (turbă, vată bazaltică, perlit, pământ pentru ghiveci), apoi au pregătit materialele și instrumentele necesare cultivării în seră. Ulterior, parametrii (de exemplu, pH, EC) au fost documentați, iar în săptămânile 4 și 6 ale proiectului, echipele de studenți au început să semene semințe de salată într-unul dintre substraturile de creștere alese (turbă, vată bazaltică, perlit sau pământ pentru ghiveci). La selectarea substratului de cultivare, grupurile au luat în considerare diferitele proprietăți fizice și chimice ale acestora.



După semănat, fiecare grup a monitorizat în mod regulat dezvoltarea plantelor de salată verde și a documentat procesele de creștere: au înregistrat modificările cu fotografii și note pentru evaluare și comparație ulterioară. Această etapă a jucat un rol important în dezvoltarea observației empirice și a abordării științifice.

Grupurile au udat plantele în mod regulat, luând în considerare capacitatea de retenție a apei a mediului de creștere și nevoile de apă ale plantelor. Aprovizionarea cu nutrienți a fost monitorizată constant și, dacă a fost necesar, au fost aplicate soluții nutritive pentru ca salata să se poată dezvolta în condiții optime. Condițiile de mediu, cum ar fi controlul temperaturii și umidității, au fost, de asemenea, parte a sarcinilor de îngrijire, ceea ce este deosebit de important atunci când cultivați plante într-un mediu controlat.

În săptămâna a 7-a – când salata verde a atins stadiul adecvat de dezvoltare și a ajuns la maturitatea tehnologică – a început sezonul de recoltare, în timpul căruia fiecare grup a început să-și recolteze propriile plante cultivate. Data recoltării a fost determinată în funcție de dimensiunea salatei, culoarea, compactitatea și starea generală a frunzelor sale. În această fază, a fost analizată eficiența metodelor individuale de cultivare și au fost discutate rezultatele.

Povești de succes, eșecuri, riscuri, impact

În timpul proiectului de cultivare a salatei, studenți au învățat despre utilizarea diferitelor substraturi de creștere – turbă, vată bazaltică, perlit și pământ pentru ghiveci – și au câștigat experiență practică în etapele de semănt, îngrijire și recoltare.

Rezultatul învățării proiectului constă în primul rând în faptul că elevii au învățat elementele de bază ale producției agricole prin observație activă, dezvoltându-și în același timp simțul responsabilității,

abilitățile de rezolvare a problemelor și sensibilitatea la mediu. Munca în grup a consolidat capacitatea de cooperare și a promovat dezvoltarea unei abordări științifice.

În același timp, proiectul a prezentat și riscuri tehnice și pedagogice. Irigarea inadecvată, aprovizionarea cu nutrienți sau condițiile de mediu, în special în cazul unor substraturi sensibile, cum ar fi perlitul sau vata bazaltică, ar putea duce cu ușurință la moartea plantelor. În plus, a existat riscul ca motivația participanților să scadă dacă nu au avut rezultate rapide sau spectaculoase sau dacă munca nu a fost distribuită în mod egal în cadrul grupului.

Impactul pe termen lung al proiectului include creșterea interesului pentru agricultură și producția durabilă de alimente, precum și punerea bazelor cunoștințelor practice pentru studii ulterioare sau încercări independente. Toate acestea pot deveni utile dacă nu prețuim eșecurile ca pe un exemplu de descurajare, ci ca pe o oportunitate de învățare. Astfel, proiectul de cultivare a salatei a oferit o experiență valoroasă elevilor nu doar din punct de vedere agronomic, ci și educațional.

În timpul proiectului, elevii și-au îmbunătățit nu numai abilitățile profesionale, ci și personale. Au învățat să-și asume responsabilitatea pentru munca lor, să coopereze cu colegii lor și să evalueze rezultatele practice pe o bază științifică.

Concluzii și recomandări

Elevii au învățat despre complexitatea cultivării salatei prin experiența lor practică. Compararea diferitelor medii de cultivare și evaluarea propriei lucrări i-a ajutat să abordeze producția agricolă într-un mod mai atent și mai conștient față de mediu.

