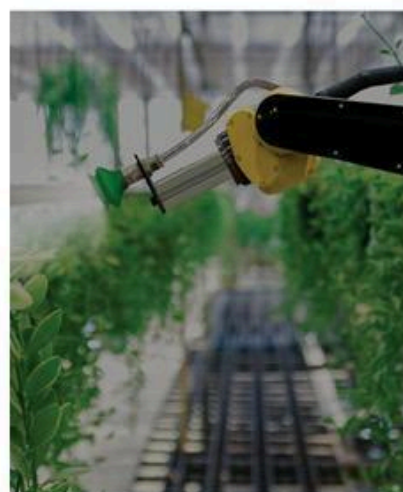




Horticulture 4.0

Intelligens növényházak
a kertészeti szakképzésben



INTELLIGENS NÖVÉNYHÁZI TECHNOLÓGIÁK

DIGITÁLIS KÉZIKÖNYV TANÁROKNAK

Szerzők

AZ INTELLIGENS NÖVÉNYHÁZAK MŰKÖDTETÉSÉHEZ SZÜKSÉGES INFORMATIKAI ALAPOK

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

MOBILKOMMUNIKÁCIÓ A NÖVÉNYHÁZAKBAN

- Szerző: Márton Gyöngyvér - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

NÖVÉNYHÁZI AUTOMATIKÁK, SZENZOROK, ROBOTIKA

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

MIKROSZAPORÍTÁSI TECHNIKÁK A LABORATÓRIUMBAN

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

NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS

- Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

NÖVÉNYHÁZAK MIKROKLÍMÁJÁNAK DIGITALIZÁCIÓJA

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

PRECÍZIÓS ÖNTÖZÉS

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

MESTERSÉGES MEGVILÁGÍTÁS DIGITALIZÁCIÓJA A NÖVÉNYHÁZAKBAN

- Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

PRECÍZIÓS NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS NÖVÉNYVÉDELME

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

INNOVATÍV TANÍTÁSI MÓDSZEREK

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

HA BÁRMILYEN KÉRDÉSE VAN A KÖNYVVEL VAGY A PROJEKTTTEL KAPCSOLATBAN AMELYBŐL EZ A KÖNYV SZÁRMAZIK:

HORVÁTH ZOLTÁN

Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

6900 Makó, Szép utca 2-4.Hungary.

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

Email: galambj.iskola@gmail.com

TARTALOMJEGYZÉK

Beköszöntő	5
1. FEJEZET	6
AZ INTELLIGENS NÖVÉNYHÁZAK MŰKÖDTETÉSÉHEZ SZÜKSÉGES INFORMATIKAI ALAPOK	6
1. Kommunikáció, mobilkommunikáció	6
2. A mobilkommunikáció	8
3. Adatátviteli jelek fogadása, átalakítása, továbbítása	10
4. Szenzorok fogalma, működése	17
5. Vezérlőrendszerek	23
6. Felhasznált irodalom	28
2. FEJEZET	29
1. MOBILKOMMUNIKÁCIÓ A NÖVÉNYHÁZAKBAN	29
1. Hálózati kommunikáció	29
2. Mobil rendszerek biztonsága	34
3. Mobil hálózati technológiák: 2G, 3G, 4G, 5G és a jövőbeli fejlesztések	36
4. Mobil kapcsolódási lehetőségek	38
5. Kommunikációs protokollok a növényházakban	41
6. Az IoT (Dolgok Internete)	43
7. Növényházak és mobilkommunikáció	45
8. Mobilkommunikációs alkalmazások a növényházakban	48
9. Felhasznált irodalom	50
2. NÖVÉNYHÁZI AUTOMATIKÁK, SENZOROK, ROBOTIKA	52
1. Bevezetés	52
2. Növények automatizált megfigyelése és gondozása	52
3. Növényházi robotok és önvezető járművek	59
4. Intelligens rendszerek interakciója és együttműködése	61
5. Növényházi drónok és drónalapú technológiák	62
6. Ökoszisztéma szolgáltatások és fenntarthatóság	64
7. Növényházakban, mezőgazdaságban alkalmazott szenzorok	65
8. Felhasznált irodalom	73
3. MIKROSZAPORÍTÁSI TECHNIKÁK A LABORATÓRIUMBAN	74
1. Kórokozómentes növénytermesztés és mikroszaporítás	74
2. In vitro szaporítási módszerek és alkalmazásuk	76
3. Mikroszaporítás és fajmegőrzés	78
4. Mikroszaporítás hatékonyságának és pontosságának növelése	80
5. Nanotechnológia és mikroszaporítás	82
6. Automatizált mikroszaporítási rendszerek	84
7. Felhasznált Irodalom	87
4. NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS	88
1. Növényházi termesztés, zöldségajtatás	88
2. Termesztőberendezések klímaszabályozásának alapjai	91
3. Termesztőberendezések vezérlése a gyakorlatban: Priva Operator	92
4. Termesztőberendezések vezérlése a gyakorlatban: Gremon Systems	92
5. Talaj nélküli termesztési rendszerek	93
6. Talaj nélküli termesztés víz- és tápanyagellátása (zárt rendszer)	95
7. Fitomonitoring	97
8. Fitotechnikai munkák és betakarítás	97
9. Fitotechnika adminisztráció (Gremon Systems Insight Manager)	99
10. Autonóm (önműködő) üvegház	99
11. Vertikális Farm (Plant Factory)	100
12. Felhasznált irodalom	102

5. NÖVÉNYHÁZAK MIKROKLÍMÁJÁNAK DIGITALIZÁCIÓJA	104
1. Termesztőberendezések klímaszabályozása	104
2. Érzékelők és adatgyűjtés a növényházakban	110
3. Automatikus klímavezérlés és szabályozás	111
4. Klímamodellek alkalmazása az előrejelzésekben	112
5. Mesterséges intelligencia és gépi tanulás a növényházakban	114
6. Növényházi mikroklima és termelékenység	115
7. Fenntartható energiafelhasználás és klímaváltozás	116
8. Források	117
6. PRECÍZIÓS ÖNTÖZÉS	118
1. Bevezető	118
2. Öntözés- és tápanyag menedzsment	119
3. Az öntözőrendszerek fő jellemzői, felépítésük	120
4. Öntözőrendszerek típusai a növényházakban	122
5. Az intelligens öntözőberendezések fő jellemzői	126
6. Az intelligens öntözőrendszer felépítése	127
7. Források	131
7. MESTERSÉGES MEGVILÁGÍTÁS DIGITALIZÁCIÓJA A NÖVÉNYHÁZAKBAN	131
1. A fény szerepe a növények életében	131
2. Mesterséges megvilágítás	135
3. Mesterséges fényforrások típusai	135
4. HPS és LED fényforrások összehasonlítása	137
5. Felhasznált irodalom	139
8. PRECÍZIÓS NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS NÖVÉNYVÉDELME	142
1. Előszó	142
2. Kártevők és kórokozók monitorozása és korai felismerése	142
3. Precíziós növényvédelem és célzott beavatkozások	146
4. Környezetkímélő növényvédő szerek és módszerek a növényházakban	150
5. Kártevők és kórokozók elleni rezisztencia kezelése	154
6. Növényházi klímahatások és növényvédelem	157
7. Növényvédelem és fenntarthatóság	162
8. Felhasznált irodalom	165
3. FEJEZET	167
INNOVATÍV TANÍTÁSI MÓDSZEREK	167
1. Bevezetés	167
2. Innovatív tanítási módszerek a 21. században	167
3. Aktív tanulás – a projekt módszer történeti előzményei	169
4. Az üzleti projektek alapfogalmai	172
5. Projekt módszer	176
6. Felhasznált irodalom	193
DIÁKPROJEKTEK – ESETTANULMÁNYOK	196
Bevezetés	196
Növényházi hajtás - Szerbia	196
Precíziós növényvédelem - Magyarország	200
Precíziós öntözés - Románia	204
Projekt információk	207

Beköszöntő

A digitális átalakulás korában a kertészet kulcsfontosságú szerepet játszik, mivel friss és tápláló zöldségeket és gyümölcsöket biztosít az egyre növekvő népesség számára. Az intelligens technológiák alkalmazása a növényházakban csökkenti a bizonytalanságot, növeli a termelékenységet, emiatt az automatizált növényházak egyre népszerűbbé válnak. A **robotok, a távvezérlés, mobilkommunikáció, dolgok internete (IoT), adatelemzés, döntéstámogató rendszerek** és a **mesterséges intelligencia (MI)** nagymértékű fejlődése a mezőgazdasági ágazatot is jelentősen átalakította és folyamatosan formálja. A növényházak automatizálására és távvezérlésére világszerte számos országban egyre nagyobb az igény, de **kevés az olyan képzett gazdálkodó és munkaerő, aki ezeket az eszközöket magabiztosan és szakszerűen tudja alkalmazni**, hiszen a technológiák fejlődési sebességét a szakképzés csak többéves késéssel tudja követni.

Ez a kézikönyv az **„Intelligens növényházak a kertészeti szakképzésben”** című Erasmus+ projekt keretében készült, három ország (Magyarország, Románia és Szerbia) részvételével, mezőgazdasági szakképző intézmények, egyetemek szakembereinek partnerségi együttműködésében.

A projekt elsődleges célja magas színvonalú tananyagok kidolgozása és többcélú hasznosítása volt kertészeti szakoktatók számára az intelligens növényházakban alkalmazott technológiákról három nagy témakörben:

1. Az intelligens növényházak működtetésének informatikai alapjai
2. Intelligens technológiák a növényházakban
3. Innovatív tanítási módszerek

Az első témakör az intelligens üvegházak működtetéséhez nélkülözhetetlen informatikai alapfogalmakat ismerteti, közérthető formában. A második témakör nyolc fejezeten keresztül nyújt áttekintést az okos üvegházakban alkalmazott korszerű technológiákról, különös hangsúlyt fektetve a mesterséges intelligencia megoldásokra és a gyakorlat-orientált megközelítésre.

A harmadik témakör módszertani segédlet azoknak a kertészeti tantárgyakat tanító tanároknak, akik a legújabb technológiákat 21. századi innovatív módszerekkel szeretnék megtanítani diákjaiknak.

A projekt eredményeinek többcélú felhasználása a következőket jelenti:

- Elkészült a mezőgazdasági szakoktatók online továbbképzési tematikája és programja három modulban Moodle környezetben, a tanulók elvárt tanulási eredményeinek kompetenciatérképével.
- Közreadjuk a tananyagot tanári kézikönyvként digitális formában, amit a mezőgazdasági szakoktatók napi munkájukban, a rendelkezésre álló tankönyvek kiegészítéseként használhatnak.
- A tananyag önállóan értelmezhető fejezeteit folyamatosan közzéteszük digitális mikrotananyagok formájában négy nyelven ingyenes tananyagforrásként, szakmai, oktatási tartalomelosztó platformokon.

E kézikönyvet ajánljuk minden olyan kollégának, aki közép- vagy felsőfokú intézményben kertészeti tantárgyakat tanít, és célja, hogy korszerű módszerekkel naprakész tudást adjon át diákjainak, segítve őket a mai mezőgazdasági környezet kihívásai között sikeres jövőt építeni.

1. FEJEZET

AZ INTELLIGENS NÖVÉNYHÁZAK MŰKÖDTETÉSÉHEZ SZÜKSÉGES INFORMATIKAI ALAPOK

Szerzők:

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

1. KOMMUNIKÁCIÓ, MOBILKOMMUNIKÁCIÓ

1.1. Kommunikáció a mindennapi életben

A mindennapi életben a kommunikáció általában emberi interakciókat jelent, amelyek során információ, gondolatok, érzések és ötletek cserélődnek két vagy több fél között.

A kommunikáció többféle formában jelenhet meg:

A **verbális kommunikáció** a szavak és a nyelv használatán alapul, amikor beszélünk vagy írunk.

A **nonverbális kommunikáció** a testbeszéd, az arckifejezések, a testtartás és a gesztusok használatán alapul, amelyek segítségével kifejezzük érzelmeinket és szándékainkat.

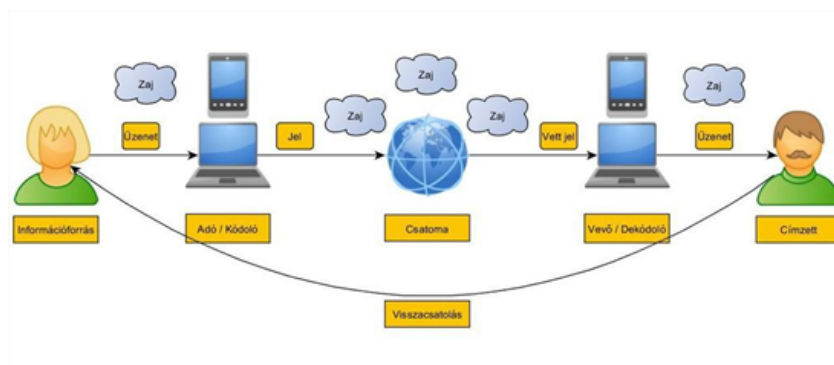
Emellett létezik **írott kommunikáció** is, például levelek vagy e-mailek formájában, valamint vizuális kommunikáció, például ábrákon, diagramokon vagy képeken keresztül.

A kifejezés a humán értelmezésen kívül ma már jóval szélesebb jelentéssel rendelkezik. A kommunikáció – információelméleti meghatározás szerint – minden olyan folyamat, amelyben információtovábbítás történik, függetlenül attól, hogy az információ milyen formában, kódban jelenik meg. Tágabb értelemben a szerves és a szervetlen anyagok között zajló folyamatokat éppúgy kommunikációnak nevezhetjük, mint a gépi rendszerek közötti információátvitelt.

1.2. A kommunikáció az informatikában

Az informatikában a kommunikáció fogalma a számítógépek, eszközök, rendszerek és alkalmazások közötti adat- és információ-cserére vonatkozik. Ide tartozik az adatok továbbítása például helyi hálózatokon (LAN - Local Area Network) vagy távoli hálózatokon keresztül, de ide sorolhatjuk az ember és a gép közötti interakciót is. Ebben az értelemben a kommunikáció célja az adatok, információk és utasítások hatékony, gyors és biztonságos továbbítása különböző rendszerek és felhasználók között.

Adó/kódoló	Az információforrás, az egyén vagy csoport, aki vagy ami az üzenetet létrehozza, szükség esetén kódolja és továbbítja.
Üzenet	Az információ, a gondolat, az érzés vagy az ötlet, amelyet a forrás szeretne átadni.
Csatorna	Az a közeg (médium), amelyen keresztül az üzenetet továbbítják, például beszéd, írás, elektronikus média stb.
Vevő/dekódoló	Az üzenetet fogadja, szükség szerint dekódolja az egyén vagy csoport részére.
Visszacsatolás	A vevő válasza az üzenetre, amely visszajut a forráshoz, ha a kommunikáció kétirányú.
Zaj	Minden olyan tényező, amely akadályozza, torzítja vagy megszakítja az üzenet továbbítását vagy fogadását.



A kommunikációs folyamat komponensei

forrás: <https://aranysportiskola.wordpress.com/2015/05/10/a-digitalis-kommunikacio/>

Az informatikai rendszerek közötti kommunikáció különböző formákat ölthet. A számítógépek közötti kommunikáció nem más, mint adatátvitel (fájlok, e-mailek és más digitális tartalmak cseréje) a helyi hálózaton vagy az interneten keresztül. Ide tartozik a szoftverek és alkalmazások közötti kommunikáció is. Például, az alkalmazásprogramozási interfészek (API-k) lehetővé teszik, hogy az egyik szoftver kommunikáljon a másikkal, adatokat kérjen vagy továbbítson, segítve az alkalmazások közötti integrációt és az adatok szinkronizálását. Ide soroljuk a felhasználók és a számítógépes rendszerek közötti kommunikációt is. Ez a felhasználói felületeken (pl. grafikus felhasználói felületek, parancssori interfészek) keresztül történik, ahol a felhasználók információkat adnak meg, utasításokat adnak és visszajelzéseket kapnak a rendszertől.

Az informatikai kommunikáció területén fontos a megbízhatóság, a biztonság és a hatékonyság. Protokollok, kódolási módszerek és hálózati architektúrák segítségével

biztosítják, hogy az információk megfelelően áramoljanak és értelmezhetőek legyenek a kommunikáló rendszerek számára.

2. A MOBILKOMMUNIKÁCIÓ

2.1. Alapfogalmak

A mobilkommunikáció a mobiltelefonok és más vezeték nélküli eszközök segítségével történő kommunikációt jelenti. Ez a technológia lehetővé teszi, hogy az emberek távoli helyeken élőkkal vagy más eszközökkel valós időben kommunikáljanak.



Forrás: <https://www.brightlabelectronics.com/sensor-design>

A mobilkommunikációs adatátvitelhez hálózati infrastruktúrára, mobiltelefon-tornyokra és bázis-állomásokra van szükség, amelyek biztosítják a lefedettséget és a kommunikációs szolgáltatások elérhetőségét.

A mobiltelefon hálózatok többek között a következő technológiákat használhatják: GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), 3G (Third Generation), 4G (Fourth Generation), LTE (Long-Term Evolution) és az 5G (Fifth Generation). Ezek a technológiák fokozatosan fejlődnek és újabb lehetőségeket biztosítanak a mobilkommunikáció terén.

A mobilkommunikáció alapvető szolgáltatásai a mobilhívások, a szöveges üzenetek (SMS), a multimédiás üzenetek (MMS), az e-mail-ek, a közösségi médiaalkalmazások, az internet böngészés és a legújabb alkalmazások, mint a videóhívás, az élő közvetítés, a helymegosztás és a mobil fizetés.

A szolgáltatások nagy előnye a személyek közötti gyors és hatékony kommunikáció, feltéve, hogy az adott földrajzi térségben van mobilhálózati lefedettség. A mobilhálózat lehetővé teszi, hogy folyamatosan kapcsolatban legyünk családtagokkal, barátokkal, üzleti partnerekkel. Az újabb generációs mobilhálózatok, például a 4G és a 5G, további előnyöket hoznak a mobilkommunikáció terén. Gyorsabb adatsebességet, alacsonyabb késleltetést és nagyobb kapacitást biztosítanak, ami lehetővé teszi a nagyobb méretű adatok gyors és megbízható átvitelét, valamint az új alkalmazások és szolgáltatások fejlődését.



Forrás: DALL-E-vel generálva

A mobilkommunikáció jelentős hatással van a mindennapi életünkre és a társadalomra. Megváltoztatta az emberek közötti kommunikáció módját, lehetővé téve a gyors és globális kapcsolattartást. A mobilkommunikáció egyaránt fontos a személyes, az üzleti és a társadalmi szférában. A technológia további fejlődése újabb lehetőségeket fog nyújtani a jövőben.

2.2. Applikációk

A mobilkommunikáció során használt alkalmazások (applikációk) széles körben elterjedtek és lehetővé teszik, hogy a mobil eszközökön (okostelefonokon vagy táblagépeken) különböző tevékenységeket végezzünk. Néhány példa a leggyakrabban használt mobilalkalmazások típusaira:

1. Közösségi média alkalmazások: kapcsolattartásra, vélemények, fényképek, videók megosztására (például Facebook, Instagram, Twitter, TikTok).
2. E-mail alkalmazások: e-mail fiók kialakítására, e-mailek küldésére, fogadására (például Gmail, Microsoft Outlook).
3. Zene- és videólejátszó alkalmazások: zenék, podcastok, filmek és sorozatok lejátszására a mobil eszközön (például Spotify, YouTube, Netflix).
4. Navigációs alkalmazások: útvonaltervezésre, közlekedési információk fogadására (például Google Maps, Waze).
5. Egészségügyi és fitness alkalmazások: az egészségmegőrzés támogatására, a táplálkozás nyomon követésére és az egyéb egészségügyi információk elérésére (például Fitbit, MyFitnessPal).
6. Banki és fizetési alkalmazások: banki tranzakciók lebonyolítására, mobil eszközzel való fizetésre, pénzügyek nyomon követésére (például PayPal, Revolut).

Ez csak néhány példa a mobilalkalmazások sokféleségére. A mobilalkalmazások folyamatosan fejlődnek és újabb funkciókat és lehetőségeket kínálnak a felhasználóknak, hogy még kényelmesebben és hatékonyabban használhassák mobil eszközeiket a mindennapi életben.

2.3. Mobilkommunikáció a mezőgazdaságban

A mobilkommunikáció kulcsfontosságú szerepet játszik a mezőgazdaság modernizálásában és a gazdálkodók versenyképességének növelésében. Az új technológiák és kommunikációs eszközök bevezetése számos előnnyel jár a mezőgazdasági termelők számára az alábbi területeken:

Adatgyűjtés és -elemzés: a gazdálkodók valós időben gyűjthetnek adatokat a termőföldjükéről, az időjárási viszonyokról és a növények állapotáról, ami megalapozza, hogy jó döntést hozzanak a szükséges beavatkozásokról.

Piaci információk: a mobiltelefonok segítségével a gazdálkodók naprakész információkat kapnak például a különböző termékek piaci árainak alakulásáról.

Kommunikáció és tanácsadás: a mobilkommunikáció révén a gazdálkodók könnyen kapcsolatba tudnak lépni tanácsadókkal, szakértőkkel és más gazdálkodókkal, hogy így folyamatosan követhessék és megoszthassák egymással a legújabb fejlesztéseket és a jó gyakorlatokat.

Digitális pénzügyi szolgáltatások: a mobilbankolás és a digitális fizetési platformok megkönnyítik a pénzügyi tranzakciókat, a műtrágya vagy vetőmag beszerzését, és a termények értékesítéséből származó bevételek kezelését.

Precíziós mezőgazdaság: a precíziós mezőgazdasági technológiák, a drónok és műholdas képek elérhetősége révén a gazdák pontosan nyomon tudják követni és ezáltal optimalizálni tudják a műtrágya-, a víz- és a növényvédelmi szerek használatát.

Képzés és oktatás: a mobilkommunikáció lehetővé teszi, hogy a gazdálkodók mobil eszközön keresztül hozzáférjenek online képzésekhez, amelyek által megismerkedhetnek a legújabb mezőgazdasági gyakorlatokkal és technológiákkal

3. ADATÁTVITELI JELEK FOGADÁSA, ÁTALAKÍTÁSA, TOVÁBBÍTÁSA

3.1 Adat és adatmennyiség

Az adat tények, fogalmak olyan megjelenési formája, amely alkalmas adatfeldolgozó eszközökkel való értelmezésre, feldolgozásra, továbbításra. Az adatok lehetnek strukturálatlanok, mint például egy egyszerű szöveges dokumentum, vagy strukturáltak, mint például egy adatbázisban tárolt évszám. Az információ adatok gépi vagy emberi feldolgozásával létrehozott új ismeret.

Az adatmennyiség az a mértékegység, amely megmutatja, hogy az adatok tárolásához mekkora tárhelyre van szükség. Az adatmennyiség mértékegységei közé tartozik a bit (a legkisebb adategység, amely 0 vagy 1 értéket vehet fel) és a byte (általában 8 bit, amely egy karakter, például egy betű vagy számjegy tárolására szolgál). Az adatmennyiség további egységei a kilobyte (KB), megabyte (MB), gigabyte (GB), terabyte (TB), petabyte (PB), exabyte (EB), ahol minden egyes egység általában 1024-szerese az előzőnek (bár a tárolási és átviteli kapacitások mérésében gyakran 1000-es szorzót használnak a könnyebb érthetőség céljából).

Az adatmennyiség alapján tudjuk meghatározni a szükséges adattároló eszköz méretét, az adatátviteli sebességet és az adatfeldolgozási kapacitást. Például egy digitális kép tárolásához szükséges adatmennyiség meghatározza a betöltési időt a weboldalon, vagy egy videó adatmennyisége meghatározhatja, hogy mennyi időbe telik letölteni vagy streamelni azt egy adott hálózati sebességnél.

3.2. Adatátviteli jelek

A jelek kulcsfontosságú szerepet töltenek be a kommunikáció minden formájában, az informatikában pedig az adatok és információk továbbításának alapvető eszközei. A jelek lehetővé teszik az adatok fizikai továbbítását a kommunikációs csatornákon keresztül. A digitális jelek az információt diszkrét formában (például 0-ák és 1-esek sorozatával) továbbítják, míg az analóg jelek folytonosan változhatnak az idő függvényében. Az analóg jelek végtelen sok értéket vehetnek fel egy adott tartományon belül, és általában valamilyen fizikai mennyiség, például hőmérséklet, nyomás, hanghullámok vagy fényintenzitás folytonos változásait reprezentálják. Az analóg jelek folyamatosan, a diszkrét vagy digitális jelek pedig megszakításokkal vagy lépcsőzetesen változnak.

Az informatikai kommunikáció kontextusában a jelek szerepét többféle szempont szerint csoportosíthatjuk.

Jelek csoportosítása értékkészlet és értelmezési tartomány szerint:

- analóg jel: értelmezési tartománya és értékkészlete is folytonos (a hőmérséklet változása egy adott időszak alatt),
- időtartományban diszkrét jel: a jel értelmezési tartománya diszkrét, értékkészlete folytonos (pl. óránként leolvasott hőmérő),
- amplitúdóban diszkrét jel: az értelmezési tartománya folytonos, az értékkészlete diszkrét (pl. tápegység állítható kimeneti feszültsége),
- digitális jel: értelmezési tartománya és értékkészlete is diszkrét (pl. egy egyszerű digitális óra másodpercmutatója).

Az analóg és digitális rendszerek néhány jellemző, megkülönböztető tulajdonsága:

- A digitális rendszerek egész (például bináris) számokat használnak bevitelhez, feldolgozáshoz, átvitelhez, tároláshoz vagy megjelenítéshez.
- Az analóg rendszerek az értékek folytonos spektrumát alkalmazzák, illetve nem-numerikus szimbólumokat, mint a betűk, vagy ikonok.
- Az analóg rendszerekben az apró ingadozásoknak, hullámzásoknak is van jelentésük.

Az analóg és a digitális jel fogalma, példákkal

- **Az analóg jel:** tetszőleges értéket felvehet, folyamatosan változik, bármikor leolvasható, valósághű adatot ad. Például: sebességmérő, hagyományos feszültségmérők, hagyományos hőmérő (higanyszál), barométer, hidraulika.
- **Digitális jel:** valamely változó jelenség, vagy fizikai mennyiség diszkrét, például csak bizonyos egész számértékekkel való reprezentálása. Például: digitális hőmérő, digitális óra.

3.3. Jelfeldolgozás, analóg jelek digitalizálása

Shannon mintavételi törvénye (vagy ahogyan gyakran említik: Shannon-Nyquist mintavételi tétele), a digitális jelfeldolgozás egyik alapvető elve. A törvény meghatározza, hogy egy folytonos időbeli

jelet milyen sebességgel kell mintavételezni ahhoz, hogy az eredeti jel tökéletesen visszaállítható legyen a mintákból anélkül, hogy információ veszne el a folyamat során. A törvény kimondja, hogy egy maximális X sávszélességű jel esetén a mintavételi frekvenciának (mintavételi sebességnek) legalább a jel maximális frekvenciája kétszeresének (azaz $2X$ -nek) kell lenni ahhoz, hogy az eredeti jel torzítás nélkül visszaállítható legyen.

Például, ha egy audio jel legmagasabb frekvenciája 20 kHz, akkor a Shannon-Nyquist tétel szerint a jel digitális formába való tökéletes átalakításához legalább 40 kHz-es mintavételi frekvenciára van szükség.

A mintavételi törvény alapvető fontosságú a digitális audio és képalkotás, valamint számos más területen, ahol analóg jeleket digitális jelekké kell konvertálni, mivel segít megelőzni a mintavételi hibát, amikor a mintavételi frekvencia túl alacsony, és a magas frekvenciájú jelelemek torzítják a visszaállított jelet.

Analóg-digitális (A/D) és digitális-analóg (D/A) átalakítás

Az analóg jeleket digitális jelekké lehet konvertálni (és fordítva) az A/D (analóg-digitális) és D/A (digitális-analóg) átalakítók segítségével, és így módon lehetővé válik az analóg jelek digitális feldolgozása, tárolása és továbbítása. A digitális adatátvitel gyakran hatékonyabb és kevésbé zajérzékeny, mint az analóg jelek közvetlen kezelése. Az A/D átalakítás során a folytonos analóg jelet diszkrét digitális értékekre „kvantálása”, míg a D/A átalakítás a digitális jelek analóg jelekké konvertálása, ami lehetővé teszi a fizikai reprezentációt és érzékelést.

Analóg jelek digitalizálásának korlátai

- Digitalizálás során az analóg jelekből számjegyekkel reprezentálható jeleket állítunk elő, melyet a számítógép is értelmezni tud.
- Az eredeti adatokból lépcsőközzel mintát veszünk, és a két lépés közötti folytonos adathalmazt értékkel helyettesítjük, ami értelemszerűen csak egy közelítő érték.
- Az értéktartomány megadását hívjuk kvantálásnak. Sűrűbb mintavételezéssel, kisebb lépésekkel javítható a pontosság.
- A digitalizálás közben adatvesztés történik, ezért az eredeti analóg jel nem alakítható vissza a digitális jelből.

Az analóg jelek digitalizálásának lépései

- Mintavételezés: az eredeti folytonos adathalmazból meghatározott lépcsőközzel mintát veszünk, és a két lépés közötti változó értéket egyetlen értékkel helyettesítjük.
- Kvantálás: az értékkészlet megadása, amelyből a digitális jel megadott, az eredeti jel értékét megközelítő értéket vesz fel.
- Kódolás: A mintavételezett és kvantált jelet binárisra alakítani kódolással lehetséges: a kódoló egységgel, a kvantálással kapott értékekhez bináris jelsorozatot rendelünk.

3.4. Képek, hangok digitalizálása

Képek digitalizálása

A képek, fényképek, dokumentumok digitalizálásával a képeket digitális formátumban tárolhatjuk, szerkeszthetjük és megoszthatjuk tetszőleges elektronikus eszközökön. A digitalizálással az analóg képet diszkrét digitális formátumra konvertáljuk két lépésben: mintavételezéssel és a kvantálással.

Mintavételezés

A mintavételezéssel a képet egy rács (grid) segítségével kis négyzetekre, úgynevezett pixelre (picture elements) bontjuk. Minden pixel egy képpontot reprezentál a digitális képen. A mintavételezési frekvencia, vagyis a pixel sűrűsége meghatározza a digitális kép felbontását: minél több pixelből áll a kép, annál részletesebb a digitális változat. A nagyfelbontású képek jobban megőrzik az eredeti kép részleteit, de értelemszerűen több tárhelyet igényelnek.

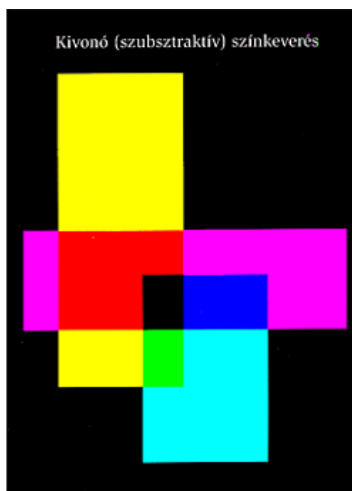
Kvantálás

A következő lépés a kvantálás: a pixelenként rögzített fényintenzitás értékeket diszkrét színmélységű értékekre alakítjuk. A színmélység határozza meg, hogy hány különböző szín vagy árnyalat jeleníthető meg a digitális képen. Például a 8 bites színmélységű képen az egyes pixelek 256 (2^8) különböző színben vagy színárnyalat megjelenítésére alkalmas. A kvantálás határozza meg a digitális kép színhűségét és részletgazdagságát. Ha a tároláshoz 3 bájt (24 bitet) használunk, akkor a digitális képen több mint 16 millió (16 777 215) színárnyalat jelenhet meg.

Szín-koordinátarendszerek és formátumok



A digitális képek tárolása és kezelése különböző színmodellek és fájlformátumok szerint történhet. Az RGB (Red, Green, Blue), úgynevezett összeadó színkeverés, amely a piros, zöld és kék színek kombinációjával hozza létre a különböző színeket. Az RGB kód a vörös, a zöld és a kék alapszín kódját külön-külön tartalmazza.



A CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black), kivonó színkeverést főként a képek nyomtatásánál alkalmazzák. A napfény a földön fellelhető összes látható színt tartalmazza. Amikor a napfény megvilágít egy tárgyat a tárgy elnyeli (kivon) egy keveset a fényből, és a maradékot visszaveri. A visszavert fény az a szín, amit látunk. A tűzoltóautó azért világos piros, mert a piroson kívül minden színt (a kékét és zöldet) elnyeli a fény spektrumából.

A digitális képek tárolására szolgáló fájlformátumok, mint például a JPEG, PNG, GIF, és TIFF, különböző tömörítési technikákat és adatkezelési módszereket alkalmaznak, hogy optimalizálják a képminőséget és a fájl méretet.

Tömörítés

A digitális képek tárolásához és továbbításához gyakran alkalmazunk tömörítési technikákat. A tömörítés lehet veszteséges, mint a JPEG, ahol a tömörítés során veszítünk az eredeti adatokból a fájl méret csökkentése érdekében, vagy veszteségmentes, mint a PNG, ahol a kép eredeti minősége megmarad, de a méret csökkentése szempontjából kevésbé hatékony.

Hangdigitalizálás

Hangdigitalizálással a fizikai, analóg hangjeleket digitális formában tárolható jelekké alakítjuk át, ezzel tesszük lehetővé a hangok számítógépes tárolását, szerkesztését, továbbítását és másolását. A hangdigitalizálás első lépése a mintavételezés, ezt követi a kvantálás és kódolás, amelyek átalakítják a folytonos analóg jeleket diszkrét digitális adatokká.

Mintavételezés

Az első lépés a hangdigitalizálásban a mintavételezés: az analóg jelből adott időközönként mintákat veszünk. A mintavételi frekvencia (vagy mintavételi ráta) határozza meg, hogy másodpercenként hányszor végezzük el a mintavételt. A mintavételi frekvencia mértékegysége a Hertz (Hz), ahol 1 Hz egy minta másodpercenkénti vételét jelenti. A CD-minőségű audio, például, a 44,1 kHz-es mintavételi frekvenciával rögzít, ami azt jelenti, hogy másodpercenként 44,100 mintát vesz.

Kvantálás

A mintavételezést követi a kvantálás: a minta amplitúdóit diszkrét értékekre kerekítjük. Ebben a lépésben a folytonos analóg jelet a digitális rendszerekben kezelhető véges számú digitális jellé alakítjuk át. A kvantálási szintek száma az úgynevezett „bitmélység” függvénye. A bitmélység határozza meg, hogy hány biten tároljuk a minta amplitúdóját. Például, a 16 bites audio rendszer 65,536 (2^{16}) különböző amplitúdó-értéket képes megkülönböztetni. Kvantálás során úgynevezett kvantálási zaj keletkezik, mivel a folytonos amplitúdó-értékeket diszkrét értékekre kerekítjük, de a bitmélység növelésével a kvantálási zajt értelemszerűen csökkenthetjük.

Kódolás

A tároláshoz, továbbításhoz a mintavételezés és kvantálás után a digitális adatokat kódolni kell. A kódolással az adatokat tömörítjük, amelynek célja az adatmennyiség csökkentése a hangminőség megtartása mellett. A tömörítés lehet veszteséges (például MP3, AAC), amely elhagy bizonyos, az emberi fül számára kevésbé érzékelhető információt, vagy veszteségmentes (például FLAC, WAV), amely megőrzi az eredeti digitális jelet.

Mozgóképek, videók digitalizálása

Az analóg mozgóképek, filmek, videók digitalizálása a hangdigitalizáláshoz hasonló lépésekben zajlik: első lépés a mintavételezés, ezt követi a kvantálás és a tömörítés. Az eredmény a folytonos analóg jelek diszkrét digitális adatokká konvertálása. A digitálisan tárolt filmet a számítógépen tárolhatjuk, szerkeszthetjük, és más eszközökre továbbíthatjuk.

Mintavételezés

A digitalizálás első lépése a mintavételezés: a film képkockáit adott időközönként rögzítjük. A mozgóképek esetében két fő mintavételi eljárást különböztetünk meg: az időbeli és a térbeli mintavételt. Az időbeli mintavétel a másodpercenként rögzített képkockák számát (fps - frames per second), a térbeli mintavétel pedig a képkockán belüli pixelmátrix felbontását határozza meg.

Kvantálás

A mintavételezés után a kvantálás következik: a képkockákban a pixelek fényerejét és a szín-információt diszkrét értékekre kerekítjük, azaz a folytonos analóg jeleket egy véges számú digitális értékke konvertáljuk. A kvantálás minőségét a bitmélység határozza meg, ami azt jelzi, hogy hány biten tároljuk a pixelenkénti információt. Magasabb bitmélység jobb képminőséget eredményez, lehetővé téve több szín és fényerő árnyalatának megkülönböztetését.

Tömörítés

A digitálisan tárolt videó nagyon sok tárhelyet igényelhet, ezért nagyon fontos a tömörítés. A tömörítés célja az, hogy lehetőleg anélkül csökkentse az adatmennyiséget, hogy lényegesen befolyásolná film minőségét. Típusai: veszteséges és veszteségmentes tömörítés. A veszteséges tömörítés (például MPEG, H.264) elhagyja a vizuális észlelés szempontjából kevésbé fontos információkat, míg a veszteségmentes tömörítés (például PNG a képekhez) pontosan megőrzi az eredeti adatokat.

3.5. A digitalizálás jelentősége a korszerű mezőgazdaságban

A precíziós mezőgazdaság a modern technológiák és adatelemzési módszerek alkalmazásával törekszik a mezőgazdasági gyakorlatok optimalizálására, hogy növelje a termelékenységet, csökkentse a környezeti hatást és javítsa a gazdasági hatékonyságot. A digitalizálás kulcsszerepet játszik ebben a folyamatban, mivel lehetővé teszi a mezőgazdasági folyamatok pontosabb megfigyelését, elemzését és kezelését. Lássunk erre néhány példát!

Hangdigitalizálás

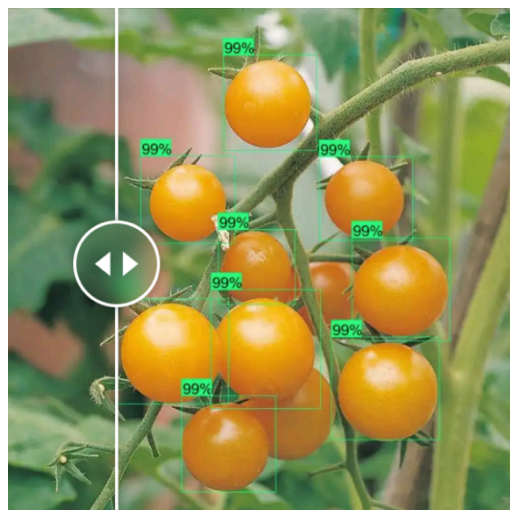
A hangfelvételek elemzésével megfigyelhetjük és nyomon követhetjük az állatok viselkedését. A stressz vagy betegség jeleit adó hangok azonosításával lehetőség nyílik a korai beavatkozásra.

Bizonyos kártevők vagy betegségek jelenlétére utaló specifikus hangok, például rovarok zümmögése vagy növények által kibocsátott ultrahangok, digitális technológiák segítségével azonosíthatók, lehetővé téve a gazdálkodók számára, hogy időben intézkedjenek.

Képdigitalizálás

Műholdas képek és drónok által készített légi felvételek segítségével a gazdálkodók nagy területeket tudnak monitorozni, azonosítva például a szárazságot vagy a fertőzéseket. Ez lehetővé teszi a pontosabb vízgazdálkodást és a növényvédelmi intézkedések célzott alkalmazását.

A digitális képek segítségével a gazdálkodók korán felismerik a növényi betegségeket és kártevőket, ami lehetővé teszi a gyors és célzott kezelést, vagy MI elemzéssel megbecsülhetik az ökoszféraházban várható paradicsomtermést.

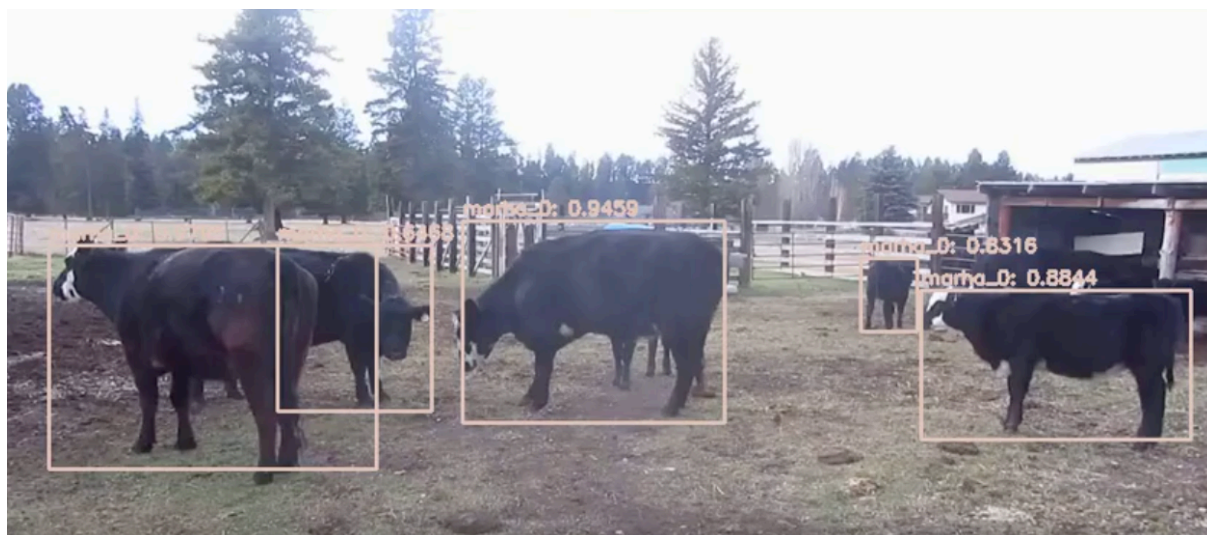


Forrás: <https://www.prompt.hu/szoftver/ai/>

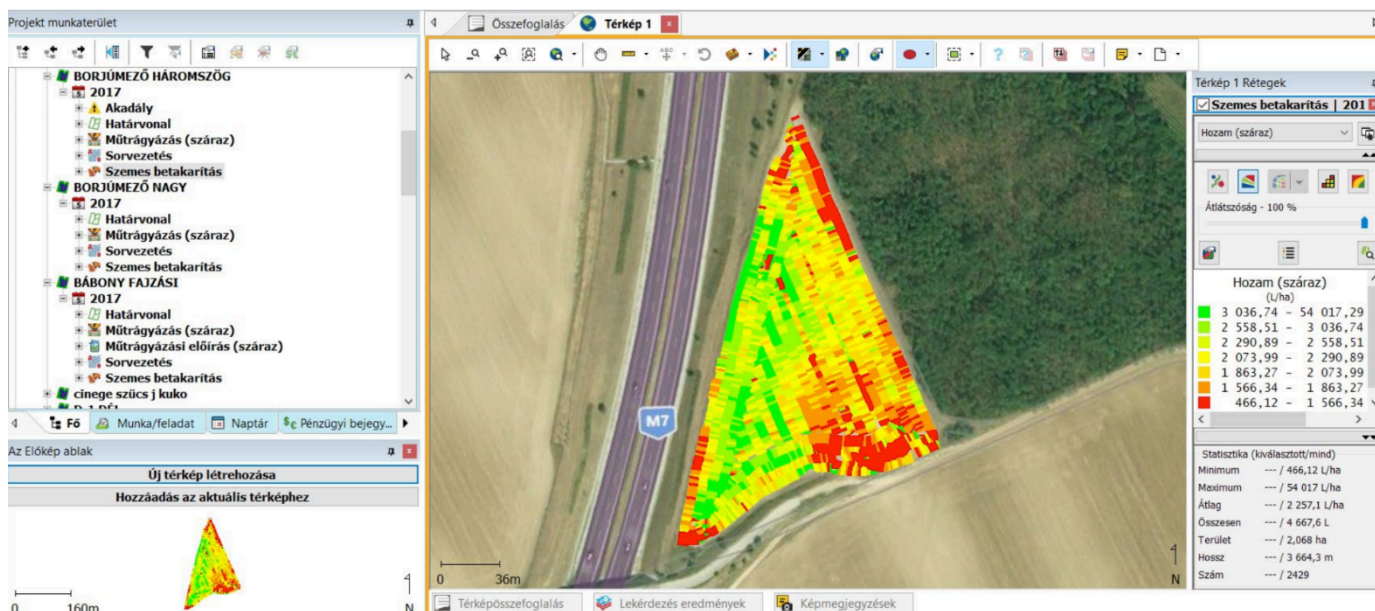
További, hazai fejlesztésekre látunk MI megoldásokat a fenti példákhoz a következő weboldalon:
<https://www.prompt.hu/szoftver/ai/>

Videók digitalizálása

Videókamerák és mesterséges intelligencia (MI) alapú elemzéssel a gazdálkodók valós időben követhetik nyomon az állatok és növények állapotát. Az állatok viselkedésének megfigyelése segíthet a jóléti problémák azonosításában, az etetési stratégiák optimalizálásában és a tenyésztési programok hatékonyságának javításában.



A digitális felvételek elemzése lehetővé teszi a mezőgazdasági munkafolyamatok, mint például az ültetés, a permetezés és a betakarítás hatékonyságának javítását.