Una dintre cele mai importante concluzii pedagogice este că învățarea practică, experimentală, mai ales atunci când este însoțită de documentare și observație, este eficientă în dezvoltarea cunoștințelor și implicării elevilor. De asemenea, s-a dovedit că greșelile și dificultățile nu slăbesc, ci mai degrabă întăresc procesul de învățare dacă sunt evaluate și discutate în mod corespunzător.

Pentru implementarea unor proiecte similare în viitor, se recomandă planificarea mai atentă a pregătirilor, cu un accent deosebit pe aprovizionarea cu nutrienți și automatizarea irigației.

Am ajuns la concluzia că data viitoare în faza pregătitoare a proiectului, vom crea ghiduri mai detaliate și fișe de observație digitale împreună cu elevii, astfel încât aceștia să poată monitoriza și mai conștient dezvoltarea plantelor. Proiectul poate fi extins la alte specii de legume sau combinat cu subiecte de sustenabilitate sau siguranță alimentară, oferind astfel o oportunitate de învățare și mai complexă.

PROTECȚIA DE PRECIZIE A CULTURILOR – UNGARIA

Detalii proiect

Grup țintă:	Tehnicienii mecanici agricoli și tehnicienii agricoli gradul 13
Instituție și țară:	Școala Tehnică și Profesională Agricolă Alföldi ASzC Galamb József Makó, Ungaria
Companie externă implicată în proiect:	Centrul de formare pentru sectorul agricol Alföld

Număr de elevi participanți:	12
Profesori:	Zoltán Horváth, Zsuzsanna Bókáné Bodó, Roland Borka, Richárd Nagy-György
Durata proiectului:	8 săptămâni
Lucrarea proiectului:	16 ore de pregătire + 16 lecții de lucru de proiect



Mulțumiri

Dorim să mulțumim tuturor angajaților de la Școala Tehnică și Profesională Agricolă ASzC Galamb József și colegilor profesori care au gestionat și au participat la proiect pentru munca lor dedicată și performanța pedagogică deosebită. În cele din urmă, aș dori să mulțumesc personalului Centrului de formare sectorială agricolă Alföld pentru sprijinirea proiectului.

Scopul proiectului

Scopul proiectului a fost de a prezenta elementele de bază ale protecției de precizie a plantelor și aplicarea tehnologiilor digitale în monitorizarea și controlul dăunătorilor și agenților patogeni, cu o atenție specială la condițiile mediului din sera școlară pentru tehnicienii absolvenți de clasa a 13-a. Proiectul s-a concentrat pe soluții ecologice și durabile de protecție a plantelor, precum și pe aplicarea practică a instrumentelor informatice (senzori, procesare a imaginilor, inteligență artificială).

Obiective de învățare

Învățarea metodelor moderne de monitorizare a dăunătorilor și agenților patogeni: elevii au învățat cum să folosească senzori automatizați și sisteme de procesare a imaginilor pentru identificarea timpurie și localizarea dăunătorilor și bolilor în seră.

Aplicarea metodei de decizie bazată pe date: elevii au înțeles cum să evalueze datele colectate (de exemplu din senzori și/sau imagini) pentru a evalua riscul de dăunători și boli și cum să ia decizii corecte cu privire la strategiile de control.

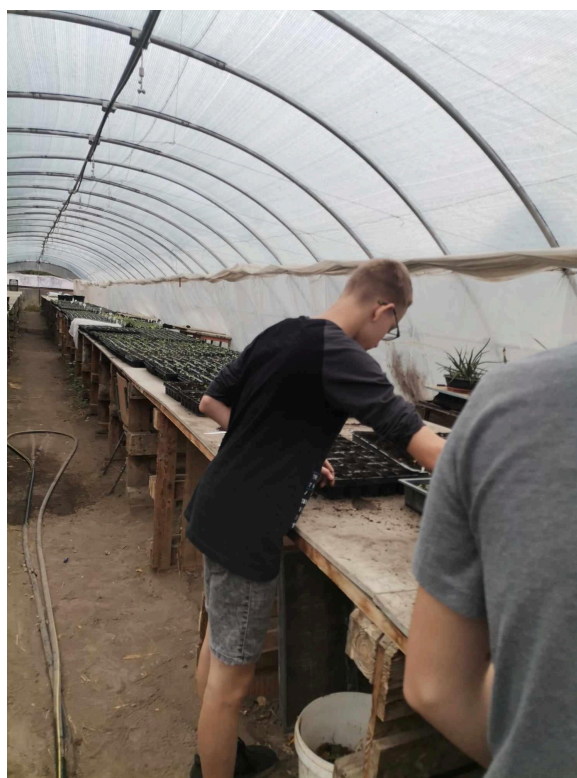
Aplicarea tehnicilor de precizie în protecția plantelor: elevii au învățat să aplice metodele de utilizare a substanțelor chimice și de minimizare a poluării mediului cu pulverizare țintită și proceduri de control local în practică.