Precíziósan gazdálkodó termelő térinformatikai állománya a különböző adattípusokkal

Forrás: Dr Láng, Veres: Precíziós gazdálkodás, 2018,
<https://mlc.itstudy.hu/hu/mlc-browser/precizios-gazdalkodas>

Összességében az analóg jelek digitális jelekké való konvertálása, digitalizálása az a technológia, amely lehetővé teszi, hogy a gazdálkodók pontosabb képet kapjanak a termelési folyamatokról, segítve a döntési folyamatokat, növelve a termelékenységét, csökkentve a környezeti terhelést és javítva az általános gazdasági hatékonyságot.

4. SZENZOROK FOGALMA, MŰKÖDÉSE

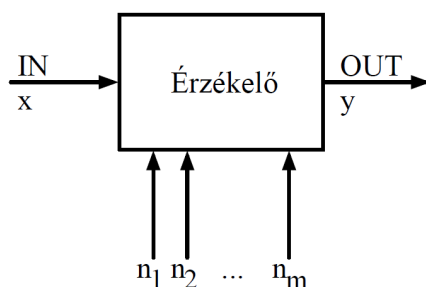
4.1. A szenzor fogalma

A szenzor egy olyan eszköz, amely képes fizikai vagy kémiai mennyiségeket (például hőmérsékletet, fényintenzitást, nyomást, nedvességet, gázkoncentrációt stb.) érzékelni és ezeket elektromos jelekké alakítani. Az elektromos jeleket különböző eszközökkel elemezhetjük, fel tudjuk dolgozni, meg tudjuk jeleníteni, és ezáltal információt tudunk szerezni a környezetről vagy az érzékelt jelenségekről.

A szenzorok lehetnek nagyon egyszerű eszközök, mint a fenti hőmérséklet-érzékelő, de lehetnek bonyolultabb rendszerek, mint például a multispektrális képalkotó szenzor, amely a fény különböző hullámhosszán képes adatokat gyűjteni. Az érzékelők fejlesztése és alkalmazása kulcsfontosságú szerepet játszik a modern technológiai elterjedésében.

A különböző jelenségek tulajdonságainak elektromos mennyiséggé való átalakítása mára olyannyira általánossá vált, hogy érzékelőnek (szenzornak) nevezünk minden olyan műszaki mérési eszközt, amelynek bemenete nem elektromos mennyiség, kimenete pedig elektromos mennyiség, és amely eleget tesz a metológia követelményeinek: pontosság, ismételhetőség, felbontóképesség, szavatossági idő, környezeti hatásokkal szembeni immunitás.

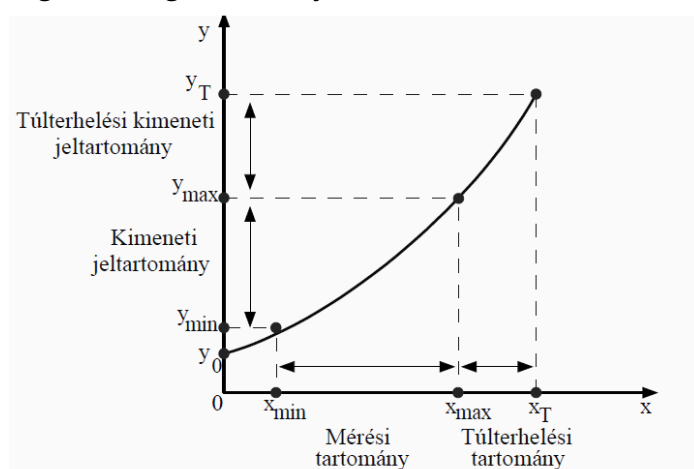
Az érzékelőket több szempontból lehet osztályozni: működési elvük alapján, a bemenő mennyiségek természete és típusa, illetve a kimenő elektromos jelek természete szerint. A mérési folyamatban felhasznált érzékelők mindegyikének kimeneti jele (output – y) több bemeneti mennyiségnek a függvénye. A bemeneti mennyiségek közül a mérendőn kívül (input – x) a többbit zavaró jelnek (n_k – noise) tekintjük, amelyeknek a hatását a mérés során igyekszünk csökkenteni.



A szenzorok segítségével képesek vagyunk mérni és érzékelni a fizikai vagy környezeti jellemzőket, például hőmérsékletet, nyomást, fényt, hangot vagy mozgást. A szenzorok használhatók a környezeti feltételek felügyeletére, az adatok gyűjtésére vagy az eszközök működtetésére. A szenzorok a környezetükben lévő jellemzőket elektromos jelekké alakítják, amelyeket aztán továbbíthatnak és feldolgozhatnak más eszközök vagy rendszerek. A szenzorok széles körben

használatosak az iparban, a tudományban, az egészségügyben, az autóiparban, az okos eszközökben és sok más területen.

Az érzékelők statikus karakterisztikájának meghatározására a bemeneti mennyiséget időben állandó értéken rögzítve, meghatározhatjuk a kimenet állandósult értékeit. A kimeneti és bemeneti



mennyiségek között így nyerhető $y(x)$ összefüggés a statikus karakterisztika.

A statikus karakterisztika alapján fontos érzékelőre jellemző mennyiségeket határozzuk meg. A tananyag terjedelmének korlátozása végett csak a legfontosabbakat említjük meg:

Mérési tartomány $[x_{\min}, x_{\max}]$, amelyben teljesülnek az érzékelőre megadott specifikációk.

Kimeneti jeltartomány $[y_{\min}, y_{\max}]$, amely intervallumban található a kimeneti jel értékei, amikor x az egész mérési tartományon végighalad.

Túlterhelési tartomány az a bemenő jel $[x_{\max}, x_T]$ értékintervallum, amelyben az érzékelő még működőképes, de az előírt specifikációkat már nem teljesíti. Fontos, hogy a túlterhelési tartományból visszatérve a mérési tartományba az érzékelő az eredeti statikus karakterisztika alapján működjön. Ha az $x > x_T$, akkor az érzékelő működésképtelenné válhat (x_T – törési határ).

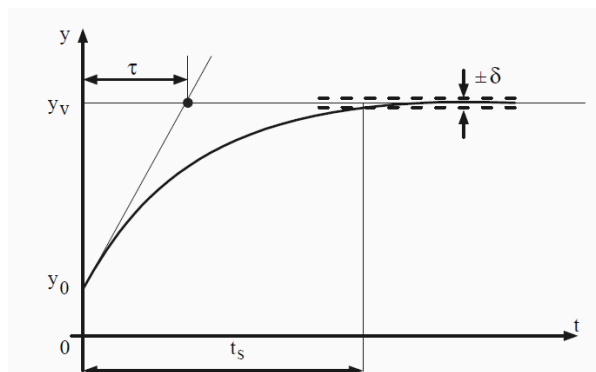
Érzékenység (sensitivity) az adott M munkapontban kiszámított differenciáhányados, mely a kimenet és a bemenet változásának az aránya. Kifejezi az érzékelő kimenetének a változását a bemenet egységnyi változásához képest.

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

Felbontóképesség (resolution): az a bemeneti mennyiségváltozás, amely a kimeneten érzékelhető (mennyiségileg értékelhető) változást hoz létre. Ha az érzékelő kimenete digitális, akkor a felbontóképesség egyenlő a legkevésbé fontos bit (digit) értékével. Például, ha egy digitális hőmérő kijelzője 0,1 °C különbségeket tud megjeleníteni, akkor az érzékelő felbontóképessége $r = 0,1$ °C.

Dinamikus időkarakterisztikák: ha a bemeneti x mérendő mennyiség időben változik, akkor a bemeneti mennyiség értékeihez minden időpillanatban meghatározható a kimeneti mennyiség pillanatnyi értéke. A kimeneti és bemeneti mennyiség pillanati értékei között az érzékelő időfüggő differenciálegyenlete adja meg a kapcsolatot, általánosan ezt nevezzük az érzékelő dinamikus karakterisztikájának.

A dinamikus időkarakterisztika jellemzőket a bemenetre lépcsős ugrásszerű bemenő jel kapcsolásával határozzuk meg. Ha az érzékelőt elsőfokú, lineáris, állandó együtthatós differenciálegyenlettel írhatjuk le, akkor a dinamikus jellemzői:



– **időállandó** – τ : a bemenő jel ugrásszerű változásának pillanatában ($t=0$) a görbéhez húzott érintő metszéspontja a kimenő jel y_v végső (állandósult) értékének a vonalán.

– **beállási idő (settling time)** – t_s : a bemenő jel ugrásszerű változása ($t=0$) és a kimenő jelnek az y_v végső értéke körüli megengedett eltérési sávjába illeszkedésének pillanata közötti idő.

Ilyen például tipikusan egy hőmérséklet érzékelő dinamikus karakterisztikája, mivel a hőérzékelő elemnek egy bizonyos időre van szüksége míg felmelegszik a környezeti hőmérsékletre. Általánosan tárgyalva az érzékelő dinamikáját viszont akár egy magasabb fokú differenciálegyenlet írhatja le.

Szenzorok

A **szenzorok** olyan jelátalakítók, amelyek mennyiséget, tulajdonságot, vagy feltételt (nem villamos jeleket, mint pl. mechanikus, kémiai, termikus, mágneses, optikai jeleket), villamos jelle alakítanak át (egyes esetekben pneumatikussá).

A szenzorok az automatizálásban az emberi érzékszerveket helyettesítik.



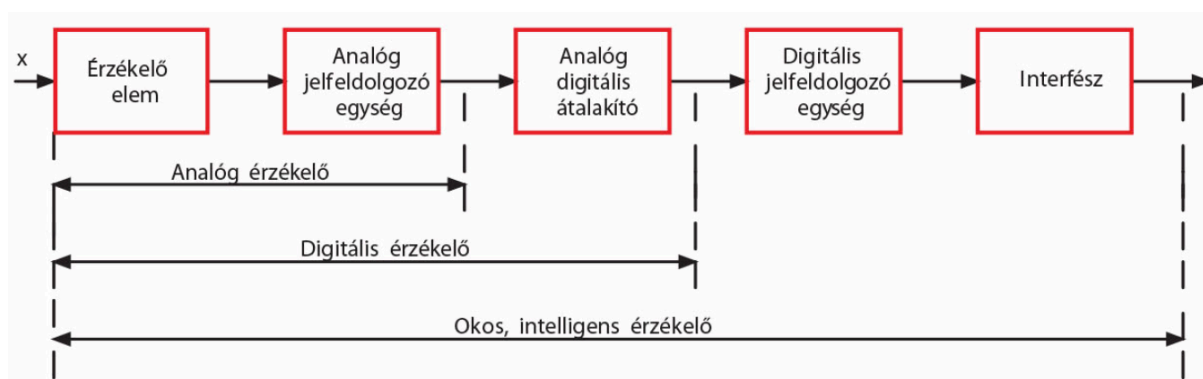
forrás: <https://www.tradeindia.com/products/proximity-sensors-3918800.html>

A szenzorok olyan jelátalakítók, amelyek mennyiséget, tulajdonságot vagy feltételt (nem villamos jeleket, mint például mechanikus, kémiai, termikus, mágneses, optikai jeleket), villamos jellé alakítanak át (egyes esetekben pneumatikussá). A szenzorok az automatizálásban az emberi érzékszerveket helyettesítik.

A szenzorelem a szenzor azon része, ami az előbb említett fizikai tényezőt érzékeli. Mivel önmagában ritkán alkalmazható, ehhez az elemhez jelfeldolgozó, jelátalakító elemek, ház, illetve csatlakozó és rögzítő elemek is társulnak.

A szenzorok érzékelhetnek egy- vagy többféle jellemzőt, és beszélhetünk multiszenzor-rendszeréről is, amikor egy érzékelőn belül többféle érték érzékelésére alkalmas szenzorelem is megtalálható.

Az analóg, digitális és okos érzékelők integrációs tömbvázlata:



Az okos érzékelő (smart sensor) egy mikroelektronikával integrált egység, mely tartalmaz legalább egy érzékelőt, egy analóg jelfeldolgozó egységet, egy analóg-digitális átalakítót, egy digitális jelfeldolgozó egységet és egy vezetékes vagy vezeték nélküli interfészt, mely segítségével más rendszerekhez könnyűszerrel lehet csatlakoztatni.

Az intelligens érzékelő egy olyan okos érzékelő, mely egy vagy több olyan funkcióval rendelkezik, mint az önellenőrzés, az öntesztelés, a validáció, az adaptálás stb.

4.2. Szenzorok csoportosítása

A szenzorokat többféle módon lehet csoportosítani, attól függően, hogy milyen jellemzők alapján szeretnénk rendszerezni őket. Itt van néhány általános csoportosítási mód a szenzorokra:

Fizikai jellemzők alapján:

- **Optikai szenzorok:** például fényérzékelők, kamerák.
- **Hangszenzorok:** például mikrofonok, hangérzékelők.
- **Mozgásérzékelők:** például giroszkópok, gyorsulásmérők.
- **Hőmérséklet- és páratartalom-szenzorok:** például hőmérséklet-érzékelők, higrométerek.

Alkalmazási terület szerint:

- **Környezeti szenzorok:** például légnyomás-szenzorok, földrengésérzékelők.
- **Biometrikus szenzorok:** például ujjlenyomat-olvasók, szívritmus-érzékelők.
- **Környezetszenzorok:** például légszennyezettség-mérők, sugárzásérzékelők.
- **Pozíciós szenzorok:** például GPS-modulok, iránytűk.

Kommunikációs interfész alapján:

- **Analóg szenzorok:** olyan szenzorok, amelyek analóg jelet adnak ki.
- **Digitális szenzorok:** olyan szenzorok, amelyek digitális jelet adnak ki.

Alkalmazott elv alapján:

- **Fotoelektromos szenzorok:** például fotodiódák, fototranzisztorok.
- **Kémiai szenzorok:** például gázérzékelők, pH-érzékelők.
- **Biológiai szenzorok:** például biolumineszcens érzékelők, enzim érzékelők.

Fontos megjegyezni, hogy a szenzorok csoportosítása nem egyértelmű és szigorúan meghatározott, mivel sok szenzor több kategóriába is besorolható lehet attól függően, hogy milyen szempontokat vesszük figyelembe.

4.3. Analóg szenzorok

Analóg jelet adnak például az áramlásmérő szenzorok, az útmérők vagy a nyomatékmérők. Az analóg szenzorok olyan eszközök, amelyek analóg jeleket generálnak. Az analóg jelek folytonos értékeket reprezentálnak a mért jellemzőknek megfelelően. Az analóg szenzorok a környezetükből érkező fizikai jeleket, például hőmérsékletet, nyomást vagy fényerősséget érzékelik, és ezeket talakítják analóg elektromos jelekké. Az analóg jelek általában feszültség vagy áram formájában vannak jelen.



SEQ ábra 1* ARABIC 4. ábra Analóg fényerősség mérő szenzor

Kép forrása: <https://www.microcontroller.hu/termek/temt6000-fenyerosseg-mero-szenzor/>

Az analóg szenzorok kimenete általában változik a mért jellemzővel együtt. Például egy hőmérséklet-szenzor kimeneti feszültsége függ a mért hőmérséklettől. Az analóg szenzorokat általában az analóg-digitális átalakító (ADC) követi, amely digitális formába alakítja az analóg jelet, hogy aztán a digitális rendszerek vagy mikrovezérlők feldolgozhassák azt.



Kép forrása: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:16bit_ADC_Card.jpg

Az analóg szenzorok széles körben használatosak az iparban, az elektronikában, az autóiparban és más területeken, ahol fontos a folytonosan változó jellemzők precíz mérése és ellenőrzése.

4.4. Digitális szenzorok

A digitális szenzorok olyan eszközök, amelyek digitális jelet generálnak vagy adnak ki a mérések eredményeként, a kimenet bináris formában, általában 0 és 1 értékekkel vagy digitális protokollokkal jelenik meg.

Példa a digitális szenzorokra:

- **Digitális hőmérséklet-érzékelők:** ezek a szenzorok a környezeti hőmérsékletet mérhetik, és digitális értékeket adnak vissza. Gyakran használnak digitális kommunikációs protokollokat, például I2C, vagy SPI.
- **Digitális mozgásérzékelők:** ezek a szenzorok mozgást érzékelnek a környezetükben, és digitális jelet adnak ki, amikor mozgást észlelnek. Gyakran használnak passzív infravörös (PIR) technológiát.
- **Digitális fényérzékelők:** ezek a szenzorok a környezeti fényintenzitást mérhetik, és digitális jeleket küldenek az érzékelt fényviszonyok alapján.
- **Digitális távolságszenzorok:** ezek a szenzorok távolságot mérnek más tárgyakhoz képest. A távolság digitális formában kerül kifejezésre, gyakran pulzusok vagy digitális kódok formájában. Például lézeres távolságszenzorok vagy ultrahangos szenzorok.
- **Digitális nyomásérzékelők:** ezek a szenzorok a nyomást mérhetik, és digitális értékeket adnak ki. Használhatnak digitális kommunikációs protokollokat, például I2C vagy SPI.

A digitális szenzorok előnye, hogy a kimeneti jelek könnyen olvashatók és feldolgozhatók digitális rendszerekben. Az adatok pontosabbak és kevésbé érzékenyek az interferenciára vagy zajra. Emellett gyakran tartalmaznak beépített analóg-digitális átalakítót (ADC), ami lehetővé teszi az analóg jelek digitalizálását, így egyszerűbbé válik a szenzorok csatlakoztatása mikrovezérlőkhöz vagy más digitális rendszerekhez. Néhány példát láthatunk az alábbi képen különböző analóg és digitális érzékelőkről:

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-494 Touch	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-510 Line Tracking	HW-511 Active Buzzer
HW-512 Vibration Switch					

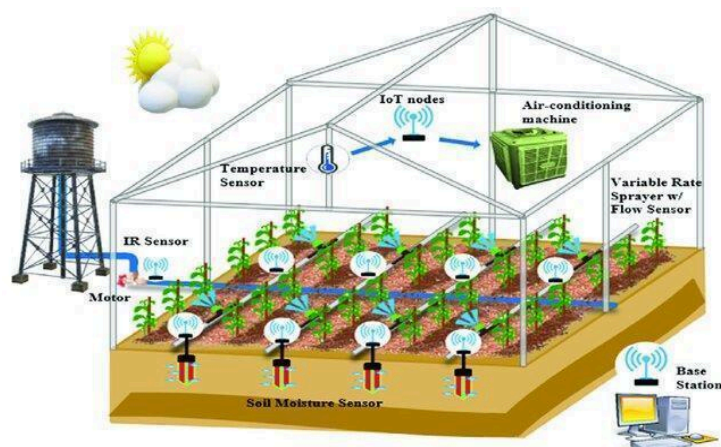
5. VEZÉRLŐRENDSZEREK

5.1. A vezérlő rendszer fogalma

A vezérlő rendszereket informatikai és mérnöki szempontból kell vizsgálni.

A vezérlőrendszer olyan eszközök, berendezések vagy szoftverek összessége, amelyek célja az adott környezet, folyamat vagy gép működésének szabályozása és irányítása annak érdekében, hogy a kívánt eredményeket vagy viselkedést elérjük. A vezérlőrendszer monitorozza a környezetből érkező bemeneti jeleket (a szenzorokról érkező adatokat), és ezek alapján kimeneti jeleket generálnak, amelyek befolyásolják a rendszer működését vagy állapotát.

A vezérlőrendszerek adatokat gyűjtenek a környezet állapotáról, feldolgozzák az adatokat, majd kimeneteket generálnak a rendszer irányítására és szabályozására az optimális működés, hatékonyság és biztonság elérése érdekében.



Okosüvegház ökoszisztéma

forrás: https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-smart-greenhouse-ecosystem_fig1_344728432

5.2. A vezérlő rendszerek osztályozása

A vezérlő rendszerek két alapvetően különböző típusa a nyílt- és a zárt-hurkú rendszer, amelyek két alapvető megközelítést jelentenek a rendszerek automatizált irányításában. Mindkét típusnak megvan a maga jellemzője és alkalmazási területe, attól függően, hogy mennyire fontos a visszacsatolás a rendszer működésében.

Nyílt-hurkú (visszacsatolás nélküli) vezérlő rendszer

A nyílt-hurkú vezérlő rendszerben a vezérlő eszköz nem kap visszajelzést a rendszer kimenetéről. Ez azt jelenti, hogy a rendszer csak a bemeneti jeleket veszi figyelembe, és ezek alapján hajt végre műveleteket vagy változtatásokat, anélkül, hogy ellenőrizné, hogy a kívánt eredményt elérte-e. A nyílt-hurkú rendszerek egyszerűek, gyakran olcsóbbak, és akkor alkalmazzák őket, ha a környezeti változások és a külső zavarok kevésbé befolyásolják a rendszer működését, vagy ahol a pontosság és a visszacsatolás nem kritikus.

A nyílt-hurkú rendszerek jellemzői:

- A nyílt hurkú rendszerek általában sokkal egyszerűbben, könnyebben használhatók, mint a zárt- hurkú rendszerek. Nincs szükség kimeneti adatokra, a rendszerek a környezettől függetlenül működnek.
- Nagyobb kitettség a zavarokkal szemben. Nem tudják észlelni a hibákat, nem tudják mérni a tevékenységeik kimenetét.
- A programozás minőségétől függően vagy nagyon magas, vagy nagyon alacsony a siker esélye. Ha a rendszer robusztus felépítésű, akkor nagy valószínűséggel jól működik, egyébként érzékenyebb a meghibásodásokra.

Példák

- Egy egyszerű elektromos hőszugárzó, amelyet egy időzítő kapcsol be és ki. Az időzítő beállításai alapján a hőszugárzó egy meghatározott időtartamra kapcsol be, anélkül, hogy figyelembe venné a szoba tényleges hőmérsékletét.
- Könnyen érthető példa az automata mosógép, amely a mosási ciklusokat bizonyos időtartam figyelembevételével hajtja végre, hogy fenntartsa a rendszer irányítását.

Zárt-hurkú (visszacsatolásos) vezérlő rendszer

A zárt hurkú vezérlőrendszer, vagy más néven visszacsatolásos vezérlőrendszer a kimenetét folyamatosan monitorozza, és a kapott adat alapján visszajelzést küld, ami befolyásolja a rendszer bemenetét. A folyamatos visszacsatolás lehetővé teszi, hogy a rendszer alkalmazkodjon a környezeti változásokhoz és a nem várt zavarokhoz, így hatékonyabban képes fenntartani a kívánt kimeneti állapotot vagy teljesítményt.

Példa: az otthoni fűtési rendszer, amely egy termosztáttal van felszerelve. A termosztát méri a szoba hőmérsékletét, és ha a hőmérséklet eléri a beállított értéket, a fűtés kikapcsol. Ha a hőmérséklet esik, a fűtés újra bekapcsol. Itt a termosztát által szolgáltatott visszajelzés segít a rendszernek fenntartani a kívánt hőmérsékletet.

5.3. A vezérlő rendszerek főbb komponensei

Érzékelők

Mérésre alkalmas információt gyűjtenek a rendszer környezetéről vagy állapotáról. Ezek lehetnek például hőmérséklet-, nyomás-, sebesség- vagy helyzetérzékelők.

Vezérlőegység

Feldolgozza a rendszerbe az érzékelőkről bejövő adatokat, döntéseket hoz, és kimeneti jeleket generál a rendszer irányítására. A vezérlőegység lehet egyszerű áramkör vagy összetett számítógépes rendszer, attól függően, hogy milyen feladatokat kell ellátnia.

Aktuátorok

Az aktuátorok olyan eszközök vagy berendezések, amelyek a vezérlőegység kimeneti jeleire reagálnak, és megfelelő módon befolyásolják a rendszer működését. Ezek például motorok, szelepek, vezérelhető elektromos vagy mechanikus berendezések lehetnek.

Fontos megjegyezni, hogy a vezérlőrendszerek tervezése és implementálása rendkívül változatos lehet, és számos különböző módszer, technológia és szabvány létezik a vezérlőrendszerek

fejlesztésére. A konkrét alkalmazás függvényében a vezérlőrendszerek lehetnek analóg vagy digitális alapúak, és különböző szabályozási stratégiákat használhatnak, mint például a nyitott hurok, zárt hurok vagy moduláris.

5.4. A vezérlőrendszer alapfunkciói

A vezérlőrendszer gépek halmaza, amely más rendszerek kezelésére szolgál. A rendszer általában elektronikus áramkörökből áll, előre „beégetett” programokkal, amelyek alkalmasak a rendszer irányítására.

A vezérlőrendszereket különböző szempontok szerint szokás csoportosítani, van azonban néhány olyan funkció, amely általában mindegyik rendszerben megtalálható.

Ellenőrzés

Az ellenőrzés prioritást élvez a rendszer többi funkciójával szemben, ez az a rendszerosztály, amely a parancsokat adja. A konkrét funkciók eltérőek, de a cél minden esetben az, hogy a lehető legjobb módszerrel történjen a tevékenységek irányítása.

Tervezés

Minden vezérlőrendszer rendelkezik egy előre beprogramozott algoritmussal, vagy másként tervvel. A terv a kitűzött funkciók végrehajtásához szükséges utasításokból áll. A terv részét képezik a teljesítendő célokat és követelményeket meghatározó adatok.

Függetlenül attól, hogy nyílt- vagy zárt-hurkú rendszerről van szó, mindig van lehetősége elágazásokra, ahol a rendszernek ki kell választania azt az utat, amelyen a lehető legnagyobb valószínűséggel eléri a tervezett eredményt

Tartaléktervek

Minden vezérlőrendszer rendelkezik „stratégiával” a meghibásodás elkerülésére. Ennek ellenére előfordul, hogy nem lehet megakadályozni a meghibásodást, ilyen esetekre szolgál a tartalékterv, amely megfelelő beavatkozással kijavítja a hibát, és lehetővé teszi, hogy a rendszer visszatérjen egy korábbi állapotba.

Bemeneti áramjelek

A bemeneti áramjelek egyfajta figyelmeztetésként vagy jelzésként szolgálnak. A bemeneti jel alapján értesül a rendszer arról, hogy egy külső eredetű energiaforrás rendelkezésre áll. A jelet minden vezérlőrendszer képes azonosítani, de csak a zárt hurkú rendszerek képesek a jelet értelmezni és attól függően megfelelő válaszreakciót adni.

Manipulálható változó

A vezérlőrendszerben a "manipulálható változó" (más néven szabályozható vagy beavatkozó változó) az a változó, amelyet közvetlenül szabályozunk vagy állítunk a kívánt kimenet eléréséhez. Ez a változó a rendszerbe küldött bemenet, amit a vezérlőrendszer módosít annak érdekében, hogy a kimeneti változó (vagy mérhető válasz) közelítsen a kívánt referenciaértékhez.

Például egy hőmérsékletszabályozó rendszerben, ahol a cél a helyiség hőmérsékletének szabályozása egy előre meghatározott értékre, a manipulálható változó lehet a fűtőelem teljesítménye vagy a klímaberendezés hűtési intenzitása. A vezérlőrendszer ezt a változót állítja, hogy elérje és fenntartsa a kívánt hőmérsékleti szintet a változó környezeti feltételek ellenére is.

A manipulálható változót gyakran ellentétbe állítják a zavarással (disturbance), ami egy nem kívánt külső változás, amit a rendszernek kompenzálnia kell, de amelyet nem tud közvetlenül szabályozni. A vezérlőrendszer feladata, hogy a manipulálható változók megfelelő szabályozásával kompenzálja ezeket a zavarokat és fenntartsa a rendszert a kívánt állapotban.

A nyílt-hurkú vezérlési rendszerekben a manipulálható változók beállítása nem függ a kimeneti változótól, vagyis nincs visszacsatolás. Ebben a rendszerben a manipulálható változókat előre meghatározott szabályok vagy programok alapján állítják be, figyelembe véve az esetleges környezeti feltételeket vagy más előre ismert tényezőket. Mivel nincs visszacsatolás, a nyílt-hurkú vezérlés nem képes kompenzálni a nem várt változásokat vagy zavarokat, amelyek befolyásolhatják a rendszer kimenetét.

A zárt-hurkú (vagy visszacsatolásos) vezérlési rendszerekben a manipulálható változók beállítása közvetlenül függ a kimeneti változó és a kívánt referenciaérték (setpoint) közötti különbségtől. A rendszer folyamatosan monitorozza a kimeneti változót, és a kapott információt (visszacsatolást) használja a manipulálható változók pontos beállításához, hogy a kimenet megközelítse vagy egyezzen a kívánt értékkel. Ezáltal a zárt-hurkú rendszerek képesek dinamikusan reagálni a változásokra és zavarokra, javítva a rendszer stabilitását és pontosságát.

A vezérlőrendszerrel szembeni alapvető követelmények:

A vezérlőrendszerekkel szemben támasztott alapvető követelmények széles körűek és változatosak lehetnek, attól függően, hogy milyen alkalmazási területen vagy iparágban használják őket. Ezek a követelmények általában magukban foglalják a megbízhatóságot, a pontosságot, a stabilitást, a gyors válaszidőt, és az adaptálhatóságot. A főbb követelmények:

- **Megbízhatóság:** a vezérlőrendszernek hosszú ideig, minimális karbantartással, folyamatosan kell működnie. A megbízhatóság kulcsfontosságú a biztonsági kritikus alkalmazásokban, például a repülésirányításban vagy az orvosi megoldásokban.
- **Pontosság és ismételhetőség:** a rendszernek képesnek kell lennie a kívánt kimeneti értékek pontos és ismételhető előállítására, a változó környezeti és működési feltételek mellett is.
- **Stabilitás:** a rendszernek stabilnak kell lennie válaszütemében, azaz a kimenetnek nem szabad oszcillálnia a kívánt érték körül, akkor sem, ha a külső zavarok lépnek fel.
- **Gyors válaszidő:** a rendszernek gyorsan kell reagálnia a bemeneti változásokra vagy referenciaérték változtatásaira, hogy hatékonyan tudjon reagálni a gyorsan változó folyamatokra.
- **Robusztusság:** a rendszernek képesnek kell lennie arra, hogy akkor is hatékonyan működjön és megőrizze a teljesítményét, ha nem várt zavarok lépnek fel.
- **Adaptálhatóság és rugalmasság:** a modern vezérlőrendszereknek képeseknek kell lenniük az adaptálódásra és a rugalmas működésre változó körülmények és követelmények mellett, beleértve a környezeti feltételek vagy a felhasználói igények változásait.
- **Energiatakarékosság és hatékonyság:** az energaintenzív iparágakban és alkalmazásokban különösen fontos, hogy a vezérlőrendszerek energiatakarékosan működjenek, csökkentve ezzel a működési költségeket és az ökológiai lábnyomot.
- **Felhasználóbarát interfész:** a vezérlőrendszereknek rendelkezniük kell egy intuitív, felhasználóbarát interfésszel, ami lehetővé teszi a könnyű beállítást, monitorozást és karbantartást.

Ezek a követelmények alapvető irányelvek, amelyeket a tervezési fázisban figyelembe kell venni a hatékony, biztonságos és megbízható vezérlőrendszerek kifejlesztése és kiépítése érdekében.

5.5. Vezérlőrendszerek a mezőgazdaságban

A mezőgazdaságban használatos vezérlőrendszerek nagyban hozzájárulnak a hatékonyabb és optimalizált gazdálkodáshoz. A növénytermesztésben és állattenyésztésben, az üvegházakban irányításában és szabályozásában egyaránt hasznosak. Néhány példa a mezőgazdasági vezérlő rendszerekre:

Öntözőrendszerek

Az öntözőrendszerek automatizálják az öntözési folyamatokat a mezőgazdasági területeken. Érzékelők segítségével monitorozzák a talajnedvességet, a meteorológiai adatokat és a növények vízigényét, majd ennek alapján szabályozzák az öntözési rendszert. Ez lehetővé teszi a víz hatékonyabb felhasználását, a növények optimális vízellátását és a vízpazarlás minimalizálását.>

Precíziós mezőgazdasági rendszerek

A precíziós mezőgazdasági rendszerek segítségével a gazdálkodók nagyobb pontossággal irányíthatják és monitorozhatják a mezőgazdasági tevékenységeket. GPS-alapú technológiával pontosan követhetik a gépek helyzetét és mozgását a mezőgazdasági területeken, így optimalizálhatják a műveleteket, mint például a vetést, trágyázást vagy permetezést. A precizitás növeli a termelékenységet, csökkenti a költségeket és minimalizálja a környezeti hatásokat.

Termelésirányítási-rendszerek

A termelésirányítási-rendszerek segítenek az üvegházakban vagy más kontrollált környezetben történő növénytermesztésben. Figyelik és szabályozzák a növények környezeti paramétereit, a hőmérsékletet, a páratartalmat, a fényintenzitást és a CO₂-szintet, és ezzel lehetővé teszik, hogy a gazdák ideális körülményeket biztosítsanak a növények növekedéséhez és fejlődéséhez, valamint optimalizálják az energiatermelést és -felhasználást.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

Túrós L. Zs., Székely Gy. (2022): Érzékelők és mérőhálózatok, Cluj-Napoca: Scientia

Linkek:

- <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-altalanos-modellje/a-kommunikacio-modelljenek-bemutatas-a-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/>

2. FEJEZET

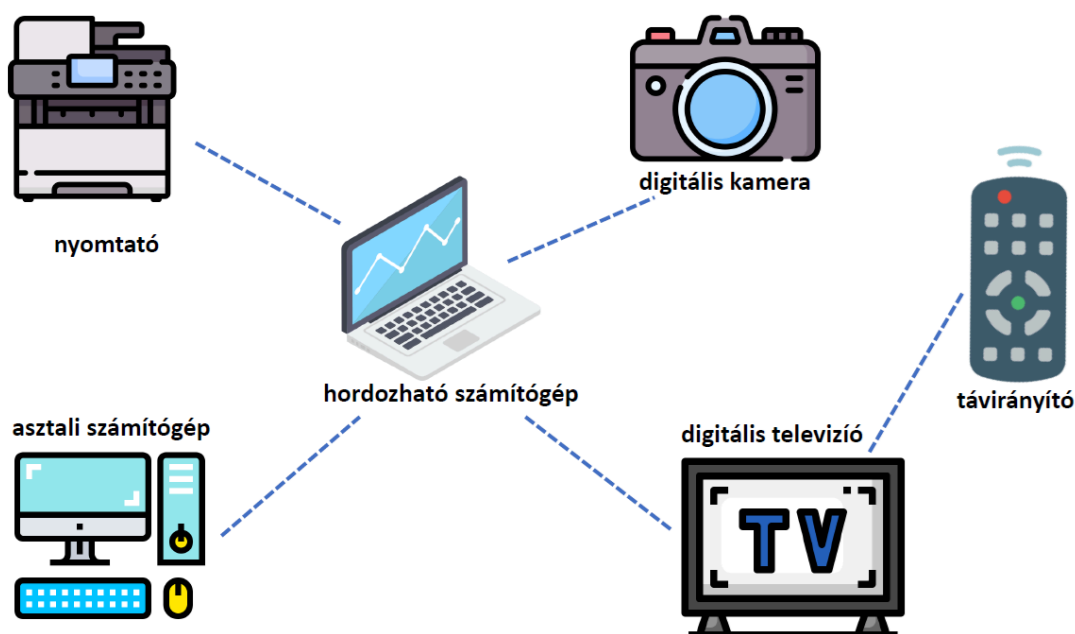
1. MOBILKOMMUNIKÁCIÓ A NÖVÉNYHÁZAKBAN

Szerző: Márton Gyöngyvér - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem

1. HÁLÓZATI KOMMUNIKÁCIÓ

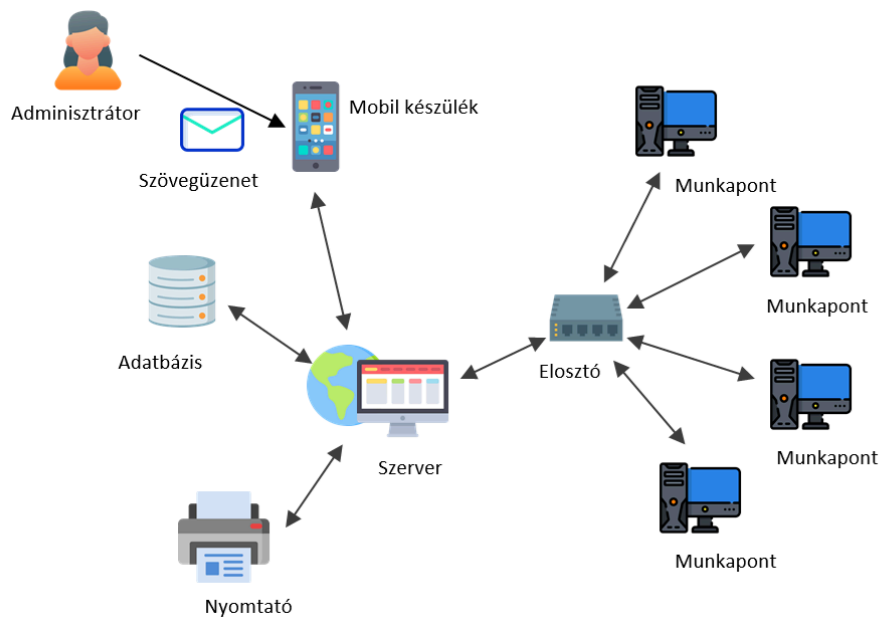
Az információk és az erőforrások különböző számítógépek közötti megosztásának szükségessége összekapcsolt számítógép rendszerekhez, úgynevezett hálózatokhoz vezetett, így az adatok átvihetők egyik gépről egy másik gépre. Ezekben a hálózatokban a számítógép felhasználók üzeneteket válthatnak egymással és megoszthatnak erőforrásokat – például szoftvercsomagokat, adattárolási lehetőségeket, nyomtatóhoz való hozzáféréseket, stb. Az ilyen alkalmazások működtetéséhez szoftverrendszer szükséges, amely az egész hálózatra kiterjedő infrastruktúrát is biztosítja, (Brookshear & Brylow, 2017).

A számítógép hálózatok esetében megkülönböztetünk:



- személyi hálózatokat (PAN – Personal Area Network), amelyek általában kis hatótávolságú rendszerek, ekkor néhány méternél kisebb távolságon belül helyezik el a kommunikációban résztvevő eszközöket, például digitális televíziót, digitális kamerát, nyomtatót, stb.

- helyi hálózatokat (LAN – local area network), amelyek egyetlen épületben vagy épületegyüttesben elhelyezett számítógépek, mobil készülékek, nyomtatók, stb. összekapcsolását jelentik:



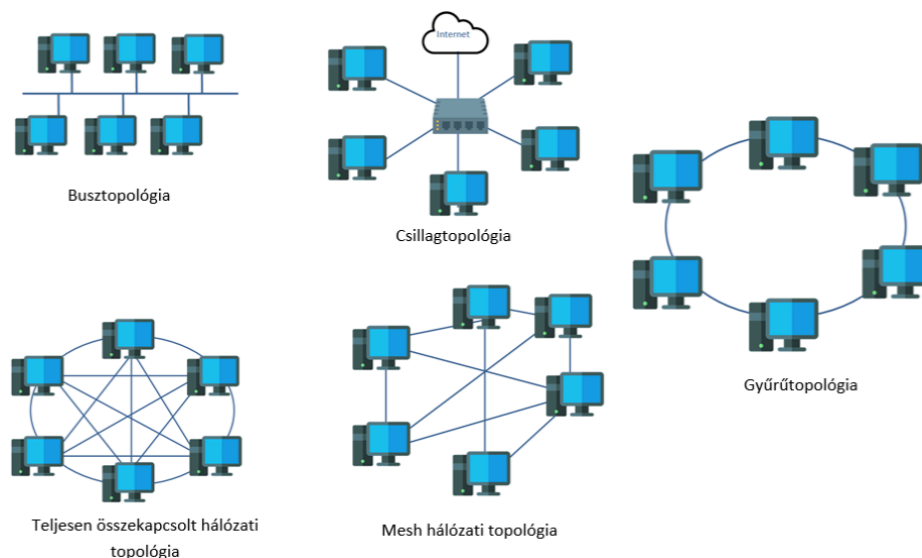
- nagyvárosi hálózatok (MAN – metropolitan area network), amelyek közepes méretű hálózatot jelentenek, például egy helyi közösségre kiterjedő hálózat,
- nagy kiterjedésű hálózatok (WAN – wide area network), amelyek egymástól nagy távolságra lévő gépeket kapcsolnak össze, például szomszédos városokban, vagy a világ másik oldalán található eszközöket.



<https://www.vecteezy.com/vector-art/5237398-wan-wide-area-network-concept-with-icon-concept-with-round-or-circle-shape>

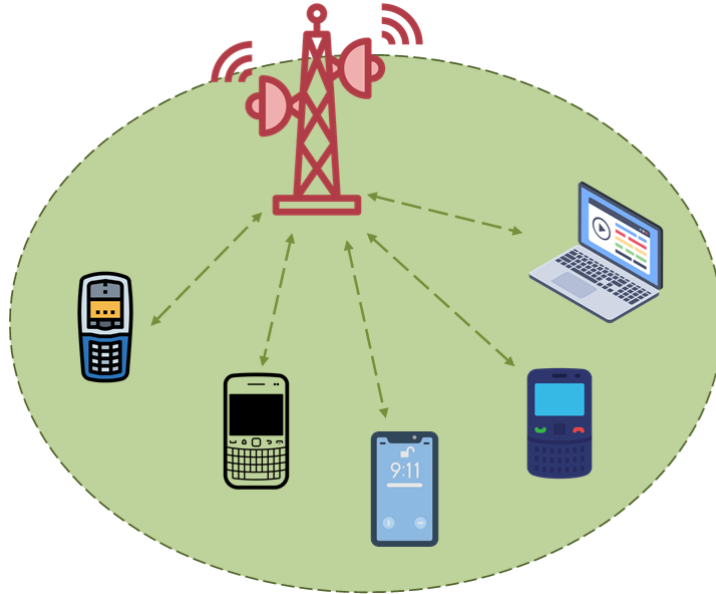
A hálózatok osztályozásának egy másik módja azon alapul, hogy a hálózat belső működtetése publikus vagy ellenőrzött. Ez alapján megkülönböztetünk **nyílt** és **zárt** hálózatokat. Például az Internet egy nyílt rendszer. Az Interneten keresztüli kommunikációt a TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokoll csomag néven ismert nyílt szabványgyűjtemény szabályozza. Mivel nyílt rendszerről van szó, ezeket a szabványokat bárki szabadon használhatja díj befizetés, vagy licencszerződés aláírása nélkül. Ezzel szemben a Novell Inc. vállalat saját tulajdonú rendszereket fejleszt és működtet, és ezeknek az eladásából vagy lízingeléséből jut bevételhez. Ez zárt rendszernek számít.

A hálózatok osztályozásának egy másik módja a gépek csatlakoztatásának mintája szerint történik. A két legnépszerűbb topológia a busz, amelyben a gépek mindegyike egy közös kommunikációs csatornához csatlakozik, a másik a csillag, amelyben az egyik gép központi szerepet tölt be, mert ehhez csatlakoznak a többi gépek. Használják még a gyűrű topológiát, a teljesen összekapcsolt hálózati topológiát és a mesh topológiát is. A busz topológia az 1990-es évek óta népszerű, ekkor alakultak ki az Ethernet hálózatok. A csillag topológia gyökere az 1970-es évekig nyúlik vissza, amelyet napjainkban a vezeték nélküli hálózatok működtetésekor használnak. Ezekben a hálózatokban a kommunikáció rádióadás útján történik, és egy központi gép az úgynevezett hozzáférési pont (AP-access pont) koordinálja a kommunikációt. A buszhálózat és a csillaghálózat közötti különbség azonban nem mindig nyilvánvaló.

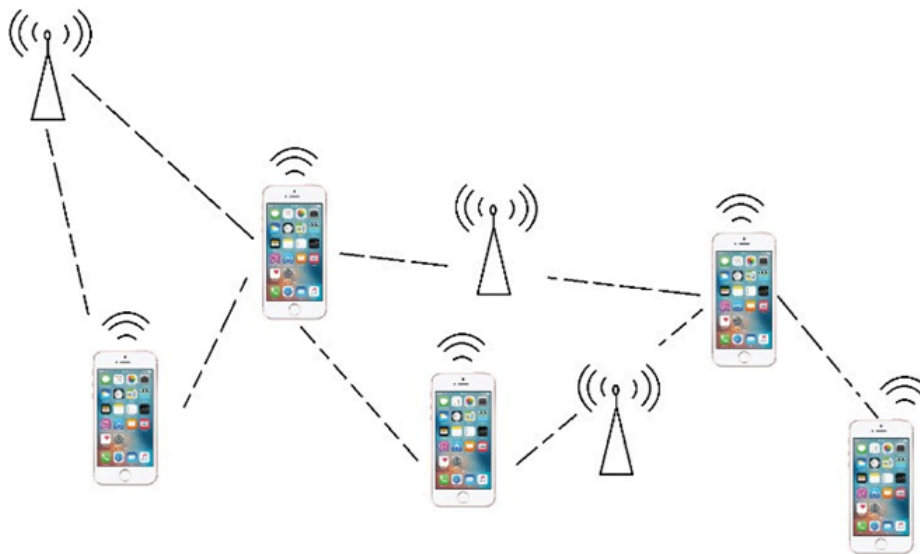


A mobilkommunikációt biztosító rendszereket három kategória alapján szokták felosztani. Ezek a következők:

- A rögzített kommunikációs infrastruktúrán alapuló rendszerek a leggyakrabban használt rendszerek, ahol egy hozzáférési pontot használnak a hálózathoz való csatlakozásra. Ide tartoznak a mobilrendszerek is, például a 2G, 3G, stb. hálózatok:



- Az autonóm csomópontokra épülő kommunikációs rendszereket forgalomirányításra és továbbításra használják. Ezek a rendszerek gyakran nem használnak rögzített kommunikációs infrastruktúrát. Ilyen rendszerek például az ad hoc hálózatok és a vezeték nélküli szenzorhálózatok:
- A hibrid hálózatok az előző két kategóriát ötvözik.