Înțelegerea rolului inteligenței artificiale: elevii au practicat aplicarea conștientă și rapidă a inteligenței artificiale pentru a crește eficacitatea protecției de precizie a culturilor, prezentând sisteme de detectare timpurie cu soluții IA.

Recunoașterea importanței protecției ecologice a plantelor și a agro-biotehnologiei: elevii au obținut elementele de bază ale managementului integrat al dăunătorilor și al controlului biologic (cu pesticide naturale).

Pregătirea proiectului

1. Ca un prim pas, colegii profesori au definit obiectivele și competențele de învățare pe care elevii au trebuit să le dobândească în timpul proiectului (de exemplu utilizarea senzorilor, analiza datelor, protecția ecologică a plantelor, aplicarea inteligenței artificiale etc.). Profesorii le-au prezentat elevilor scopul proiectului și rezultatele așteptate. Motivația lor a fost întărită de faptul că își făceau propria muncă tangibilă într-un mediu real.
2. Elevii au examinat în comun starea actuală a plantelor din sera școlii, sub îndrumarea profesorului. Pe baza observației, aceștia au identificat problemele pentru care protecția de precizie a plantelor poate fi o soluție.
3. Profesorii și elevii au stabilit împreună cerințele de echipamente:
 - senzori (de exemplu, senzori de temperatură sau de umiditate a aerului și a solului);
 - camere video și software de procesare a imaginilor,
 - instrumente de pulverizare ecologice (de exemplu, pulverizator portabil, robot);
 - platforme de colectare și analiză a datelor (de exemplu, aplicație mobilă, interfață web).
4. Aceasta a fost urmată de formarea grupurilor de 3-4 persoane. Fiecărui grup i s-a dat o subsarcină specifică: de exemplu, crearea unui sistem de senzori, înregistrarea datelor, monitorizarea stării de sănătate a plantelor, elaborarea recomandărilor de intervenție.
5. Elevii și profesorii au creat împreună un orar care a inclus distribuirea în timp a activităților practice și de clasă. Această fază a proiectului a durat două săptămâni, cu 3 lecții pe săptămână, urmate de perioade independente de colectare și evaluare a datelor.

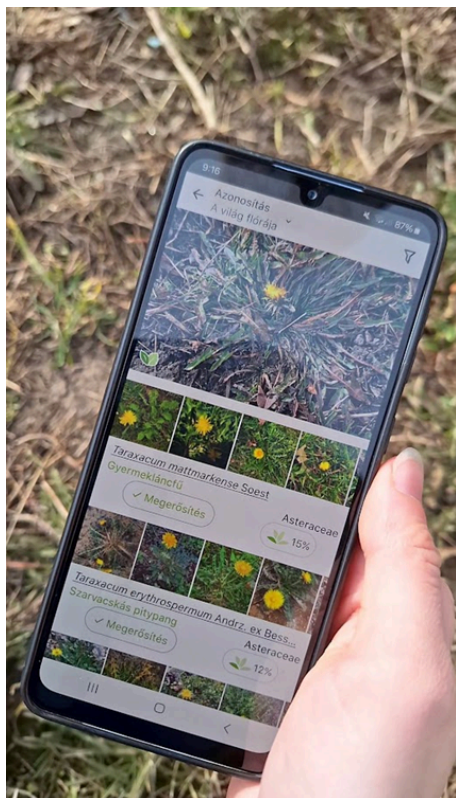


Implementarea proiectului

Proiectul a fost integrat în curriculumul săptămânal în sera școlii, cu participarea activă a elevilor, conform metodei proiectului. Pași de implementare:

1. Definirea sarcinilor și selectarea instrumentelor

Elevii au format grupuri mici și au decis împreună în ce părți ale serei vor efectua observațiile. Fiecare grup a selectat instrumentele necesare sarcinii (de exemplu, senzori, camere, interfețe digitale), ținând cont de aspectele învățate la clasă și de starea stocului de instalații.