A vezeték nélküli ad hoc hálózatokban csomópontokon keresztül oldják meg az adatforgalom továbbítását. A hálózati eszközök szabadon mozoghatnak, gyakran módosulnak az eszközök közötti kapcsolatok, ezért a csomópontokban a forgalom irányításához szükséges információkat mindig naprakészen kell tartani.

A vezeték nélküli szenzorhálózatok (WSN – wireless sensor network) érzékelőket kombinálnak számítástechnikai elemekkel. Több száz, sőt több ezer alacsony teljesítményű, alacsony költségű érzékelőt integrálhatnak. Az érzékelők mozoghatnak, vagy helyhez kötöttek, feladatuk, hogy a környezetet figyeljék. Gyakran rendelkeznek egy vagy több bázisállomással. A bázisállomás

kapcsolatot teremthet egy másik hálózattal, egy nagy teljesítményű adatfeldolgozó és -tároló központtal, vagy csatlakozási pontként szolgálhat emberek által kezelt egységekhez.

Ahhoz, hogy egy hálózat megbízhatóan működjön, fontos megállapítani azokat a szabályokat, amelyek alapján a hálózati tevékenységek végrehajthatók. Az ilyen szabályokat **protokolloknak** nevezzük és ezek kidolgozása nélkülözhetetlen folyamat, hiszen szabályok nélkül előfordulhat például, hogy az összes számítógép egyidőben akar üzeneteket továbbítani, vagy egy számítógép nem fogadja a más számítógépről érkezett tartalmat. A protokollok megvalósíthatók hardver vagy szoftver szinten, vagy ezek kombinációjával. A kommunikáció során az érintett feleknek meg kell állapodniuk az alkalmazott protokollban. A megállapodás érdekében a protokoll standard leírásoknak kell, hogy megfeleljen.

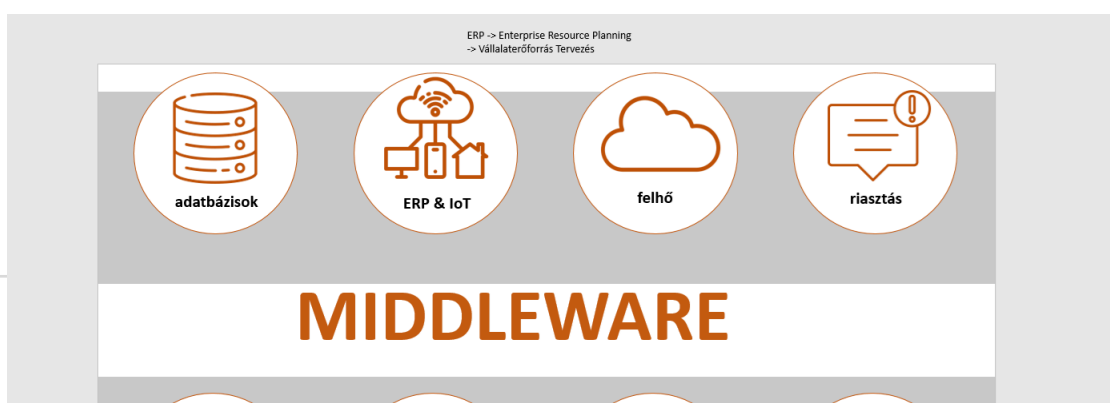
Az Internet kommunikációs protokolljait az Internet Engineering Task Force (IETF) teszi közzé. Az IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) a vezetékes és vezeték nélküli hálózatokat, a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) pedig más típusokat kezel.

A **kérés-válasz (request-response, request-reply)** az egyik legalapvetőbb, leghatékonyabb protokoll, amely alapján a számítógépek egymással kommunikálnak. A protokoll szerint két egység közötti üzenetváltás azt jelenti, hogy a kérelmező egy kérés-üzenetet küld, a fogadó pedig a kézhezvétel után feldolgozza a kérést, és válaszként visszaküld egy üzenetet. Ez hasonló a telefonhíváshoz, amikor a hívó félnek meg kell várnia, amíg a címzett felveszi, és csak utána indulhat el a beszélgetés. Egy kliens-szerver típusú architektúrában eszerint a protokoll szerint történik a kommunikáció. A protokollt lehet használni **szinkron** módban, például HTTP-n keresztüli web szolgáltatásoknál, ami azt jelenti, hogy egy kapcsolatot addig tartanak fenn, amíg a válasz meg nem érkezik, vagy le nem jár az időtúllépési időszak. A protokoll **aszinkron** módban is megvalósítható, amikor a válasz egy ismeretlen későbbi időpontban érkezik vissza.

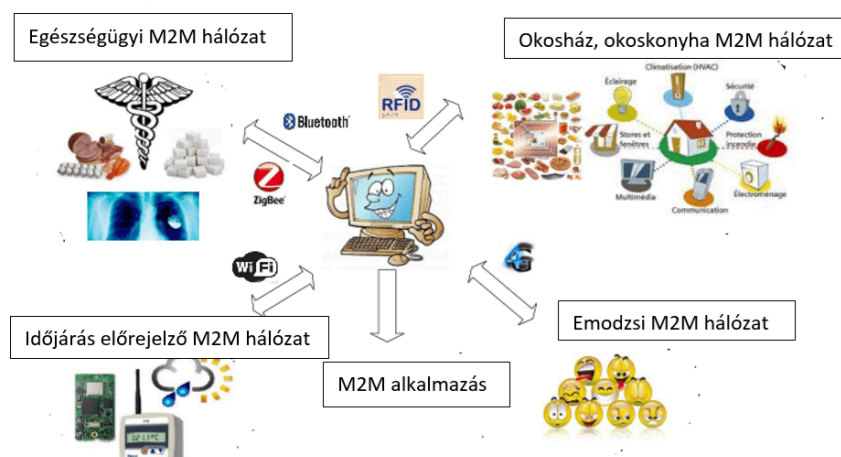
Egy **könnyű (lightweight)** protokoll a számítógépes hálózatban a funkcionális adatokon felül viszonylag kis mennyiségű adattovábbítást végez.

A **közzététel-feliratkozás (publish-subscribe)** egy olyan kommunikációs protokoll, ahol az üzenetküldők, az üzeneteket nem közvetlenül valamely meghatározott címzettnek küldik, hanem úgynevezett előfizetőknek. Anélkül, hogy tudnák kik az előfizetők az üzenetküldők a közzétett üzeneteket csoportosítják, az előfizetők pedig anélkül, hogy tudnák, hogy ki tette közzé az üzenet csoportokat jelzik, hogy mely üzenet csoport érdekli őket, azaz feliratkoznak. Így az előfizetők azokat az üzeneteket fogják megkapni, amelyekre feliratkoztak.

A **köztes szoftver (middleware)** köztes szerepet tölt be a számítógépes alkalmazások, az adatok és a felhasználók között. A szoftverfejlesztők számára megkönnyíti az alkalmazások intelligens összekapcsolását leegyszerűsítve az alkalmazásfejlesztést. Segíti a rendszerüzemeltetőket az alkalmazások üzembe helyezésekor.



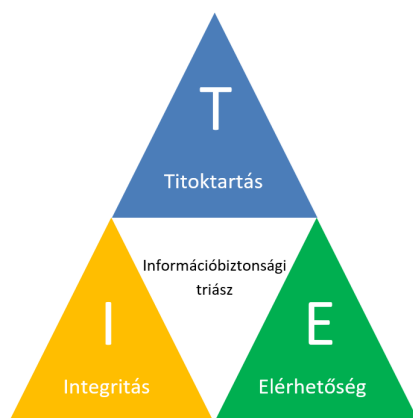
A **szolgáltatások és erőforrások felderítése (discovery of services and resources)** olyan technológia, amely biztosítja, hogy az eszközök vagy szolgáltatások manuális beavatkozás nélkül, automatikusan csatlakozni tudjanak egy adott számítógépes hálózathoz. Segítségével a különböző típusú alkalmazások és mikroszolgáltatások együtt tudnak működni. Létezik kliens oldali és szerver oldali felderítés.



Az **M2M** (machine to machine) két eszköz között, közvetlen csatorna használatával, emberi beavatkozás nélkül történő kommunikációs technikák összességét jelenti. Úgy vezetékes, mint vezeték nélküli kommunikációban alkalmazható. Az M2M kommunikáció lehetővé teszi egy érzékelő vagy mérőműszer számára, hogy az általa rögzített információkat (például hőmérsékletet, szélereősséget, páratartalmat stb.) továbbítsa egy olyan eszköz felé, amely a saját szoftvere segítségével ezeket az adatokat tárolja, előfeldolgozza, elemzi:

2. MOBIL RENDSZEREK BIZTONSÁGA

A biztonságot három tényező határozza meg: a titoktartás (confidentiality), az integritás (integrity), és a rendelkezésre állás (availability), (S. Bharati, et al., 2023):



A **titoktartás** azt jelenti, hogy az érzékeny információkhoz csak az arra jogosult eszközöknek, rendszereknek, személyeknek van hozzáférési lehetőségük. A legrégebbi technika, amellyel az adatokat védeni lehet, ha rejtjelezzük őket. A számítástechnikában ez azt jelenti, hogy egy kulcsnak nevezett szigorúan titkos információ segítségével az adatokat átalakítjuk, rejtjelezzük és így tároljuk, továbbítjuk őket. Amikor szükség van ismét az eredeti, vagy a továbbított adatokra, akkor a kulcs segítségével visszaállítjuk őket. A kommunikáció során rejtjelezett adatok megosztását azonban meg kell, hogy előzze egy információcsere, amely során a felek megállapodnak az alkalmazásra kerülő szigorúan titkos kulcsban, illetve hitelesítik egymást. Úgy a kulcs megállapodás, mint a hitelesítés nagyon fontos részei a kommunikációnak.

Az **integritás** azt jelenti, hogy a kommunikációs csatornán továbbított adatoknak módosítás nélkül kell célba érniük. Az adatintegritás megvalósítása érdekében leggyakrabban hash függvényeket, vagy üzenet hitelesítő kódokat alkalmaznak. A hash függvények olyan matematikai függvények, amelyek egy tetszőleges hosszúságú adatsorból általában egy kisebb, rögzített hosszúságú adatsort állítanak elő, például 128, 160 vagy 256 bitet. Ezt az adatsort lenyomatának is mondják. Az egyik legfontosabb tulajdonsága a hash függvényeknek, hogy a lenyomat alapján nem lehet az eredeti adatsort visszaállítani. Úgy a hash függvényeknek, mint az üzenethitelesítő kódoknak számos alkalmazási területük van. Például a jelszó tárolás során a rendszer nem a jelszót, hanem a jelszó hash értékét tárolja el. A gyakorlatban egy gyakran használt és biztonságos hash függvény az SHA-256, amelynek első változatait még 1993-ban kezdte el az NSA (National Security Agency) tervezni.

Az **elérhetőség** azt jelenti, hogy egy adattároló szerveren, egy kiszolgáló eszközön a jogos felhasználók számára mindig, és azonnal elérhetőnek kell lennie az adatoknak. A támadók által gyakran alkalmazott szolgáltatásmegtagadás (DoS – denial of services) vagy az elosztott szolgáltatásmegtagadás (DDoS - distributed denial of service) típusú támadások során a támadó a rendszer erőforrásait próbálja kimeríteni. Az elérhetőség biztosítása érdekében az adatokat tároló, kezelő, megjelenítő hardvert és szoftvert megfelelően karban kell tartani, a műszaki infrastruktúrát pedig folyamatosan ellenőrizni kell.

A mobil kommunikáció során leggyakrabban felmerülő biztonsági problémák a következők, (Boudriga, 2009):

- a kommunikáló felek nem biztosak a másik fél kilétében: amikor olyan felek kommunikálnak, akik ismerik egymást, akkor email cím, hang alapján tudják egymást azonosítani, de ezen túlmenően a rendszerben általában nincs hitelesítés, sokan könnyen elfogadnak bármilyen azonosítót,
- egy harmadik fél könnyen lehallgathatja a kommunikációt, mert habár a kommunikációra vonatkozó szabványok bizonyos védelmet nyújtanak, a célirányzott lehallgatás ellen, azonban nem védenek,
- a szolgáltató által vezetett számlázási nyilvántartásokba sok bizalmas információ kerül, amelyek könnyen kiszivároghatnak: a kommunikáló felek azonosító száma, a kommunikáció időpontja, helye, stb.

Gyakran azonban a mobil kommunikáció biztonságát olyan tényezők is befolyásolják, amelyek függetlenek a fejlesztőktől, a rendszert üzemeltetőktől, mert a szolgáltatásokat gyakran igénybe veszik olyan felhasználók is akik

- alapvető biztonsági kérdésekkel sincsenek tisztában,
- nem látják át az alapvető biztonsági kockázatokat,

- nem rendelkeznek megfelelő ismeretekkel,
- nincsenek alkalmas eszközeik, amelyek segítségével védekezni tudnának.

A mobil rendszerek biztonságát többféleképpen lehet megvalósítani. Megkülönböztetünk **hálózati** (network level), **szállítási** (transport level), illetve **alkalmazási rétegben** (application level) megvalósuló biztonságot.

A **hálózati rétegben** megvalósuló biztonság átlátható a végfelhasználók és az alkalmazások számára. Általános célú biztonsági megoldásokat kínál, szűrési lehetőségekkel, például beállítható, hogy csak egy kiválasztott adatforgalom legyen elérhető. Az operációs rendszer része, ezért módosításához az operációs rendszert is módosítani kell.

A **szállítási rétegben** megvalósuló biztonságot elsősorban a webes tranzakciók biztonságának a megvalósítására használják.

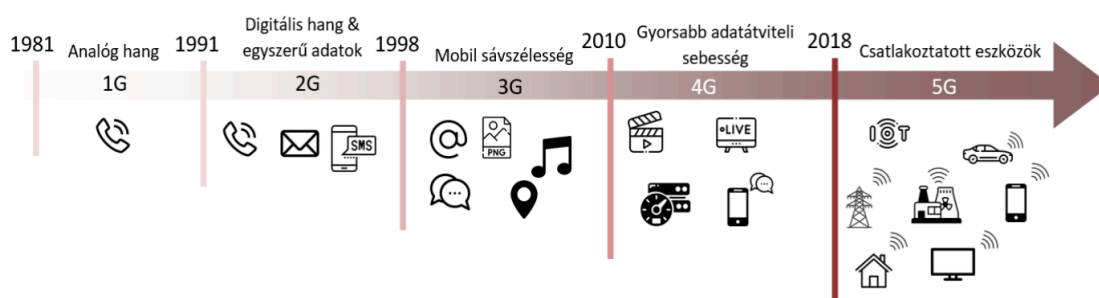
Az **alkalmazási rétegben** megvalósuló biztonság esetében a szolgáltatások egy adott alkalmazásba vannak beágyazva. Előnye, hogy a szolgáltatás az adott alkalmazás speciális igényeihez szabható.

Egy másik biztonsági probléma, hogy az üzenetek továbbításakor az üzenetek nincsenek megvédve a jogosulatlan másolás ellen. A szerzői jogok védelmét vízjelek (speciális minta) beágyazásával lehet biztosítani. A vízjelek segítségével igazolható a tulajdonjog, azonosítható a jogsértő személy, nyomon követhető az üzenet/dokumentum terjesztése, vagy egyszerűen tájékoztathatók a felhasználók az adatok jogosultságáról.

3. MOBIL HÁLÓZATI TECHNOLÓGIÁK: 2G, 3G, 4G, 5G ÉS A JÖVŐBELI FEJLESZTÉSEK

A vezeték nélküli hálózatok egyik fontos tulajdonsága a mobilszolgáltatás, ami azt jelenti, hogy a kommunikáció bármikor, bárhol megvalósítható, sőt a felhasználók autonóm módon roaming szolgáltatást is igényelhetnek (Boudriga, 2009). A mobilkommunikációs technológia fejlődése maga után vonta a növekvő adatátviteli sebességet, amely manapság a komplex alkalmazások esetében is, sok esetben megközelíti a vezetékes hálózatok sebességét:

Az 1981-es analóg 1G adatátvitelről a digitális 2G átvitelre való első, 1992-es átállás óta körülbelül tízévente jelentek meg új mobil generációk. Egy új mobil generáció a mobilszolgáltatás alapvető jellegének megváltozását jelenti, ahol az új technológia visszafelé nem mindig kompatibilis. Egy új generáció magasabb bitsebességet, új és szélesebb frekvenciasávokat és több egyidejű adatátviteli kapacitását jelent.



A mobil kommunikáció alapjait a GSM (Global System for Mobile Communications) szabvány határozza meg, amelyet az ETSI (European Telecommunications Standards Institute) fejlesztett celluláris hálózatok számára. A celluláris hálózatokban a végpontokhoz vezető és onnan kiinduló adatok vezeték nélküli kapcsolaton keresztül érkeznek és továbbítódnak. A hálózat celláknak

nevezett szárazföldi területen van elosztva és mindegyik cellát legalább egy, általában azonban három adó-vevő bázisállomás szolgál ki. Egy cella a szomszédos celláktól eltérő frekvencia készletet használ az interferencia elkerülése és a szolgáltatás minőségbiztosítása végett. A hordozható adó-vevő készülékek (mobiltelefon, laptop, stb.) a bázisállomásokon keresztül kommunikálnak egymással, valamint a vezetékes adó-vevő eszközökkel, (www.tell.hu, 2023).

Az első GSM hálózat a 2G, amelyet 1992 és 2001 között használtak, még nagyon lassú (9,6-14,4 kb/s) adatátviteli sebességet biztosított. Kezdetben elég nagy elméleti bitsebességet ígért (172 kb/s), de a gyakorlatban elért maximális bitsebesség csak 45 kb/s volt. Lehetővé tette, hogy a felhasználók felhívhassák egymást telefonon, SMS (Short Message Service) és MMS (Multimedia Messaging Service) típusú üzeneteket küldjenek egymásnak.

Kis adatforgalommal rendelkező eszközök, például fizetőkapuk, pénztárgépek, régebbi telefonok, IoT eszközök, intelligens mérőórák, eSégélyhívó rendszerek, járműkövetők esetében ma is széles körben 2G technológiát használnak. Ezek a rendszerek így tudták elkerülni a magas használati költséggel járó újabb technológiákat. A 2G-szolgáltatásokat nem is lehet teljesen megszüntetni, ez ugyanis azzal a veszéllyel járna, hogy a csak 2G-infrastruktúrát ismerő eszközök nem tudnának kapcsolatot létesíteni a megfelelő szolgáltatókkal, például vészhelyzetben az eszköz tulajdonosa elérhetetlen lenne, illetve ő sem tudna a megfelelő szervekkel kapcsolatot teremteni.

Az UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), azaz a 3G hálózat, amelynek széleskörű használata a 2001 és 2008 közötti időszakra tehető, nagyobb adatátviteli sebességet ért el, jellemzően ez 384 kb/s adatátviteli sebességet jelentett, még akkor is, ha elméletileg 2 Mb/s átviteli sebességet jelentettek be. Az UMTS tényleges teljesítménye valós körülmények között, nagy hálózati terhelés mellett azonban változó volt. A 3G szolgáltatás biztosította az Interneten való böngészést, zenehallgatást, videó- és zeneletöltést, streamelést, illetve navigációs funkcióval is rendelkezett. Napjainkban már nem gazdaságos a 3G infrastruktúrát fenntartani, éppen ezért azok az eszközök, amelyek nem képesek csatlakozni a következő generációt jelentő 4G és 5G hálózatokhoz visszaváltak 2G-re.

A 4G technológiát 2008-tól lehet igénybe venni, míg az 5G 2018 óta van használatban. Mindkettő jóval nagyobb adatforgalmat bír el és biztonságuk is komolyabb alapokon áll. A 4G technológia a korábbi technológiákhoz képest mobilweb hozzáférést, játék szolgáltatást, nagyfelbontású mobil televízió használatot, videokonferencia létrehozást, 3D-s televíziózást biztosít. Az utolsó szabványok 150 Mbit/s feltöltési és 50 Mbit/s feltöltési sebességgel rendelkeznek.

Az 5G szabványnak 3 fokozata van, a leggyengébb a Low Band, utána következik a közepes Mid Band, a legerősebb pedig a High Band. A Low Band (alacsony sáv) 20-30%-kal nagyobb sebességet kínál, mint a 4G, és ugyanazt a 600-900 MHz frekvencia tartományt használja, mint a 4G. A Mid Band (közép sáv) adatátviteli sebessége hatszor nagyobb, mint a 4G-é, 100-900 Mbit/s sebességet tesz lehetővé. Ezt a szolgáltatást szokták a legszélesebb körben alkalmazni, a nagyvárosok területeire ezt telepítik leginkább. A High Band (magas sáv) a közép sáv szintjét is megtízszerezheti. A 24-47 GHz frekvenciát használja, és gyakran eléri a Gbit/s letöltési sebességet, ami a vezetékes szolgáltatásokhoz hasonló. Magas telepítési költsége miatt csak sűrű városi környezetben telepítik, ott ahol tömegek gyűlnek össze, ezért a nem teljesen megvalósult lefedettség miatt nem mindenhol használható.

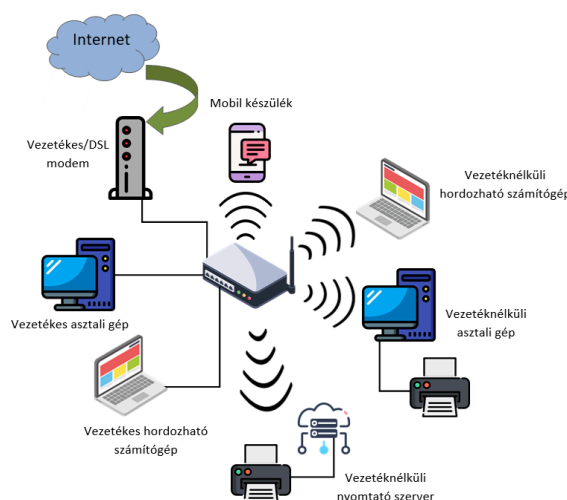
Egy új generációs mobilszolgáltatás igénybevételéhez általában a mobil eszköz szoftverének a frissítése, a hálózati beállítások módosítása, vagy eszközcsere szükséges.

Használatban vannak további vezeték nélküli kommunikációs rendszerek, amelyek a kisebb területen található eszközök közötti vezeték nélküli kommunikációt biztosítják. Ilyenek a műhold alapú rendszerek, a vezeték nélküli helyi hálózatok (WLAN) és a vezeték nélküli személyi hálózatok (WPAN). Ezek a hálózatok nagy adatátviteli sebességet biztosítanak.

4. MOBIL KAPCSOLÓDÁSI LEHETŐSÉGEK

4.1. Wi-Fi

A Wi-Fi (Wireless Fidelity) egy vezeték nélküli hálózati protokollcsalád, amelyet általában különböző eszközök összekapcsolására, illetve az eszközök Internetre való csatlakoztatására használnak, lehetővé téve ezáltal az eszközök közötti adatcserét.



Az egyik legszélesebb körben használt technológia, amelyeket világszerte otthoni, kisebb irodai hálózatok esetében, nyilvános helyeken például szállodákban, könyvtárakban, repülőtereken használnak az eszközök Internetre való csatlakoztatásakor. A Wi-Fi-t úgy tervezték, hogy zökkenőmentesen működjön együtt a vezetékes Ethernetnel. A kompatibilis eszközök vezeték nélküli pontokon keresztül csatlakozhatnak egymáshoz, a vezetékes eszközökhöz és az Internethez. A Wi-Fi a Wi-Fi Alliance védjegye, amely a „Wi-Fi Certified” kifejezés használatát azokra a termékekre korlátozza, amelyek egymással kompatibilisek:

A Wi-Fi különböző verzióit a különböző IEEE 802.11 protokoll szabványok és a különböző rádió technológiák határozzák meg. Ugyancsak a verziótól függ az elérhető rádiósáv, a maximális tartomány és sebesség. A Wi-Fi leggyakrabban a 2,4 gigahertzes (120 mm) UHF és az 5 gigahertzes (60 mm) SHF rádió sávot használja; ezek a sávok több csatornára vannak felosztva. A csatornák megoszthatók a hálózatok között, de hatótávolságon belül egy csatornán egyszerre csak egy adó tud továbbítani.

Napjainkban egyre több vezeték nélküli technológia használható a kommunikációs üzenetváltások során. Az NFC és a Bluetooth technológiák a legnagyobb szereplők ezen a területen. Mindkét technológia lehetővé teszi, hogy két eszköz rövid hatótávolságon belül kommunikálhasson, biztosítva az eszközök számára a biztonságos adatátvitelt.

4.2. Bluetooth

A Bluetooth egy vezeték nélküli technológia, amely rövid hatótávolságon belül teszi lehetővé a vezetékes és a mobil eszközök közötti adatcserét. Nyílt forráskódú szabvány. Nevét a kilencedik században uralkodó Kékfogú Harald dán király után kapta.

A Bluetooth UHF rádióhullámokat használ, Európában és az USA-ban ez a 2,402 GHz és 2,480 GHz közötti tartományt jelenti. Összesen 79 kijelölt Bluetooth-csatornát kezel, csatornánként a sávszélessége 1 MHz. A továbbított adatokat csomagokra osztja, és minden egyes csomagot a kijelölt Bluetooth-csatorna valamelyikén továbbítja.

Számos rendszer Bluetooth Low Energy (BLE) technológiát használ, mert a technológia magas energiahatékonyságot és teljesítményt kínál. A BLE technológiát alkalmazó rendszerek hónapokig működhetnek kizárólag egycellás akkumulátorral. A Bluetooth technológiát ismerő okostelefonok is a mindennapok részévé váltak, egy mobiltelefon pedig mindig kéznél van, így számos eszköz Bluetooth-on keresztül csatlakozhat a mobiltelefonunkhoz. Így nem kell további kártyákat, távirányítókat hordani, nem kell PIN kódot észben tartani.



4.3. NFC és RFID

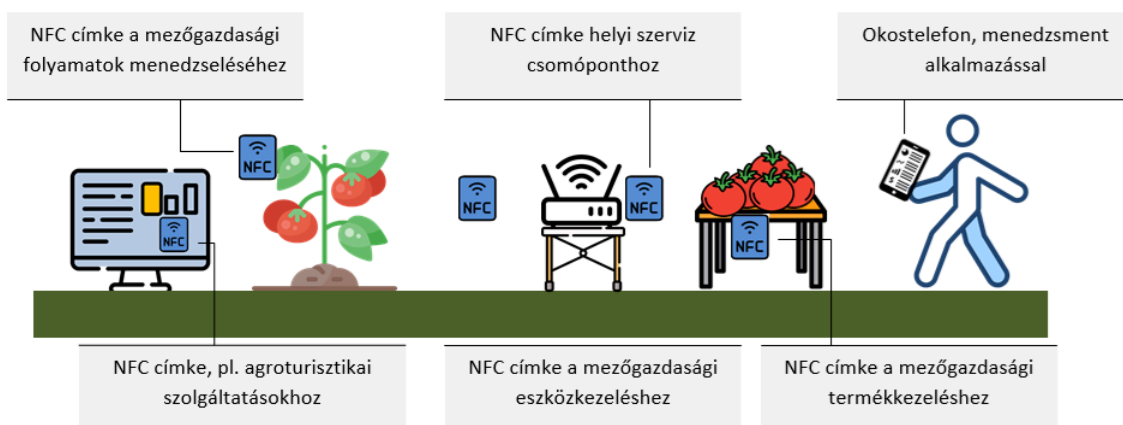
A Near Field Communication (NFC) egy érintés nélküli rövid hatótávolságon belül működő kommunikációs technológia. Az NFC-t az NXP Semiconductors és a Sony dobta piacra RFID (Radio Frequency Identification) technológiák és intelligenskártya-technológiák tovább fejlesztéseként. A rádiófrekvenciás azonosítás lehetővé teszi egymáshoz közel álló eszközök számára a rádióhullámokon keresztüli azonosítást és adatcserét.



Egy RFID rendszer három komponensből áll: egy RFID-címkéből (tag/transponder), egy RFID-olvasóból (reader/interrogator) és egy alkalmazásból.

Működés szempontjából az RFID-olvasó rádióhullám kibocsátásával „kérdést” intéz a RFID-címkéhez, amelyre az RFID-címke válaszként megosztja az általa tárolt adatokat az RFID-olvasóval. Egyszerre több RFID-címke adatait is képes leolvasni. Az RFID-olvasó a kézhez kapott adatokat tárolás végett továbbítja egy adatbázisba. Az alkalmazás az adatbázisban tárolt adatok alapján fogja a feldolgozást végezni. Az RFID-olvasó úgy álló, mint mozgó RFID-címkék adatait képes leolvasni. Az RFID rendszereket eszköz- és helykövetésre, lopás megakadályozására, beléptető eszközként, logisztikára, állatok nyomon követésére, stb. használják.

Az NFC technológia felépítésében is három komponens szerepel. Egy címke, egy olvasó és a szoftver. Egy NFC-címke azonban az olvasó szerepét is betöltheti, és fordítva is, az NFC-olvasó használható címként. Éppen ezért szemben az RFID rendszerekkel kétirányú kommunikációra alkalmas, ahol az egymáshoz fizikailag közel álló (1-10 cm) eszközök között gyors azonosítási folyamat és adattovábbítás valósítható meg. Egyszerre egy címke adatai olvashatóak le. Gyakran használják érintésnélküli fizetésekre, intelligens növényházak, intelligens közlekedés, intelligens otthonok, ipari alkalmazások kiépítésekor. Népszerűsége az alacsony költséggel, a kényelemmel, a megbízhatósággal, az okostelefonokkal való integrálhatósággal magyarázható. Ugyanakkor menedzsment szolgáltatás kiépítésére is alkalmasak az NFC-címkék (NFC tagek) információtároló képessége miatt. NFC használatával például a növényházak termelés és értékesítési folyamatának a menedzselése javítható. Okostelefonokkal összekötve az alacsony végzettségű gazdálkodók is hatékonyan irányíthatják a termelési és eladási folyamatokat.



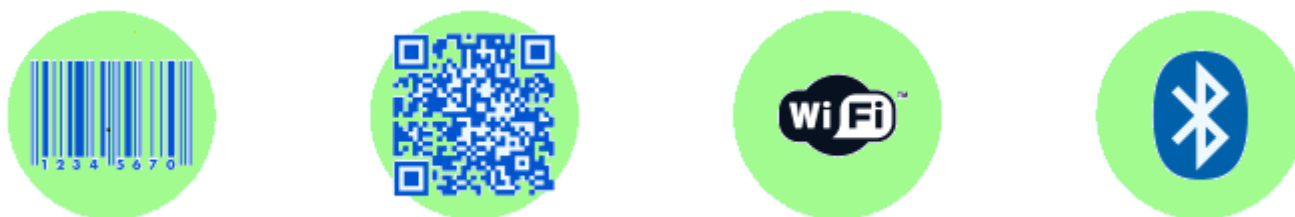
Az NFC három üzemmóddal rendelkezik: peer-to-peer, olvasó/író és kártya emulációs mód.

A **peer-to-peer** mód lehetővé teszi, hogy két NFC-eszköz közvetlenül kommunikáljon egymással. A kommunikáció kétirányú és szabványos adatszerkezetek cseréje valósítható meg vele.

Olvasó/író módban egy NFC eszköz hozzáférhet egy passzív NFC címkéhez, illetve együttműködhet intelligens kártyákkal is.

Kártya emulációs módban egy NFC eszköz érintés nélküli intelligens kártyát emulál, aminek következtében az NFC eszközök együtt tudnak működni régi RFID-olvasókkal.

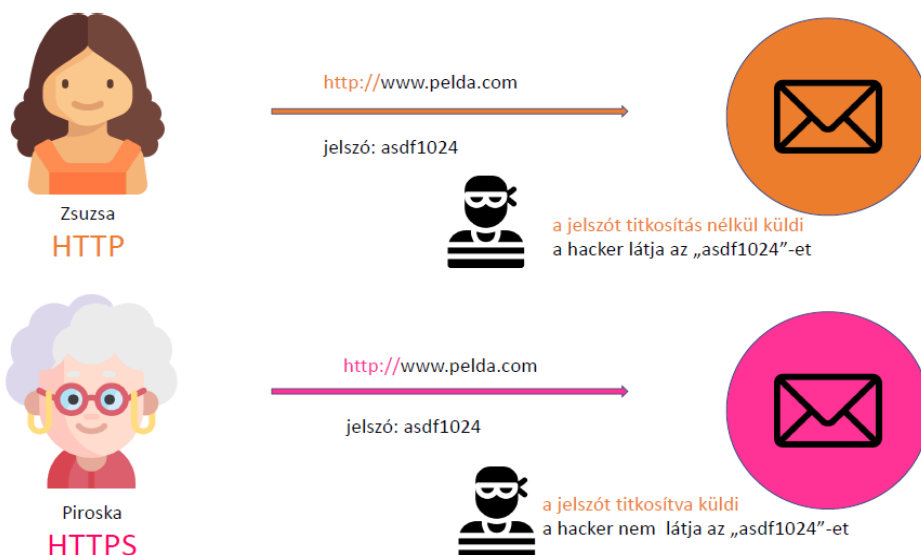
Mint minden más elektromos készülék, az RFID- és NFC-eszközök is meg kell, hogy feleljenek különböző szabványoknak és előírásoknak. Alternatív megoldásként szokták használni a vonalkód, a qr-kód, a wifi, a bluetooth, stb. technológiákat.



5. KOMMUNIKÁCIÓS PROTOKOLLOK A NÖVÉNYHÁZAKBAN

5.1. HTTP

A Hypertext Transfer Protocol (HTTP) a webes kommunikáció alapjait írja le, minden számítógépes adatcsere alapja, amely egy kliens és egy szerver között megy végbe. Például a kliens, a webböngésző kéréseket kezdeményez, amelyeket a szerver, a címzett kiszolgál. A kérések szövegbevitellel, egérgattintással, képernyő érintéssel érkezhettek a kientől. A protokoll hypertext típusú dokumentumokat kezel, ami azt jelenti, hogy a dokumentumokba hivatkozások tehetők, amelyeken keresztül különböző erőforrásokat igénybe véve a kliens által megadott kérések teljesülnek. Nem használ titkosítást, hitelesítést és többféle támadással is sebezhető, a biztonsági beállítások hiánya miatt azonban gyors. Általában információ megosztásra használható. Fenntartása nem jár költségekkel.

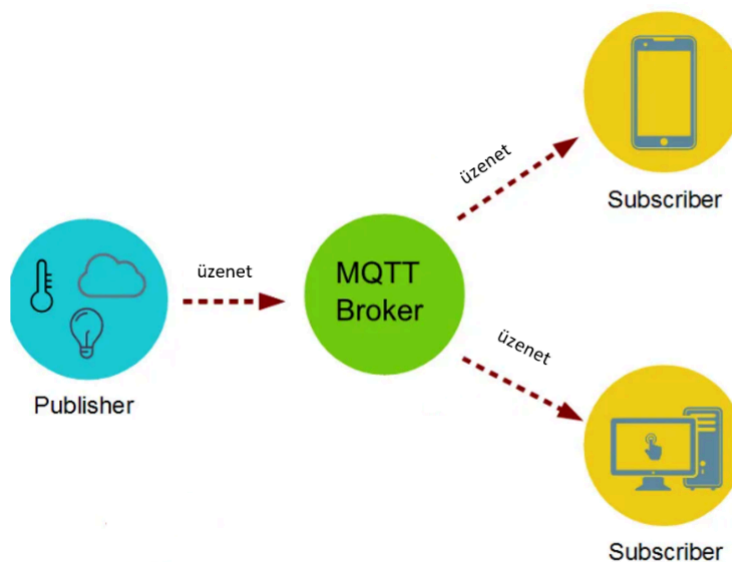


A HTTPS a HTTP biztonságos változata, (httpwg.org, 2023), nem egy önálló protokoll, a HTTP felett fut és a biztonsági megoldásokra a TLS/SSL szabványt használja. A felhasználó számára biztosítja a kommunikáció titkosságát, integritását és hogy a felkeresett weboldal hiteles. A biztonságos kommunikáció azonban csak akkor valósul meg, ha megfelelő titkosítási csomagok kerültek kiválasztásra, illetve megtörtént a szerver hitelességének ellenőrzése. Minden modern web

böngészőbe be van építve, használata web szervertől függ. Többféle támadással szemben is védett. Az alkalmazott biztonsági beállítások miatt lassabb mint a HTTP. Érzékeny adatokat (jelszavakat, kártyaadatokat, stb.) kezelő weboldalak esetében kötelező módon ezt kell használni. Fenntartása költségekkel jár.

5.2. MQTT

A Message Queue Telemetry Transport (MQTT) egy kliens és egy szerver közötti publish/subscribe kommunikációt megvalósító, könnyű (lightweight), nyílt, ingyenes és könnyen implementálható protokoll. Ezek a jellemzők teszik lehetővé, hogy korlátozott környezetben, mint például M2M (Machine to Machine) típusú kommunikáció során, vagy IoT (Internet of Things) kontextusban is használható legyen, amikor csak kis mennyiségű a kódsor feldolgozására van lehetőség. Úgy tervezték meg, hogy alacsony sávszélesség, kis akkumulátor használat mellett, instabil kapcsolatok esetében is hatékonyan működjön. Az üzeneteket a küldő fél teszi közzé (publish), de nem kell tudnia hogy kik fogadják, kik iratkoztak (subscribe) fel az üzenetekre. A feliratkozók az összes üzenetet megkapják egy MQTT brókeren keresztül.



5.3. CoAP

A CoAP (Constrained Application Protocol) olyan web átviteli protokoll, amely korlátozott csomópontokhoz és korlátozott hálózatokhoz használható. A csomópontok gyakran 8 bites mikrovezérlőkkel, kis mennyiségű ROM-mal és RAM-mal rendelkeznek, míg a hálózat gyakran kis fogyasztású, vezeték nélküli, személyi hálózat, ahol gyakoriak a veszteségek, a csomaghibák és a tipikus átviteli sebesség 10 kbit/s. A protokoll gépek közötti (machine to machine - M2M) alkalmazásokhoz készült, mint például intelligens energia applikációk (smart energy apps), vagy épületautomatizálás (datatracker.ietf, 2023).

Az alkalmazás végpontjai között a CoAP egy kérés-válasz típusú interakciós protokollt biztosít, támogatja a szolgáltatások és erőforrások beépített felderítését, a web kulcsfontosságú elmeit, mint például az URI-kat és az internetes média típusokat. Korlátozott környezetben nagyon alacsony többletterhelés és egyszerűség jellemzi. Tervezésekor figyelembe vették, hogy könnyen tudjon kapcsolódni a HTTP-hez, de ugyanakkor speciális igényeknek is megfelelően, mint például unicast és multicast kérések továbbítása, vagy az aszinkron üzenetváltás.

5.4. AMQP

Az AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) egy nyílt forráskódú, vezetékes hálózatokban, aszinkron üzenet küldésre használható szabvány. Az Internet Protokoll Alkalmazás Réteg protokollja, amelyet köztes szoftverek használnak. Jellemzői az üzenet orientáció, az üzenet sorba-állítás szolgáltatás, az útválasztás (beleértve a pont-pont és a közzététel-előfizetés), a megbízhatóság és a biztonság. Az AMQP bájtfolyamként küldi az adatokat, ezért együtt tud működni minden olyan eszközzel, amely képes létrehozni és értelmezni az ilyen típusú adatokat, (amqp, 2023).

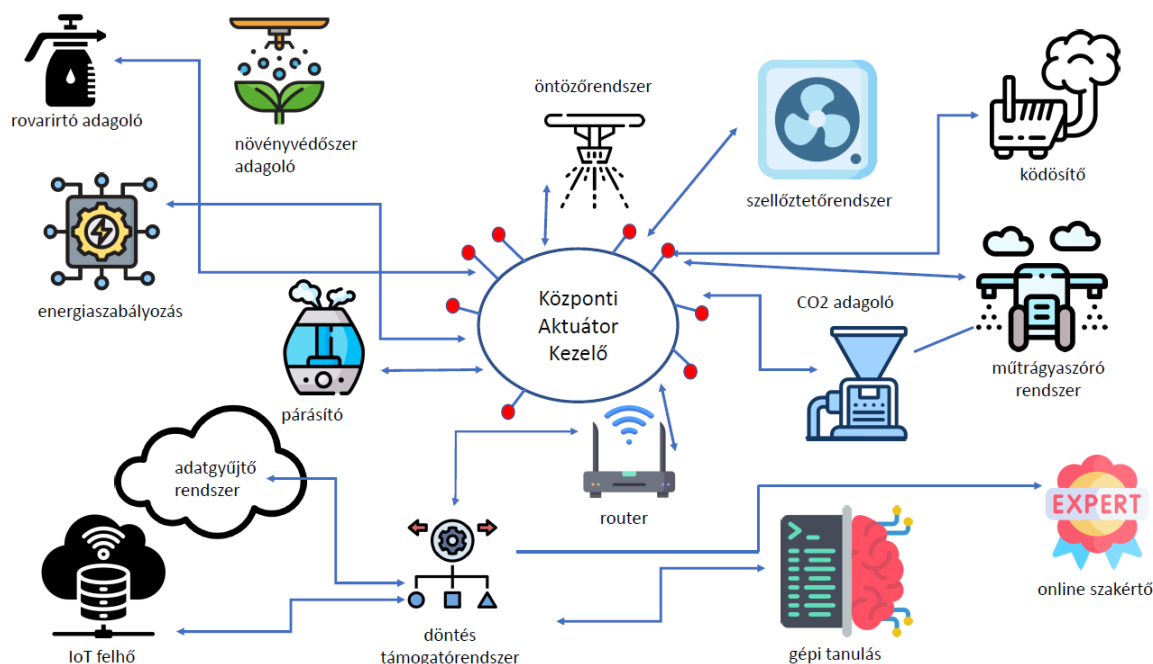
Az AMQP-t úgy tervezték, hogy hatékonyan támogassa az üzenetküldő alkalmazások és kommunikációs minták széles skáláját. Folyamatosan vezérelt, üzenet orientált kommunikációt biztosít, ahol az üzenetek kézbesítésére három lehetőség van: legfeljebb egyszer, legalább egyszer és pontosan egyszer. SASL és/vagy TLS alapú hitelesítést és/vagy titkosítást is biztosít. Feltételezi, hogy a háttérben egy megbízható szállítási réteg protokoll, mint például a Transmission Control Protocol (TCP) fut.

Az AMQP specifikációban definiálásra kerül:

- a típusrendszer,
- az üzenetek egyik folyamatból a másikba történő átviteléhez szükséges szimmetrikus és aszinkron protokoll,
- a standard és bővíthető üzenetformátum,
- a standard, de bővíthető üzenetküldési lehetőségek halmaza.

6. Az IoT (DOLGOK INTERNETE)

A dolgok internete (IoT) az Interneten keresztül elérhető fizikai objektumok hálózata. Ezek az objektumok különböző technológiák segítségével állandó kapcsolatban állnak a külső környezettel, egymással, vagy a felhasználóval. Az IoT-re az Internet fejlődésének harmadik szakaszaként szokás tekinteni. Az 1990-es években az Interneten körülbelül 1 milliárd felhasználót tartottak számon, a 2000-es években megjelenő mobilkommunikáció további 2 milliárd felhasználó között teremtett kapcsolatot, az IoT 2022-ig már 35 milliárd „dolg” volt képes az Interneten keresztül egymással összekapcsolni. Ilyenek például az okosórák, az autókban, a zöldházakban elhelyezett érzékelők stb.. Mindez azért, mert az érzékelők költségének és a feldolgozási teljesítménynek a csökkenése, valamint az eszközök csatlakoztatásához szükség hardver és szoftver eszközök alacsony költsége, illetve a sávszélességek növekedése lehetővé tette a „dolgok” egymáshoz kapcsolódásának egyszerű és hatékony módját (Banafa, 2023).



Az IoT olyan tulajdonságokkal rendelkezik, amelyek miatt lényegesen eltér a szokásos Internettől, ilyenek az érzékelés (sensing), a hatékonyság (efficiency), a hálózatra csatlakozott eszközök (networked), a specifikus műveletek (specialized) és a mindenhol való elérhetőség (everywhere). Ezek a tulajdonságok megváltoztathatják a technológiai fejlesztések irányát, ami jelentős következményekkel járhat a technológiai vállalatok számára is. Például a korábbi vezetékes internetről mobil internetre való áttérés a súlypontot az Intelről a Qualcommra, a Dellről az Apple-re helyezte át.

Több technológiai változás tette lehetővé az IoT elterjedését, ezek a következők:

- olcsó érzékelők: az érzékelők ára átlagosan 60 centre esett 1,30 dollárról az elmúlt 10 évben,
- olcsó sávszélesség: a sávszélesség költsége közel 40-szeresére csökkent az elmúlt 10 évben,
- olcsó feldolgozás: a feldolgozási költségek közel 60-szorosára csökkentek az elmúlt 10 évben, ez lehetővé tette, hogy egy adott eszköz a csatlakozás mellett a generált és fogadott adatokon feldolgozást is végezzen,
- okostelefonok: az okostelefonok távirányítóként vagy hubként szolgálnak a csatlakoztatott otthonokban, a csatlakoztatott autókban, a zöldházakban, vagy az egészségügyi és a fitness eszközöknél,
- vezeték nélküli lefedettség: a széleskörű Wi-Fi-lefedettség miatt a vezeték nélküli kapcsolat nagyon alacsony áron érhető el,
- big data: az IoT-k nagy mennyiségű strukturálatlan adatot generálnak, amelyek elemzése kulcsfontosságú,
- IPv6: az Internet Protocol (IP) legújabb szabványa, amely 128 bites címet támogat, szemben az IPv4-el, amely csak 32 bites címet tudott kezelni, és amelyet világszerte a csatlakoztatott eszközök kimerítettek. Az 128 bites címek azonban körülbelül $3,4 \times 10^{38}$ címet jelentenek – ezzel az összes elképzelhető IoT-eszközt lehet kezelni.