2. Instalarea senzorilor și a camerelor

Uneltele selectate au fost instalate de elevii în punctele desemnate ale serei. În timpul instalării, senzorii și camerele au fost fixate în siguranță, direcția corectă a fost ajustată și calibrarea de bază a dispozitivelor a fost efectuată pentru a asigura o funcționare precisă.

3. Colectarea datelor și înregistrarea digitală

În timpul proiectului, elevii au colectat date la intervale regulate prin măsurarea temperaturii, umidității aerului, umidității solului și a condițiilor de lumină, precum și prin fotografierea stării fitosanitare a plantelor. Datele și imaginile colectate au fost încărcate într-un sistem bazat pe cloud, unde au fost analizate în continuare.

4. Procesarea imaginilor și detectarea malware-ului

Analiza înregistrărilor digitale a fost efectuată sub îndrumarea profesorului cu ajutorul unui software de procesare a imaginii. Elevii au învățat să identifice simptomele timpurii ale afidelor, tripsului și altor dăunători,

precum și bolilor fungice din imagini.

5. Evaluarea riscurilor și sugestii

Elevii au analizat datele colectate împreună și au evaluat riscurile de infecții. Pe baza hărților de risc și a analizei datelor, au fost elaborate recomandări pentru intervențiile necesare de protecție a plantelor – ținând cont de aspectele de sustenabilitate și de mediu.

6. Implementarea intervențiilor specifice

Grupurile au implementat procedurile de protecție a plantelor selectate pe baza propriilor recomandări (de exemplu, controlul biologic, pulverizarea localizată), acordând atenție dozei exacte, calendarului și implementării în condiții de siguranță.

7. Urmărirea și evaluarea rezultatelor

La finalul proiectului, elevii au colectat din nou datele și au evaluat impactul intervențiilor. Ei au documentat schimbările realizate, au tras concluzii și au prezentat rezultatele într-o scurtă prezentare colegilor și profesorilor lor.

Povești de succes, eșecuri, riscuri, impact

În cadrul proiectului, elevii au dobândit experiențe despre aplicarea tehnologiilor digitale în agricultură în situații reale. Utilizarea senzorilor, camerelor și sistemelor de colectare a datelor le-a oferit posibilitatea de a obține o perspectivă mai profundă asupra protecției de precizie a culturilor și de a-și aplica cunoștințele teoretice în practică. Au reușit să detecteze și să trateze cu succes infestările cu dăunători minori într-un stadiu incipient, reducând daunele și utilizarea substanțelor chimice.

Elevii au experimentat beneficiile luării deciziilor bazate pe date: pe baza datelor colectate de senzori și a informațiilor vizuale, și-au dezvoltat propriile propuneri, pe care le-au implementat independent sau în grup. În timpul proiectului, conștientizarea lor față de mediu s-a dezvoltat, deoarece au preferat abordări durabile și ecologice, cum ar fi controlul biologic sau pulverizarea țintită, punct cu punct. În plus, abilitățile lor de rezolvare a problemelor, dorința de a coopera și simțul responsabilității necesare pentru munca practică s-au îmbunătățit.

Cu toate acestea, implementarea nu a fost lipsită de provocări. Încă de la început, a fost dificil să calibrezi cu precizie dispozitivele automate și să colectezi în mod fiabil datele senzorilor. Recunoașterea dăunătorilor și agenților patogeni, în special în stadiile incipiente ale infecțiilor, a necesitat o experiență și o practică considerabile. Factorii externi de mediu, cum ar fi fluctuația temperaturii și umidității, pot influența, de asemenea, rezultatele măsurătorilor și, prin urmare, deciziile de protecție.

Au existat mai multe riscuri în timpul implementării proiectului. Posibilele defecțiuni ale dispozitivelor tehnice, probleme software sau nerespectarea normelor de securitate ar putea compromite acuratețea colectării și analizei datelor. Utilizarea inadecvată a pesticidelor și posibila rezistență a agenților patogeni și dăunători au fost, de asemenea, considerate amenințări potențiale.