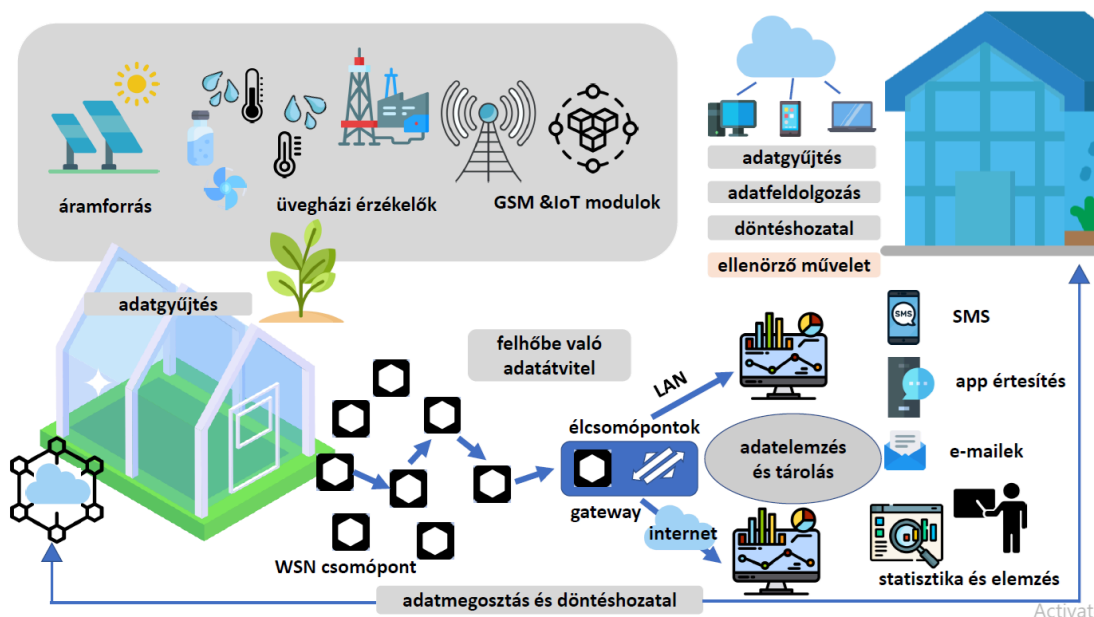
Az IoT egyik hátránya, hogy az adatvédelmi és biztonsági kérdésekben nehéz meghúzni a határt. Az intelligens eszközök sok személyes adatot és információt kezelnek a felhasználóról, ezekkel az adatokkal való visszaélések nagy károkat okozhatnak. A másik hátrány az, hogy a legtöbb eszköz nem képes csak az ugyanattól a gyártótól származó másik eszközzel kommunikálni. Igaz, hogy az AllJoyn Open Source Project, (openconnectivity, 2023) megpróbálja biztosítani a különböző gyártótól származó eszközök összekapcsolását, de egy egységes rendszer kidolgozásától még távol áll az IoT technológia.

7. NÖVÉNYHÁZAK ÉS MOBILKOMMUNIKÁCIÓ

A világ népessége 2050-re valószínűleg eléri a 9,7 milliárd főt, amely maga után vonja az élelmiszerkereslet exponenciális növekedését is. Ez számos problémát okozhat, mint például a víz- és levegőszennyezés, az üvegházhatású gázok kibocsátása vagy a globális felmelegedés. Ezek a problémák kiemelik az élelmiszer előállításához kapcsolódó fenntartható megoldások kidolgozásának szükségességét. A precíziós gazdálkodással üzemeltetett növényházak kiépítése kulcsfontosságú lehet ezeknek a problémáknak a megoldásában.

A növényházakba szerelt mobilvezérlőrendszerek teljes mértékben képesek integrált szabályozást biztosítani a hőmérséklet, a páratartalom, az öntözés, a műtrágyázás, a CO₂, a fény és az árnyék-szint szabályozásának tekintetében. A termesztési művelet pontos irányítása lehetővé teszi a gazdák számára, hogy nagyobb megtakarítást érjenek el az energia-, a víz-, a vegyszer- és a növényvédőszer alkalmazása terén. A mobilvezérlés általában elősegíti a nagyobb üzemi konzisztenciát, az ütemezett termelést, a magasabb termékminőséget és környezeti tisztaságot, (Manohar & Igathinathane, 2007).

Egy növényházban egyetlen számítógép több száz eszközt (szellőztetőket, fűtőtesteket, ventilátorokat, melegvíz-keverő szelepeket, öntözőszelepeket, függönyöket, lámpákat, stb.) képes vezérelni. A rendszer több ezer bemeneti paramétert képes feldolgozni, mint például a külső és belső hőmérséklet, páratartalom, szélirány, szélsébsége, CO₂ szint, stb.. A mobilrendszerek az összes kihelyezett érzékelőtől képesek jeleket fogadni és megfelelő időközönként parancsokat tudnak küldeni az egyes berendezések számára. Egy számítógéprendszer ugyanakkor képes begyűjteni és rögzíteni a különböző külső felektől származó adatokat, amelyeknek a feldolgozása után a gazda megismerheti a termék minőségét és mennyiségét befolyásoló összes tényezőt:



A rendszerek adatvizualizációt (grafikonokat, jelentéseket, összefoglalókat) készíthetnek a múltbeli és a jelenlegi környezeti feltételekről, amelyek átláthatóbb módon jelenítik meg a kiértékelt adatokat.

A számítógépes rendszerek elterjedése ellenére sem szabad elfelejteni, hogy a növénytermesztés sikere elsősorban a gazda növénygazdálkodási ismereteitől függ. Ezek a rendszerek elsősorban abban tudnak segíteni, hogy precízebbé teszik a növényházi termelést és csak annyira hatékonyak, amennyire az általuk futtatott szoftver helyesen működik, illetve amennyire a rendszert kezelő gazda digitális kompetenciája megfelelő szintű.

A számítógép rendszerek előnyei mellett érdemes a hátrányokat is megfontolni:

- magas kezdeti költségű beruházás szükséges,
- képzett rendszerkezelőket igényel, úgy digitális, mint mechanikai területen,
- a karbantartás, gondozás és óvintézkedések száma magasabb lehet,
- kisüzemi és szezonális termeléshez nem mindig gazdaságos.

A számítógépes technológiák tekintetében a következők alkalmazhatók növényházak üzemeltetése során: vezeték nélküli szenzorhálózatok (WSN), a dolgok internete (IoT), a mesterséges intelligencia (AI), űrtechnológiák, távoli érzékelők, számítástechnikai algoritmusok, blokklánc technológia, big data és rádiófrekvenciás azonosítás (RFID). Ezen technológiák segítségével adatokat lehet elemezni, előállítani, fogadni, továbbítani, azaz adatfeldolgozást lehet végezni.

A microchipek, érzékelők, helymeghatározó rendszerek (GPS rendszerek), számítógép szoftverek, kommunikációs rendszerek, internet protokollok, meteorológiai adatok, pedig azok az eszközök, amelyek a növénytermesztéshez kapcsolódó adatfeldolgozást biztosítják (Mottram, 2022).

A tranzistoros kapcsolók, majd később a szilíciummaratási technikák feltalálása és a **mikrochipek** megjelenése lehetővé tette a mai elektronikus és digitális eszközök megjelenését, illetve ezek méretének és előállítási költségének nagymértékű csökkenése maga után vonta ezen eszközök

széleskörű felhasználását a mezőgazdaság különböző ágazataiban, például a precíziós növényházi termesztésben.

A különböző szenzorok, **érzékelők** megjelenése olyan adatok detektálását és nyomonkövetését biztosították, mint például sebességérzékelés, légáramlás, páratartalom, állati és növényi betegségek jellemzői stb.

A **globális helymeghatározó rendszereket** (GPS rendszerek) eredetileg az amerikai hadsereg fejlesztette ki az 1970-es években. Ezek és az újabb globális navigációs műholdrendszerek lehetővé tették a néhány méteren belüli helyadatok meghatározását, amely felhasználható terepi járművek számára, de növények nyílt, vagy zárt terepen történő lokalizációjához is.

A **számítógép szoftverek** olyan alkalmazások, amelyek például digitális képek, multimédiás tartalmak elemzésére, modellek felállítására, összefüggések magyarázatára is képesek. Segítségükkel növények ismerhetők fel, kártevők észlelhetők, élettani szakaszok azonosíthatók stb. Az 1950-es években először digitalizálták az adatokat, ezek után azonban hamarosan megjelentek olyan szoftverek is, amelyek lehetővé tették a nagy mennyiségű adatok strukturált, rendszerezett feldolgozását. A jelenlegi adatbázisok mindegyike hatalmas mennyiségű, kereshető és elemezhető adatot tárol.

A **kommunikációs** lehetőségek az Internet, majd a mobil eszközök megjelenésével nagymértékben megváltoztak. Minden digitális objektum (szöveg, videó, kép, hang), e-mail és weboldal csomagok sorozataként közlekedik az Interneten, amelyek mindegyike az Internet Protokoll szabványa alapján pontosan azonosítható, tudni lehet mindegyikről, hogy honnan érkezik és hová van továbbítva. A World Wide Web egy egységes erőforrás-keresőt (Uniform Resource Locator - URL) biztosít az Internet bármely pontján, így ezek a digitális objektumok könnyen összekapcsolhatók és továbbíthatók.

A fejlett országokban a modern **meteorológia** 1 km-es felbontásig képes részletes időjárás-előrejelzést adni, és akár 7 napra előre pontosan jelezni az időjárást. Ez jelentős hatással van a növényházakban végzendő műveletek tervezésére és végrehajtására, jelentősen csökkentve az időjárás okozta kockázatokat.

Egy növényházat működtető gazda kapcsolatrendszere nagyban befolyásolja a növényház üzleti sikerességét. A különböző személyekkel megvalósuló direkt, gyors és rendszeres kommunikációt viszont megkönnyítik az Internet, a mobilkommunikáció adta lehetőségek, azonban ezeket nem csak ismerni, hanem használni is tudni kell. A vevőkkel való kapcsolattartás mellett szükség lehet a reklámszolgáltatásokat, az ügyfélmenedzsmentet, az információszolgáltatást is bevonni az üzleti politikába. A szállítók esetében a GPS technológia segítségével könnyebben megvalósítható a szállítás logisztika. A különböző hivatalokkal való kapcsolattartás során a megfelelő szoftverhasználat biztosíthatja a kétirányú adatszolgáltatást, az előírások elérhetőségét. A pénzügyi intézetek megfelelő szolgáltatásainak igénybevétele esetén egyszerűvé válnak a mobil fizetési formák, az illetékbeizetések, az internet banking. Az érdekképviselési szervezetektől gyorsan lehet tájékozódni, naprakész információt szerezni, szaktanácsadást igényelni.

Mobilalkalmazások között érdemes számontartani a termelésirányítást, folyamatirányítást megvalósító alkalmazásokat, a termékek nyomon követését, a minőségbiztosítást figyelő applikációkat.

Egy növényházat működtető gazda, amikor a gazdaságot érintő műveletekről dönt, akkor több adatot is figyelembe kell, hogy vegyen. Ezek általában nyers adatok, amelyek eszközökön, gépeken levő érzékelőkről érkeznek:

- termés- és GPS-adatok: drónoktól származó GIS-információkkal korreláló adatok,
- harmadik fél felhőszervereiről érkező piaci és árazási adatok, amelyek segítségével képet alkothat a lehetséges termésértékről és keresletről,
- Interneten keresztül érkező időjárás előrejelzés adatok (hőmérséklet, szélsébség, szélirány, csapadékmennyiség, páratartalom, légnyomás, stb.),
- helyi környezeti körülményeket mérő érzékelőktől származó adatok (aktuális időjárás adatok, talajviszonyokat jelző adatok, termésadatok, a növények állapotát/betegségét jelző kép és videóadatok,
- Interneten keresztül érkező, a környék víz készletére vonatkozó adatok,
- Interneten keresztül érkező, a mezőgazdasági termékek árinformációi hazai és nemzetközi vonatkozásban.

8. MOBILKOMMUNIKÁCIÓS ALKALMAZÁSOK A NÖVÉNYHÁZAKBAN

Jelenleg számos olyan érzékelő és eszközkészlet van a piacon, amely a gazdálkodókat támogatja abban, hogy akár saját maguk is, önállóan okos növényházakat építsenek. Az aktuális digitális technológia segítségével ellenőrizni tudják például a talaj minőségét és a rendszerek megoldásokat is kínálnak, hogy a gazdák elkerülhessék a talaj minőségi romlását (S. Bharati, et al., 2023). Az IoT technológia lehetővé teszi a talaj gondozását, elsősorban a talaj vízmegtartó-képességét, a textúra és felszívódási sebességét szem előtt tartva. Ezek segítségével el lehet kerülni a túlzott műtrágya használatot, csökkenteni lehet a sűrűsödést, a szikesedést, a savasodást, a szennyezést és az eróziót. Például komoly talaj analízist lehet végezni az AgroCares által készített Labin-a-Box talajvizsgáló eszköztárral (agrocared, 2023). Bármely gazdálkodó napi 100 minta elemzésére használhatja a Labin-a-Box -ot anélkül, hogy a vett mintákkal fel kellene keresnie valamilyen laboratóriumot.

2009-ben bocsátották fel a talajnedvesség és óceáni sótartalom (Soil Moisture and Ocean Salinity, SMOS) műholdat, amely egy-két naponként ad térképeket a globális talajnedvességről (earth.esa.int, 2023). Távoli érzékelők segítségével gyűjti rendszeresen a talajnedvességi adatokat, ami segít a különböző területeken tapasztalható aszályok elemzésében.

2014-ben a spanyol kutatók a SMOS L2 rendszert használták a talaj vízhiány-index (SWDI) értékelésére. A talaj különböző jellemzőinek szkennelésére használták még a Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) érzékelőt, amivel számszerűsítették a talajromlás veszélyét a szubsaharai Afrikában. A hatékony vetéshez szükséges távolság és mélység meghatározásához további szenzorokat és látásalapú technológiát is használtak.

Az IoT-alapú intelligens eszközökkel, például vezeték nélküli érzékelőkkel, drónokkal és robotokkal pontosan fel lehet ismerni a **növényi kártevőket**, így a gazdálkodók drasztikusan csökkenthetik a peszticidek használatát. A kortárs IoT-alapú növényvédelem valós idejű nyomonkövetést,

betegség-előrejelzést és modellezést kínál, így hatékonyabb, mint a hagyományos kártevőirtás. A legmodernebb kártevő- és betegségészlelési technikák a rendszer képfeldolgozási technikájától függenek. A nyers képeket a mezőgazdasági területen távérzékelő műholdak, vagy terepi érzékelők segítségével gyűjtik össze. Az összegyűjtött képek általában hatalmas területeket fednek le és alacsony költség mellett is jó hatékonysággal feldolgozhatók. Léteznek szántóföldi érzékelők is, amelyek a termésciklus minden fázisában képesek mintát gyűjteni a növények állapotáról, a kártevők jelenlétéről. Az IoT-alapú rendszerek képesek összegyűjteni, megszámlálni és leírni a kártevőfajtákat, majd egy felhőszolgáltatás segítségével részletesen elemezni tudják őket. Egy ilyen IoT-alapú kártevő-monitoring rendszer képes minimalizálni az összköltséget, miközben elősegíti a természetes klíma helyreállítását.

Az IoT-alapú **műtrágyázási technológiák** minimális munkaerőigény mellett végzik a műtrágyaigény pontos felmérését. Például a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI), amely teljes mértékben a vegetáció látható és közeli infravörös fényének visszaverődésén alapul, műholdfelvételek segítségével vizsgálja a növények állapotát, méri az egészséges termést és a vegetációt. Ugyanakkor segít a talaj tápanyagszintjének a felmérésében is. Ezek a mérések jelentősen növelhetik a műtrágyahasználat hatékonyságát, miközben elkerülik a környezeti mellékhatásokat. A földrajzi térképezés, a GPS-pontosság, az autonóm járművek és a változó sebességű technológia (VRT) hozzájárul az IoT-alapú intelligens megtermékenyítéshez.

Az IoT-alapú technológiákat **hozam megfigyelésre** is hatékonyan lehet alkalmazni. A megfelelő szenzorok bármely betakarítógépre felszerelhetők és az adatok például a FarmTRX mobilalkalmazáson keresztül feldolgozhatók (farmtrx, 2023). Az alkalmazással kiváló minőségű hozamtérképek készíthetők, amelyeket a gazdálkodó további elemzés céljából más gazdaságirányítási eszközökbe exportálhat. Műholdfelvételeket is használnak a nagyüzemek termésének nyomon követésére. Például Mianmarban Sentinel-1 interferometrikus képeket készítettek, hogy a rizstermesztés hozamát meghatározzák; a mangóföldek gyümölcsfázisainak nyomon követésére színes (RGB) mélységi fényképeket használtak; optikai érzékelőkkel mérték az aszalás során a papaya zsugorodását.

A crop water stress index (CWSI) alapú **öntözéskezelés** az IoT-alapú stratégiák egy másik alkalmazási lehetősége. Az öntözés előrejelzések alapján történik, ez pedig a termés hozam jelentős javulásához vezethet. A CWSI-számításhoz szükséges különböző időpontokban megfigyelni úgy a termés hozamot, mint a levegő hőmérsékletét. Egy vezeték nélküli szenzor alapú felügyeleti rendszerben az összes szántóföldi érzékelőt összekapcsolják, a mért adatokat pedig egy feldolgozó rendszernek adják át, ahol megfelelő szoftverek segítségével elemzik az adatokat. Műholdfelvételek, meteorológiai adatok is bekerülnek a CWSI-modellekbe a vízszükséglet megállapítása érdekében. Minden egyes helyszínhez exkluzív öntözési indexértéket hoznak létre. A CropMetrics által végzett változó öntözési módszer (VRI) a talajt és a domborzati viszonyokat figyelembe véve állapítja meg a szükséges vízmennyiséget, (croptx, 2023).

9. FELHASZNÁLT IRODALOM

Az alábbi forrásokra: a hozzáférés dátuma: 2023.

- agrocares, 2023. *agrocares*. [Online]
Available at: (<https://www.agrocares.com/lab-in-a-box/>)
- amqp, 2023. *amqp*. [Online]
Available at: (<https://www.amqp.org/>)
- Banafa, A., 2023. *Introduction to Internet of Things (IoT)*. hely nélk.:River Publishers.
- Boudriga, N., 2009. *Security Of Mobile Communications*. hely nélk.:CRR Press.
- Brookshear, J. G. & Brylow, D., 2017. *Computer Science An Overview*. 12 szerk. hely nélk.:Pearson India.
- cropx, 2023. *cropx*. [Online]
Available at: (<https://cropx.com/>)
- datatracker.ietf, 2023. *datatracker.ietf*. [Online]
Available at: (<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>)
- docs.oasis-open, 2023. *docs.oasis-open*. [Online]
Available at: (<https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>)
- earth.esa.int, 2023. *earth.esa.int*. [Online]
Available at: (<https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>)
- farmtrx, 2023. *farmtrx*. [Online]
Available at: (<https://farmtrx.com/>)
- httpwg.org, 2023. *httpwg.org*. [Online]
Available at: (<https://httpwg.org/specs/rfc9110.html>)
- Manohar, K. R. & Igathinathane, C., 2007. *Greenhouse Technology and Management*. Second szerk. hely nélk.:BS Publications.
- Mottram, T., 2022. *Digital Agritechnology, Robotics and Systems for Agriculture and Livestock Production*. hely nélk.:Nikki Levy.
- openconnectivity, 2023. *openconnectivity*. [Online]
Available at: (<https://openconnectivity.org/>)
- S. Bharati, U. K. V. P., Mondal., M. & Podder., P., 2023. *Artificial Intelligence and Smart Agriculture Applications*. hely nélk.:CRC Press.
- www.tell.hu, 2023. *www.tell.hu*. [Online]
Available at: (<https://www.tell.hu/minden-amit-a-2G-3G-4G-5G-halozatokrol-tudni-akartal>)
- agrocares, 2023. *agrocares*. [Online]
Available at: (<https://www.agrocares.com/lab-in-a-box/>)
- amqp, 2023. *amqp*. [Online]
Available at: (<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]
Available at: <https://cropx.com/>
- datatracker.ietf, 2023. *datatracker.ietf*. [Online]
Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>
- docs.oasis-open, 2023. *docs.oasis-open*. [Online]
Available at: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>
- earth.esa.int, 2023. *earth.esa.int*. [Online]
Available at: (<https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>)
- farmtrx, 2023. *farmtrx*. [Online]
Available at: <https://farmtrx.com/>
- httpwg.org, 2023. *httpwg.org*. [Online]
Available at: <https://httpwg.org/specs/rfc9110.html>
- Manohar, K. R. & Igathinathane, C., 2007. *Greenhouse Technology and Management*. Second ed. s.l.:BS Publications.
- Mottram, T., 2022. *Digital Agritechnology, Robotics and Systems for Agriculture and Livestock Production*. s.l.:Nikki Levy.
- openconnectivity, 2023. *openconnectivity*. [Online]
Available at: <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]
Available at: <https://www.tell.hu/minden-amit-a-2G-3G-4G-5G-halozatokrol-tudni-akartal>

2. NÖVÉNYHÁZI AUTOMATIKÁK, SZENZOROK, ROBOTIKA

Szerzők:

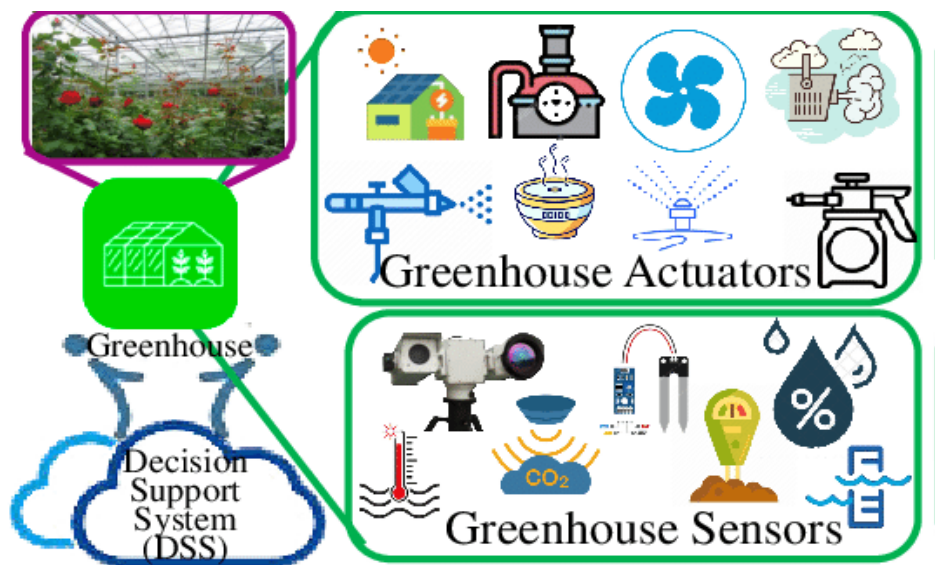
- Papp Sándor - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Turos László Zsolt - Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
- Horváth Zoltán - Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola

1. BEVEZETÉS

Az automatizált szenzorok, robotika és mesterséges intelligencia együttes alkalmazása forradalmasítja a növénytermesztést. A megfelelően kialakított és integrált rendszerek lehetővé teszik a növények hatékonyabb megfigyelését, a betegségek és a kártevők korai felismerését, valamint az optimális növekedés és termésérés elérését. A fenntartható mezőgazdaság felé tett lépések, melyeket az automatizáció és a robotika segít elő, hozzájárulnak az élelmiszerbiztonság fenntartásához és a környezetvédelemhez.

2. NÖVÉNYEK AUTOMATIZÁLT MEGFIGYELÉSE ÉS GONDOZÁSA

Az agrártermelés területén az automatizáció, a szenzorok és a robotika egyre jelentősebb szerepet játszanak a hatékonyság növelésében és a fenntartható termésérés elérésében. Az automatizált megfigyelés és gondozás lehetővé teszi a növények állapotának folyamatos figyelését és az optimális növekedési körülmények biztosítását. Ebben a fejezetben bemutatjuk az automatizált szenzorok alkalmazását a növények egészségének figyelésére és diagnosztizálására, a növényi betegségek és kártevők korai felismerésére, valamint a robotikus gondozórendszerek és a mesterséges intelligencia szerepét a növények optimális növekedéséhez és terméséréséhez. A 2.1. ábra az automatizált üvegházakban használt egységeket illusztrálja:



Automatizált üvegházban használt főbb egységek

forrás: https://www.researchgate.net/figure/IoT-Enabled-Greenhouse_fig1_348989431

2.1. Automatizált szenzorok alkalmazása a növények egészségének figyelésére és diagnosztizálására

Az automatizált szenzorok a modern mezőgazdaság kulcsfontosságú eszközei, amelyek segítik a gazdálkodókat a növények pontosabb figyelésében és gondozásában. Az alábbiakban a legfontosabb szenzorok bemutatása következik:

- a **talajnedvesség-szenzorok** képesek folyamatosan mérni a talaj nedvességtartalmát, így **biztosítva az öntözési ütemterv optimalizálását, a túl- vagy alul öntözés megelőzését, a fenntartható gazdálkodás elősegítését és végső soron a mezőgazdasági termelékenység növelését, minimalizálva a vízpazarlást.** A régebbi, egyszerűbb technológiák közül megemlíthetjük a **tenziometrikus, rezisztív és kapacitív talajnedvességmérőket.** Ezeknek előnyükre válik a relatív egyszerű felépítésük és az alacsony áruk, ellenben a mérési sebességük, a korlátozott felhasználási lehetőségeik és az alacsony mérési pontosságuk miatt ma már kiszorulnak a modern, okos mérőrendszerekből. A ma ismert legpontosabb és legmegbízhatóbb talajnedvesség-érzékelés az **időtartományú reflektometria** (time-domain reflectometry, TDR) elven alapszik, amely alkalmazható a nedvességtartalom közvetett mérésére a talaj elektromos és dielektromos tulajdonságaival való összefüggés alapján. Ennek a mérési elvnek a lényege, hogy nagyon gyors felfutási idejű (kb. 200 ps) elektromos impulzust injektálunk egy talajba vezetett szondába. Az impulzus terjedési sebessége szorosan függ a talaj nedvességtartalmától. Példa egy időtartományú reflektometrián alapuló mérőeszközt a John Morris cégcsoport [TDR 350](#) típusú eszköze.
- a **hőmérséklet- és páratartalom-szenzorok** mérik a környezeti feltételeket és segítenek megteremteni a növények számára ideális mikroklimát. Ezek az adatok fontosak, különösen üvegházi környezetben, ahol a hőmérséklet és páratartalom szabályozása létfontosságú a termesztés sikeressége szempontjából. A klasszikus levegőhőmérséklet és a relatív páratartalom szenzorokat mára felváltották az integrált, okos szenzorok, amelyek helyben átalakítják és feldolgozzák a zavarérzékeny analóg jeleket és digitális jel formájában kommunikálnak a központi mérőrendszerekkel. Igen jó példa a svájci Sensirion cég számos okos szenzorjai közül az SHT4X. Az eszköz egyik erőssége, hogy az I2C kommunikációs sínrendszeren és protokollon keresztül egy érpárra 128 szenzor kapcsolható, lehetővé téve a többpontos mérési elvet egyszerű és költséghatékony hálózaton.
- a **fotoszintetikus aktív sugárzás** (PAR) szenzorok segítségével mérhetjük a fényintenzitást, ami kritikus a növények fotoszintéziséhez és tápanyagellátásához.

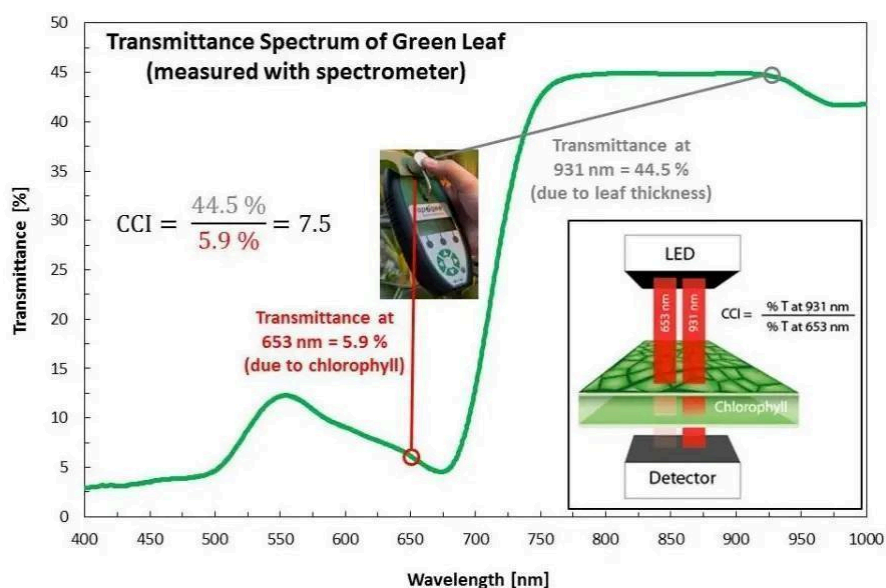
A fotoszintetikus aktív sugárzás pontos mérése segíti a növények optimális növekedésének és terméshozamának elérését. A szenzor segítségével fotoszintetikus fotonfluxussűrűség (Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD) mérések valósíthatók meg növényi lombkoronák felett



kültéri környezetben, üvegházakban, növekedési kamrákban, valamint visszavert vagy lombkorona alatti (átszűrődő) környezetben. Az Egyesült Államokbeli Apogee Instruments cég mérőeszközeire ipari standardként tekinthetünk, megemlítve a PPFD Quantum [SQ-500](https://www.amazon.ca/Apogee-Instruments-MQ-500-Full-Spectrum-Quantum/dp/B09KWQJ8XP?th=1) szenzorcsaládot is.

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

- **a klorofill koncentráció szenzor abszolút mértékegységgel – $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ – adja meg a koncentrációt a levélben.** Alkalmazható tápanyag állapot felmérésre, a növényt ért stresszhatások becslésére és a betakarítás optimalizálására. Annak ellenére, hogy nagyon fontos növényélettani információt biztosít, relatív magas ára miatt, egyelőre még nem terjedt el a széleskörű használata. Az Apogee cég MC-100 típusú klorofill koncentráció mérőműszere és a mérési módszer, -elv az alábbi ábrákon látható:



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

2.2. Növényi betegségek és kártevők korai felismerése automatizált számítógépes látásalapú rendszerek segítségével

A fogyatkozó természeti erőforrások miatt a mezőgazdaságban az egyik legnagyobb gond az, hogy a terméshozam nehezen tud lépést tartani a világ népességének növekedésével. A fő kihívás a termelékenység növelése, függetlenül a kedvezőtlen környezeti tényezőktől. A modern precíziós mezőgazdaság a technika legmodernebb vívmányait használja fel a termelékenység javítására.

Az automatizált betegségérzékelő rendszer azonnali és pontos diagnózist biztosít a gazdálkodó számára a növénybetegségről, felgyorsítva a diagnosztikai folyamatot. A betegségfelismerő rendszer automatizálása kritikus fontosságú a termésdiagnózis és a beavatkozás felgyorsítása szempontjából.

Napjainkban, a mezőgazdaságban, a képfeldolgozás alapvető alkalmazássá vált és az egyik leggyorsabban növekvő tanulmányi téma a területen. Iparágak széles köre, így a mezőgazdaság is, úgy találta, hogy a képfeldolgozás hasznos eszköz lehet az adatok elemzéséhez. Az adatgyűjtést fényképezőgépekkel, repülőgépekkel vagy műholdakkal végzik, majd számítógépes képfeldolgozó algoritmusokat használnak a képek feldolgozására és elemzésére. A precíziós termesztés automatikus levélbetegség-érzékelő rendszere képfelvételt, képfeldolgozást, képszegmentálást, jellemzők kivonását és gépi tanulási technikákat alkalmaz.

A mezőgazdaság számos problémájának megoldása nagymértékben egyszerűsödött, köszönhetően a képrögzítési és adatfeldolgozási technológiák legújabb fejlesztéseinek. A képek felhasználhatók beteg levelek, száruk és termések detektálására, ezáltal számszerűsítve az érintett területet a betegség szerint.

Az alábbi ábra egy okos növényház komplex felvételkészítő rendszerét illusztrálja:

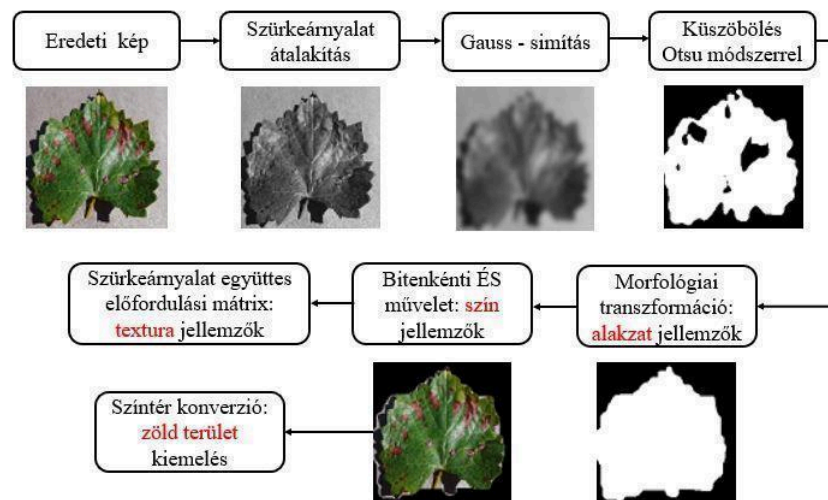


forrás: <https://phenospex.com/products/plant-phenotyping/planteye-f500-multispectral-3d-laser-scanner/>

A Minnesotai Egyetem kísérleti rendszerét [ITT](#) lehet megtekinteni.

Az adatok előfeldolgozása minden számítógépes látásalapú rendszer fontos része, az alábbi ábra a képek feldolgozási lépéseit szemlélteti. A pontos eredmények elérése érdekében a jellemzők kinyerése előtt ki kell szűrni az esetleges háttérzajt. Ennek érdekében, először a színes képet

alakítják át szürke-árnyalatossá, majd Gauss-szűrőt használnak a kép simítására. Ezután a kép bináris változatához az Otsu-féle küszöbérték-algoritmus kerül alkalmazásra.



Ezt követően morfológiai transzformációt alkalmazunk a binarizált képen, hogy lezárjuk az előtérben lévő kis lyukakat.

Az előtér észlelése után a bitenkénti ÉS művelet végrehajtásra kerül a bináris képen és az eredeti színes képen, hogy RGB képet kapjunk a szegmentált levélről. A kép szegmentálása után a rendszer kivonja a képből a formát, a textúrát és a színt. A körvonalak segítségével kiszámítjuk a levél területét és a levél kerületét. A kontúrok az a vonal, amely az azonos színű vagy intenzitású objektumok élei mentén lévő összes pontot összeköti. Az RGB-képen az egyes csatornák átlagát és szórását is megbecsüljük. A kép zöld szín mennyiségének kiszámításához a képet HSV színtérre alakítjuk, majd a kép szürkeszintű együttes előfordulási mátrixából (GLCM) kinyerjük a textúra és a színjellemzőket.

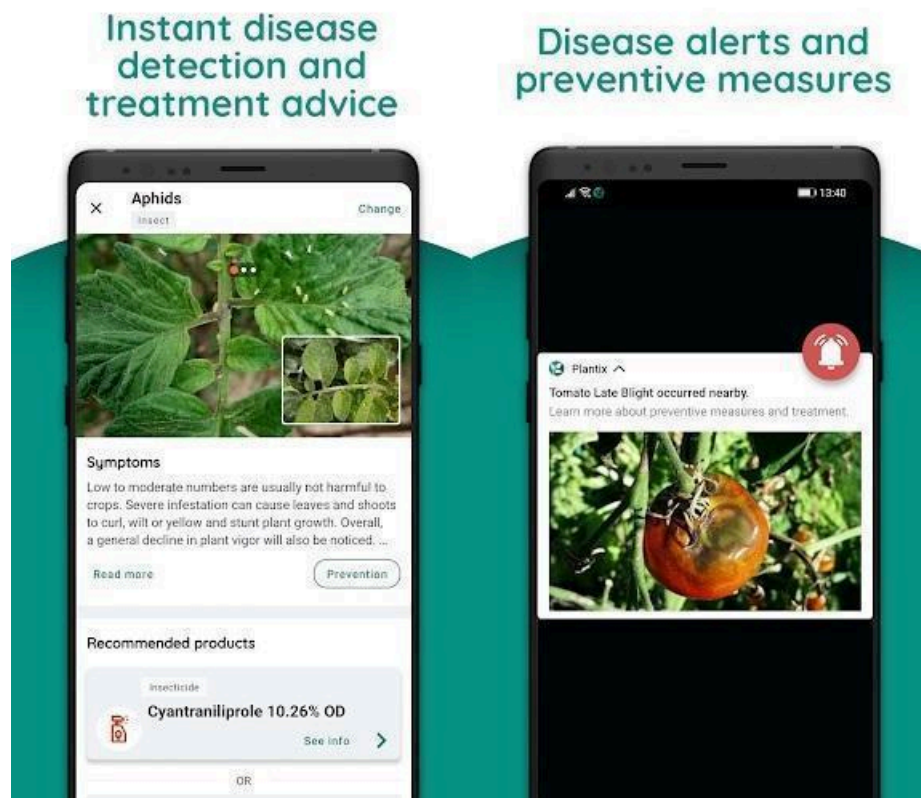
Miután az összes jellemzőt kinyertük az adatkészletben lévő összes képből, következik a gépi tanulás másik fontos lépése a jellemző kiválasztása.

A jellemzőket a változók és a célváltozók korrelációja alapján választjuk ki. Például az almabetegségek előrejelzésének esetén, a levél jellemző zöld része és a levél zöld része korrelációja nagyon magas, azaz a két változó egymástól függ. A legmarkánsabb jellemzők kiválasztása után az adatok most gépi tanulási osztályozókba kerülnek elemzésre, hogy megtalálják az adatok mintáit. Számos osztályozási algoritmus közül, például a véletlenszerű erdőosztályozót használhatjuk, a nagyobb pontosság elérése érdekében döntési fákkal kombinálva. A teljes műveletcsomag lefuttatása után, nagy pontosságú diagnosztika érhető el, folyamatosan bővülő növényfajtákra.

A jelenlegi közölt eredmények alapján, a számítógépes látásalapú rendszerekkel például az almabetegségeket 93%-os, míg a burgonyát 98%-os pontossággal lehet felismerni és jelezni.

Egy lehetséges gyakorlati megvalósítás a következő filmen látható [ITT](#).

Említésre méltó egy Android operációs rendszer alapú okostelefon alkalmazás, a Plantix, amely a saját kamerával elkészített és feltöltött fénykép alapján növénybetegséget és kórokozókat ismer fel és beavatkozási javaslatokat is tesz. Megjegyzendő, hogy a felhasznált adatbázis korlátjai és a fejlesztői csapat szakirányú tudáshiánya miatt, ez az alkalmazás amatőr szintnek tekinthető. Az alkalmazás bemutató filmje [ITT](#).



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

Ugyanakkor, a szakmában ismert világcégek is fejlesztenek ehhez hasonló, szakembereknek szóló, profitorientált alkalmazásokat.

2.3. Robotikus gondozórendszerek és mesterséges intelligencia alkalmazása a növények optimális növekedéséhez és termesztéséhez



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

A robotikus gondozórendszerek és a mesterséges intelligencia (MI) forradalmasítják a növénytermesztést. Az okos robotgondozórendszerek képesek autonóm módon végrehajtani különböző feladatokat a növényekkel kapcsolatban.

Például a robotok képesek a növényeket precízen metszeni, növekedési fázisukhoz és igényeikhez igazítva. Ez lehetővé teszi a növények optimális növekedését és gyümölcsözőségét.

A mesterséges intelligencia alkalmazása segíti a robotokat a tanulásban, így az idő múlásával egyre pontosabbá válnak a feladatok elvégzésében.

A precíziós mezőgazdaság koncepciója a technológia és az adatok ötvözésén alapul, hogy optimalizálja a mezőgazdasági termelést és minimalizálja a környezeti hatásokat. A mesterséges intelligencia ebben a kontextusban lehetővé teszi az adatok mélyebb elemzését és a gazdálkodási döntések támogatását.

A mesterséges intelligencia segítségével a gazdálkodók valós időben kaphatnak információkat a talaj állapotáról és a növények egészségéről:

- Szenzorok és IoT (Internet of Things): az intelligens szenzorok a talaj nedvességtartalmát, pH-értékét és más kulcsfontosságú paramétereket mérnek. Az IoT eszközök lehetővé teszik ezeknek az adatoknak a központi rendszerekhez való továbbítását.
- Drónok és műholdas képek: ezek az eszközök felvételeket készítenek a földekről, lehetővé téve a növénybetegségek, tápanyaghiányok vagy kártevők korai felismerését.
- MI modellek az adatok elemzésére: az összegyűjtött adatokat MI-algoritmusok elemzik, hogy felismerjék a mintázatokat, előrejelzéseket készítsenek és optimalizálják a gazdálkodást.

A precíziós mezőgazdaság a mesterséges intelligencia által radikálisan átalakul. A MI lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy fenntarthatóbban, hatékonyabban és környezetbarátabb módon műveljék földjeiket. Ez a fejlődés nem csak a termelési költségek csökkentését jelenti, hanem a környezeti hatások minimalizálását és a globális élelmiszerbiztonság javítását is elősegíti.

Az elmúlt években a mesterséges intelligencia (MI) robbanásszerűen terjedt el a mezőgazdaságban, lehetővé téve az ágazat számára, hogy új magasságokba törjön. Ugyanakkor, mint minden technológia, az MI-nek is vannak kihívásai, amelyekkel a mezőgazdasági szektor szembenéz. A mesterséges intelligencia lehetséges kihívásai és hozzáadott értéke a mezőgazdaságban a következők:

- Hozzáadott értékek: termelékenységnövekedés, inputok csökkenése, környezeti hatás minimalizálása, stb.
- A MI rendszerek kihívásai: magas kezdeti költségek, pontos adatgyűjtés és -feldolgozás, adatbiztonság és adatvédelem, képzett szakemberek hiánya és végül, de nem utolsónak sorban etikai és biztonsági aggályok.

Miközben a mesterséges intelligencia hatalmas lehetőségeket kínál a mezőgazdaság számára, fontos, hogy a gazdálkodók, a döntéshozók és az ipari szakemberek tisztában legyenek ezekkel a kihívásokkal. Proaktív megközelítéssel és megfelelő képzéssel az ágazat kiaknázhathatja az MI előnyeit, miközben kezeli az esetleges kockázatokat és aggályokat.

A Magyar Tudományos Akadémia által szervezett, 2023. évi Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat egyik előadásában számos és érdekes előadást követhetnek a [Fenntartható agrárium: precíziós gazdálkodás, széles körű digitalizáció, mesterséges intelligencia](#) témába.

3. NÖVÉNYHÁZI ROBOTOK ÉS ÖNVEZETŐ JÁRMŰVEK

3.1. Robotikus rendszerek alkalmazása a növényházakban a munkaerőhiány és munkaerőköltség csökkentésére

A növénytermesztés területén az automatizáció és a robotika egyre nagyobb szerepet játszik, különösen a növényházakban vagy az üvegházakban. A növényházi robotok és az önvezető járművek megoldást nyújtanak a munkaerőhiányra és munkaerőköltség csökkentésére, emellett jelentősen növelik a növénytermesztés hatékonyságát és termelékenységét. Ebben a fejezetben részletezni fogjuk a robotikus rendszerek alkalmazását a növényházakban, az önvezető járművek és drónok használatát a növények locsolásában, permetezésében és gondozásában, valamint a robotika előnyeit a növénytermesztésben.

A növénytermesztésben kritikus problémát jelenthet a munkaerőhiány, különösen a kézi munkát igénylő feladatoknál, mint például a betakarítás, a permetezés vagy a trágyázás. A robotikus rendszerek hatékony megoldást kínálnak erre a problémára. A robotgépek képesek önállóan végrehajtani ezeket a feladatokat, jelentősen csökkentve a függőséget az emberi munkaerőtől.

A növényházi robotok precíziójukkal és megbízhatóságukkal biztosítják a minőségi munkavégzést. Az automatizált betakarító robotok például lehetővé teszik a növények pontos és időben történő szüretelését, optimalizálva a terméshozamot. Ezáltal a termelők nemcsak a munkaerőköltséget csökkentik, hanem a termés minőségét és mennyiségét is javítják. Nem elhanyagolható módon, a robotika és a regeneratív mezőgazdaság összefonódása lehetővé teszi az ökológiai gazdálkodás előmozdítását. A robotok segítségével minimalizálhatók a vegyszerhasználat és a környezeti terhelés, miközben növelhető a terméshozam és a talaj minősége.