În ciuda tuturor acestor lucruri, impactul pe termen lung al proiectului a fost remarcabil. Elevii s-au îmbogățit cu cunoștințe teoretice și practice actualizate, care contribuie la succesul lor profesional viitor și le sporesc șansele de angajare în sectorul agricol modern. Sera școlii a funcționat ca un adevărat laborator viu, unde elevii au putut experimenta utilizarea celor mai noi tehnologii și au avut ocazia să cerceteze, să observe și să evalueze independent. Proiectul a contribuit foarte mult nu numai la promovarea soluțiilor agricole digitale, ci și la consolidarea unei abordări durabile.

Concluzii și recomandări

Pe baza experienței proiectului, putem concluziona că prelucrarea temei, protecția de precizie a culturilor, cu metoda proiectului s-a dovedit a fi o formă eficientă de învățare. Elevii nu numai că și-au aprofundat cunoștințele despre digitalizarea agricolă, dar au dobândit și experiență practică reală în domeniul luării deciziilor bazate pe date, al tehnologiei senzorilor și al soluțiilor ecologice de protecție a culturilor.

Proiectul a confirmat că sera școlii ca spațiu de învățare oferă o oportunitate excelentă de a demonstra utilizarea tehnologiilor digitale, dezvoltând în același timp abilitățile de independență, observare și rezolvare a problemelor elevilor. Munca în grup a facilitat învățarea colaborativă și a contribuit la dezvoltarea responsabilității elevilor și a conștientizării mediului.

Ca recomandare, merită să încorporați în mod regulat proiecte similare în curriculumul VET, în special acolo unde este posibilă utilizarea practică a instrumentelor digitale. În viitor este

recomandabil să se utilizeze protocoale de monitorizare și mai detaliate, jurnale digitale și sisteme de feedback, precum și introducerea instrumentelor de evaluare bazate pe inteligența artificială.

În general, se poate spune că proiectul a contribuit semnificativ nu numai la dezvoltarea profesională a elevilor, ci și la eforturile de digitalizare și de sustenabilitate ale instituției de învățământ. Experiența acumulată poate consolida motivația și abordarea inovatoare a elevilor în cariera agricolă pe termen lung.

Detaliile proiectului

Grup țintă:	Studenți din anul III de la specializările Horticultură, Peisagistică și Agricultură
Instituție și țară:	Universitatea Sapientia din Municipiul Cluj-Napoca, Facultatea de Științe Tehnice și Umaniste din Târgu Mureș și Facultatea de Științe ale Vieții și Sport din Sfântu Gheorghe, România
Unitate externă participantă la proiect:	Membrii consorțiului proiectului Horticulture 4.0
Részt vevő tanulók száma:	30 de persoane
Profesori:	László Zsolt Túrós, Katalin Molnár, Béla Biró-Janka, Sándor Papp, Artúr Csorba, Imre-István Nyárádi
Durata proiectului:	un semestru
Lucrări la proiect:	56 ore

Mulțumiri

Aș dori să mulțumesc atât personalului participant la proiectul Horticulture 4.0, cât și colegilor externi care au contribuit cu altruism cu cunoștințele și experiența lor la implementarea obiectivelor proiectului

Obiectivele și pregătirea proiectului

Obiectivul proiectului este de a crește gradul de conștientizare în rândul studenților specializați în domeniul științelor agricole cu privire la importanța irigației de precizie și de a explica aspectele teoretice și practice al implementării acesteia.

În același timp, proiectul servește și ca un proces de predare de probă, la finalul căruia feedback-urile formulate de participanți poate fi utilizat pentru îmbunătățirea curriculumului creat în cadrul proiectului Horticultură 4.0.

Obiective de învățare

Până la sfârșitul proiectului, studenții vor:

- înțelege rolul apei în funcționarea organismului vegetal;
- stăpâni noțiunile de bază ale irigației;
- învăța despre avantajele fertirigației de precizie;
- învăța despre componentele unui sistem de fertirigare de precizie și rolul acestora;
- fi capabili să proiecteze și să construiască un sistem de fertirigare de precizie;
- fi capabili să opereze sistemul de fertirigare de precizie pe care l-au proiectat și construit.

Pregătirea proiectului

- achiziționarea de consumabile de bază pentru sistemul de irigații;
- achiziționarea și instalarea stației meteorologice adecvate și a senzorilor specifici de umiditate a solului în Baza Didactică și Experimentală și a universității;

- achiziționarea și instalarea colectoarelor de date (logger-e) și a controlerului sistemului de irigații adecvate;
- selectarea și instalarea software-ului de bază corespunzător pe interfețele de utilizator, precum și selectarea dispozitivelor mobile adecvate și verificarea problemelor de compatibilitate;
- crearea culturilor de plante necesare în condiții de seră și câmp.

Implementarea proiectului

Aparținător subiectului principal fertirigarea de precizie în semestrul de primăvară am implementat proiectul în cadrul disciplinei Irigarea plantelor cu un total de 28 de ore de curs + 28 de ore de practică. Cursurile au fost susținute în grupuri mari, iar activitățile practice s-au desfășurat sub formă de activități în grupuri mici.

Fișa disciplinei și planul de lucru finalizat al proiectului conțin includ conținutul și programul proiectului în detaliu și plasează etapele proiectului în spațiu și timp. Prima noastră sarcină este de a oferi o introducere a proiectului în sala de clasă și de a explica noțiunile de bază legate de irigare, soluție nutritivă, detectare, control, proiectare și implementare. După aceea, partea aplicată a proiectului este implementată prin construirea și operarea unui sistem specific de irigare cu soluție nutritivă în condiții de seră și câmp deschis.

Realizăm o analiză comparativă complexă a irigațiilor tradiționale și de precizie, în care ne concentrăm pe eficiența tehnologică a fertirigării, economia de utilizare a apei și implicațiile de timp și costuri ale procesului.

Evaluarea proiectului

Pe parcursul proiectului, am creat grupuri de lucru mai mici care funcționează independent și care îndeplinesc o sarcină predefinită și convenită pe parcursul semestrului. Sarcinile includ colectarea regulată de date, în principal privind utilizarea apei pentru irigații, timpul și necesarul de forță de muncă. Datele colectate vor fi procesate și comparate la sfârșitul semestrului, în care vor fi evidențiate următoarele:

- relația dintre cantitatea de apă utilizată și umiditatea solului și aprovizionarea cu apă a plantelor;
- necesarul de timp și forță de muncă pentru irigații;
- analiza economică a procesului de irigații.

Fiecare grup mic își prezintă propriile activități și colectarea datelor prelucrate printr-un referat scris și o prezentare multimedia (power point). După acestea, s-a realizat în comun o evaluare complexă a activităților grupurilor mici din cadrul proiectului.

Povești de succes, eșecuri, riscuri, impact

Prin activitățile grupurilor mici, implementarea proiectului s-a bazat în mare măsură pe pedagogia experiențială realizată prin metoda a learning by doing, astfel încât acest lucru a captat cu adevărat atenția studenților și a asigurat implicarea lor activă.

Datorită condițiilor de precipitații reduse, proiectul de irigații a susținut efectele pozitive ale irigării de precizie atât în condiții de seră, cât și în condiții de câmp.

Prin intermediul proiectului, studenții au dobândit cunoștințe și abilități durabile pe această temă, pe care le pot folosi în practica lor profesională de zi cu zi.

INFORMAȚII DESPRE PROIECT

Acronim proiect:	Horticulture 4.0
Titlu proiect:	Învățământ profesional pentru transformarea digitală în horticultură
Identificare proiect:	2021-2-HU01-KA220-VET-000050665
Categoria proiectului:	Erasmus + KA220-VET
Tipul proiectului:	Colaborări de parteneriat în sectorul formării profesionale
Perioada derulării:	36 luni
Data începerii:	1 martie 2022
Data încheierii:	28 februarie 2025
Grup țintă:	Cadre didactice din învățământul profesional horticol
Beneficiari:	Elevi și studenți din domeniul horticultură (IVET /CVET), școli profesionale agricole, întreprinderi/ferme de profil
Țări partenere:	Ungaria, România, Serbia
Coordonator proiect:	Școala Profesională și Colegiul Agricol Alföldi ASZC József Galamb (Alföldi ASZC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
Persoana de contact:	Zoltán Horváth, director
E-mail:	galambj.iskola@gmail.com

PARTENERI

Centrul de Educație și Cercetare Informatică iTStudy Hungary SRL (HU)
iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft

Universitatea de Științe Agricole și ale Vieții din Ungaria (HU)
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Universitatea Sapientia din municipiul Cluj Napoca, Facultatea de Științe Tehnice și Umaniste Târgu Mureș (RO)

Fundația Pro Scientia Naturae (SR)
Pro Scientia Naturae Alapítvány

CONTEXT

Când oamenii se gândesc la agricultură, nu informatica, analiza datelor, rețele, dispozitivele automatizate, internetul obiectelor (IoT) sau robotica sunt primele lucruri care vin în minte, deși e-agricultura este deja prezentă astăzi.