3.2. Önvezető járművek és drónok használata a növények gondozásában

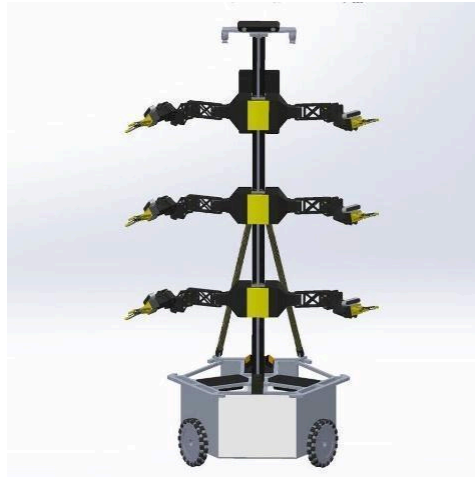
Az önvezető járművek és a drónok rendkívül sokoldalúak a növénytermesztésben. Az önvezető traktorok és a robotok kijelölt pályán követik a növényágakat, míg a drónok a levegőből képesek felügyelni és gondozni a növényeket.

Az önvezető járművek és a drónok használata a növények locsolásában és permetezésében pontos és hatékony munkavégzést tesz lehetővé. Az automatizált rendszerek a pontos GPS vezérlésnek köszönhetően minimalizálják a vegyszer- vagy vízfelhasználást, csökkentve a környezeti terhelést és költségeket.

A drónoknak a levegőből történő felügyelete lehetővé teszi a növények gyors és hatékony vizsgálatát nagy területeken, amelyeket kézi módon nehéz elérni. A drónok képesek a növények egészét vagy akár egyes részeit (leveleit, termését) kamerával megfigyelni, így segítve a korai betegség- vagy kártevő felismerést, még mielőtt azok széles körben elterjednének el.

Növények robotizált beporzása

A természetes beporzók hiánya világszerte veszélyezteti a globális élelmiszertermelést. Az amerikai agrárminisztérium erdészeti szolgálata szerint a virágos növények körülbelül 80%-ának a megtermékenyítése állatok segítségével valósul meg, azaz beporzók nélkül sok növény nem tud szaporodni, termést hozni, magot érlelni. A Nyugat-Virginia Egyetem kutatói robotbeporzók fejlesztésével igyekeznek megoldást találni az égető gondra.



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

Egy StickBug nevű, botsáskára hasonlító és különféle növények beporzására képes hatkarú robotot alkotott a Nyugat-Virginia Egyetem gépészeti és repüléstechnikai tanszékének docense, Yu Gu által vezetett csapat. A fejlesztést az Egyesült Államok agrárminisztériuma 750 ezer dollárral támogatta. A StickBug először felméri a környezetet és képet alkot róla, majd egészen részletesen feltérképezi a növényeket is. Pontosan tudja, hol vannak a virágok és melyiket kell beporozni, ez alapján munkatervet készít. Ezután egyesével megközelíti a növényeket és a mozgó karok segítségével elvégzi a beporzást.

A StickBug tényleges beporzási hatékonyságát a Nyugat-Virginia Egyetem üvegházaiban fogják értékelni, ahol szedret és paradicsomot termesztene. Azért ezeket a fajokat választották, mert mindkettő igen népszerű az Egyesült Államokban és komoly gazdasági értékkel bír. Yu Gu szerint a paradicsom valószínűleg az egyik legjelentősebb termesztett kultúra, ám napjainkban a beporzásához is segítségre van szükség. Ráadásul a paradicsom egész évben termesztendő, így a robot folyamatosan tesztelhető. A végső cél az, hogy a fejlesztések bekerüljenek a gyakorlatba és olyan platformot dolgozzanak ki a robotok számára, amelyet a mezőgazdaságban széles körben lehet alkalmazni. Bővebben [itt](#) láthatjuk a robot működését.

3.3. Növények robotizált vizsgálata és permetezése

A vegyszerek permetezése gyakori művelet a növényházi növényvédelemben is. Ez a művelet elengedhetetlen, de környezeti károkat okozhat a növényvédőszeres túladagolása. A szakemberek figyelme ezen a területen is a precíziós technológiák felé fordult. Szenzorok segítségével figyelik a növények leveleit, termését és csak szükség szerint permetezik őket. Így a vegyszerek adagolása szigorú ellenőrzés alatt tartható.

Napjainkban, előrehaladott kísérletek folynak automata, mesterséges intelligencia alapú képfeldolgozó rendszerrel működő permetező robotokkal. Ezek a robotok minimális emberi felügyelet mellett képesek észlelni a gyomokat a talajon vagy a fertőzés jeleit a növényeken és permetezni gyomirtó vagy növényvédőszerrel. Következésképpen ezen műveletek robotizálásával a költségek és nem utolsósorban a környezeti károk csökkentése érhető el.

A számtalan gyártó közül, a Mezőgazdaság 4.0 kihívásain dolgozó kínai XAG cégnek említésre méltó, automata permetező guruló és repülő robotjai vannak. Az R150 vezet nélküli jármű (UGV) a következő generációs, pilóta nélküli rendszerekkel végzett gazdálkodáshoz lett tervezve. A gépet erőteljes skálázhatóság és többféle üzemmód választási lehetősége jellemzi – ez az első sorozatgyártású mezőgazdasági robotgép platform. A jármű a precíziós növényvédelemtől a szántóföldi felderítésen át a mezőgazdasági anyagszállításig kínál földi autonóm megoldásokat. A robot magyarországi alkalmazását egy beltéri káposzta kultúra permetezésében [itt](#) nézheti meg. A gyártó honlapja [itt](#) érhető el.

4. INTELLIGENS RENDSZEREK INTERAKCIÓJA ÉS EGYÜTTMŰKÖDÉSE

Az agrártermelés területén az intelligens rendszerek interakciója és együttműködése kulcsfontosságú tényező a hatékony, fenntartható és eredményes növénytermesztés eléréséhez. Az automatizált rendszerek, szenzorok és robotok összekapcsolása lehetővé teszi az adatok közös gyűjtését és elemzését, ami fontos információkat nyújt a növények állapotáról és a termesztési környezetről. A fejezetben bemutatjuk az intelligens rendszerek együttműködésének előnyeit a növénytermesztés területén.

Szenzorok, robotok és automatizált rendszerek összekapcsolása az adatok közös gyűjtéséhez és elemzéséhez

Az automatizált rendszerek, szenzorok és robotok összekapcsolása lehetővé teszi a különböző adatforrásokból származó információk integrációját. A szenzorok folyamatosan gyűjtik az adatokat a növények és a termesztési környezet paramétereiről, mint például a talajnedvesség, hőmérséklet, páratartalom, fényintenzitás stb. Az automatizált rendszerek és robotok pedig végrehajtják a különböző feladatokat, mint például az öntözés, a permetezés vagy a betakarítás. Az integrált adatgyűjtés és elemzés lehetővé teszi a gazdálkodók vagy agronómiai szakemberek számára, hogy átfogó képet kapjanak a növények egészségi állapotáról és a termesztési környezetről. Az adatok analízisa révén az okos rendszerek azonnal felismerhetik a problémákat vagy eltéréseket és riasztást küldhetnek, hogy a megfelelő intézkedéseket időben meg lehessen tenni.

Intelligens döntéshozatal és adaptív vezérlés az összetett növénytermesztési környezetben

Az adatok integrációja és elemzése segíti az intelligens döntéshozatalt és az adaptív vezérlést a növénytermesztési környezetben. Az automatizált rendszerek képesek tanulni az adatokból és adaptálódni a változó körülményekhez, így lehetővé teszik az optimalizált működést.

Például az automatizált öntözőrendszerek intelligens döntéshozatalt végeznek a talajnedvesség szenzorok adatainak elemzésével. Ha a talaj nedvességtartalma kritikus szintre csökken, az intelligens rendszer automatikusan elindítja az öntözőrendszert, hogy biztosítsa a növények optimális vízellátását. Ezáltal minimalizálja a túlzott öntözés okozta pazarlást és a túl száraz talaj káros hatásait.

Az automatizált rendszerek és robotika kooperációja a hatékony munkafolyamatok és erőforrások felhasználásáért

Az automatizált rendszerek és robotika hatékonyan együttműködve segítenek optimalizálni a munkafolyamatokat és a rendelkezésre álló erőforrásokat. Az egymással kommunikáló és együttműködő robotok képesek elosztani a feladatokat és hatékonyan együttműködni a termesztési folyamat során.

Például egy önvezető öntöző rendszer és egy önjáró permetező robot együttműködve optimalizálhatják az öntözést és a permetezést a növények szükségleteinek megfelelően. A szenzorok a talajnedvességet és a növények állapotát folyamatosan figyelik, majd az adatok alapján a robotok döntést hoznak az optimális műveletekről. Ezáltal minimalizálják az erőforrások pazarlását és a termesztés hatékonyságát növelik.

5. NÖVÉNYHÁZI DRÓNOK ÉS DRÓNALAPÚ TECHNOLÓGIÁK

A drónok és drónalapú technológiák egyre elterjedtebbek és hasznosabbak a mezőgazdasági területen is, különösen a növénytermesztésben. A növényházi drónok különleges előnyöket kínálnak a termesztési folyamatok támogatásában, a növények állapotának és terményminőségnek a monitorozásában, valamint a precíziós termesztés elősegítésében. Ebben a fejezetben részletezzük, hogy hogyan segítik a drónok és a drónalapú technológiák a hatékony és fejlett növénytermesztést.

Drónok alkalmazása a növényházakban a termesztési folyamatok támogatására

A növényházi drónok nagyszerű eszközök a növénytermesztési folyamatok támogatásában. Az önvezető drónok képesek precízen követni a kijelölt pályákat a növényágak között és automatikusan elvégezni a különböző feladatokat. Például permetező drónok képesek hatékonyan permetezni a növényeket, minimalizálva a vegyszerfelhasználást és az emberi munkaerőt.

A drónok lehetővé teszik a magasabb szintű megfigyelést és felügyeletet a növények felett. A kamerarendszerekkel ellátott drónok segítségével a gazdálkodók és az agárszakemberek könnyedén felügyelhetik a növények növekedését, fejlődését és az esetleges problémákat, mint például a betegségek vagy kártevők jelenlétét.

Drónok felhasználása a növények állapotának és terményminőségnek a monitorozására

A multispektrális kamerákkal felszerelt drónok képesek a növényekről különböző fény spektrumokban képeket rögzíteni. Ezáltal lehet felmérni a növények stressz szintjét, tápanyagellátását, vízigényét és a betegségek jelenlétét. A drónok segítségével a gazdálkodók időben észlelhetik az esetleges problémákat, így azonnal intézkedhetnek a helyreállítás érdekében. A drónok segítségével könnyebben megállapítható az optimális betakarítás időpontja is.

Drónalapú adatgyűjtés és képfeldolgozás a precíziós termesztés elősegítésére

A drónok által gyűjtött adatokat képfeldolgozó algoritmusok elemzik és részletes információkat szolgáltatnak a gazdálkodók számára.

A pontos talajnedvesség-, tápanyagellátás- és növényállapot adatok segítik a gazdálkodókat a helyes döntések meghozatalában. A precíziós termesztés révén minimalizálható a vegyszer- és vízfelhasználás, csökkentve a környezeti terhelést és a költségeket. A pontosabb tápanyag- és vízellátás pedig növeli a termelékenységet és a termény minőségét.

5.1. Ember-robot interakció és etikai kérdések

A mezőgazdaságban való automatizáció és robotizáció növekedése megnyitja az emberi munkaerő és a robotok együttműködésének lehetőségét a növénytermesztésben. A technológiai előrelépés és a mesterséges intelligencia alkalmazása azonban felvet néhány etikai kérdést is. Ebben a fejezetben bemutatjuk az ember-robot interakció előnyeit és kihívásait a mezőgazdaságban, valamint az etikai szempontokat a robotika és mesterséges intelligencia használatával kapcsolatban.

Emberi munkaerő és robotok együttműködése a növényházakban

Az ember-robot együttműködés a növényházakban számos előnyt kínál. A robotok és az automatizált rendszerek képesek elvégezni a nehéz és monoton feladatokat, így csökkentve az emberi munkaerőre nehezedő terhelést.

Etikai megfontolások a robotika és mesterséges intelligencia alkalmazásában a mezőgazdaságban

Az automatizálás és a robotok használata a mezőgazdasági termelés során is etikai kérdéseket vet fel. Egyik fontos kérdés a munkaerőpiac és a munkavállalók helyzete. Az emberi munkaerő helyettesítése robotokkal és automatizált rendszerekkel munkanélküliséget eredményezhet a mezőgazdasági munkavállalók körében, ezáltal pedig társadalmi egyenlőtlenséget eredményezhet.

Emellett az etikai kérdések közé tartozik a mesterséges intelligencia alkalmazásával kapcsolatos adatvédelem és a magánszféra. A szenzorok és adatgyűjtő rendszerek folyamatosan monitorozzák a növények és a termesztési környezet állapotát, de ezek az adatok személyes és érzékeny információkat is tartalmazhatnak. Fontos megfontolni az adatvédelmi intézkedéseket annak érdekében, hogy a termesztők és a mezőgazdasági vállalkozások adatai védettek legyenek.

Emberi munka és szaktudás szerepe a növénytermesztés automatizálásában és robotizálásában

Az emberi munka és a szaktudás továbbra is kritikus szerepet játszik a növénytermesztés automatizálásában és robotizálásában. Az emberek szaktudása elengedhetetlen az automatizált rendszerek és robotok optimális működéséhez. A szaktudás révén a robotokat és a rendszereket hatékonyan lehet beállítani és felügyelni, továbbá szükség esetén beavatkozni a problémák megoldása érdekében.

Az emberi munka és szaktudás továbbá kritikus az etikai kérdések kezelésében is. Az embereknek fel kell készülniük arra, hogy megfelelő etikai szempontokkal kezeljék a robotika és a mesterséges intelligencia használatát a mezőgazdaságban. Fontos, hogy a gazdálkodók, az agronómiai szakemberek és a mezőgazdasági munkavállalók tisztában legyenek az automatizáció és robotizáció előnyeivel és kihívásaival, és azokat felelősségteljesen használják.

6. ÖKOSZISZTÉMA SZOLGÁLTATÁSOK ÉS FENNTARTHATÓSÁG

Az automatizáció és robotizáció térhódítása a növénytermesztésben hatással van az ökoszisztémára és a biodiverzításra is. Fontos felismerni a fenntarthatósági kihívásokat és lehetőségeket, amelyekkel a mezőgazdaságnak szembe kell néznie.

A NÖVÉNYTERMESZTÉS AUTOMATIZÁLÁSÁNAK HATÁSA AZ ÖKOSZISZTÉMÁRA ÉS A BIODIVERZITÁSRA

Az automatizált rendszerek és a robotok precíziós működése lehetővé teszi a pontosabb és kevesebb erőforrást igénylő termesztést, mint például az optimális öntözési és a permetezési feladatok ellátása. Ez csökkentheti a talajeróziót és a környezeti terhelést, amely pozitív hatással van a mikrokörnyezetre. Ugyanakkor az automatizáció néha vezethet az ökológiai sokféleség csökkenéséhez. Az egyoldalú termesztési módszerek és a nagyüzemi termelési gyakorlatok az ökoszisztéma sokféleségét csökkenthetik, ha nem alkalmaznak megfelelő fenntarthatósági intézkedéseket.

FENNTARTHATÓSÁGI KIHÍVÁSOK ÉS LEHETŐSÉGEK AZ AUTOMATIZÁLT NÖVÉNYTERMESZTÉSBEN

Az automatizált növénytermesztés számos fenntarthatósági kihívást vet fel. Az erőforrások (víz, energia, vegyszerek) hatékonyabb felhasználása lehetővé teszi a környezeti terhelés csökkentését. Azonban a robotika és az automatizáció alkalmazása költséges lehet, ami megnehezítheti a kisebb mezőgazdasági vállalkozások számára a technológiákhoz való hozzáférést.

A fenntarthatósági lehetőségek közé tartozik az intelligens döntéshozatal és az adaptív vezérlés alkalmazása, amelyek a környezeti feltételek és a növények igényei alapján optimalizálják a műveleteket. A fenntarthatóság elősegítése érdekében az automatizált növénytermesztésnek egyensúlyt kell teremtenie a gazdasági hatékonyság és a környezeti fenntarthatóság között.

A GAZDASÁGI HATÉKONYSÁG ÉS A KÖRNYEZETI FENNTARTHATÓSÁG EGYENSÚLYA A NÖVÉNYHÁZAKBAN

A növényházakban az automatizáció és a robotizáció a gazdasági hatékonyságot és a környezeti fenntarthatóságot is egyaránt elősegítheti. Az automatizált rendszerek csökkenthetik a munkaerőköltségeket és növelhetik a termelékenységet, ami javítja a gazdasági eredményeket. A precíziós működés lehetővé teszi az erőforrások hatékonyabb felhasználását, így csökkentheti a környezeti terhelést.

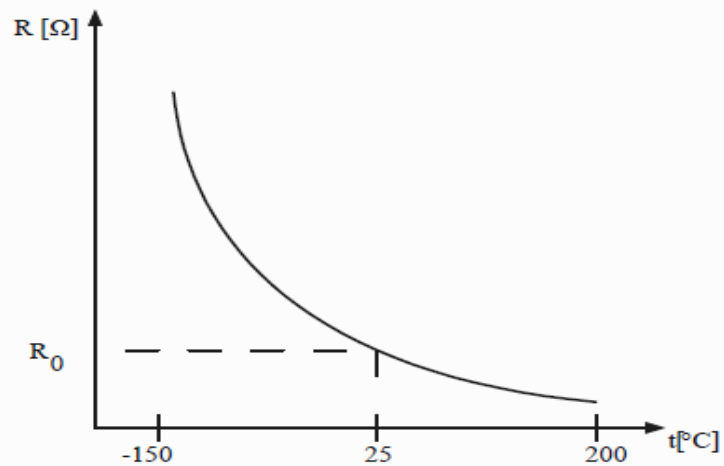
Az egyensúly megtalálása azonban kihívást jelent. A gazdasági hatékonyság maximalizálása nem mindig jár együtt a környezeti fenntarthatósággal. Például a túlzott vegyszerhasználat a gazdasági előnyök mellett károsíthatja a talaj minőségét és az ökoszisztémát. Ezért fontos az okos és felelősségteljes precíziós gazdálkodás, amely figyelembe veszi mind a gazdasági, mind a környezeti szempontokat.

7. NÖVÉNYHÁZAKBAN, MEZŐGAZDASÁGBAN ALKALMAZOTT SZENZOROK

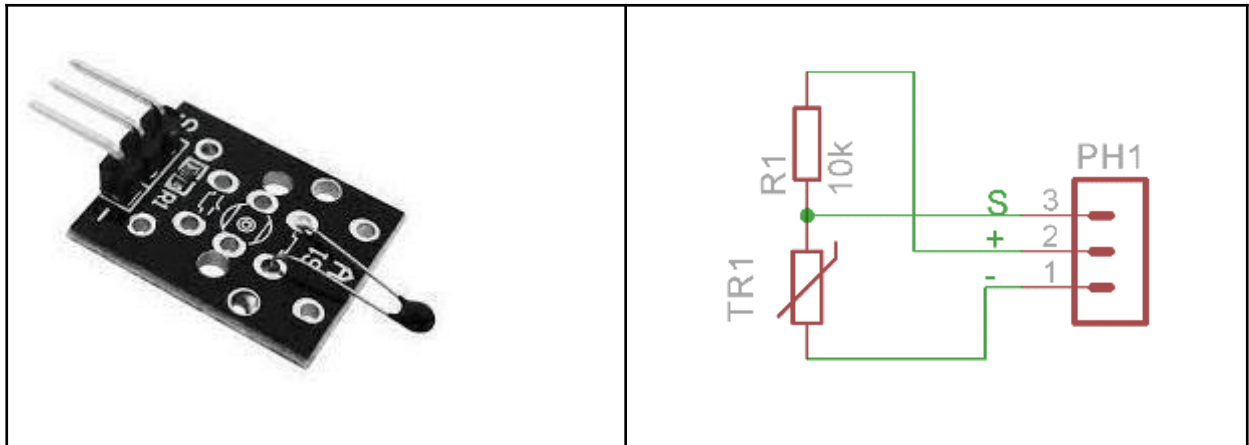
Tekintve, hogy a mezőgazdaságban használt szenzorok kivitelezésük szempontjából sokfélék lehetnek, egy kis betekintést nyújtunk ezeknek a szenzoroknak a működésébe a könnyebb megértés érdekében, ugyanakkor néhány példát is szolgáltatunk, melyeket profi vagy akár hobby szintű kertészetben használhatnak, a példák ilyen szempontból nem teljeskörűek.

7.1. Analóg hőmérséklet szenzor

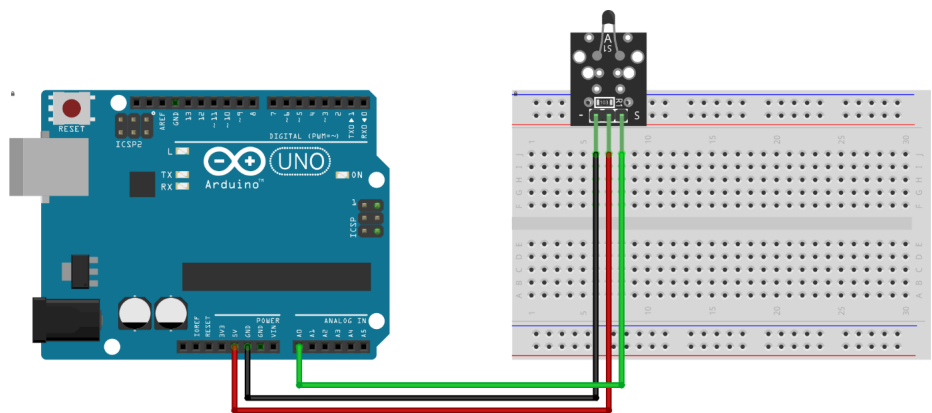
Tekintsünk egy konkrét, egyszerűbb példát egy hőmérséklet mérésre, melyet az érzékeléstől a jelfeldolgozáson keresztül egészen az információ kijelzéséig végigkövetünk. Példánkban az érzékelő elem egy NTC típusú termisztor. A termisztor hőfüggésének legjobb megközelítését a Steinhart–Hart-egyenlet adja meg. Az érzékelő bemenete a hőmérséklet, a kimenete pedig a villamos ellenállás értéke.



Ez az érzékelő elem (termisztor) egy feszültségosztó kapcsolásba van kötve egy másik ellenállással.



A feszültségosztó kapcsolás be van táplálva +5V feszültséggel, melynek analóg feszültség kimenete az Arduino UNO egy analóg bemenetére van kötve.

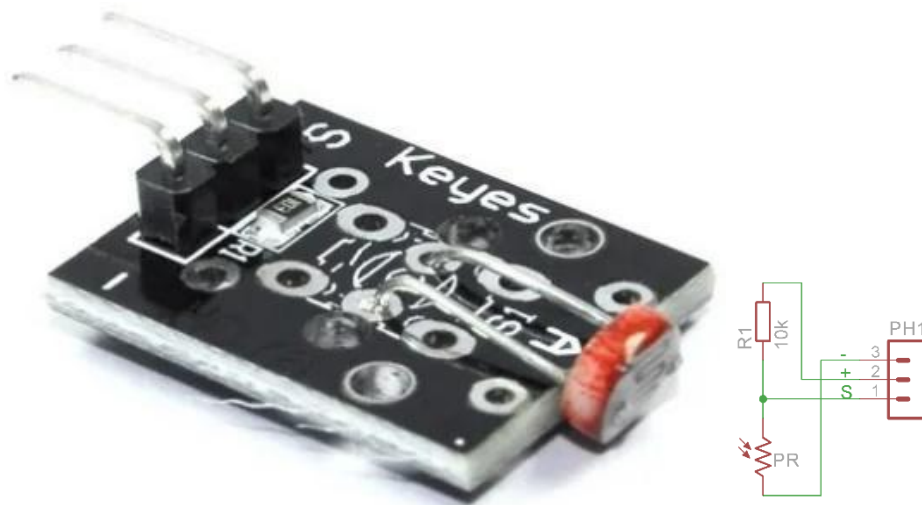


fritzing

Az analóg-digitális átalakítás az Arduino UNO rendszerben történik, melyen egy program fut. A program feladata az analóg-digitális átalakítást ciklikusan végrehajtani. Az átalakítás eredménye egy numerikus érték, mely egy digitális jelfeldolgozási folyamaton megy keresztül. A jelfeldolgozás folyamán, matematikai számítások alapján, figyelembe véve a feszültségosztóban használt ellenállás értékét és az érzékelő statikus karakterisztikáját, pontosan kiszámítható a hőmérséklet értéke Celsiusban vagy Kelvinben. Ennek eredményét az USB csatlakozón keresztül továbbítjuk egy számítógéphez, melyen a kijelzett információ megjelenítése történik.

Fotoellenállás

A megvilágítás érzékelésére használjuk, a megvilágítás növekedésével csökken az ellenállás értéke, ugyanakkor a fény hullámhosszára is érzékeny. Az alábbi ábrán látható egy fotoellenálláson alapuló szenzor és kapcsolási rajza.

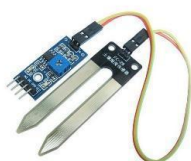


Hasonlóképpen a fény érzékelésére **fotodiódákat**, **fototranszisztorokat** is használnak, illetve az ezekre az érzékelőelemekre épülő szenzorokat.

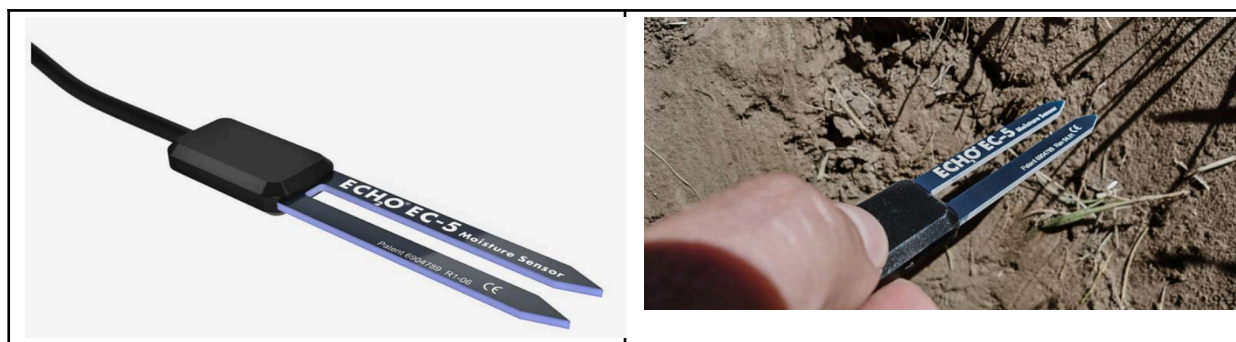
7.2. Talajnedvességmérő szenzor

Nedvességmérőket használnak a mezőgazdaságban, növények- és virágok termesztésében, ahol a talajnedvességet mérik és a mérési értékek függvényében szabályozzák a bevitt vízmennyiséget automata öntözőberendezésekkel. A rezisztív nedvességérzékelők esetén a nedvesség hatására az ellenállás értéke csökken és megnő a vezetőképessége.

A kapacitív nedvességérzékelők esetén a két fegyverzet közötti dielektrikum változik meg a nedvesség hatására, pl. talajnedvesség mérésekor a dielektrikum lehet a nedves föld.



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



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

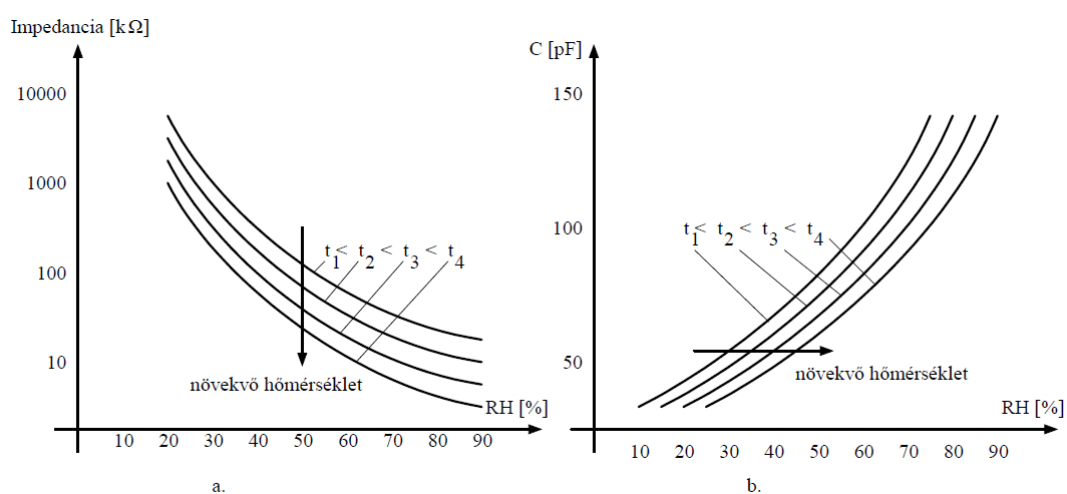
7.3. Hőmérséklet és nedvesség/páratartalom mérő szenzor

A víz szinte mindenütt és számos megjelenési formában megtalálható: csepp, gőz, zúzmara, hó, köd. A levegőben vagy bármely más gázban lévő párákat általában nedvességnek nevezzük. Az **abszolút nedvességtartalom** (Absolute Humidity) – megadja az egységnyi térfogatú gázban található víz tömegét.



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

Az ábrán az ellenállás- (impedancia), illetve kapacitásváltozáson alapuló nedvességmérők tipikus statikus karakterisztikái láthatók.



Mindkét karakterisztika hőmérséklet függő, nem véletlen, hogy az integrált áramkörökben található nedvességérzékelők javarészt tartalmaznak hőmérsékletérzékelőket is.

7.4. Esőcseppérzékelő szenzor

Az esőcseppérzékelő szenzorok többnyire az eső jelenlétét érzékelik, viszont kevés információt szolgáltatnak a csapadék mennyiségét illetően. Egy ilyen esőcseppérzékelő kivitelezése látható az alábbi ábrán.



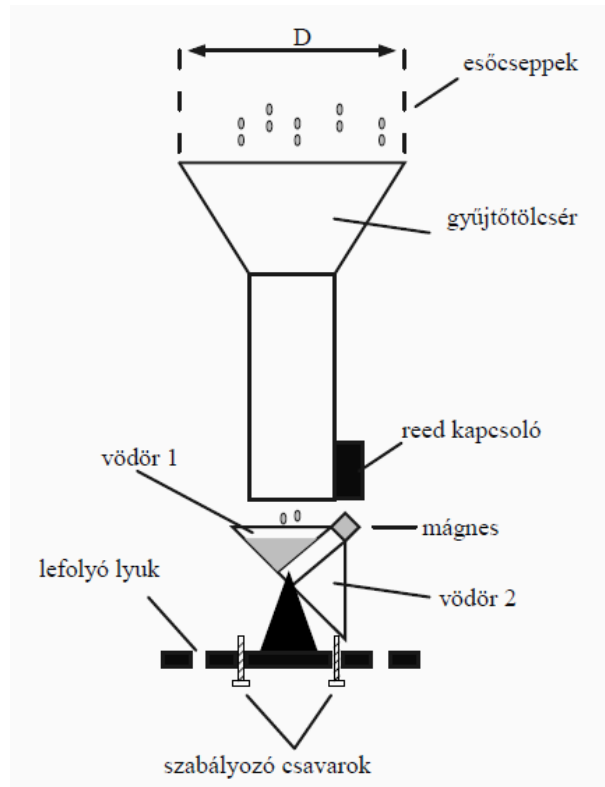
Forrás: <https://ardushop.ro/ro/home/130-senzor-picaturi-de-ploaie.html>

Felhasználói útmutató: <https://www.youtube.com/watch?v=uDdiMMdVb90>

7.5. Csapadékmérő szenzor

A csapadék mérése főleg meteorológiai, mezőgazdasági szempontból fontos és az adott földrajzi terület időjárása meghatározó szerepet játszik a kialakulásában. Halmazállapota szerint lehet folyékony (eső), szilárd (hó, hódara, jég szem) vagy vegyes (jégeső). A **csapadék mennyiségét** mm-ben méri, mely megmondja, hogy 1 m² területre hány liter csapadék esett (1 m² területre lehulló 1 l = 1 dm³ csapadék h = 1 mm csapadékmagasságot eredményez). A csapadék intenzitását az időegység alatt lehulló csapadék mennyisége adja meg.

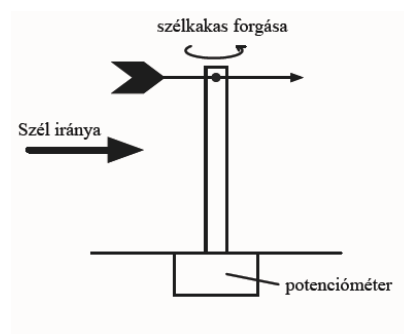
A billenő vödör módszere igen elterjedt, aminek a működését az alábbi ábrán mutatjuk be. A billenő vödör szerkezete egy D átmérőjű gyűjtőtölcsérből áll, amely segítségével nagy felületen lehet összegyűjteni az esőcseppeket. Minél nagyobb az átmérő, annál hatékonyabban gyűjti össze a szórványosan eső esőcseppeket. A csapadékot pontosabban tudjuk érzékelni, ugyanakkor az összegyűjtött csapadék mennyisége is növekszik, ezáltal a tölcser alján elhelyezett vödrök is hamarabb megtelnek, növelve az érzékelés felbontását, mely a gyűjtő vödrök méretétől is függ. Az 1-es és 2-es vödrök (bal és jobb) egymás után fognak töltődni és kiürülni, ahogy az eső ezeket feltölti a gravitációs hatás következményeként. Mialatt az egyik töltődik, a másik kiürül (és fordítva). A szabályozó csavarok segítségével a kiürítés mennyiségét, illetve a billenési szöget tudjuk szabályozni, hogy biztosan kiürítsük a vödröket. A billenő szerkezet tetején van egy állandómágnes, ugyanakkor a tölcser alsó részén található egy rögzített Reed-kapcsoló. Mikor az állandómágnes a Reed-kapcsoló közelébe kerül, az utóbbi érintkezői összezáródnak (az 1-es vödör telik), mikor pedig a 2-es vödör telik, a Reed-kapcsoló kikerül az állandó mágnes közvetlen teréből és az érintkezők szétkapcsolnak. Ezeket az állapotváltásokat egy egyszerű jeladaptáló elektronikai áramkör segítségével egy beágyazott rendszeren futó program könnyűszerrel meg tudja számlálni majd innen figyelembe véve a vödör ürtartalmát és az eltelt időt, mialatt számoljuk a kiürült vödröket, a csapadék intenzitása matematikai számítások alapján megkapható.



7.6. Szélirány mérése

A szélirány mérésére tipikusan szélkakast használnak. Hivatalosan ezt 10 m magasságban szokás elhelyezni. A szélkakas egy olyan eszköz, amelyet egy rúdra merőlegesen helyeznek el a földön. Ennek az elrendezésnek köszönhetően a szél hatására a szélkakas mindig az aktuális szélirányba fordul a rúd által meghatározott tengely körül. Ezáltal két dimenzióban jelzi a szél aktuális irányát.

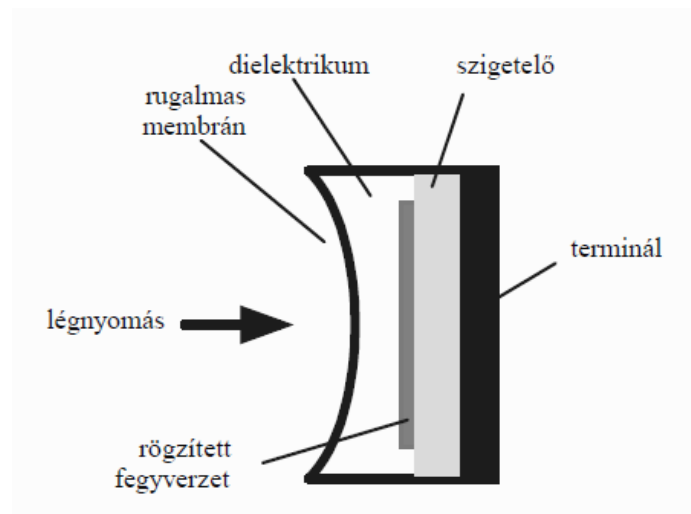
Egy egyszerű megvalósítás során egy rotációs potenciométert használnak, ahol a kurzor párhuzamosan mozog a szélkakas tengelyével. Ennek eredményeként a környezeti paraméterek mérésével, vagyis a szélirány változásával a potenciométer kurzorának pozíciója is változik. Tehát a mért ellenállás értéke az egyik végpont és a kurzor által meghatározott pozíció között változik. Az ellenállás értékének változása hatására az elektronikai áramkörben egy villamos feszültség/áram változást hoz létre mely információt analóg-digitális átalakítás után a digitális rendszerben jelfeldolgozás során a szélirány értéke pontosan meghatározható.



7.7. Légnyomás mérése

A bennünket körülvevő levegőmolekulák egységnyi felületre nehezedő súlyát légnyomásnak nevezzük. A légnyomásmérő eszközöket más szóval barométernek is nevezik. A légnyomás a magasság függvényében változik. Egyik legelterjedtebb mérési módszer a kapacitív, mely esetén a légnyomás hatására egy kondenzátor kapacitása változik meg, melyet mérünk. Általában a

kondenzátor két fegyverzetének kialakítása egy rögzített és egy rugalmas membrán, melyek közötti dielektrikum hatására egy kapacitás alakul ki. A légnyomás hatására a rugalmas membrán által létrehozott fegyverzet közeledik, vagy távolodik a rögzített fegyverzethez képest, ezáltal a kondenzátor kapacitása megváltozik.

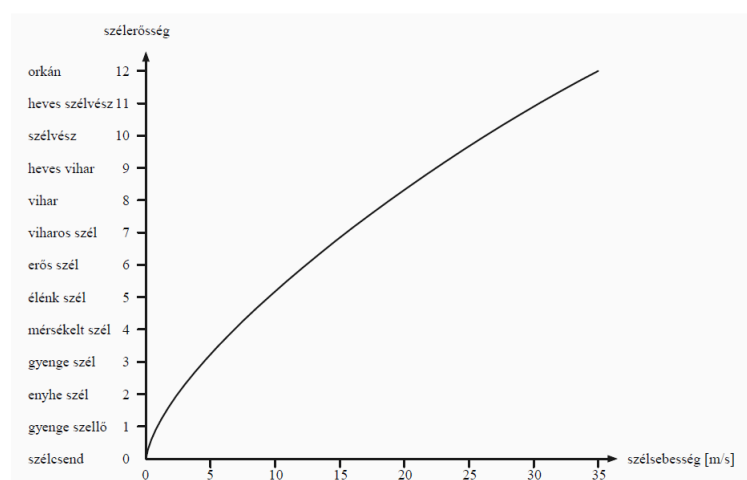


Egy másik gyakran használt érzékelő a légnyomás mérésére a piezoellenállás.

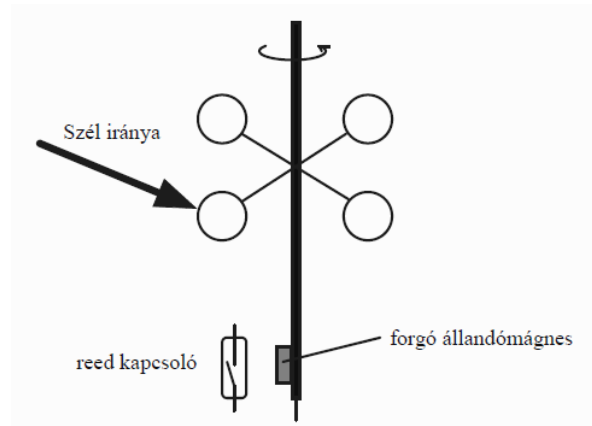
7.8. Szélsebesség mérése

A szél áramlási sebességét a levegő magas nyomásról alacsony nyomásra történő mozgása okozza, általában a hőmérséklet változása miatt. Minél nagyobb ez a nyomáskülönbség az atmoszféra két pontja között (nyomás gradiens), annál nagyobb lesz a szélsebesség (a nagyobb nyomású ponttól a kisebb nyomású pontig), hogy ez a különbség kiegyenlítődjön.

A szél erősségének mérése a Beaufort-skála alapján:



A szélesebbség mérésére többféle szélmérő rendszert alkalmaznak. Az egyik megközelítés a légcsavaros megoldás, amelyben a szélkakas orrára egy légcsavart helyeznek és ennek a légcsavarnak a forgási sebessége növekszik a szél sebességével. Ezt a forgási sebességet különböző módszerekkel mérjük.



Egy másik, talán a legelterjedtebb módszer a kanalas szélmérő használata. Ebben az esetben a szélkakas tengelyére egy 3 kanalas vagy 4 kanalas szerkezetet helyeznek el. A kanalak a szélesebbégtől függően forogni kezdenek és ezt a forgási sebességet mérjük.

Mindkét esetben a szél sebessége összefüggésben van a forgás fordulatszámaival, amit valamilyen optikai vagy mágneses módszerrel mérnek.

Vannak olyan megoldások is amelyek nem tartalmaznak forgó alkatrészeket és ezáltal nincsenek mechanikai kopásnak kitéve. Ilyenek a meleg huzalos (hot wire anemometer) vagy hanghullámok terjedési sebességét felhasználó módszerek. Az utóbbi esetében ultrahangot gerjesztenek az emberi fül által nem hallható tartományban, mely módszerrel nemcsak a szél sebessége, de ennek iránya is meghatározható. Három ultrahang adó-vevő egységet helyeznek el egymástól 120 fokra egy virtuális körön és ezek egymásnak felváltva sugároznak jeleket.

Tekintve, hogy az ultrahang sebessége és a szél sebessége vektoriálisan összeadódik, mérve a hanghullámok terjedési idejét és tudva a pontos távolságot az adó-vevő egységek között a szélirány és szélesebbég matematikai számítások alapján kiszámítható.

Léteznek úgynevezett meteoállomások, melyek a felsorolt környezeti paraméterek nagyrészt egyetlen rendszerbe illesztik, illetve több paraméter mérésére alkalmasak.



8. FELHASZNÁLT IRODALOM

Túró L.Zs., Székely Gy.: Érzékelők és mérőhálózatok (2022) /Cluj-Napoca : Scientia, 2022 ,ISBN 978-606-975-060-5

Hivatkozások

https://www.researchgate.net/figure/loT-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#axzz8QqVt1E8l>

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

<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

3. MIKROSZAPORÍTÁSI TECHNIKÁK A LABORATÓRIUMBAN

Szerzők:

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

1. KÓROKOZÓMENTES NÖVÉNYTERMESZTÉS ÉS MIKROSZAPORÍTÁS

1.1. A mikroszaporítás jelentősége a kórokozómentes növénytermesztésben

A kórokozómentes növénytermesztés az agrárgazdaság egyik legfontosabb kihívása, mivel a növényeket érintő kórokozók, például gombák, vírusok és baktériumok, súlyos károkat okozhatnak a növények egészségi állapotában és termelésében. A hagyományos szaporítási módszerek során a növényi anyagokkal együtt gyakran átvihetők a kórokozók, aminek következtében a növények betegségeknek lehetnek kitéve. Ezen túlmenően, a nem megfelelő körülmények között szaporított növények hajlamosabbak a kórokozók és betegségek terjesztésére is.

A mikroszaporítás olyan innovatív technika, amely lehetővé teszi a kórokozómentes növénytermesztést. Ez a módszer többek között a növényi szövetek mikroszkopikus méretű részeinek továbbszaporítására, illetve a sejtek totipotencialítására épül laboratóriumi körülmények között. Az eljárás során általában az anyanövény egészséges részéből vesznek növényi szövetdarabokat, főleg a hajtásvégekről, például rügyeket. Ezeket a szövetdarabokat steril környezetben nevelik tápanyagokkal dúsított táptalajon, ahol új növények képződnek.

A mikroszaporítás előnye abban rejlik, hogy a szaporított növények teljes mértékben mentesek lehetnek a kórokozóktól, amelyek az anyanövényeknél jelen lehetnek. Ezáltal a kórokozómentes növények egészségesek, erőteljesek és a megfelelő körülmények között jobb terméshozammal is rendelkezhetnek. Emellett a mikroszaporítás lehetővé teszi a növények rendkívül gyors és hatékony sokszorosítását, az időjárástól függetlenül, így az gazdaságos és fenntartható növénytermesztést eredményez.



Forrás: ChatGPT 4.0 DALL-E

1.2. Laboratóriumi körülmények és higiéniai előírások a kórokozómentes szaporításhoz

A mikroszaporítás sikerének alapfeltétele a laboratóriumi körülmények és a körültekintő higiéniai protokollok betartása. A laboratórium steril környezetben működik, amely minimalizálja a kórokozók és más szennyező anyagok jelenlétét. A laboránsok speciális ruházatot viselnek, beleértve kesztyűket és maszkokat, hogy megakadályozzák a kórokozókkal való továbbfertőzést és a szennyeződést.

A táptalajok, amelyeken a növényi szöveteket szaporítják, szigorúan sterilizáltak és tápanyagokkal, szintetikus hormonokkal gazdagítottak, hogy biztosítsák a növények megfelelő fejlődését. Az eszközök, mint például az ollók, a szikék és az üvegeszközök, teljesen fertőtlenítve vannak, hogy elkerüljük a kórokozók terjedését a szaporított növények között.

A laboratóriumi környezet folyamatos ellenőrzése és karbantartása elengedhetetlen a kórokozómentes szaporítás során. A légkondicionálók és szellőztető rendszerek gondoskodnak a megfelelő hőmérséklet és páratartalom fenntartásáról. A rendszeres fertőtlenítés és tisztítás biztosítja a laboratórium tiszta és steril állapotát.

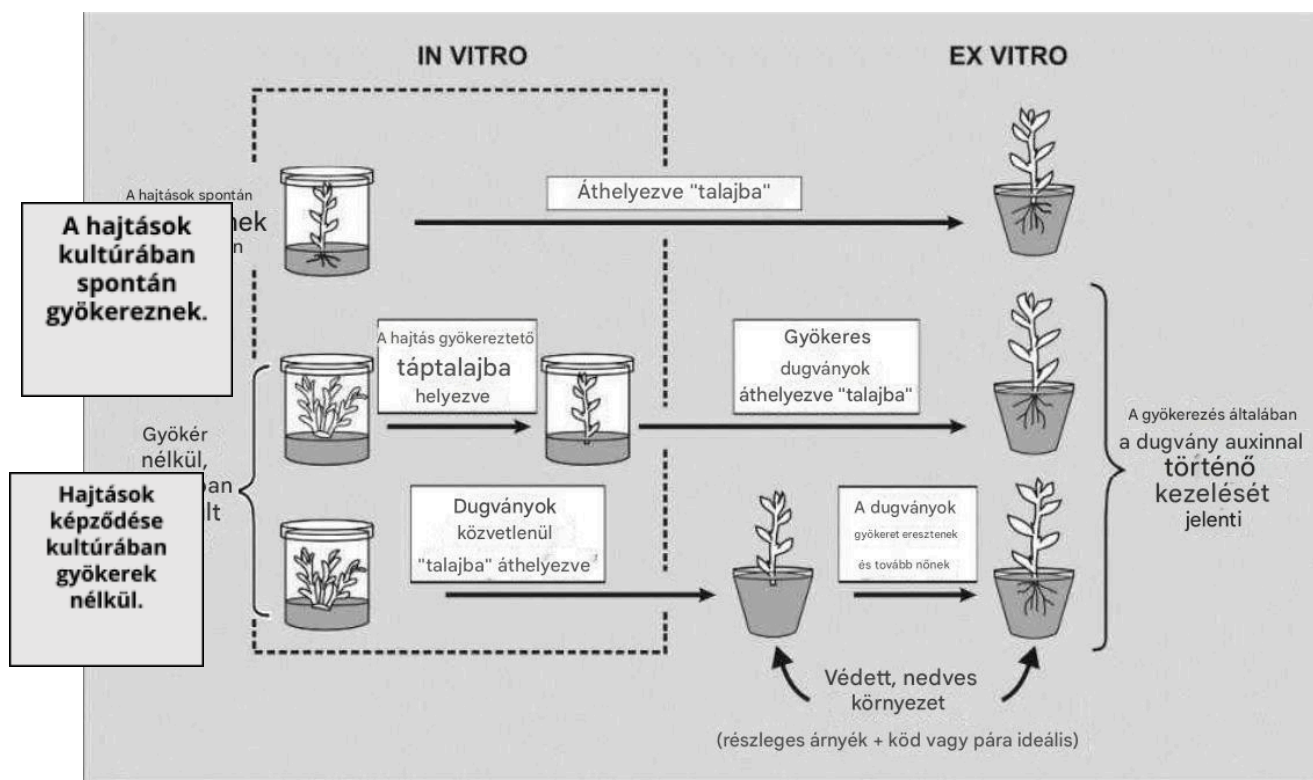
1.3. Kórokozók azonosítása és megelőző kezelések mikroszaporítás során

Bár a mikroszaporítás laboratóriumi környezetben történik, fontos, hogy a növényi részeket olyan anyanövényekről válasszák le, amelyek mentesek a kórokozóktól és betegségektől. A növények előzetes növényegészségügyi vizsgálata és kórokozókra való szűrése fontos lépés a sikeres mikroszaporítás biztosításában. Ha a növényeken kórokozók tünetei jelennek meg, megfelelő megelőző intézkedéseket kell tenni, például a fertőzött részeket el kell távolítani, vagy a növényeket karanténba kell helyezni.

A mikroszaporítás során a növényeket rendszeresen ellenőrzik növényegészségügyi szempontból. Az észlelt esetleges fertőzések esetén az érintett növények azonnali elkülönítésre és kezelésre kerülnek, hogy megakadályozzák a fertőzés terjedését.

Összességében a mikroszaporítás a kórokozómentes növényeszaporítás egyik legfontosabb eszköze, amely lehetővé teszi a növények kórokozó és kártevő mentes, illetve gyors és produktív szaporítását.

2. IN VITRO SZAPORÍTÁSI MÓDSZEREK ÉS ALKALMAZÁSUK



Forrás: George et al. 2007.

2.1. Szövetek és más explantátumok előkészítése az in vitro szaporításhoz

Az *in vitro* szaporítási módszerek az agrárgazdaságban és a növénybiotechnológiában jelentős áttörést hoztak, lehetővé téve a növények hatékony és gyors szaporítását laboratóriumi körülmények között. Az *in vitro* szaporítás alapját a szövetkultúra eljárások adják, ahol a növények apró, szöveti részecskéit, az explantátumokat, tápanyagokban gazdag táptalajra helyezik és optimális fejlődési körülményeket biztosítanak számukra. Az explantátumok lehetnek például rügyek, levéldarabok vagy más szöveti részek.

A növényi részek, szövetek vizsgálata során a megfelelő explantátumok kiválasztása és előkészítése az *in vitro* szaporításhoz kulcsfontosságú lépés. Az explantátumokat steril körülmények között választják le és készítik elő, hogy minimalizálják a kórokozók és szennyeződések jelenlétét, ezzel is megakadályozzák a kontamináció lehetőségét. Ezután az explantátumokat sterilizálják, általában nátrium-hipoklorid oldatban vagy/és etanolban, hogy teljes mértékben mentesek legyenek a kórokozóktól.

Az explantátumokat gondosan ellenőrzik és kiválasztják a szaporítási folyamatra legalkalmasabbakat. Ez lehetővé teszi, hogy csak a legegészségesebb és legerősebb explantátumok kerüljenek az *in vitro* szaporításba, ezzel garantálják az egészséges növények sikeres kialakulását a későbbi szakaszokban.



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

2.2. Különböző in vitro szaporítási technikák összehasonlítása

Az *in vitro* szaporítás különböző technikái között számos lehetőség áll rendelkezésre, amelyek megfelelőek lehetnek különböző növényfajok és ezek fajtáinak szaporításához.

Néhány in-vitro szaporítási módszer:

Hajtásról történő szaporítás:	Ez a módszer az egészséges hajtások szaporítására alkalmas. Az explantátumokat sterilizálják, majd steril táptalajon gondoskodnak további nevelésükről. Ez a technika különösen hatékony olyan növények esetében, amelyek erőteljes hajtásokat hoznak létre.
Szárrésről történő szaporítás:	Ebben az eljárásban a növény szárrészét használják explantátumként. Az explantátumot táptalajra helyezik, ahol a növényi rész gyökereket és hajtásokat fejleszt ki. Ez a módszer különösen hasznos az olyan fák és cserjék szaporítására, amelyeket nehéz hagyományos módon szaporítani.

**Tőosztással
való
szaporítás:**

Ez a módszer szokványosan a szabadföldi körülmények között alkalmazott technológia, de laboratóriumi körülmények között is különösen jól alkalmazható, olyan növényeknél, amelyek természetes úton nehezen vagy ritkán szaporodnak. Ebben az esetben az anyanövényt több részre osztják szét és az így létrejött kisebb növényi részeket külön-külön helyezik a táptalajra. Ez a módszer hatékony a növények gyors sokszorosítására.

3. MIKROSZAPORÍTÁS ÉS FAJMEGŐRZÉS

3.1. Ritka és veszélyeztetett növényfajok szaporítása *in vitro* módszerekkel

Az *in vitro* szaporítási módszerek különösen hasznosak olyan ritka és veszélyeztetett növényfajok szaporításában, amelyek természetes élőhelyeik védelme érdekében korlátozottan hozzáférhetők, vagy azok szaporítása hagyományos módon nehézkes vagy veszélyeztetné az állományt.



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

A hagyományos szaporítási módszerek gyakran jelentős mennyiségű növényi anyagot igényelnek, ami problémás lehet veszélyeztetett fajok esetében. Az *in vitro* szaporítással azonban akár egyetlen növény is elegendő lehet a szaporítás megkezdéséhez, így a táptalajon történő szaporítás során gyors és hatékony sokszorosítás érhető el anélkül, hogy károsítanák az állományt vagy a természetes élőhelyeket.

A további kutatás és fejlesztés lehetőséget kínál az *in vitro* szaporítás eljárásainak fejlesztésére és optimalizálására, így elősegítve az agrárgazdaság fenntartható és hatékony fejlődését.

3.2. Mikroszaporítás és a fajok genetikai sokféleségének megőrzése

A mikroszaporítás során az explantátumokat steril körülmények között nevelik, így minimalizálva a környezeti kontamináció kockázatát és biztosítva a fajok genetikai tisztaságát. Ezért a mikroszaporítás ideális módszer lehet a veszélyeztetett fajok megőrzésére, amelyeket különleges körülmények között lehet csak termesztetni.

- **Genetikai adatbázisok és bioinformatika:** A fajok genetikai sokféleségének nyomon követése és elemzése kritikus jelentőségű. Az informatika lehetővé teszi a genetikai adatbázisok létrehozását és fenntartását, amelyek segítenek a genetikai változatosság megőrzésében és nyomon követésében.
- **Szekvenálási technológiák:** A modern DNS-szekvenálási technológiák segítségével részletes genetikai profilokat hozhatunk létre, amelyek segítik a genetikai sokféleség megőrzését és a mikroszaporítási folyamatok optimalizálását.

3.3. Fenotípusos változatosság és adaptáció a mikroszaporításban

A különböző explantátumok kiválasztásával és feldolgozásával a mikroszaporítás során új növényeket hozhatunk létre, amelyek eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, például különböző méretű, alakú vagy színű levelekkel.

Ez a fenotípusos változatosság fontos lehet az adott faj vagy fajta alkalmazkodó-képességéhez és túlélési esélyeinek növeléséhez. Az eltérő fenotípusokkal rendelkező növények különböző környezeti feltételekhez és stresszhatásokhoz adaptálódhatnak, így a mikroszaporítás által előállított növényállomány ellenállóbb lehet a változó körülményekkel szemben.

Adatgyűjtés és elemzés: A fenotípusos adatok gyűjtése és elemzése segít megérteni a különböző környezeti tényezők hatását a növények fejlődésére. Ez az információ fontos lehet az adaptív tulajdonságok fejlesztésében és megőrzésében.

Prediktív modellezés: Az informatikai eszközök segítségével prediktív modelleket hozhatunk létre, amelyek előre jelzik a különböző környezeti változások hatását a növények fenotípusára. Ez segíthet a szaporítási stratégiák kialakításában, hogy a növények jobban alkalmazkodjanak a változó körülményekhez.

3.4 A mikroszaporítás hozzájárulása a fenntartható növényvédelemhez és mezőgazdasághoz

A mikroszaporítás fontos szerepet játszik a fenntartható növényvédelem és a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok előmozdításában. Lehetővé teszi a növények egészséges és kórokozómentes szelekcióját, így minimalizálja a kártevők és betegségek terjedését a szaporított növénypopulációban, és a fertőzésmentes vagy rezisztens növények kevesebb növényvédő szert igényelnek. Ez csökkenti a vegyi anyagok negatív környezeti és egészségügyi hatásait, és elősegíti a fenntartható mezőgazdaságot. Ezenkívül a mikroszaporítás lehetőséget kínál hibridek előállítására és a jobb növényi tulajdonságok kombinálására, növelve a termesztett növények termelékenységét és ellenálló képességét, és csökkentve a termesztéssel járó környezeti terhelést.

Összességében a mikroszaporítás nagy lehetőségeket rejt magában a fajok megőrzésében, hozzájárulva a veszélyeztetett növényfajok és a genetikai sokféleség megőrzéséhez. Ezenkívül lehetőséget kínál a fenotípusos sokféleség növelésére és a növények alkalmazkodásának javítására, ami kulcsfontosságú a fenntartható növényvédelem és mezőgazdaság előmozdításához.

4. MIKROSZAPORÍTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK ÉS PONTOSSÁGÁNAK NÖVELÉSE

4.1. Hormonális egyensúly és szabályozás a szaporítási folyamatban

A mikroszaporítás hatékonyságának növeléséhez a hormonális egyensúly és szabályozás kulcsfontosságú tényező. A növényi hormonok, mint például az auxin és citokinin, fontos szerepet játszanak a növények szaporodásában és növekedésében. Az optimális hormonális egyensúly beállítása lehetővé teszi az explantátumok hatékony növekedését és differenciálódását, elősegítve a növényeken az egészséges hajtások és gyökerek kialakulását.

A hormonális szabályozásban megfelelő koncentrációkat és arányokat kell alkalmazni az *in vitro* körülmények között, hogy maximalizálhassuk a növények növekedését és szaporodását. A hormonális szabályozás lehetővé teszi a szövetek differenciálódását és a megfelelő növényi szervek kialakulását, amelyekre szükség van a sikeres szaporításhoz.

Adatgyűjtés:

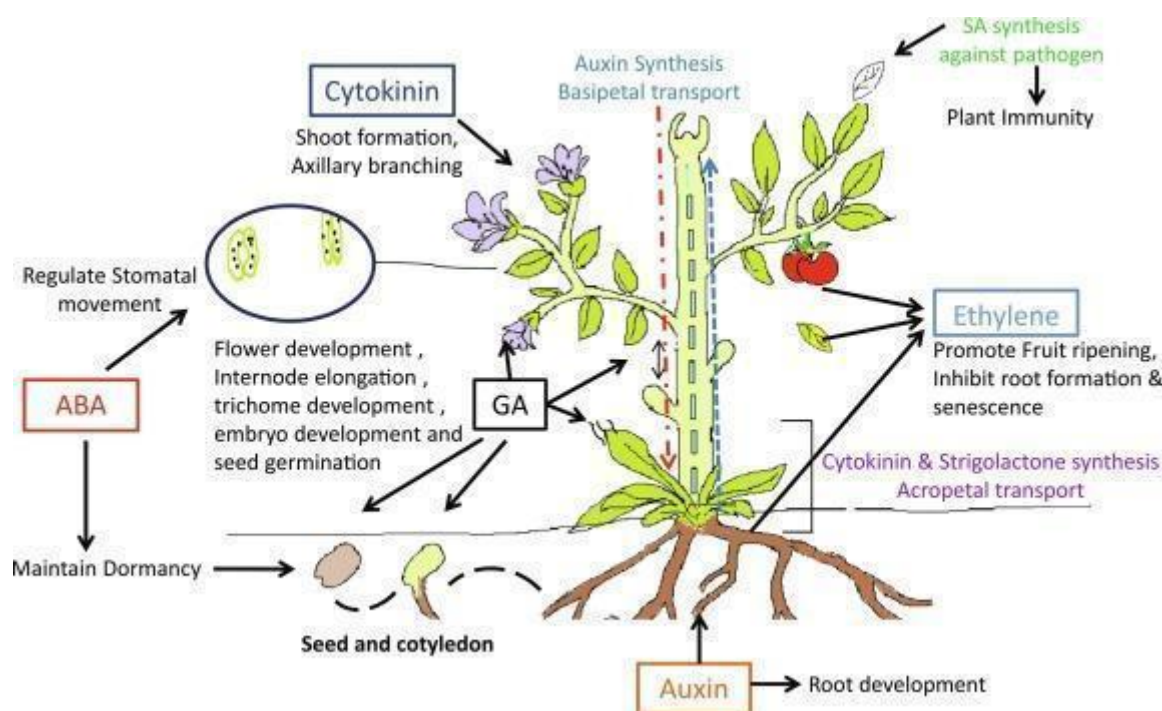
Az adatgyűjtési technológiák segítségével részletes információkat szerezhetünk a növények hormonális válaszairól a szaporítási folyamat során.

Modellalkotás:

Az összegyűjtött adatok segítségével modellalkotásra kerülhet sor, amely segít megérteni a hormonok szerepét a növényi fejlődésben.

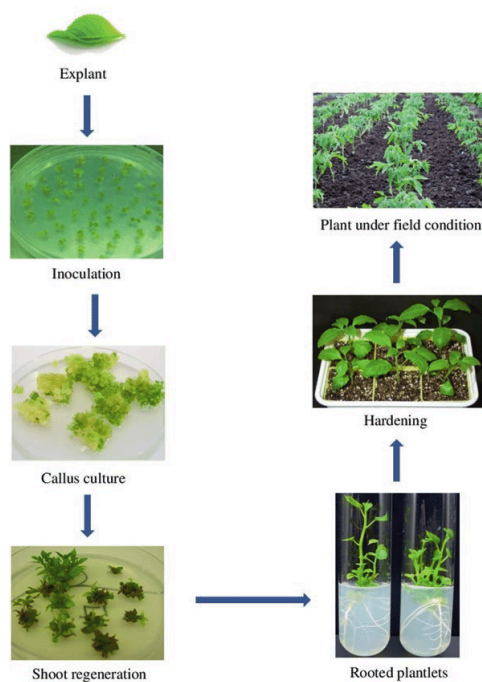
Szabályozási algoritmusok:

Algoritmusok fejlesztése, amelyek segítenek optimális hormonális egyensúlyt fenntartani, támogatva ezzel a növényi szövetek egészséges fejlődését.



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

4.2. Táptalajok és tápanyagok optimalizálása a hatékonyság elérése céljából



Forrás:

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

A megfelelő tápanyagok biztosítása a növények számára lehetővé teszi az egészséges növekedést és a fejlődést. A megfelelő tápanyagokkal dúsított táptalajok elősegítik az explantátumok gyors és hatékony növekedését, valamint a gyökerek és a hajtások kialakulását.

A táptalaj pH-értéke és összetétele is befolyásolja a növények szaporodását és fejlődését. Az optimális pH-érték és tápanyagok aránya segít minimalizálni a kontamináció lehetőségét és javítja az explantátumok túlélési arányát.

Tápanyag-menedzsment: A tápanyagok és táptalajok összetételének pontos monitorozása és szabályozása fontos a növényi szövetek optimális növekedése érdekében.

Mesterséges intelligencia alkalmazása: Mesterséges intelligencián alapuló rendszerek segítségével optimalizálható a táptalajok összetétele, a pH-szint, a hőmérséklet és egyéb környezeti tényezők.

4.3. A genetikai stabilitás és a klonális szaporítás kihívásai és megoldásai

A klonális szaporítás során az explantátumok genetikailag azonosak az anyanövényekkel, és ezáltal kiváló genetikai stabilitást eredményeznek. Azonban a klonális szaporítás során felmerülő kihívások közé tartozik a genetikai variabilitás hiánya, ami hosszú távon az állományok kiszolgáltatottságához és az új környezeti körülményekhez való alkalmazkodási nehézségekhez vezethet.

A genetikai stabilitás és az alkalmazkodó-képesség javítása érdekében genetikai diverzitást kell bevezetni a szaporított növényállományba. Ez megvalósítható új növényi anyagok bevonásával a szaporítási folyamatba, amelyeket különböző anyanövényekből származtathatnak. Emellett a

mutációs technikák és az érési fázis kontrollálása révén genetikai variabilitás generálható a szaporított növényállományban.

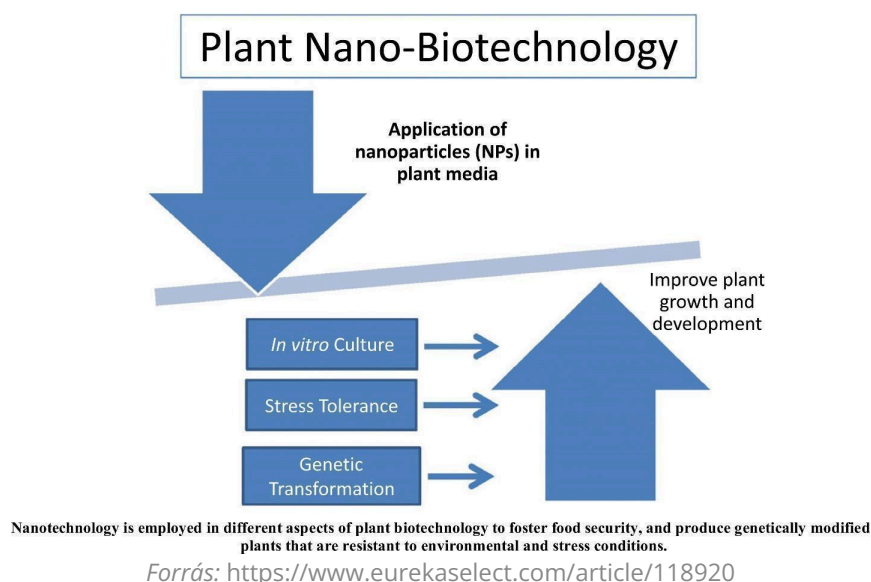
Genetikai elemzés: A genetikai szekvenálási technológiák segítségével a növényi szövetek genetikai stabilitásának monitorozása lehetséges.

Adatbázisok és bioinformatikai eszközök: A genetikai adatok tárolása és elemzése bioinformatikai eszközökkel segíthet felismerni a genetikai instabilitás korai jeleit.

Prediktív modellezés: A genetikai adatok és a növényi fejlődés közötti összefüggések elemzése segíthet előre jelezni és kezelni a klonálási folyamat során felmerülő kihívásokat.

Összességében a mikroszaporítás hatékonyságának és pontosságának növelése érdekében számos szempontot kell figyelembe venni, beleértve a hormonális egyensúly szabályozását, a táptalaj és tápanyagok optimalizálását, valamint a genetikai stabilitás és klonális szaporítás kihívásainak kezelését. A további kutatás és fejlesztés lehetőséget kínál az *in vitro* szaporítási eljárások további javítására és az agrárgazdaság fenntartható növénytermesztési gyakorlatának előmozdítására.

5. NANOTECHNOLÓGIA ÉS MIKROSZAPORÍTÁS



A nanotechnológia alkalmazása a mikroszaporításban jelentős előrelépést jelenthet. Az informatikai szempontokat a következőképpen integrálhatjuk ennek a területnek a fejlesztésébe:

5.1. Nanorészecskék alkalmazása a mikroszaporításban

A nanorészecskék kis méretük és magas felületi területük miatt rendkívül hatékonyan interakcióba lépnek más anyagokkal, például a növényi sejtekkel. A mikroszaporításban a nanorészecskék használata lehetővé teszi a növényi explantátumok hatékonyabb növekedését és szaporodását. Például a nanorészecskék képesek a növényi sejtekbe behatolni és a tápanyagokat, hormonokat, valamint egyéb szükséges anyagokat célzottan szállítani a sejtekbe, ami felgyorsíthatja a növekedési folyamatokat és javíthatja a szaporodási arányokat.

Adatgyűjtés és elemzés: Az adatgyűjtési technológiák segítségével nyomon követhető a nanorészecskék hatása a növényi sejtekre. Ezek az adatok segítenek megérteni a nanorészecskék interakcióit a sejtekkel, valamint az azokra gyakorolt hatásait.

Modellezés: Az adatok alapján modellek fejleszthetők, amelyek segítenek előrejelezni a nanorészecskék viselkedését különböző körülmények között, lehetővé téve a szaporítási folyamat optimalizálását.

5.2. A nanotárolók és tápanyagok előnyei a növényi sejtek nevelésében

A nanotárolók nanoméretük ellenére nagy felületi területet biztosítanak a sejtek számára, ami elősegíti a hatékonyabb tápanyagfelvételt és a növekedési folyamatok optimalizálását.

Ezenkívül a nanoméretű tárolók a tápanyagokat is célzottan szállítják a sejtekbe, ezáltal is fokozzák a sejtek növekedését és differenciálódását.

Precíziós adagolás: A nanotechnológia segítségével pontosan szabályozható a tápanyagok és hormonok adagolása, ami javítja a növényi sejtek növekedési körülményeit.

Szimulációk és analitika: Informatikai eszközökkel modellezhetők és elemezhetők a nanotárolók és tápanyagok hatásai, lehetővé téve a hatékonyabb formulák és kezelési protokollok kialakítását.

5.3. Nanotechnológia hatása a szaporítási hatékonyságra és fenotípusra

A nanotechnológia integrációja a mikroszaporítás folyamatába a precíziós adagolás, a hatékonyabb szaporítási folyamatok és a jobb fenotípusok elérése révén jelentős előnyöket biztosíthat. Az informatikai eszközök, mint az adatelemzés, modellezés, szimulációk és prediktív analitika, kulcsfontosságúak ezen előnyök kiaknázásában.

A nanotechnológia egy fejlett tudományos terület, amely a nanoméretű anyagok és struktúrák manipulálásával foglalkozik. Az elmúlt években a nanotechnológia is felhasználásra került a mezőgazdaságban, különösen a növénybiotechnológiában, így a mikroszaporítás területén is megjelentek az alkalmazási lehetőségei. A nanotechnológia előnyei és innovatív megoldásai hatékonyabb és fenntarthatóbb mikroszaporítási eljárásokat eredményezhetnek.

Azonban fontos megemlíteni, hogy a nanotechnológia alkalmazása még mindig egy viszonylag új és kutatás alatt álló terület, további kutatásokra van szükség annak meghatározására, hogy milyen mértékben befolyásolja a mikroszaporítás folyamatát és az eredményül kapott növények fenotípusát.

Adatbányászat és gépi tanulás: A gépi tanulás és adatbányászati technikák segítenek a nagy adathalmazokból a releváns információk kinyerésében, így azonosítva a nanotechnológia legfontosabb hatásait a szaporítási hatékonyságra és a növényi fenotípusra.

Prediktív analitika: A nanotechnológiai beavatkozások hatásainak előrejelzése segíthet a szaporítási stratégiák finomhangolásában, valamint a kívánt fenotípusok elérésében.

6. AUTOMATIZÁLT MIKROSZAPORÍTÁSI RENDSZEREK

Az automatizált mikroszaporítási rendszerek olyan innovatív megoldások, amelyek lehetővé teszik a növények hatékony és precíz szaporítását nagy mennyiségben, minimalizálva a humán erőforrások és az időráfordítás szükségességét. Az automatizált rendszerek jelentős előrelépést jelentenek a mikroszaporítás terén és számos előnyt kínálnak a tradicionális kézi szaporítási eljárásokkal szemben.

A mikroszaporítás folyamatában leginkább az alábbi automatizált rendszereket alkalmazzák:

6.1. Fényszobák



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

A mikroszaporítás folyamatában használt fényszobákat felfoghatjuk egy speciális növényháznak, melyben minden olyan technológia megtalálható, amiről a 2. modul 6. témájában bővebben tanulhatunk.

Íme néhány alapvető információ a mikroszaporítás során használt fényszobákról:

Funkció és cél: A fényszobák célja a növényi kultúrák számára optimális növekedési körülmények biztosítása. Ez magában foglalja a megfelelő fényintenzitást, fényösszetételt, hőmérsékletet, páratartalmat és egyéb környezeti tényezőket, amelyek elősegítik a növények egészséges növekedését és fejlődését.

Vezérlés és felügyelet: A mesterséges megvilágítással ellátott fényszobákban az automatizált rendszerek biztosítják a fényintenzitás, a hullámhossz és a spektrum szabályozását, amelyek létfontosságúak a növények egészséges fejlődéséhez.

Fényforrások: A fényszobákban különböző típusú fényforrásokat használnak, mint például fluoreszkáló lámpák, LED lámpák vagy különleges növényi növekedést elősegítő lámpák. Ezek a fényforrások különböző hullámhosszakat biztosítanak, amelyek befolyásolják a növényi sejtek fotoszintézisét és növekedését.

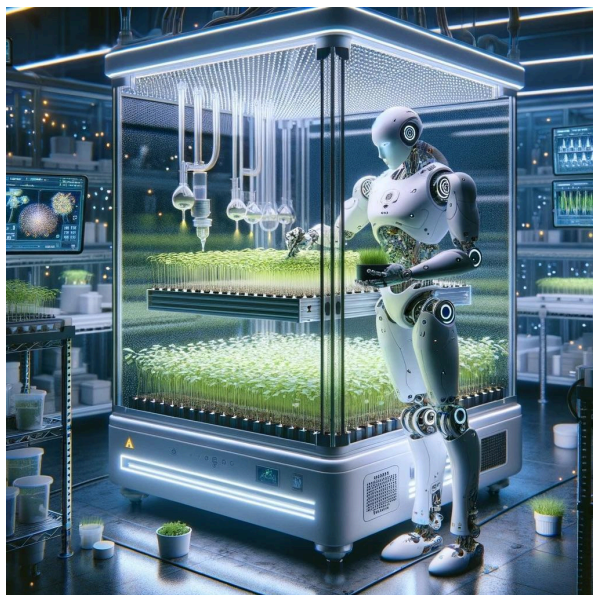
Hőmérséklet-szabályozás: A fényszobákban a hőmérséklet-szabályozás is fontos, mivel a növények növekedése és fejlődése nagymértékben függ a környezeti hőmérséklettől. A szobákban lévő hőmérsékletszabályozó berendezések segítségével a kutatók pontosan beállíthatják és fenntarthatják a kívánt hőmérsékletet.

Páratartalom és szellőzés: A megfelelő páratartalom fenntartása és a megfelelő szellőzés biztosítása szintén létfontosságú a növényi kultúrák egészséges növekedése érdekében. A fényszobákban lévő páratartalom-szabályozók és szellőzőrendszerek segítenek ezen a tényezők optimalizálásában.

Szabályozhatóság és ellenőrzés: A fényszobák tervezése során kiemelt figyelmet fordítanak arra, hogy a környezeti tényezőket, mint például a fény, hőmérséklet, páratartalom, pontosan és könnyen szabályozhatók legyenek. Ez lehetővé teszi a dolgozók számára, hogy szigorúan ellenőrizhessék és szabályozhassák a növényi kultúrák növekedési környezetét. A hőmérséklet, páratartalom, szén-dioxid szint és fényintenzitás folyamatos mérésére használhatók szenzorok, amelyek valós idejű adatokat szolgáltatnak a növények környezetéről.

A mikroszaporítás során a fényszobák tehát elengedhetetlenek a növények egészséges és kontrollált növekedésének biztosításában. Ezek a szobák lehetővé teszik a kutatók számára, hogy pontosan szabályozzák a növényi kultúrák számára szükséges környezeti feltételeket, így elősegítve a hatékony és sikeres szaporítást.

6.2. Robotizált rendszerek és a mikroszaporítás kombinálása



Forrás: ChatGPT 4.0 DALL-E

Az automatizált mikroszaporítási rendszerekben a robotok alkalmazása lehetővé teszi az explantátumok gyors és pontos kezelését, tűzdelését és az egész folyamat automatizálását. A robotizált rendszerek képesek nagy sebességgel és pontossággal dolgozni, valamint egyidejűleg több explantátumot képesek feldolgozni, így lehetővé teszik a nagyobb volumenű mikroszaporítást.

A robotizált rendszerek precíziós megoldásai és konzisztenciája nagyban hozzájárul a szaporítási folyamat megbízhatóságához és sikerességéhez. A robotizált rendszerek képesek az explantátumokat egyenletes távolságra és mélységbe ültetni a táptalajba, minimalizálva a sérülés és a kontamináció kockázatát.

6.3. A mesterséges intelligencia szerepe az automatizált mikroszaporításban

A mesterséges intelligencia (MI) egyre inkább bevezetésre kerül az automatizált mikroszaporítási rendszerekben is, ami tovább javítja a hatékonyságot és pontosságot. Az MI lehetővé teszi a rendszereknek, hogy önállóan tanuljanak és alkalmazkodjanak a különböző körülményekhez és a változó feltételekhez.

Az MI algoritmusok képesek felismerni és megfelelően reagálni a növények állapotára, valamint időben beavatkozni, ha bármilyen probléma vagy eltérés jelentkezik a szaporítási folyamat során. Ez a proaktív megközelítés növeli a sikerességi arányt és minimalizálja a kockázatokat.

Optimalizációs algoritmusok: Az MI és a gépi tanulási algoritmusok segíthetnek az optimális növénynevelési feltételek meghatározásában és a fényszoba paramétereinek automatikus beállításában.

Prediktív karbantartás: Az MI elemző eszközök segíthetnek a fényszoba rendszerének karbantartási igényeinek előrejelzésében, csökkentve a leállásokat és növelve a rendszer hatékonyságát.

6.4. Skálázhatóság és tömegszaporítás lehetőségei

Az automatizált mikroszaporítási rendszerek kiválóan alkalmasak a skálázhatóságra és a tömegszaporításra. Mivel a robotizált rendszerek gyorsabban és hatékonyabban képesek feldolgozni a növények szaporításához kapcsolódó munkafolyamatokat, lehetővé teszik a nagyobb méretű ültetvények kialakítását és a tömegszaporítást.

A skálázhatóság és tömegszaporítás lehetőségei révén az automatizált rendszerek hozzájárulhatnak a mezőgazdasági termelés növekedéséhez és a fajtafenntartáshoz szükséges nagy mennyiségű növény előállításához. Ezáltal az automatizált mikroszaporítási rendszerek hozzájárulhatnak a fenntartható és hatékony mezőgazdasági termeléshez.

Összességében az automatizált mikroszaporítási rendszerek forradalmasítják a növénybiotechnológiát és a mezőgazdaságot, lehetővé téve a gyorsabb, hatékonyabb és megbízhatóbb növényi szaporítást. Az automatizált rendszerek kombinációja a robotika és mesterséges intelligencia révén lehetővé teszi a növénytermesztés hatékonyságának és termelékenységének jelentős növekedését, hozzájárulva a fenntartható és magas szintű mezőgazdasági termeléshez.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

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

Források

<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=3jtDqraUS40>

<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. NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS

Szerző: Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

1. NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS, ZÖLDSÉGHAJTATÁS

A zöldségnövények növényházi termesztésének, vagy szakkifejezéssel a zöldséghajtatásnak, üzemi méretekben történő elterjedése az '50-es években kezdődött Magyarországon. Ez kezdetben kizárólag talajon történő termesztést jelentett, melyet a '90-es évektől fokozatosan felváltott a talaj nélküli (hidropóniás) termesztés a magas technológiai színvonalú berendezésekben. Technológiai szempontból annál korszerűbbnek tekintünk egy termesztő berendezést, minél több környezeti tényezőt, minél precízebben tudunk szabályozni benne, az egyre nagyobb termésátlagok és egyre jobb minőség elérése mellett. Ezek a termesztési célok manapság a zöldséghajtatásban, a nagy légtérű, klímaszabályozott és biológiai növényvédelemmel rendelkező üvegházakban, talajnélküli termesztéssel valósulhatnak meg leginkább (1). Becslések szerint, a világ összes mezőgazdasági területéből kevesebb mint 0,3% van valamilyen típusú termesztőberendezés által lefedve.

Nemcsak a zöldségtermesztésre, hanem a kertészet szinte összes ágazatára igaz a nagy kézimunkaerő-igény, amely napjainkra szinte megoldhatatlan feladat elé állítja a gyakorló kertészeket. E probléma megoldásában is a precíziós gazdálkodás témakörébe tartozó, az agro- és fitotechnikai munkákra alkalmazható robotok fejlesztése kínál megoldást.

A növények termesztésére szolgáló létesítményeket 3 nagy csoportba sorolhatjuk.

1.1. Alacsony technológiai színvonal (kis légtérű berendezések)

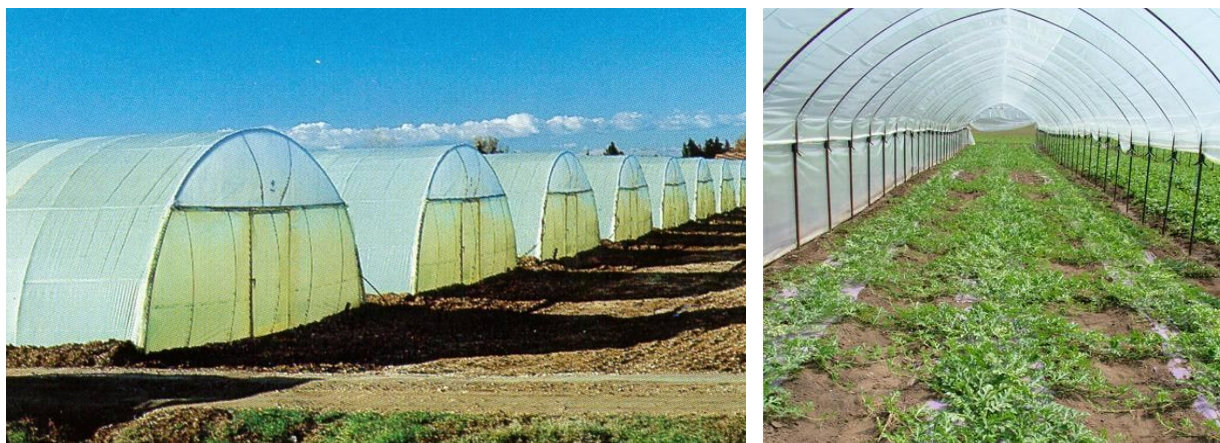
Kevésbé automatizálhatók és jelentős mértékben függenek a környezetüktől, általában egyszeres-, jellemzően műanyag takarást alkalmaznak, passzív szellőzéssel (felső és oldalsó szellőzés), fűtés nélkül, szinte kizárólag talajon termesztnek. Az ilyen típusú szerkezetek esetén nagyon fontos ismerni a nappali és az éjszakai hőmérséklet közötti eltéréseket a fűtés hiánya és az alacsony hatékonyságú szellőztetés miatt. Nem biztosítják a melegigényes növények egész éves termesztetőségéhez szükséges mikroklimát, ezért időleges takarásra (fóliaalagút), vagy a fagymentes időszakban történő termesztésre használhatók. Ide tartozó berendezések: fóliaalagút, fóliaágy, Soroksár '70 típusú fóliasátor oldalszellőztetés nélkül, vándorfólia (1. ábra).



1. ábra Fóliaalagút, fóliaágy, Soroksár '70 típusú fóliasátor, vándorfólia

1.2. Közepes technológiai színvonal (fűtött és fűtetlen berendezések)

Jellemzően műanyag borítású berendezések, melyek már rendelkeznek klímaszabályozással (vészfűtés, fűtés, oldal-, és/vagy tetőszellőztetés), programozható öntözéssel talajon vagy talaj nélkül (hidropóniával) is termesztenek. A termelékenységi és a minőségi általában magasabb, mint az előző technológiai színvonalnál és a hőmérséklet-szabályozás általában nagyon egyszerű. A szélsőséges külső hőmérsékleteket még nem tudja kiegyenlíteni, ezért nem alkalmas egész éves folyamatos termesztésre. Az oldalszellőzők beépítése utólag is történhet, így a meglévő alacsonyabb színvonalú berendezés korszerűsíthető. Ide tartozó berendezések: fóliasátor oldalszellőztetéssel, blokkrendszerű fóliaházak **2. ábra**.



2. ábra Oldalszellőztetővel rendelkező fóliasátor és fóliablokk

1.3. Magas technológiai színvonal (fűtött nagy légtérű berendezések)

Jellemzően nagy légtérű berendezések (átlagos belmagasság > 3 m), burkolóanyaguk üveg esetén egy rétegű (4-6 mm vastag), műanyag esetén több rétegű (0,04-0,3 mm vastag), illetve alkalmaznak még polikarbonát lapokkal való burkolást is. Az optimálisabb helykihasználás érdekében gyakran alkalmaznak gördülő asztalokat a dísnövény- és szaporítóanyag termesztésben. Ezek a speciális asztalok általában árapály rendszerű öntözéssel rendelkeznek (ld. 4.5.).



Gördíthető asztal és cserepes *Phalaenopsis* nevelése árapály rendszerű öntözéssel

Teljesen automatizált klímaszabályozással (nagy mértékű függetlenség a külső időjárástól), számítógép vezérelt öntözéssel, CO₂-trágyázással, szinte kizárólag mikroöntözéssel üzemelő

létesítmények. Erre a célra szenzorvezérléssel működtetik az öntöző- és szellőzőrendszereket, árnyékolóhálókkal rendelkeznek a fény (és klíma) szabályozásához, általában talaj nélküli termesztéssel (kivéve az ökológiai termesztést). A növényház külső klímaszenzorok segítségével azonnal reagál a külső környezet változására. Ezekkel a rendszerekkel a termelő optimalizálhatja a növények növekedését, maximalizálja a termésátlagot és a termés minőségét.



Nagy légtérű műanyag borítású növényház és üvegház

1.4. Vertikális farm

A növényházi termesztésben kiemelt jelentőségű és az egyik leggyorsabban fejlődő termesztési mód és legintenzívebben kutatott téma napjainkban, a teljesen zárt és automatizált termesztő-berendezésekben, az úgynevezett vertikális farmokban (Vertical Farm, Plant Factory) előállított zöldség-növények témaköre. Ez nem jöhetett volna létre a LED világítás fejlesztése nélkül, amelynek energiahatékonysága lehetővé teszi a termelésben való gazdaságos alkalmazhatóságát és élelmiszer előállítását olyan helyeken, ahol eddig a fényhiány miatt nem volt lehetséges (terméketlen területek, sarkvidék, újrjárművek).

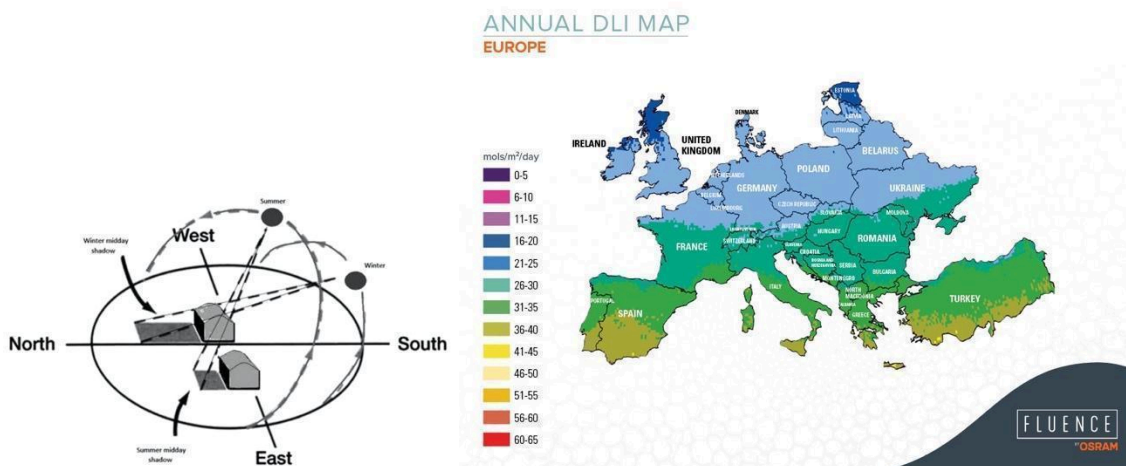


Az AeroFarms (New York, USA) és a VegeaFarm (Haneda, Japan) vertikális farmjai

Nemcsak a zöldségtermesztésben, hanem a kertészet szinte minden ágazatában nagy az igény a kétkézi munka iránt, ami napjainkban szinte leküzdhetetlen kihívás elé állítja a gyakorló kertészeket. Ennek a problémának az egyik megoldása a precíziós gazdálkodás területén végzett agro- és növénytechnikai munkákhoz szükséges robotok fejlesztése.

2. TERMESZTŐBERENDEZÉSEK KLÍMASZABÁLYOZÁSÁNAK ALAPJAI

Egy termesztőberendezés klímaszabályozása, a megvalósítás földrajzi helyének (szélességi kör) és mikroklímájának viszonylatában kerülhet megtervezésre. Előbbi meghatározza a napsugarak maximális/minimális beesési szögét és ezen keresztül a maximális- és minimális nappalhosszt (nyári/téli napforduló), valamint a naponta felszínre beérkező napsugárzás, elméletileg várható energiamennyiségét (Daily Light Integral, DLI).



A napsugarak beesési szöge a nyári és a téli napfordulón, valamint Európa DLI térképe

Ez utóbbit erősen befolyásolja a terület mikroklímája is, amely az alap klímabesorolás mellett, a helyi domborzati és egyéb felszíni adottságok által befolyásolt. A mérsékelt övben épített termesztőberendezéseket úgy alakítják ki, hogy a benne termesztett növények sorai, általában kelet-nyugati irányúak.

A magas technológiai színvonalú, ezért a legmagasabb költségekkel megvalósítható berendezéseknek, szükséges rendelkezniük külső meteorológiai szenzorokkal is, hogy a szélsőséges klimatikus események (szél, csapadék) ellen megvédhessék a növényállomány- és a berendezés épségét.

A berendezés technológiai színvonalától erősen függő klímaszabályozás szenzorok által mért és továbbított adatokon alapul, melyek alapján általában egy vezérlő szoftver alakítja ki a zöldségművelés adott technológiai változata számára optimális klimatikus és edafikus körülményeket.

(Bővebben a lásd a 2. fejezetben).

3. TERMESZTŐBERENDEZÉSEK VEZÉRLÉSE A GYAKORLATBAN: PRIVA OPERATOR

Az optimális termesztési feltételek megteremtéséhez elengedhetetlen, hogy minden rendszer zökkenőmentesen működjön együtt, melyet az intelligens vezérlő hangol össze. Ez a műveleti központ a szabályozás alapja, amelyhez több rendszer van csatlakoztatva. Minél intelligensebb a vezérlő, annál jobban érik el a folyamatok az optimális egyensúlyt.

A hőmérséklet, a páratartalom, a CO₂ koncentráció, a tápanyag- és vízellátottság optimalizálása a besugárzott fény mennyiségének függvényében történik, a termesztett növény igényeihez igazítva.