Fermierii au fost întotdeauna conștienți de faptul că recoltele depind de mulți factori cum ar fi calitatea solului sau condițiile climatice. Totodată până în prezent nu au avut instrumente cu care să poată măsura, influența, controla și optimiza acești parametri pentru a obține recolte cât mai favorabile.

În era transformării digitale, horticultura joacă un rol cheie în furnizarea de legume și fructe proaspete și hrănitoare unei populații în continuă creștere. Utilizarea tehnologiilor inteligente în sere reduce incertitudinea și crește productivitatea, motiv pentru care serele automatizate devin din ce în ce mai populare. Cererea pentru automatizarea și controlul de la distanță al serelor la nivel mondial, în multe țări, este în creștere, dar sunt puțini fermieri și muncitori calificați care pot folosi aceste instrumente cu certitudine și profesionalism. Din păcate formarea profesională nu poate

răspunde provocărilor actuale decât cu o întârziere de câțiva ani, ca să nu mai vorbim de faptul că schimbările tehnologice se dezvoltă continuu și într-un ritm exponențial.

În țările partenere ale proiectului materialele didactice referitoare la automatizarea și controlul de la distanță al sereilor încă nu există în formarea profesională nici măcar la nivelul învățământului superior.

Deoarece acest domeniu este destul de nou, tehnologiile și serviciile conexe în multe cazuri nu au un sistem standardizat adecvat, așa că este dificil pentru cultivatori și antreprenori să decidă ce sistem merită implementat și utilizat..



REZULTATELE

Implementarea proiectului a inclus cinci pachete de lucru cu rezultatele următoare:

1. Identificarea și inventarierea competențelor digitale ale utilizatorilor care operează în sere inteligente

- BAZA DE DATE A TEHNOLOGIILOR DIGITALE DIN SERĂ

A fost creată o bază de date online care include tehnologiile utilizate de serele inteligente din Europa și din țările partenere.

- HARTA COMPETENȚELOR DIGITALE

Harta competențelor descrie abilitățile digitale necesare pentru lucrul cu noile tehnologii în sere inteligente.

2. Curriculum privind utilizarea sereilor inteligente

- EVALUAREA NEVOILOR SONDAJ ȘI ANALIZĂ

Înainte de a dezvolta conținutul de învățare și cursul online, partenerii au implementat și derulează un sondaj online în țările partenere pentru a identifica nivelul de competențe digitale al profesorilor, cunoștințele despre sere și utilizarea metodelor de predare inovatoare ale secolului 21 și, în cele din urmă, disponibilitatea materialelor didactice. Concluziile sondajului au fost folosite

pentru următorii pași ai evoluțiilor. Curriculumul a fost elaborat în conformitate cu directivele UE EQF, NQF, EQAVET, DigComp și DigCompEdu.

3. Elaborarea de material didactic aplicativ necesar utilizării serelor inteligente

Pe baza curriculumului, profesorii universitari și instructorii profesionali ai parteneriatului au dezvoltat conținutul de învățare în trei capitole majore în patru limbi europene:

- 1. Elementele de bază IT ale operării serelor inteligente**
- 2. Tehnologii inteligente în sere**
- 3. Metode inovatoare de predare**

Primul subiect discută elementele fundamentale IT esențiale necesare pentru operarea serelor inteligente într-o manieră clară și accesibilă. Al doilea subiect descrie tehnologiile avansate ale serelor inteligente în opt capitole, adaptându-se la etapele fiziologice ale plantelor, cu o abordare orientată spre practică și un accent special pe soluțiile de inteligență artificială. Al treilea subiect este un ghid metodologic pentru profesorii de discipline horticoale care doresc să predea cele mai noi tehnologii elevilor lor folosind metode inovatoare ale secolului 21.

4. Platformă de e-learning și curs online pentru formatorii care predau în domeniul horticultură în țările partenere

PLATFORMĂ DE E-LEARNING

Cursurile online au fost implementate în patru limbi în sistemul multilingv de management al învățării Moodle (LMS). Pe lângă materialele de învățare ale celor trei module, interfața de e-learning conține și componente suplimentare ale cursului în patru limbi care sprijină învățarea și colaborarea online, cum ar fi ghiduri de învățare, forumuri, teme cu șabloane pentru trimitere, teste de cunoștințe și chestionare de evaluare a cursului etc.