A vezérlőrendszer folyamatosan, a nap 24 órájában figyeli a szenzorokból származó adatokkal a növényház termesztési körülményeit, például a szellőztetést, a fűtést, az árnyékolást, a CO₂-szintet, a ventilátorokat, a páratartalmat, a világítást, a kazánokat, az öntözést, a tápoldatozást és a drénvíz újrafelhasználását. Az ezekhez szükséges szabályzó lehetőségekkel rendelkezik a forgalomban levő vezérlő rendszerek mindegyike, valamint olyan grafikus interfésszel, melyek mobil kliensen keresztül is képesek a beavatkozásra.



A Priva Operator növényház vezérlő rendszerének grafikus felhasználói felületei

4. TERMESZTŐBERENDEZÉSEK VEZÉRLÉSE A GYAKORLATBAN: GREMON SYSTEMS

A Magyarországon elérhető fontosabb növényház irányító rendszerek mindegyike rendelkezik szenzorvezérelt klímaszabályozással és a növények optimális víz- és tápanyagellátásához szükséges modulokkal.

Az előzőtől eltérően, a Gremon Systems magyar fejlesztésű megoldása a Trutina, amely akár talajon történő termesztés esetén is használható. Az alap szolgáltatásokon kívül, valós idejű növényi biomassza megfigyelést is végez (1 grammos pontossággal), melynek alapja a speciálisan erre a célra fejlesztett növénymérlegek alkalmazása. A mérlegek utólag is felszerelhetők a növényállományban és a szenzorok száma is bővíthető. Folyamatosan figyeli a biomassza alakulását és automatikusan figyelmeztet a tálcasúly csökkenésekor. Az öntözővíz/tápoldat folyamatos monitorozásával optimalizálja az öntözési stratégiát, így vizet és a műtrágyát tud megtakarítani. A kliens szoftvernek köszönhetően, a folyamatok okostelefonon is nyomon követhetők. Figyelmeztető rendszere, automatikusan üzenetet küld, ha a besugárzás, a hőmérséklet, a tápoldat EC, a drénvíz, a tálcasúly, gyökérközeg paraméterei nemkívánatos értéket érnek el.



A Gremon Systems, Trutina növényházvezérlő szoftverének grafikus felhasználói felülete és a növények mérésére szolgáló szenzorok

A Tungsram Agritech rendszere, a Power Grow, kizárólag a cég saját fejlesztésű vertikális farmjának vezérlésére használható, melynek különlegessége, hogy teljesen zárt rendszerű. Alapja a teljesen mesterséges megvilágítás, saját fejlesztésű LED lámpákkal, melyekkel speciális fényreceptek állíthatók be. A lámpák nemcsak a fotoszintetikusan aktív (PAR) spektrum intervallumában, hanem ultraibolya tartományban is sugároznak, amellyel hasonló hatások válthatók ki, mint szabadföldön, természetes fényviszonyok között. A különböző hullámhosszok arányainak változtatásában rejlik összes lehetőség, még tudományosan sem került vizsgálatra, így nem meglepő, hogy több egyetem és kutatóintézet is használja a rendszerüket a fény növényekre gyakorolt hatásainak kutatásában.

5. TALAJ NÉLKÜLI TERMESZTÉSI RENDSZEREK

Egy növényfaj, adott talajon történő több éven keresztül folytatott termesztését nevezzük monokultúrának. A zöldségnövények monokultúrában történő termesztése évről évre folyamatosan csökkenő termésátlagokat eredményez, még fajtaváltás esetén is. Ennek fő oka a talajban felhalmozódó kártevők, kórokozók és gyomok károsító hatása, amelynek elkerülésére a talaj nélküli (soilless) termesztési rendszereket alkalmazzák növényházakban (9). Az így kialakított rendszereknek kell helyettesíteni a talaj abiotikus funkcióit, hogy a növények gyökerei megfelelő víz-, oxigén- és tápanyagellátásban (makro-, mezo- és mikroelemek) részesülhessenek. A korábbi termelési rendszerekben konfliktus volt ezen igények ellátása között, mivel az egyik túlzott vagy hiányos mennyisége a másik vagy mindkettő egyensúlyának hiányát okozta.

A talaj nélküli termesztésben a növények növekedéséhez szükséges tápelemeket tápoldat formájában juttatjuk ki, ami analóg a talaj tápanyagszolgáltató képességével, mivel az ásványi tápelemek ott is a talaj vizes fázisában, mint oldott ionok vannak jelen. Mivel a növények gyökereinek szilárd támasztó közege (szubsztrát) általában kevés, vagy csak minimális mennyiségű tápanyagot tartalmaz, ezért kötelező tápoldatozni a növények fejlődéséhez.

Számos talaj nélküli termesztési rendszer került kifejlesztésre, a teljesség igénye nélkül a fontosabbak:

- Csepegtető öntözés (Drip irrigation)
- Tápfilm öntözés (Nutrient film technique, NFT)
- Deep flow technique (DFT)
- Tápköd kultúra (Aeroponics)
- Árapály rendszer (Ebb/Flow)

A tápoldatot közvetlenül a növények gyökeréhez kijuttató rendszereket vízkultúrásnak (hidropónia) nevezzük, míg a gyökérközegbe juttató rendszereket agregátpónikának (10).

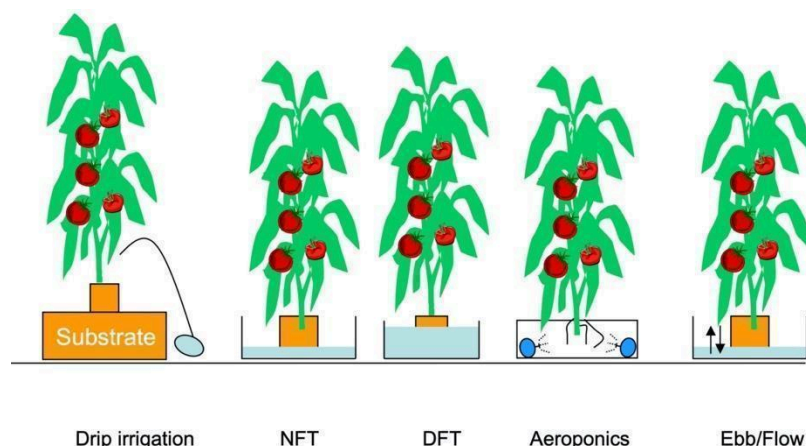
A **szubsztrátot alkalmazó, úgynevezett agregátpóniás rendszerek** nem igazán alkalmasak nagy tőssűrűségű növények (pl. levélzöldségek) nevelésére, ezért inkább a termésükért termesztett zöldségfajok (paradicsom, paprika, uborka) termesztésére használják azokat. A levélzöldségek talaj nélküli termesztéséhez elsősorban az NFT és DFT hidropóniás rendszereket alkalmazzák, de előfordul az aeropónika is. A kizárólag mesterséges megvilágítást alkalmazó, teljesen zárt termeszto berendezésekben, mint a vertikális farm esetén is, általában hidropóniás rendszereket alkalmaznak (11).

A **tápfilm kultúra** (Nutrient Film Technique, NFT) rendszer alapja egy 1-2 %-os lejtésű csatorna, melynek alján folyamatosan áramlik egy vékony tápfilm réteg. Ebből veszik fel a növények gyökerei a számukra szükséges mennyiségű vizet és tápanyagokat. Előnye, hogy jóval kisebb mennyiségű tápoldat van jelen a rendszerben, ami a vertikális termesztőberendezésekben előnynek számít a kisebb súly miatt. A gyökerek oxigén ellátottsága is kedvezőbb, ami a lejtésszög emelésével növeli az áramlási sebességet, így javítható a tápoldat oxigén szintje (12). Hátránya, hogy a kisebb mennyiségű tápoldat hőmérséklete változékonyabb, de ez a szigorú léghőmérséklet szabályozású termesztőrendszerekben nem jelent problémát (13).

A **mélyvíz kultúra** (Deep Flow Technique, DFT) történelmileg a legelső hidropóniás talaj nélküli termesztőrendszer volt. Az 1920-as években létrehozott tankkultúra beton medencéiben, 15 cm-es rétegben állt a tápoldat. A növényeket egy fémhálón elhelyezett úgynevezett magágyba ültették, amely egyúttal a tápoldat fényszigetelését is ellátta. Hátránya a levegőzetlenség volt, de így is kiinduló alapja lett számos sekélyebb tápoldatréteget alkalmazó megoldásnak.

A **tápköd kultúra** (Aeroponics), nagy beruházási és üzemeltetési költségű, nagyon precíz technikai háttérrel igénylő talaj nélküli termesztési mód. A 70-es években fejlesztették ki az üzemi szintű termesztésre is alkalmas változatát. Az eljárás alapelve az, hogy a növények gyökerei egy teljesen zárt térbe lógnak bele, ide juttatják be rendkívül finom porlasztásban a tápoldatot, 2-3 percenként néhány másodperces adagokban. A gyökerek körül kialakuló tápködből, a levegőben lógó gyökerek folyamatosan tudják felvenni a tápanyagokat, kiváló oxigénellátás mellett. Hátránya, hogy egy rövid áramszünet is elég a gyökerek kiszáradásához és az állomány pusztulásához (14).

Az **ár-apály** (Ebb/Flow) rendszerek esetében a termesztőfelületet egy időre elárasztják tápoldattal, hogy a növények és a termesztőközeg megfelelő mennyiségű tápoldatot tudjon felvenni, majd leeresztik a maradék tápoldatot. A hazai kertészetek is használják, elsősorban palánták, cserepes fűszer- és dísnövények esetében, termesztő asztalokon.



A növényházakban alkalmazott fontosabb talaj nélküli rendszerek

6. TALAJ NÉLKÜLI TERMESZTÉS VÍZ- ÉS TÁPANYAGELLÁTÁSA (ZÁRT RENDSZER)

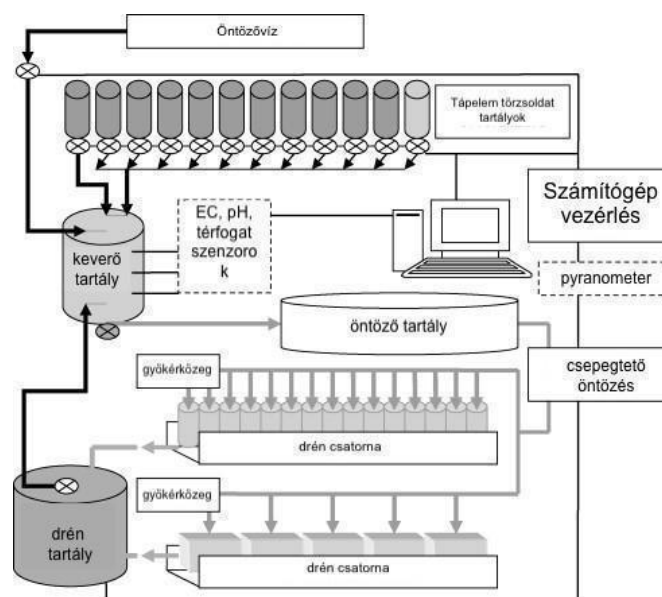
A talaj nélküli termesztésben zárt rendszerek is alkalmazhatók az elfolyó tápoldatból (drén) eredő környezeti szennyeződések minimalizálása érdekében (15). Az öntözővíz és a tápanyagok jelentős megtakarításai mellett a magas hozam és jobb vízfelhasználási hatékonyság, összességében költséghatékonyabb termesztést tesz lehetővé (16). Mindazonáltal a növények által ritkán felvett ionok felhalmozódása a gyökérzónák sótartalmának szabályozását célzó részleges szennyvízkibocsátást okozhat, ezáltal csökkentve a zárt ciklusú rendszerek hatékonyságát a talajvíz szennyeződésének megakadályozása érdekében. Az újrahasznosított szennyvízelvezetés szükségességének minimalizálása, ezáltal a talajvíz szennyezettségének csökkentése érdekében a tömegegyensúly-modelleken alapuló intelligens automatizálási rendszerek alkalmazhatók (17).

A zárt rendszerű talaj nélküli termesztés legnagyobb kockázati tényezője kétségtelenül a drénvíz fertőtlenítése, e nélkül akár egyetlen egy beteg növény is befertőzheti az egész állományt. A fertőtlenítés költsége, ami leginkább drágítja a zárt rendszerek működését. A fertőtlenítésre számos különböző módszer áll rendelkezésre, történhet pasztörizálással, UV-sugárzással, kémiai kezeléssel, homokszűréssel és fordított ozmózis berendezéssel végzett sterilizáló szűréssel (13).

Vízérzékelő szenzorok

A megfelelő Talajnedvességmérő (EC)- és pH-szint kulcsfontosságú tényező a kultúra egészséges növekedése szempontjából. A Priva vezérlő számítógép és a kettős EC- és pH-szenzorok együttes segítségével automatikusan ellenőrizheti és szabályozhatja az EC- és pH-szintet. Egy vízáramlás-érzékelő szenzor bevonásával meghatározható a megfelelő EC- és pH-érték – ezt az előzetes számítást egyedül a Priva biztosítja. Ezután a vezérlő számítógép a kettős EC- és pH-szenzor mérési adatai alapján korrigálja a kívánt értékektől való eltéréseket. A nyomásérzékelő szenzorok pedig elősegítik az optimális vízgazdálkodást a víz- és a tápoldat tárolására szolgáló tartályokban.

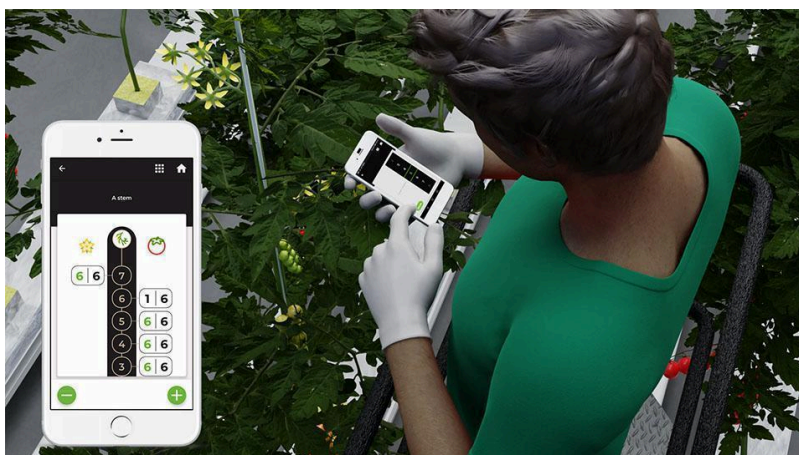
Táptalajon való termesztés esetén pontosan mérhető a drénvíz mennyisége és az EC-értéke a drénszenzor segítségével. A Priva Growscale mérleg alkalmazásával automatikusan beállíthatja a vízádagolást a növekedési feltételeknek, illetve a növény és a táptalaj állapotának megfelelően, a növény igényei alapján.



Egy talaj nélküli termesztés öntözési rendszerének felépítése

7. FITOMONITORING

A növények állapotának folyamatos megfigyelésére már rendelkezésre állnak olyan roncsolásmentesen mérő szenzorok, melyekkel a szabad szemmel is jól látható- (szárátmérő, levélszám, fürtszám), vagy a szabad szemmel nem látható (levélfelszín hőmérséklet, fotoszintetikus aktivitás) jellemzők, valós idejű paraméterei nyomon követhetők. A Gremon Systems hazai fejlesztésű megoldása a Crop Monitor, amely a már említett Trutina rendszerrel együttműködve dolgozik. A növények vitalitását a szárátmérő, a főhajtás növekedése és a virágzó fürtök távolsága (internódiumok hossza) alapján rögzíti. Meghatározza a levélfelületi indexet (leaf area index, LAI), a levelek hosszúsága, -szélessége és -száma alapján, valamint a növények vegetatív/generatív egyensúlyát a fürtök-, virágok- és kötött bogyók száma, valamint a vegetatív paraméterek alapján.



A Gremon Systems Fitomonitoring rendszerének grafikus felhasználói felülete

8. FITOTECHNIKAI MUNKÁK ÉS BETAKARÍTÁS

A fitotechnika, vagyis a növényeken közvetlen végzett beavatkozás, a folytonnövő zöldségfajok esetén a következők lehetnek: a növények rögzítése (klipszezés), hajtáshelyzetének megváltoztatása, hónaljajtások-, levelek-, virágok- és terméskezdemények eltávolítása. Ezekhez a munkákhoz számos gyártó kínál eszközöket. A paradicsom alsó leveleinek eltávolításához már önműködő, éjszaka is hatékonyan működő robotot is fejlesztettek.



A Priva Deleafing (levelező) robot

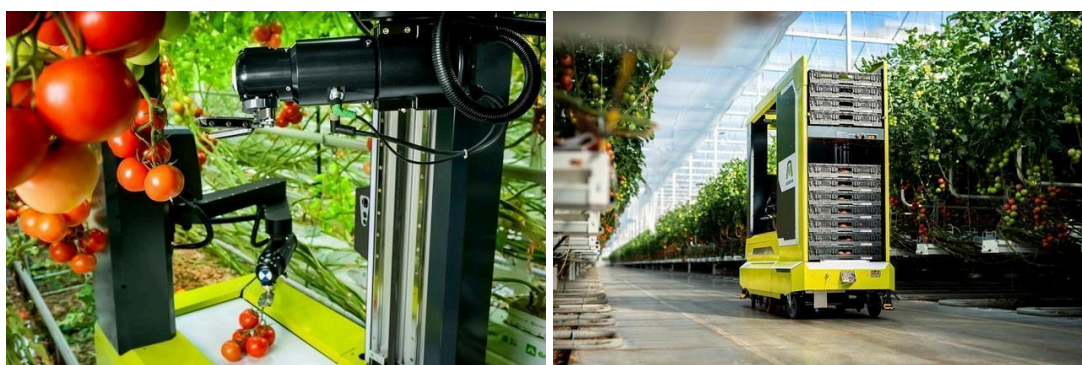
Folytonnövő zöldségnövények esetén a legfontosabb eszköz a fitotechnika végrehajtásához a művelőkocsi, amely a sorok között közlekedik. Állítható magasságú, állványos szerkezet, melyet akkumulátorról üzemelő villanymotor hajt. A fitotechnikát végző alkalmazottak irányítják a haladását és változtathatják az állvány magasságát, melyen állva tudják végrehajtani feladatukat.



Önjáró, liftezhető, elektromos szedőkocsi

Bár nem tartozik a fitotechnikai munkák fogalmába, a növények érintése nélkül nem oldható meg a betakarítás, ami az egyik legnagyobb munka, különösen a folytonnövő zöldségnövények esetén. Az egy menetben betakarítható, általában vegetatív részükért termesztett zöldségfajok (levélzöldségek, gyökérzöldségek, káposztafélék, spárga) esetén már számos automata, akár vezető nélküli megoldás is elérhető.

A betakarítás, a generatív részükért termesztett növények esetén több alkalommal, akár hetente többször valósul meg, ezért végrehajtásakor törekedni kell, hogy a növény minél kisebb sérüléseket szenvedjen. Ilyen zöldségfajok például a paradicsom, a paprika és az uborka, melyeknél a kézi betakarítás a teljes termelési költség 30%-a is lehet, például hosszúkultúrás, nagylégterű paradicsomhajtatás esetén a betakarítási időszak általában március elejétől december végéig, körülbelül 10 hónapig tart. E probléma megoldásában is a betakarítási munkákra alkalmazható (Metomotion, Panasonic paradicsom betakarító robot), mesterséges intelligenciával rendelkező robotok fejlesztése kínál megoldást.



A MetoMotion önműködő paradicsom betakarító robotja

9. FITOTECHNIKA ADMINISZTRÁCIÓ (GREMON SYSTEMS INSIGHT MANAGER)

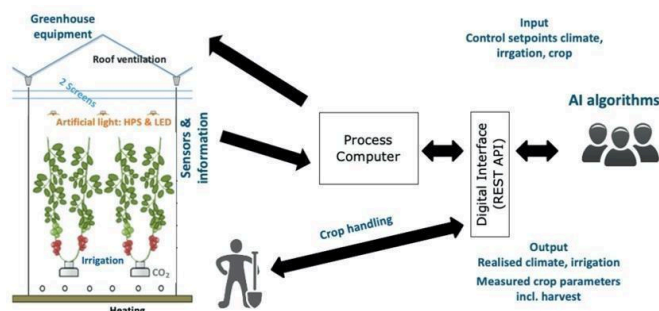
A rendkívül költség- és kézimunkaigényes fitotechnikai és betakarítási munkák végzését azonban precízen, dolgozónként is nyomon kell követni, hogy teljesítmény szerinti bérezést lehessen megvalósítani. Erre a célra fejlesztett megoldás a Gremon Systems Insight Manager szoftvere, amely a dolgozókat egyedi mágneskártyával azonosítja. A növényházban elhelyezett kártyaolvasók segítségével követhető nyomon az egyéni teljesítmény, amely továbbítható a bérszámfejtésnek.



A Gremon Systems Insight Manager adminisztrációs rendszerének kártyaolvasója és grafikus felhasználói felülete

10. AUTONÓM (ÖNMŰKÖDŐ) ÜVEGHÁZ

A mesterséges intelligencia MI (artificial intelligence, AI) több területen is jelentős áttörést ért már el, a kertészetben azonban ez még nem következett be. Az „Autonóm Üvegház” (Autonomous Greenhouse) megalkotásának célja éppen ezért, a kertészettudomány és a mesterséges intelligencia ötvözése, hogy áttöréseket érjenek el a friss élelmiszerek termelésében, hatékonyabb erőforrás felhasználással. Tudósokból, szakemberekből és különböző kertészeti- és mesterséges intelligencia szakértelemmel rendelkező hallgatókból álló csapatok fejlesztenek megoldásokat, hogy távolról (szenzor)vezérelve termeljenek zöldségeket. A termesztő berendezésnek természetesen rendelkeznie kell számítógépes vezérelhetőséggel, a fűtés, a szellőzés, az árnyékolás, a világítás, a párasítás, a CO₂-ellátás, a víz- és a tápanyag- ellátás szempontjából. A növényház vezérlését egy ipari számítógép távéléréssel is tudja működtetni, ha a különböző érzékelők folyamatosan gyűjtik az adatokat digitális interfészen keresztül. Az MI által vezérelt növényházakban elért eredményeket összehasonlítva egy kézzel működtetett referenciaház eredményével megállapítható, hogy a termés, az erőforrás-felhasználás és az elért nettó nyereség részletes eredményei szempontjából (hozam, forráshasznosítás hatékonysága, nettó profit) az MI általában jól teljesített az üvegház vezérlésében, és felül tudta múlni a hagyományos technológiát (18).



Autonóm üvegház működése (18)

11. VERTIKÁLIS FARM (PLANT FACTORY)

Az élelmiszerek, az erőforrások és a környezet hármasság problémáinak feloldásához, új fogalmakon alapuló transzdiszciplináris módszertanokat kell kidolgozni, amelyek révén az élelmisznövények hozama és minősége jelentősen javul, kevesebb erőforrás-felhasználással és kevesebb környezeti degradációval, mint a jelenlegi növénytermesztési rendszerekben (31). A mesterséges megvilágítású vertikális farmok (Plant Factory with Artificial Light, PFAL) várhatóan az ilyen növénytermesztési rendszerek közé tartoznak e küldetés elérése érdekében (32). Az európai országokban a „Vertikális Farm” az előnyben részesített kifejezés, míg Ázsiában a „Plant Factory” kifejezés használata az elfogadott, ha intenzív növénytermesztési rendszerekre utalunk függőlegesen egymásra rakott vagy függőlegesen döntött polcokkal (Den Besten, 2019). A „Vertikális Farm” (VF) kifejezés népszerűsége összefüggésben áll azzal a ténnyel, hogy az európai fogyasztók a „farm”, nem pedig a „gyár” kifejezést részesítik előnyben a friss termékekkel kapcsolatban.

A VF előnyei közé tartozik a jobb erőforrás-felhasználási hatékonyság (resource use efficiency, RUE), a nagy termelékenység és a jobb minőségű növények, peszticidek használata nélkül történő előállítás (33). A LED-es fényforrások kertészeti felhasználása környezetkímélőbb és gazdaságilag kedvezőbb megoldást jelent, mint a HPS világítás (Paucek et al, 2020).

A friss, funkcionális élelmiszerek iránt egyre nagyobb az érdeklődés, amelyet a fogyasztók növekvő igénye kényszerít az egészséget és a hosszú élettartamot támogató étrendek iránt. A mikrozöldek termesztésében óriási lehetőségek rejlenek a leveles zöldségtermesztés mikroszintű adaptálásában és az emberi étrend minőségének javításában (34).

Megfelelő tervezés és használat esetén a VF a következő potenciális előnyökkel rendelkezik a hagyományos termesztéssel szemben:

- a. Bárhol megépíthető, mert sem napfényre, sem talajra nincs szükség hozzá;
- b. A termesztés körülményeit nem befolyásolja a külső klíma és a talaj termékenysége;
- c. A termelés egész évben folyamatos és a termelékenység meghaladja a szabadföldi technológiákét;
- d. A termelés minősége, például a fitonutriens koncentrációja a környezeti paraméterek manipulációval javítható
- a A fényminőség jobb lehet, mint a szabadföldi;
- e. A termék peszticid-mentes, étkezés előtt nem kell lemosni;
- f. A termék hosszabb eltarthatósági idővel rendelkezik, mivel a baktériumterhelés általában kevesebb mint 300 kolóniaképző egység (CFU)/1, ami a szántóföldi növények termelésének 1/100-1/1000 része;
- g. A szállítási költség csökkenthető a VF-ok városi területek közelében történő kiépítésével;
- h. A magas erőforrás-felhasználási hatékonyság (víz, CO₂, műtrágya stb.) a szennyező anyagok külső környezetbe történő minimális kibocsátásával érhető el.

A VF talaj nélküli termesztésében is tápoldat formájában juttatjuk ki a növények növekedéséhez feltétlenül szükséges tápelemeket, mivel a növények megtámasztásául szolgáló közegek egyáltalán nem, vagy csak minimális mennyiségben tartalmaznak tápanyagokat. Kutatók szerint a

következőképpen összegezhetők a VF rendszerekben felhasznált tápoldatokkal szemben támasztott alapkövetelmények (35):

- Ionos formában tartalmazza az összes esszenciális tápelemet (a szén kivételével), tehát az úgynevezett makroelemeket (oxigén, hidrogén, nitrogén, foszfor, kálium, kalcium, magnézium, kén) és a mikroelemeket (vas, bór, mangán, réz, cink, molibdén, klór, nikkel, kobalt) is,
- Az ionok koncentrációja a növények növekedése számára optimális szintű és egyenletes legyen,
- Nem tartalmazhat a növények számára káros anyagokat és kórokozó mikroorganizmusokat,
- pH értéke 5,5 és 6,5 között egyenletes legyen,
- Elegendő mennyiségű oldott oxigént tartalmazzon a gyökerek légzési tevékenységéhez.



A Greensense Farm beltéri növénytermesztése és a Plant Factory könyv címlapja

12. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. 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.
2. Ponce P, Molina A, Cepeda P, Lugo E, MacCeery B. Greenhouse Design and Control. 2015. 354 p.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Tuba Z, Szenté 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.
7. 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>
8. Tazawa S. Effects of various radiant sources on plant growth (Part 1). *Japan Agric Res Q.* 1999;33(3):163–76.
9. 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>
10. 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>
11. 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>
12. 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.
13. 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.
14. Jensen MH, Collins WL. Hydroponic Vegetable Production. *Hortic Rev (Am Soc Hortic Sci).* 1985;7:483–558.
15. Savvas D. Current knowledge and recent technological developments in nutrition and irrigation of greenhouse crops. *Acta Hortic.* 2020;1268:1–11.
16. 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.
17. Savvas D, Meletiou 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.
18. 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).

19. 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.
20. 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.
21. Kozai T. Why LED lighting for Urban agriculture? *LED Lighting for Urban Agriculture.* 2016. p. 3–18.
22. 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.
23. Gómez C, Izzo LG. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agric Food.* 2018;3(2):135–53.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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>
29. 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>
30. 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.
31. Kozai T, Niu G. Introduction. *Plant Fact An Indoor Vert Farming Syst Effic Qual Food Prod.* 2015;3–5.
32. Orsini F, Pennisi G. Sustainable use of resources in plant factories with artificial lighting (PFALs). *Eur J Hortic Sci.* 2020;85(5):297–309.
33. 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.
34. 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.
35. 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].* Elsevier Inc.; 2016. p. 165–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00011-1>

5. NÖVÉNYHÁZAK MIKROKLÍMÁJÁNAK DIGITALIZÁCIÓJA

Szerzők:

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

1. TERMESZTŐBERENDEZÉSEK KLÍMASZABÁLYOZÁSA

A termesztőberendezések használatának két fő célja van. Elsősorban a termesztett növények védelme a külső környezeti tényezőktől (szélsőséges hőmérséklet, szél, jégeső, nagyobb esőzések stb.), másrészt olyan mikroklíma létrehozása, amely megteremti a kívánt termesztési cél eléréséhez szükséges optimális környezeti tényezőket. A termesztési cél leggyakrabban a friss fogyasztásra betakarítható nyers termés hozamának maximalizálása.

Az előbbi célok eléréséhez, a termesztőberendezések klímájának szabályozására, a fény (besugárzás), a hőmérséklet, a páratartalom és a CO₂ koncentráció optimalizálására törekszünk. (A megvilágítással a 6. témában foglalkozunk.)

1.1. Hőmérséklet

A berendezésben elérhető hőmérséklet alapvetően meghatározza azt, hogy egy adott növényt egy adott időszakban lehet-e termesztetni, vagy sem. A termesztőberendezések egyik legfontosabb jellemzője az úgynevezett ΔT érték, ami azt fejezi ki, hogy az adott berendezés alkalmazásával mekkora különbséget tudunk elérni a belső és a külső hőmérséklet között. Az egész évben folyamatosan üzemelő, hosszú kultúrák termesztésére szánt berendezéseket 30-35°C-os ΔT -re célszerű tervezni, hogy a télen esetlegesen elforduló -20, °C-os, vagy ez alatti fagyok esetén is elérhető legyen a melegigényes növények neveléséhez szükséges +10°C-os fejlődési küszöbhőmérséklet.

A hőmérsékletet tovább lehet növelni fűtés alkalmazásával, melynek fontosabb típusai, a talajfűtés, a hőlégbefúvás, a légtér-fűtés és a vegetációs fűtés. A nagy légtérű berendezésekben ez utóbbit használják elsősorban. A vegetációs fűtés a leghatékonyabb, amelynek csöveit általában a padozaton, a gyökérszóna közelében helyezik el és az innen felfelé áramló meleg levegő a növények levelei között áramlik felfelé. A csövek anyaga lehet műanyag (polipropilén), amely általában fekete színű, 3-4 cm átmérőjű, felülete bordázott a hatékonyabb hőleadás érdekében és a növények gyökérszónája mellé helyezik el. A fémből (általában vas) készült csöveket néhány centiméter magas állványzaton helyezik el, melynek szélessége a szedési, fitotechnikai munkákhoz szükséges fém kerekű művelőkocsik nyomtávjának felelnek meg. Felületük sima és eredetileg ezeket fehérre festik, de a folyamatos használat miatt ez lekopik. A csövekben (20-25°C-os) víz áramlik, melynek melegítéséhez gyakran termálvizet használnak, de a földgáz és a megújuló energiahordozók (fa, apríték stb.) is előfordulnak mint fűtőanyag. A légtér-fűtés technikai megoldása nagyon hasonló, felületük sima és általában fehér, de itt a csöveket a növényállomány magasságában helyezik el, így kevésbé hatékony, mivel a gyökérszónát nem melegíti. A melegigényes növények esetén a gyökérszóna hőmérséklete is fontos.



forrás:

<https://royalbrinkman.com/climate-control/greenhouse-heating/hot-air-blowers/gas-fired-heater-hhb-120kw-w-90001729>

A napsugárzás hiánya miatt bekövetkező éjszakai energiaveszteség csökkentésére alkalmazzák az energiaernyőket, amelyek reflektív felületként csökkentik a hosszú hullámú hőkisugárzást, akár 15°C-os hőlépcsőt is képesek produkálni. Alapanyaguk általában szövött polietilén, melybe alumínium szálakat kevernek. Árnyékolásra is alkalmasak, de sajnos a nyári napok magas hőmérsékletét nem tudják csökkenteni.

A termesztőberendezések nyári klímaszabályozásban fontos szerepe van a hőmérséklet csökkentésének, amelyre számos módszer alkalmas. A legolcsóbb a szellőztetés, mellyel nem csak a hőmérsékletet, hanem a pára- és a CO₂ tartalmat is szabályozhatjuk. Ezért a termesztőberendezések tervezésekor fontos szempont a szellőztető felület aránya és elhelyezése. A nagy légtérű termesztőberendezések általában tetőszellőzőket használnak, melyek felületének arányát befolyásolja a berendezés mérete, -arányai (hosszúság, szélesség, magasság), az uralkodó szélirány és a természetes, vagy épített szélárnyék. Általában elmondható, hogy a szellőztetésre alkalmas ablakok felületének növelésével a szellőztetés hatékonysága nő, de ezzel párhuzamosan a károsítók bejutásának valószínűsége is. A szellőztetésen kívül ismert az árnyékoló ernyők, az árnyékoló festékek, a hűtőfalak, a hőszivattyúk és a ködképzés alkalmazása is a hőmérséklet csökkentésére. A berendezés túlzott nyári felmelegedése ellen általában az előbb felsorolt megoldások kombinációját szokták alkalmazni, pl. szellőztetés, árnyékoló festés, párástó öntözés.

1.2. Légmozgás, egyenletes klíma

A növényházakban nagyon fontos a megfelelő légeloszlás, hogy egyenletes hőmérsékletet biztosíthassunk az egész termesztőtérben. Ezzel megelőzhetjük, hogy a kultúra eltérően fejlődjen amiatt, hogy a növényház sarkaiban túl meleg vagy éppen túl hideg van. A levegő mozgását a növényházban ventilátorok, vagy más néven szellőztető tornyok biztosítják, amelyek elősegítik a növényházak jobb szellőzését és homogén klímáját. A szellőztető torony fontos légi támogatást nyújt a ködképzőkkel végrehajtott növényvédelmi kezelések esetén is. A ventilátor a páratartalom szabályozásának is elengedhetetlen része.

Az egyenletes klíma megteremtésének első lépéseként fel kell mérni az aktuális helyzetet, vagyis hogy mennyire egyenetlen a növényház klímája. A klíma szenzorok segítségével feltérképezhető a hőmérséklet és a páratartalom a növényház különböző pontjain, hogy kiderüljön, hol vannak meleg/szárazabb vagy hideg/párásabb foltok. A felmérés után, fel kell tárni az egyenlőtlenesség okait és lépéseket kell tenni a probléma megoldása érdekében. A növényház egyenetlen klímájának leggyakoribb okai a hiányos burkolat (törött ablak, vagy tömítetlenség), a növényház egyéb nyílásai, a sérült energiaernyő, illetve az elégtelen légtérűtés az oldalfalak mentén.



Energiaernyő használata kencia pálma nevelése során

forrás: <https://www.gardencenteradvice.com/en/suppliers/mdk-flowers-greens/>

Általános technikai megoldás a ventilátorok alkalmazása, amelyek biztosítják a növényház belső légáramlását, ezáltal pedig egyenletesebb lesz a hőmérséklet, a páratartalom és a CO₂ koncentráció. A légmozgás megteremtésével fokozódhat a növények párologtatása. A levegő folyamatos mozgatása egyenletesebb, de magasabb páratartalmat eredményez, ami egyes kultúrákban problémákat (például Ca100 hiánytüneteket és gombás betegségeket) okozhat.

Ilyen esetekben egy másik technika, a páramentesítő rendszer segíthet, ami a ventilátorokhoz hasonlóan, szintén biztosítja a légáramlást, de ugyanakkor gondoskodik a növényház levegőjének páramentesítéséről is, anélkül, hogy csökkentené a benti hőmérsékletet. Így nincs energiavesztés, mivel az elfogyasztott energia meleg levegő formájában visszakerül a növényházba, a kinyert víz pedig ipari vízként használható.



Forrás:

<https://royalbrinkman.hu/legfrissebb-hireink/muszaki-projektek/a-noevenyhazak-klimajanak-joevedelmezo-optimalizalasa>

A felsorolt klímaelemeknek a mérésére rendelkezésre állnak hordozható és rögzített mérőeszközök, szenzorok, amelyek mérik a növényház környezetének- és belső terének hőmérsékletét,

páratartalmát és CO₂ koncentrációját majd elküldik az adatokat a klímavezérlőnek, amely kiszámítja belőlük a termesztett növény optimális teljesítményéhez szükséges értékeket.

1.3. Páratartalom

A növények folyamatosan vizet párologtatnak (transzspiráció) a gázcsere nyílásaikon (sztómákon) keresztül, növelve ezzel a légtér relatív páratartalmát (RP%). Ez a folyamat a diffúzió alapul, tehát a gázcsere nyílásokon belüli tér 100%-os relatív páratartalmú levegője cserélődik ki a környezet alacsonyabb páratartalmú levegőjével. Minél nagyobb a különbség a gázcsere nyílások külső és belső oldala között, annál gyorsabb ez a folyamat, amely a gyökereken keresztül történő vízfelvételt is elősegíti. Ezért gyakorlati szempontból a relatív páratartalom helyett a vízgőz telítettség hiányt (water pressure deficit, VPD%) szokták használni, amely a gázcsere nyílások külső és belső oldala közötti relatív páratartalom különbség. Az alacsony páratartalom fokozza a gázcsere nyílások (sztómák) záródását, ezáltal szintén csökken az asszimiláció és a transzspirációs tevékenység. A magas páratartalom növelheti a gombás és a baktériumos fertőzések megjelenésének valószínűségét és csökkenti a párologtatás hatékonyságát, ezzel csökkenti az asszimilációt. Nem elhanyagolható szempont a beporzást igénylő, termésükért termesztett növényeknél (paradicsom, paprika, tojásgyümölcs), hogy alacsony páratartalom esetén a virágpor pollentömlője kiszáradhat, így elmaradhat a termékenyülés, amely termés kiesést eredményez. A túl magas páratartalom esetén pedig a pollenszemek összeragadhatnak, szintén negatívan befolyásolva a termékenyülés hatékonyságát.

A páratartalom szabályozása is szellőztetéssel valósítható meg legolcsóbban. A páratartalmat speciális szórófejekkel ellátott párástó öntözőberendezéssel növelhetjük és aktív páramentesítő berendezéssel csökkenthetjük.



Forrás: <https://www.indiamart.com/proddetail/greenhouse-misting-system-23036596297.html?pos=7&pla=n>

1.4. CO₂

A növények az asszimilációhoz nagy mennyiségű CO₂-ot használnak fel, amelynek legolcsóbb pótlására szintén a szellőztetés használatos. A legkorszerűbb termesztőberendezések már rendelkeznek a CO₂ trágyázást megvalósító berendezéssel. Elsősorban az emberi tevékenységnek köszönhetően, a külső levegőben átlagosan 400 ppm-re (0,04%) emelkedett koncentrációt (6), 700-1000 (7), más esetekben akár 1200 ppm-re növelik a berendezésekben, maximalizálva ezzel az asszimilációt (8). Általában a kereskedelmi forgalomban levő tartályos CO₂-ot használják fel erre a

célra. Keverő ventilátorok segítségével fontos fenntartani a homogén levegőminőséget az üvegházban, annak érdekében, hogy az egész üvegházban egyenletesen megfelelő koncentráció álljon rendelkezésre.



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

1.5. Meteorológiai állomás, időjárás-érzékelő (külső) szenzorok

A napfény, a hőmérséklet, a levegő páratartalma, a szélsébség és a szélirány, a csapadékmennyiség mérése nagyon fontos a növényház stabil klímájának megteremtéséhez. A besugárzásérzékelő szenzor méri a növényház külső hőkibocsátását is, így a hőveszteség megakadályozása érdekében az energiaernyő korábban záródhat, ha derült az égbolt. Ezzel elsősorban energiát lehet megtakarítani. A csapadékerzékelő szenzor adatai alapján automatikusan szabályozhatók a szellőzőnyílások az optimális benti klíma fenntartása érdekében. A külső páraszenzorral mérhető a levegő relatív páratartalma a növényházon kívül, ami azért fontos, mert jelentősen eltérhet a belső páratartalomtól. A meteorológiai állomás az összes mérési adatot elküldi a vezérlő számítógépnek, ami az adatok figyelembevételével végzett számításai alapján automatikusan szabályozza a folyamatokat.



Forrás:

<https://royalbrinkman.com/climate-control/climate-computer/electronic-outdoor-rh-sensor-hx-922-h-01-set-4-20m-085979216>

Belső klímaszenzorok

A hagyományosnak mondható klíma mérőszensorok a hőmérsékletet és a relatív páratartalmat mérik, de kiegészíthetők egy opcionális CO₂-modullal. A CO₂-monitor egy digitális mérőműszer, amely a szén-dioxid koncentrációját méri és figyeli a növényházon belül. A CO₂-monitor levegőt szív be a méréshez, ami egy CO₂-szelep segítségével több helyen is elvégezhető.



Forrás: <https://richel-group.fr/produits/ordinateur-climatique/>

PAR-szenzor

A fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) szenzor a 400-700 nm hullámhossz tartományban méri a fényt. A növényállomány felett szükséges elhelyezni, vezeték nélküli kapcsolaton továbbítja az adatokat néhány perces időközönként, mely intervallum állítható. A PAR-szenzor által mért fény mennyiség alapján a vezérlő számítógép kiszámítja, hogyan kell beállítani az árnyékolókat, a szén-dioxid-szintet és a növénynevelő lámpákat a maximális eredmény elérése érdekében.



Forrás:

<https://royalbrinkman.com/mechanical-equipment/measuring-equipment/light-sensors/par-sensor-with-holder-868mhz-085901218>

Infrakamerával (növényhőmérsékleti kamera) távolságtól függetlenül mérhető a levelek felszíni hőmérséklete, amelyből következtetni lehet a növény párologtatásának mértékére és a vízellátottságára.



A modern mezőgazdaságban a technológiai fejlesztések általános elterjedése átalakította a növénytermesztés módszereit és lehetőségeit. A növényházak, vagy üvegházak, kulcsfontosságú szerepet játszanak a kontrollált növénytermesztésben és az élelmiszertermelés fenntarthatóságában. Azonban az üvegházás termesztés hatékonyságának és eredményességének további javítása érdekében az iparág folyamatosan fejleszti és digitalizálja a növényházak mikroklímájának irányítását és monitorozását.

A "Növényházak mikroklímájának digitalizációja" fejezet célja, hogy áttekintést adjon a növényházak mikroklímája digitalizálásának jelentőségéről és előnyeiről. A digitális technológiák és automatizált

rendszerek bevezetése lehetővé teszi a növénytermesztési folyamatok hatékonyabb és precízebb irányítását, növelve ezzel a termesztési eredményességet és a terméshozamot.

2. ÉRZÉKELŐK ÉS ADATGYŰJTÉS A NÖVÉNYHÁZAKBAN

A növényházakban történő modern növénytermesztés egyre inkább támaszkodik az automatizált technológiákra és az adatgyűjtésre. Az érzékelők és az adatgyűjtés rendszerei forradalmi változásokat hoztak a mezőgazdasági termelés területén, különösen a növénytermesztésben. Ezen technológiák segítségével a termesztők képesek pontosabban monitorozni a növényházak klímáját és a növények állapotát, optimalizálni a termesztési folyamatokat és növelni a terméshozamot..

2.1. Környezeti paraméterek érzékelése és monitorozása (pl., hőmérséklet, páratartalom, fényerősség stb.)

A növényházakban való hatékony növénytermesztés kulcsfontosságú eleme az optimális mikroklima fenntartása. Ennek érdekében különféle környezeti paramétereket kell figyelemmel kísérni és szabályozni, mint például a hőmérséklet, a páratartalom, a fényerősség, a szélereősség és más klíma jellemzők. Az érzékelők és a szenzorok segítségével ezeket a paramétereket folyamatosan és pontosan mérhetjük, így lehetőségünk van az adatok alapján szabályozni a növényház környezetét.

A hőmérséklet-érzékelők monitorozzák a levegő hőmérsékletét, ami kritikus a növények fejlődéséhez. A páratartalom-érzékelők segítségével figyelemmel kísérhetjük a levegő nedvességtartalmát, mely hatással van a növények transzpirációs folyamataira és vízfelvételére. A fényerősség-érzékelők segítségével pedig monitorozhatjuk a beérkező napfény mennyiségét, ami szintén meghatározó a fotoszintézis és a növények anyagcseréje szempontjából. Ezek az adatok összegyűjtésre és rögzítésre kerülnek, lehetőséget adva a termesztőknek az adatok elemzésére és szükség esetén a klíma szabályozására, hogy a növények a lehető legjobb körülmények között fejlődhessenek.

2.2. Növényi paraméterek érzékelése (pl., talajnedvesség, növényi stressz, tápanyagszint stb.)

A sikeres növénytermesztéshez nem elegendő csak a környezeti paraméterek figyelemmel kísérése; szükséges a növények állapotának és fejlődésének monitorozása is. Ebben az esetben a talajnedvesség, a tápanyagszint, a növényi stressz és az egyéb növényi paraméterek érzékelése válik fontossá.

A talajnedvesség-érzékelők lehetővé teszik a talaj nedvességtartalmának mérését, ami meghatározó a megfelelő öntözési rendszerek kialakításához és a vízgazdálkodáshoz. A tápanyag-szenzorok monitorozzák a talaj tápanyagszintjét, ami segít az optimális tápanyagpótlás kialakításában, így a növények megfelelő mennyiségű és típusú tápanyaghoz jutnak. A növényi stressz-érzékelők figyelik a növények stresszszintjét, ami korai jelzés lehet a betegségek vagy környezeti stresszhatások esetén.