CURS DE E-LEARNING – INSTRUIRI PENTRU PILOȚI

Cursul online a fost testat prin implicarea a 150 de formatori din domeniul horticol din țările partenere. Participanții la curs au fost rugați să aleagă un subiect și să dezvolte împreună cu studenții lor (prin aplicarea metodei proiectului) într-o colaborare cu o unitate horticolă externă pe care o învață în modulul 3. După curs am selectat câte un proiect din fiecare țară și am publicat experiențele în manualul pentru profesori.

5. Tehnologii inteligente în sere - un manual digital pentru formatorii din domeniul horticultură

În faza finală a proiectului, parteneriatul a produs cartea electronică "Horticulture 4.0 - Intelligent Greenhouse Technologies" în limba engleză și în limbile țărilor partenere: maghiară, română și sârbă. Pe lângă conținutul de specialitate, cartea include experiențele profesorilor care au participat la cursul pilot online și au încercat instrumentele și metodele digitale cu elevii/cursanții lor, precum și recomandările primite de la fermele horticoale implicate în implementarea proiectului.

SUSTENABILITATE

Proiectul va avea ca rezultat un program de formare profesională digitală flexibil, orientat spre viitor, pentru formatorii horticoli din sectorul agricol. Produsele sunt reciclabile pe scară largă în educația și formarea profesională europeană, deoarece, pe lângă cunoștințele despre tehnologiile de ultimă generație utilizate în serele inteligente, temele de formare, metodele și soluția de e-learning sunt în conformitate cu cadrele educaționale europene cheie, inclusiv EQF, ECT, EQAVET, DigComp și DigCompEdu.

Caracteristici cheie și aplicații multifuncționale:

- **Conținut de învățare modular și curs online:** Cursul online poate fi descărcat în patru limbi cu materialul de curs și alte elemente de curs (ghid de învățare, teme, teste etc.) și poate fi reutilizat în orice alt mediu Moodle standard.
- **Tehnologii inteligente în sere – Manual digital pentru profesori:** Pe baza conținutului de învățare, a fost pregătit un manual digital al profesorului în patru limbi. Manualul descărcabil poate fi un plus valoros pentru predare, cu cunoștințe care nu sunt încă incluse în manualele actuale din cauza dezvoltării tehnologice rapide.
- **Resurse de microînvățare:** Conținutul poate fi împărțit în capitole ușor de înțeles independent și lansat continuu ca materiale digitale de microînvățare. Acestea sunt accesibile gratuit în patru limbi pe platformele profesionale și educaționale de partajare a conținutului ca resurse educaționale deschise (ER)

Recomandăm rezultatele proiectului tuturor profesorilor din domeniul horticol din școlile profesionale și din învățământul superior care doresc ca elevii/studentii lor să reușească în locurile de muncă agricole dotate cu cea mai recentă tehnologie.



Rezultatele proiectului sunt recomandate tuturor educatorilor care predau discipline horticole în școlile profesionale, liceele profesionale și învățământul superior. Aceste produse au avut ca scop să ajute grupul țintă să ofere cunoștințe actuale, practice, care pregătesc studenții pentru cariere de succes în peisajul agricol în evoluție.

Informații: Zoltan Horvath, e-mail: galambj.iskola@gmail.com

Web: <https://h40.itstudy.hu>

Horticulture 4.0 - Învățământ profesional pentru
transformarea digitală în horticultură proiect

2021-2-HU01-KA220-VET-000050665

01/03/2022 - 28/02/2025

<https://h40.itstudy.hu/hu>

publicat de Horticulture 4.0 Consortium: Această publicație este licențiată sub CC BY-NC 4.0.



Finanțat de Uniunea Europeană. Punctele de vedere și opiniile exprimate aparțin, însă, exclusiv autorului (autorilor) și nu reflectă neapărat punctele de vedere și opiniile Uniunii Europene sau ale Agenției Executive Europene pentru Educație și Cultură (EACEA). Nici Uniunea Europeană și nici EACEA nu pot fi considerate răspunzătoare pentru acestea.