Az érzékelők által generált adatokat a digitális platformokba integráljuk, így a termesztők valós időben figyelemmel kísérhetik a növények állapotát és igényeit. Ez lehetővé teszi az időben történő

beavatkozásokat és az optimális növénygondozást, ami növeli a terméshozamot és csökkenti a kockázati tényezőket.

Az érzékelők technológiája és a szenzorok kiválasztása alapvető fontosságú a digitalizált növényházak hatékony működése szempontjából. Ebben a fejezetben körbejárjuk a rendelkezésre álló technológiákat és szenzorokat, továbbá bemutatjuk azok előnyeit és korlátait.

A megfelelő érzékelők kiválasztásánál figyelembe kell venni a termesztési célokat, a növényfajtákat, a növényház méretét és az elvárt adatpontokat.

3. AUTOMATIKUS KLÍMAVEZÉRLÉS ÉS SZABÁLYOZÁS

A hagyományos növénytermesztés során a klímavezérlés és a környezeti paraméterek szabályozása gyakran kézi beavatkozást igényel, amely időigényes és növeli az emberi hibák kockázatát. Az automatikus klímavezérlés és szabályozás technológiai lehetővé teszi a növényház klímájának folyamatos monitorozását és az intelligens algoritmusok révén történő automatikus szabályozását.

3.1. Intelligens klímavezérlés és adaptív szabályozás a növényházakban

Az automatikus klímavezérlés és adaptív szabályozás forradalmasítja a növénytermesztést a modern növényházakban. Az intelligens klímavezérlés lehetővé teszi a környezeti paraméterek (hőmérséklet, páratartalom, fényerősség stb.) automatikus és folyamatos szabályozását az előre beállított optimális értékek alapján. Az adaptív szabályozás az adatok folyamatos elemzését és a változó körülményekhez való rugalmas alkalmazkodást jelenti, így a növények mindig a legmegfelelőbb körülmények között növekedhetnek.

Az automatikus klímavezérléshez érzékelők és szenzorok folyamatos adatgyűjtése szükséges. Az előző fejezetben tárgyalt érzékelőkkel összegyűjtött információk alapján az intelligens vezérlőrendszer képes optimalizálni a klímát. Például, ha a hőmérséklet emelkedik, a rendszer automatikusan elindítja a hűtőrendszert vagy a szellőztetést, hogy a növények ne szenvedjenek hőstressztől. Ez a fajta automatizált klímavezérlés jelentősen javítja a növények egészségét és a termesztés eredményességét.

Automatizált fűtési, hűtési és szellőztetési rendszerek

Az automatizált fűtési, hűtési és szellőztetési rendszerek kulcsfontosságúak a növényházak klímájának hatékony és stabil szabályozásában. Az érzékelők folyamatosan nyomon követik a környezeti paramétereket és a vezérlőrendszer automatikusan beavatkozik, amikor a paraméterek eltérnek az előre meghatározott értékektől.

Az automatikus fűtési rendszerek hideg időjárás esetén automatikusan bekapcsolnak, hogy megőrizzék a növények optimális hőmérsékletét. Ugyanígy, az automatikus hűtési rendszerek a túlmelegedés ellen lépnek fel, például nyáron, amikor a hőmérséklet magasabb lehet. A szellőztető rendszerek pedig biztosítják a friss levegő áramlását, ami különösen fontos a növények számára, mivel ez elősegíti a CO₂ felvételét és a fotoszintézist.

Az automatizált klímavezérlés és szabályozás nemcsak a növények számára kedvező, de gazdaságos is. Az energiatakarékosság miatt csökkennek az üzemeltetési költségek és a termesztők számára rugalmasabbá válik a termesztés folyamatos ellenőrzése és optimalizálása.

3.2. Környezeti változásokra adott automatikus válasz és paraméterek optimalizálása

Az automatikus klímavezérlés nemcsak a meghatározott értékekhez való visszatérítést jelenti, hanem lehetővé teszi az automatikus reagálást a környezeti változásokra is. Az érzékelők folyamatosan figyelik a környezeti változásokat, például az időjárási körülményeket vagy a növények állapotát. Ha a változások olyan mértékűek, hogy az befolyásolhatja a növények fejlődését vagy az optimális mikroklimát, a vezérlőrendszer automatikusan reagál és szabályozza a környezeti paramétereket.

A paraméterek optimalizálása a hosszú távú adatgyűjtés és elemzés eredményeképpen válik lehetségessé. Az automatikus klímavezérlés folyamatosan tanul az adatokból és igazodik a változó termesztési körülményekhez. Ezáltal a rendszer képes finom hangolni a paramétereket az optimális növényi növekedés és fejlődés érdekében.

A környezeti változásokra adott automatikus válasz és a paraméterek optimalizálása segít a termesztőknek jobban megérteni a növények igényeit és optimalizálni a növénytermesztési folyamatokat. A hatékony klímavezérlés és szabályozás a növényházakban hozzájárul a stabilabb termesztéshez és a magasabb terméshozamhoz, miközben minimalizálja a környezeti hatásokat és az energiafelhasználást.

4. KLÍMAMODELLEK ALKALMAZÁSA AZ ELŐREJELZÉSEKBEN

A klímaváltozás hatásaival való megküzdés és a fenntartható növénytermesztés előmozdítása érdekében a növényházakban történő modern növénytermesztés egyre inkább támaszkodik a klímamodellek alkalmazására az előrejelzések és szimulációk terén. A "Klímamodellek alkalmazása az előrejelzésekben" fejezet célja, hogy bemutassa a klímamodellek szerepét és jelentőségét a növényházakban történő termesztési folyamatok optimalizálásában és a döntéshozatalban.

A klímamodellek olyan matematikai modellek és szimulációs rendszerek, amelyek segítségével az éghajlati rendszerek működését és változásait lehet modellezni. Ezek az eszközök lehetővé teszik a jövőbeli éghajlati állapotok és környezeti változások előrejelzését, amelyek nagyban befolyásolják a növénytermesztést és a növényházak mikroklimáját.

4.1. Növényházi klímamodellek és virtuális szimulációk

A klímamodellek és a virtuális szimulációk forradalmi módszereket jelentenek a növényházak mikroklimájának előrejelzésében és optimalizálásában. Ezek az eszközök lehetővé teszik, hogy a termesztők előre lássák a környezeti változásokat és a szimulációk révén megértsék a növények reakcióját különböző klíma-forgatókönyvekre.

A növényházi klímamodellek olyan számítógépes modellek, amelyek a növényházak környezeti paramétereit és a növényi folyamatokat szimulálják. Az érzékelőkből származó adatokkal táplálva ezek a modellek képesek megjósolni a növények növekedését, fejlődését és terméshozamát különböző klímaviszonyok között. Ezáltal a termesztőknek lehetőségük van az optimális klímaviszonyok kialakítására és a termesztési folyamatok előrejelzésére.

A virtuális szimulációk révén a termesztők szimulálhatják a különböző klíma-forgatókönyveket, például extrém hőhullámokat vagy hideg időszakokat, és megfigyelhetik, hogyan reagálnak rá a

növények. Ez lehetővé teszi a termesztek számára, hogy kialakítsák a legjobb klímavezérlési stratégiákat és felkészüljenek a változó időjárási körülményekre.

4.2. Időjárás-előrejelzési adatok és klímamodellek integrációja

Az időjárás-előrejelzési adatok és a klímamodellek integrációja jelentős előrelépést jelent a növénytermesztés terén. Az időjárás-előrejelzések és a klímamodellek kombinálása lehetővé teszi a rövid és hosszú távú előrejelzéseket, a növényházak klímájára vonatkozóan.

Az időjárás-előrejelzési adatok az aktuális és közeljövőben várható időjárási körülményekre vonatkoznak. A klímamodellek pedig a hosszabb távú klímaváltozásokra adnak választ. Az adatok integrálása révén a termesztek pontosabb előrejelzéseket kaphatnak a növényházak klímájáról és az elkövetkező időjárási viszonyokról.

Az integrált előrejelzések segítségével a termesztek megfelelően előkészülhetnek a közelgő időjárási változásokra és az időben történő klímavezérléssel optimalizálhatják a növények fejlődését. Ezáltal a növénytermesztés hatékonysága növekszik és minimalizálhatóak lesznek a termelési kockázatok.

4.3. Klímamodellek segítése a termesztési folyamatok optimalizálásában és döntéshozatalban

A klímamodellek jelentős segítséget nyújtanak a növénytermeszteknek a termesztési folyamatok optimalizálásában és a döntéshozatalban. Az előrejelzések és a szimulációk révén a termesztek információval rendelkeznek a növények reakciójáról a különböző klímaviszonyokra és ez lehetővé teszi a legjobb klímavezérlési stratégiák kialakítását.

A klímamodellek segítségével a termesztek különböző klíma-forgatókönyveket tesztelhetnek a virtuális környezetben anélkül, hogy a valódi növényeket kockáztatnák. Ezáltal a termesztek hatékonyan tervezhetik meg a termesztési folyamatokat és optimalizálhatják a klímavezérlési rendszereket.

Az előrejelzések alapján a termesztek időben beavatkozhatnak és megelőzhetik a kritikus helyzeteket, például a hőstresszt vagy a vízhiányt. A klímamodellek továbbá segítenek a környezetbarát növénytermesztésben is, mivel lehetővé teszik az energiahatékony klímavezérlés kialakítását és a vízgazdálkodás optimalizálását.

5. MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÉS GÉPI TANULÁS A NÖVÉNYHÁZAKBAN

A növénytermesztés területén az automatizált folyamatok és a digitális technológiák egyre inkább elterjednek. A mesterséges intelligencia (MI) és gépi tanulás (GT) megoldásai pedig új dimenziókat nyitnak meg a növényházakban történő termesztésben. Az MI és GT képessé teszik a termesztőket az adatok elemzésére, az intelligens klímavezérlésre és az adaptív döntéshozatalra, ami hatékonyabb, eredményesebb és fenntarthatóbb növénytermesztést tesz lehetővé.

5.1. Gépi tanulás algoritmusok alkalmazása az adatok elemzésében és értelmezésében

A modern növényházakban nagy mennyiségű adat halmozódik fel az érzékelőkből és más szenzorokból, amelyek folyamatosan monitorozzák a klímát és a növények állapotát. Azonban ezek az adatok önmagukban nem sokat érnek. Ebben az esetben a gépi tanulás algoritmusok lépnek be a képbe.

A gépi tanulás olyan mesterséges intelligencia ágazat, amely lehetővé teszi a rendszereknek, hogy tanuljanak az adatokból anélkül, hogy kifejezetten programozni kellene őket. Az adatok elemzésében és értelmezésében alkalmazott gépi tanulás algoritmusok képesek felismerni mintákat, azonosítani az összefüggéseket és előrejelzéseket készíteni. Például, a gépi tanulás algoritmusok segítségével az előző évek termesztési adatait elemezve, előre jelezhetjük a következő évi termés hozamra vonatkozó várható eredményeket.

5.2. Mesterséges intelligencia alkalmazása a klímavezérlésben és optimalizálásban

A mesterséges intelligencia alkalmazása lehetővé teszi a növényházak klímavezérlési rendszereinek fejlesztését és optimalizálását. Az MI rendszerek folyamatosan figyelik és elemzik az érzékelőkből származó adatokat, és ezek alapján döntenek a klímavezérlésben.

Az MI algoritmusok képesek azonosítani a növények optimális klímaigényeit a növekedés különböző szakaszaiban. Például, egy növénynek fiatalabb korában lehet, hogy magasabb hőmérsékletre és nedvességtartalomra van szüksége, míg a növekedés későbbi szakaszaiban más környezeti paraméterek válnak fontossá. Az MI rendszerek ezeket az információkat összegyűjtik és alkalmazkodnak a növények aktuális igényeihez, optimalizálva a klímavezérlést az adott növények számára.

5.3. Intelligens döntéshozatal és adaptív klímavezérlés a növényházakban

Az MI és GT alkalmazása lehetővé teszi az intelligens döntéshozatalt és az adaptív klímavezérlést a növényházakban. Az MI algoritmusok folyamatosan elemzik a növényekre és a környezeti paraméterekre vonatkozó adatokat, a kapott információk alapján pedig beállítják a klímavezérlési rendszereket.

Az intelligens döntéshozatal lehetővé teszi, hogy a klímavezérlő rendszerek gyorsan és hatékonyan reagáljanak a változó környezeti feltételekre. Például, amikor hirtelen emelkedik a külső hőmérséklet, az MI rendszer képes automatikusan bekapcsolni a hűtőrendszert és optimalizálni a szellőztetést annak érdekében, hogy megóvja a növényeket a hőstressztől.

Az adaptív klímavezérlés lehetővé teszi, hogy a rendszer tanuljon és alkalmazkodjon a változó környezeti feltételekhez és a növények állapotához. Az MI és GT algoritmusok folyamatosan frissítik a modelleket és a döntési mechanizmusokat, ami optimalizált és hatékony klímavezérlést eredményez, valamint maximalizálja a termelés eredményességét.

Az MI és GT szerepe a növényházakban egyre növekszik, így kulcsfontosságú a fenntartható, a hatékony és az eredményes növénytermesztés elősegítésében. Az intelligens döntéshozatal és az adaptív klímavezérlés révén a termesztők képesek a növények igényeit pontosabban behatárolni és minimalizálni a környezeti hatásokat, ami hosszú távú sikerhez vezet a növénytermesztésben.

6. NÖVÉNYHÁZI MIKROKLÍMA ÉS TERMELÉKENYSÉG

A növényházak mikroklímája az egyik legfontosabb tényező a sikeres és eredményes növénytermesztésben. A megfelelő mikroklíma kialakítása és optimalizálása kulcsfontosságú a növények hatékony növekedéséhez, a magasabb terméshozamhoz és a kiváló minőségű termények előállításához. Ebben a fejezetben alaposan megvizsgáljuk a növényházi mikroklíma hatásait a növényi növekedésre és termelékenységre, továbbá bemutatjuk, hogy miként lehet a mikroklímát optimalizálni különböző növényfajtákhoz és fajtaválasztási stratégiákhoz. Emellett megvizsgáljuk a mikroklíma hatását a termény minőségére és tápértékére, kiemelve az egészségesebb és a magasabb tápértékű termények előállításának jelentőségét.

6.1. A mikroklíma hatása a növényi növekedésre és termelésre

A növényházak mikroklímája kritikus szerepet játszik a növények növekedésében és fejlődésében. A hőmérséklet, a páratartalom, a fényerősség és a CO₂ koncentráció olyan tényezők, amelyek kulcsfontosságúak a növények fotoszintéziséhez és a tápanyagok feldolgozásához.

Az optimális hőmérséklet és a páratartalom biztosítja a növények számára a megfelelő feltételeket a fotoszintézishez. A megfelelő fényerősség szintén létfontosságú a fotoszintézis szempontjából, mivel a növények a napenergiából származó fény segítségével alakítják át a vizet és a szén-dioxidot glükózzá és oxigénné. A megfelelő CO₂ koncentráció szintén szükséges a fotoszintézis optimális működéséhez.

Az optimális mikroklíma kialakítása lehetővé teszi a növények számára, hogy hatékonyan felhasználják az energiát és a tápanyagokat a növekedéshez és a fejlődéshez. Ennek eredményeképpen a termesztők magasabb terméshozamra és egészségesebb növényekre számíthatnak.

Mikroklíma optimalizálása különböző növényfajtákhoz és fajtaválasztási stratégiákhoz

Különböző növényfajták különböző igényekkel rendelkeznek a mikroklímával kapcsolatban. Egyes növényeknek magasabb hőmérsékletre és alacsonyabb páratartalomra van szükségük, míg mások a hűvösebb környezetet és a magasabb páratartalmat részesítik előnyben. A fényigény és a CO₂ tolerancia is eltérő lehet a különböző növényfajták esetében.

A termesztőknek alaposan tanulmányozniuk kell a növényfajták mikroklímával kapcsolatos igényeit és ezeket figyelembe kell venniük a fajtaválasztás során. Az optimális mikroklíma biztosítása az adott növények igényeinek megfelelően jelentősen növeli a termesztés hatékonyságát és a terméshozamot.

Az előrehaladott érzékelőtechnológiák és az adatgyűjtés révén a termesztők számos paramétert monitorozhatnak, például a talajnedvességet, a hőmérsékletet és a fényerősséget. Az adatok elemzése és értelmezése lehetővé teszi a pontosabb mikroklíma kialakítását a növények igényeinek megfelelően.

6.2. Mikroklíma hatása a termény minőségére és tápértékére

A mikroklíma nemcsak a növények növekedésére és termelésére, hanem a termény minőségére és tápértékére is hatással van. A hőmérséklet, a fényerősség és a páratartalom hatással lehet a termény színére, ízére, tápanyag-tartalmára és textúrájára.

Az optimális mikroklíma biztosítása lehetővé teszi a magas minőségű termények előállítását, ami a fogyasztók számára is vonzóvá teszi a termékeket. A megfelelő tápértékű termények növelik a termesztők versenyképességét a piacon és hozzájárulnak az egészségesebb élelmiszerek elérhetőségéhez.

Fontos hangsúlyozni, hogy a növényházak mikroklímájának optimális kialakítása és kezelése mennyire fontos a sikeres növénytermesztés szempontjából. Az optimális mikroklíma biztosítása lehetővé teszi a növények hatékony növekedését, a magasabb terméshozamot és a magas minőségű és tápértékű termények előállítását, ami hozzájárul a fenntartható növénytermesztéshez és az egészségesebb élelmiszerek előállításához.

A mikroklíma és a növényvédelem kapcsolatáról a 8. részben olvashatsz bővebben

7. FENNTARTHATÓ ENERGIAFELHASZNÁLÁS ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS

A fenntartható energiafelhasználás és a klímaváltozás kérdései rendkívül fontosak a növénytermesztés és a növényházak fenntarthatósága szempontjából. Ebben a fejezetben áttekintjük az energiatakarékos megoldásokat és a fenntartható energiaforrásokat, amelyek segítenek csökkenteni a növényházak energiafogyasztását és környezeti lábnyomát. Emellett megvizsgáljuk a klímaváltozás hatásait a növényházi mikroklímára és az ehhez való alkalmazkodási stratégiákat. Végül, bemutatjuk, hogy milyen szerepe van a növényházi mikroklímának az éghajlatváltozás kihívásainak kezelésében.

7.1. Energiatakarékos megoldások és fenntartható energiaforrások a növényházakban

A hagyományos növényházak jelentős mennyiségű energiát fogyasztanak, különösen a fűtés és a világítás terén. Azonban az energiafelhasználás csökkentése és a fenntartható energiaforrások használata lehetővé teszi a növényházak fenntarthatóságának javítását.

Az energiatakarékos megoldások közé tartoznak a hatékony hőszigetelés, a napenergiát hasznosító technológiák, a LED világítás alkalmazása és az energiahatékony fűtési és hűtési rendszerek kiépítése. Az ilyen megoldások csökkentik az energiafelhasználást és segítenek minimalizálni a környezeti terhelést.

A fenntartható energiaforrások közé tartozik a napenergia, a szélenergia, a geotermikus energia. A megújuló energiaforrások használata hozzájárul a növényházak fenntarthatóságához és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez.

Klíímaváltozás hatása a növényházi mikroklímára és adaptációs stratégiák

A klímaváltozás már most is érzékelhető hatást gyakorol a növényházi mikroklímára. A globális hőmérséklet-emelkedés, az extrém időjárási események, a csapadékmennyiség változása mind befolyásolják a növények növekedési körülményeit és a mikroklímát.

Az adaptációs stratégiák kialakítása létfontosságú a klímaváltozás hatásainak kezelésében. Az érzékelők és az adatgyűjtési technológiák segítségével a termesztők folyamatosan figyelhetik a mikroklímát és az éghajlati változásokat. Ez lehetővé teszi az időjárási előrejelzések figyelembevételét és az adaptív klímavezérlést a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás érdekében.

Növényházi mikroklíma szerepe az éghajlatváltozás kihívásainak kezelésében

A növényházi mikroklíma kulcsfontosságú a klímaváltozás kihívásainak kezelésében. Az optimális mikroklíma biztosítása lehetővé teszi a növények hatékony növekedését és termelését, még az éghajlati változásokkal járó kihívások közepette is.

Az energiahatékony megoldások és a fenntartható energiaforrások alkalmazása csökkenti a növényházak környezeti terhelését és hozzájárulnak a klímaváltozás elleni küzdelemhez. A növényfajták igényei szerint beállított mikroklímával és az adaptív klímavezérlés segítségével a termesztők képesek lesznek hatékonyan kezelni az éghajlatváltozás okozta kihívásokat.

8. FORRÁSOK

- <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/viztisztitasi-technologia-k-a-kerteszekben>
- <https://gremonsystems.com/hu/termek/trutina/>

6. PRECÍZIÓS ÖNTÖZÉS

Szerzők:

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

1. BEVEZETŐ

Precíziós öntözőrendszerek kialakítására legtöbbször intelligens öntözőrendszereket használnak, melyek technológiát és adatelemzést használnak a vízfelhasználás optimalizálására, valamint a növények, pázsitok öntözési hatékonyságának javítására. Ezek a rendszerek túlmutatnak a hagyományos öntözőkön, különféle érzékelőket és adatvezérelt algoritmusokat tartalmaznak, hogy intelligens, megalapozott döntéseket hozzanak arról, hogy mikor, hol és mennyit öntözzenek. A hagyományos öntözőrendszerekkel ellentétben, amelyek gyakran fix ütemezéseken vagy kézi beállításon alapulnak, az intelligens öntözőrendszerek különféle alkatrészeket és adatforrásokat alkalmaznak a vízfelhasználás optimalizálása és az öntözési folyamat hatékonyságának javítása érdekében. Az intelligens öntözőrendszerek kiváló módszert jelentenek az öntözési folyamatok automatizálására és optimalizálására, így vizet, időt és pénzt takarítanak meg az egészséges növények megőrzése mellett meg. Az adatelemzés és az adaptív öntözés használatával ezek a rendszerek jelentősen csökkenthetik a vízpazarlást, ami jótékony hatással van a környezetre és költségmegtakarításhoz vezethet a felhasználók számára.



2. ÖNTÖZÉS- ÉS TÁPANYAG MENEDZSMENT

Öntözővíz

A később felsorolt rendszerek öntözés szempontjából a mikroöntözés kategóriájába sorolhatók, melyek esetén nagyon fontos az öntözővíz minősége. Ha a lebegő szilárd részek mennyisége meghaladja a 100 ppm-es koncentrációt, akkor az eltömődés kockázata nagy, ebben az esetben a durvaszűrők feladata a fizikai szennyeződések kiszűrése. Az öntözővíz kémiai tulajdonságai közül a savas kémhatás ($\text{pH} < 7$) előnyösebb. Fontos, hogy a vas- és a mangántartalom ne haladja meg a 1,5 mg/l-es értéket. Lúgos kémhatású vizek esetében ($\text{pH} > 8,0$) gyakoribb az eltömődés. Biotikus követelmény az alacsony mikrobiológiai szennyezettség ($< 10000 \text{ db/ml}$).

Tápanyagok

Aszerint, hogy az elemek közül mely tápelem milyen mértékben vesz részt a növények felépítésében, makro-, mezo-, mikro- és nyomelemeknek nevezik őket:

Makroelemnek tekintjük azokat a tápanyagokat, amelyek 0,1%-nál nagyobb arányban fordulnak elő a növényekben. A makroelemek közé tartozik a három fő nem ásványi tápanyag, a szén, az oxigén és a hidrogén, amelyekből a növényi szervezet zöme felépül. Ezen elemeket a növények a levegőből és a vízből általában mindig kellő mennyiségben fel tudják venni. Az ásványi tápelemek közül klasszikusan a nitrogént, a foszfort és a káliumot tekintjük makroelemnek. Koncentrációja alapján az esszenciális elemek közül makroelemnek számít még a kalcium, a magnézium és a kén is. Ez utóbbi három tápelemet termesztési szakkönyvekben sokszor mezoelemnek is nevezik.

Növénytermesztési szempontból azon esszenciális tápelemeket tekintjük mikroelemnek, melyek 0,1%-nál kisebb koncentrációban fordulnak elő a növényekben. Ide tartozik a bór, a vas, a mangán, a cink, a réz, a molibdén, a klór, a nikkel és a kobalt. A nyomelemek rendkívül kicsi, általában 0,4-0,5%-nál kisebb koncentrációban vannak jelen, ilyenek például a szelén, a titán, a cézium, a lítium, a fluor, a jód, a bróm és a vanádium.

Tápoldatok

Talaj nélküli termesztésben az ásványi tápelemeket tápoldat formájában, az öntözőrendszeren keresztül juttatjuk ki. Erre a célra fejlesztették ki a vízben maradék nélkül oldódó, más néven öntöző- vagy tápoldatozó műtrágyákat. Ezeket magasabb költségük miatt csak tápoldatozásra és lombtrágyázásra érdemes felhasználni.

Kritériumuk, hogy feloldásuk után csak 0,02%-uk maradhat hátra oldhatatlan anyagként, így nem tömítik el a mikro öntözőrendszerek szűrőit. Ha az előbbinél nagyobb arányú a vízben oldhatatlan maradék, akkor kevés maradékkal oldódó műtrágyáról beszélhetünk, melyekből általában a kalcium által képzett csapadékok válnak ki. Alapos szűrés után tápoldatozásra is alkalmasak. A jelentős mennyiségű, üledékkel oldódó műtrágyát nem célszerű öntözőrendszeren keresztül kijuttatni, bár olcsóbb, de tápoldatozásra nem alkalmas.

Műtrágyák

Összetételük szerint megkülönböztetünk egyedi vagy más néven mono-, összetett- és komplex műtrágyákat.

A mono trágyák egyetlen vagy több tápelemet magába foglaló vegyületet tartalmaznak hatóanyagként. A műtrágyák (pl. karbamid, ammónium-nitrát, kálium-szulfát, szuperfoszfát, kalcium-nitrát, különböző mikroelem kelátok) és a természetes eredetű szervesetlen trágyák (pl. mészkő és dolomit őrlemény, gipsz, elemi kén) között találhatunk számos ilyen anyagot. A mono

trágyák előnye, hogy viszonylag olcsók és kombinálásukkal a kívánt tápanyagarányt alakíthatjuk ki, hátrányuk, hogy alkalmazásuk esetén a mezo- és a mikroelemek pótlására külön figyelmet kell fordítani, ami komoly szaktudást igényel.

A komplex műtrágyák a teljes esszenciális tápelemsort tartalmazzák hatóanyagként, ezért alkalmasak a hajtott állományok tápoldatozásához. Az erre a célra használt vízben teljes mértékben oldódó műtrágyák jól ismert csapadékképzése miatt általában nem tartalmaznak kalciumot, de a gyakorlatban ezeket a trágyákat is komplexnek tekintjük. Előnyük, hogy felhasználásukkal alacsony technológiai és szakmai színvonal esetén is biztonságosan megvalósítható az állományok mezo- és mikroelem utánpótlása. Hátrányuk a viszonylag magas áruk és a már az összetett műtrágyák esetében is említett fix tápelem-arány.

3 Az ÖNTÖZŐRENDSZEREK FŐ JELLEMZŐI, FELÉPÍTÉSÜK

A talaj nélküli termesztésben nem választható szét a tápoldatozás és az öntözés, mivel előbbi közvetítő közege az öntözővíz. A tápoldat legfontosabb jellemzői az elektromos vezetőképesség (EC) és a pH. Előbbi arányos az oldott tápanyagtartalommal, melynek mértékegysége mS/cm és átlagos értéke 2-3 között változhat növényfajtól függően, amely 2-3 g/l-es töménységnek felel meg. A tápoldat kémhatását általában 6 alatti értékre állítják be. Az öntözési stratégia optimalizálásának köszönhetően akár 15% víz és műtrágya is megtakarítható.



Forrás:

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

Egy öntöző-tápoldatozó rendszernek a következő jellemzőkkel szükséges rendelkeznie: dupla szűrési rendszer (100 és 300 mikron), tisztavíz és rendszer-szivattyú, nagyméretű keverőtartály (stabil pH), dupla EC és pH mérés és kontroll, több tápoldat recept kezelése, üzemeltethető önálló egységként, öntözési start fénymérés alapján.

Az öntözés- és tápanyag menedzsment részei általában a következők:

- Biomassza mérés, amely a termesztési döntéseket támogatja a valós idejű növényi biomassza megfigyelések alapján, minél nagyobb pontossággal.
- Drénvíz (a szubsztrátból elfolyó víz) mérés és a tápoldat jellemzőinek (EC, pH és hőmérséklet) mérése folyamatosan.
- Okostelefon kompatibilitás, bármely mobil operációs rendszeren valós időben tekinthetők meg a legfontosabb mérőszámok a mobil eszközön.

- Figyelmeztető rendszer, ha valamelyik paraméter egy bizonyos szint alá csökken, akkor automatikusan üzenetet küld a felhasználó felé.



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

A precíziós öntöző rendszerek lényege a törekvés a tökéletes öntözés kialakítására. Azt már az elején kijelenthetjük, hogy tökéletes öntözés nincs, csupán törekvés annak megvalósítására. A legtöbb öntözéstechnikával foglalkozó gyártók laborjaikban újabbnál -újabb kísérletekkel próbálják megoldani a víz minél precízebb kijuttatásának módját.



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

Egy adott növényházban elhelyezett szórófejek által megvalósított felső öntözésnél a gyártók által megadott paramétereknek megfelelően sem tudjuk a 100% -os szórás egyenletességet létrehozni. A csepegtető rendszerek sokkal hatékonyabb vízkijuttatással működnek. A meglévő öntözési rendszerek egy kis ráfordítással könnyen felokosíthatók, ezáltal sokkal precízebb öntözés érhető el.

4. ÖNTÖZŐRENDSZEREK TÍPUSAI A NÖVÉNYHÁZAKBAN

Mikro szórófejes felső öntözés



Forrása:

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

A növényházi felső öntözés tervezésénél előre célszerű meghatározni, hogy milyen növényekhez, milyen technológiához, milyen növényházba akarunk felső öntözést vagy párást kiépíteni.

Felső mikro szórófejes öntözés, egyenletes öntözésre, igényes növényekhez

Fejes saláta, hónapos retek talajon termelve csepegtető kiegészítés nélkül, vagy tálcás palántanevelés esetén a legnagyobb, 92-95 %-os egyenletesség szükséges. Ezek a növények a legkisebb egyenletességi hiányosságot is felnagyítva jelzik.

Önálló felső öntözés, kevésbé érzékeny növényekhez

Ritkán alkalmazzuk önállóan, mert főleg a tápoldatozás és a lomb szárazon tartása miatt, a termelők sokszor kiegészítik csepegtető szalaggal. Ilyen például a paprika- és a káposztafélék öntözése. A csepegtető szalag ára és költsége bőven megtérül annak alkalmazásával.



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

A szórófejeket a fóliaházakban inkább palántázás előtt a talajnedvességgel való feltöltésére, ill. palántázáskor és később, a napi 3-4 alkalommal történő frissítő öntözésre használják. Növényházi párásításnak szokták nevezni, de itt a víz öntözi a talajt, párásításkor pedig csak a levegő párásítása történik, talajon nem szabad a víznek megjelennie.

Csepegtető öntözés növényházakban

A csepegtető öntözés a növényházakban egyre népszerűbb és hatékony módszer a növények öntözésére. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy közvetlenül a növények gyökérzónájába szállítsák a vizet, így csökkentve a vízpazarlást és növelve az öntözés hatékonyságát.



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

A csepegtető öntözési rendszerek előnyei közé tartozik, hogy lehetővé teszik az öntözés gyakoriságának és mennyiségének pontos szabályozását, így optimalizálva a növények növekedését és csökkentve a túl- vagy alulöntözés kockázatát. Továbbá, mivel a víz közvetlenül a gyökérzónába kerül, csökken a betegségek és a gyomnövekedés kockázata is. A csepegtető öntözés hatékony eszköz a kórokozók terjedésének és a gyomnövekedésnek a csökkentésére, mivel nem nedvesíti a leveleket, ami kedvező környezetet teremthet a gombás és bakteriális betegségek számára.



Merev falú csepegtető cső, működés közben

A csepegtető öntözés telepítésének és karbantartásának költsége azonban kihívást jelenthet. A rendszer beállítása anyagi befektetést igényel, mint például a csövek, a csepegtetők, a szűrők és a

vezérlők, valamint a telepítés során felmerülő munkaerő-költségek. Emellett a csepegtető és a szűrők eldugulhatnak, ami csökkenti a rendszer hatékonyságát, ezért rendszeres karbantartásra és tisztításra van szükség.



Néhány növény, különösen azok, amelyek sekély gyökérrendszereket fejlesztenek ki vagy magas páratartalmat igényelnek, nem minden esetben részesülnek ugyanolyan előnyökben a csepegtető öntözés alkalmazásával. Fontos megismerni a növények specifikus igényeit, mielőtt döntést hoznánk az öntözési rendszer típusáról.

Öntözés a talaj nélküli növénynevelő rendszerekben

A talaj nélküli növénynevelő rendszerekben, mint például a hidroponikus rendszerekben, különböző öntözési módszereket alkalmaznak. Ezek közé tartozik a vízben lebegő gyökérrendszerek, például a mélyvízi kultúra, amely kiválóan alkalmas kisebb növények, mint például a saláta termesztésére. Ebben a rendszerben a növények gyökereit teljesen lefedik a tápoldattal, ezért fokozottan ügyelni kell az oldat oxigéntartalmára (ld. 4.5).

A csepegtető öntözési rendszer, amely hasonló a hagyományos csepegtető öntözéshez, lehetővé teszi, hogy a felesleges víz újrahasznosítható legyen, ezáltal hatékonyabbá téve az öntözési rendszert. Ez a rendszer különálló víztárolókból, vízszivattyúból és kis csövekből áll, amelyek bizonyos időközönként táplálják a növényeket.

Egy másik gyakori módszer a tápanyagfilm technika (NFT), amelyben a növényeket folyamatosan keringtetett víz látja el tápanyagokkal.

Az aeroponikus rendszer kevesebb vizet használ, ahol a növények gyökerei a levegőben lógnak és tápanyagos oldattal permetezik őket.

A hidroponikus rendszerek beállítása során fontos a megfelelő fényviszonyok ismerete, a tápoldat koncentrációjának és pH-értékének ellenőrzése, valamint a víz oxigénnel való dúsítása. A rendszer költsége változó, a kiválasztott típustól és mérettől függően.

5. AZ INTELLIGENS ÖNTÖZŐBERENDEZÉSEK FŐ JELLEMZŐI

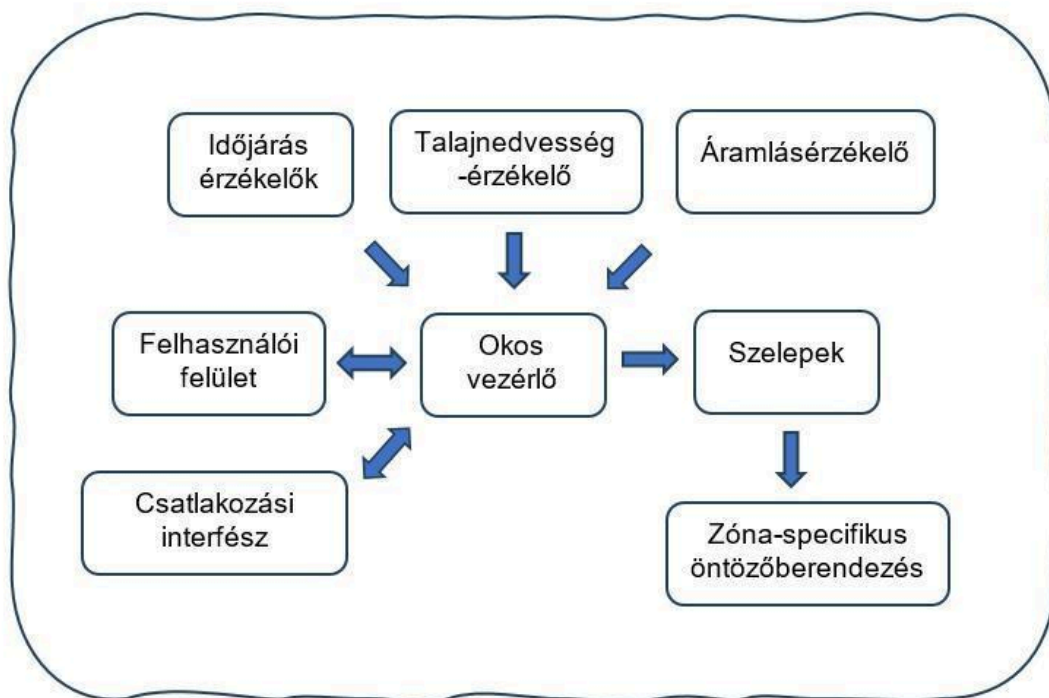
Időjárás-figyelés:	Az intelligens öntözőberendezések gyakran időjárás-érzékelőkkel vannak felszerelve, vagy online időjárási szolgáltatásokhoz csatlakoznak. A valós idejű időjárási adatok figyelésével a rendszer az aktuális és az előre jelzett időjárási körülmények alapján módosíthatja az öntözési ütemterveket. Például, ha borultabb az idő, a rendszer késleltetheti az öntözést, hogy elkerülje a szükségtelen öntözést.
Intelligens döntés:	Az intelligens döntéshozó egység elemzi a különböző érzékelőktől származó adatokat és felhasználva az előre jelzett vagy aktuális időjárási viszonyokat meghatározza az optimális öntözési ütemtervet és időtartamot az öntözőrendszer egyes zónáihoz.
Zóna alapú öntözés:	Az intelligens öntözőrendszer általában több zónára van felosztva, amelyek mindegyike az öntözni kívánt terület egy meghatározott részterületét képviseli, különböző vízigényekkel. A rendszer zónákra osztásával a víz meghatározott területekre irányítható, így bizonyos régiókban megakadályozható a túlóntozás, máshol pedig az alulöntözés.
Távoli hozzáférés és vezérlés:	Számos intelligens öntözőrendszer kínál távoli hozzáférést mobilalkalmazásokon vagy webes felületeken keresztül. Ez lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy bárholnan felügyeljék és irányítsák az öntözőrendszert, szükség szerint módosítva. Például, ha a felhasználó észreveszi, hogy egy bizonyos terület túl sok vagy túl kevés vizet kap, manuálisan módosíthatja a beállításokat az alkalmazáson keresztül.
Víztakarékosság	Az intelligens öntözőrendszerek elsődleges célja a víz megtakarítása, annak hatékonyabb felhasználásával. Valós idejű adatok és intelligens algoritmusok használatával ezek a rendszerek csökkenthetik a vízpazarlást.
Integráció az intelligens otthoni rendszerekkel:	Egyes intelligens öntözőrendszerek integrálhatók nagyobb intelligens otthoni rendszerekbe, amelyek lehetővé teszik számukra, hogy kommunikáljanak az otthon más okoseszközeivel. Például összehangolhatják a besugárzás mérőkkel, hogy megakadályozzák az öntözést borús napokon, vagy a páratartalom-érzékelőkkel az öntözés beállításához a légköri feltételek alapján.



Az intelligens öntözőberendezések jellemzői

6. AZ INTELLIGENS ÖNTÖZŐRENDSZER FELÉPÍTÉSE

Az intelligens öntözőrendszer jellemzően több kulcsfontosságú alkatrészből áll, amelyek együttműködnek a vízfelhasználás optimalizálása és az öntözési folyamat automatizálása érdekében. Ezek az összetevők a rendszer konkrét márkájától és modelljétől függően változhatnak.



Intelligens öntözőrendszer felépítése

Okos vezérlő: Az intelligens öntözőberendezések okos vezérlőket használnak, amelyek a rendszer központi agyaként működnek. Ezek a vezérlők bemenetet kapnak az időjárás- és klímaérzékelőktől, a talajnedvesség-érzékelőktől és más csatlakoztatott eszközöktől. A vezérlő algoritmusok és az adatelemzések segítségével optimalizált öntözési ütemtervet hoznak létre olyan tényezők alapján, mint a klimatikus viszonyok, a talaj/gyökérközeg nedvességszintje és a növénytípusok.

Időjárás-érzékelők: Az időjárás-érzékelők, például az esőérzékelők, a szélirány és a szélesebbesség-érzékelők, a légnyomás és a hőmérséklet-érzékelők valós idejű időjárási adatokat szolgáltatnak az intelligens vezérlőnek. Ez az információ döntő fontosságú a belső klímaszabályozáshoz és az optimális vízellátáshoz.



Az intelligens öntözőberendezések jellemzői **Talajnedvesség-érzékelők:** A talajnedvesség-érzékelők az intelligens öntözőberendezések alapvető alkotóelemei. Ezek mérik a talaj nedvességszintjét. Ezek az érzékelők a talajban vagy a gyökér közegben vannak elhelyezve és adatokat szolgáltatnak az intelligens vezérlőnek arról, hogy az egyes zónákban mennyire száraz vagy nedves a talaj. Az adatok segítenek a rendszernek meghatározni, mikor van szükség öntözésre, mekkora vízádaggal.



Talajnedvesség szenzor

Áramlásérzékelők: Az áramlásérzékelők figyelik a víz áramlási sebességét az öntözőrendszeren keresztül. Segítenek felderíteni a szivárgásokat vagy egyéb problémákat a rendszerben és értékes adatokat szolgáltathatnak a vízhasználat nyomon követéséhez, megőrzéséhez, ugyanakkor a rendszer ennek az információnak a segítségével automatikusan leállíthatja a vízellátást ha szivárgást észlel, megakadályozva a vízvesztést.



Áramlásérzékelő

Vízszivattyú: Sokszor nélkülözhetetlenek az öntözőrendszerekben, de nem mindenhol szükségesek.



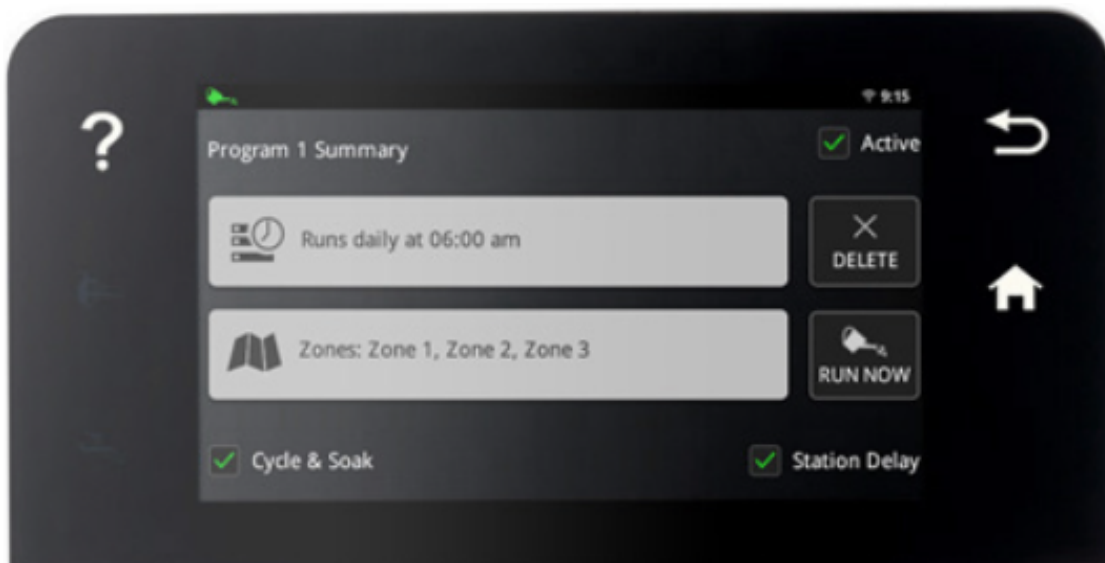
Különböző típusai léteznek. Gyakran használt a búvárszivattyú, amit vízbe merülésre terveztek. Általában kutakban és más mélyvízi medencékben használják.

Szelepek: A szelepek szabályozzák a víz áramlását az öntözőrendszer különböző zónáiban. Mindegyik zónának jellemzően saját szelepe van, amely lehetővé teszi a víz irányítását meghatározott területekre. Az intelligens vezérlő kommunikál a szelepekkel és az öntözési ütemterv szerint nyitja és zárja azokat.



Elektronikusan vezérelt szelep

Felhasználói felület: A legtöbb intelligens öntözőrendszer grafikus kijelzővel, mely lehet érintőképernyős, mobilalkalmazással vagy webes felülettel rendelkezik, amely lehetővé teszi a felhasználók számára a rendszer távoli felügyeletét és vezérlését. Az alkalmazáson vagy a felületen keresztül a felhasználók módosíthatják az öntözési ütemterveket, megtekinthetik az öntözési előzményeket és módosíthatják a rendszerbeállításokat.



Felhasználói felület

Zóna-specifikus öntözőberendezés: A hagyományos öntözőrendszerekben zóna-specifikus öntözőberendezéseket, például locsolófejeket, csepegtetőket vagy forgó fúvókákat használnak a víz eljuttatására a táj különböző területeire. Az intelligens öntözőrendszerekben ezeket az eszközöket általában megtaláljuk, amelyek az intelligens vezérlővel együttműködve precíziós és hatékony öntözést biztosítanak.



Csepegtetőrendszer

Csatlakozási interfész: Az intelligens öntözőrendszer vezetékes vagy vezeték nélküli csatlakozási lehetőségekkel felruházva kapcsolódhat a klímaszabályozási szolgáltatásokhoz, ahonnan szoftverfrissítéseket kaphat és csatlakozhat intelligens otthoni rendszerekhez más eszközökkel való integráció érdekében.

Ezek az összetevők együttműködve intelligens és hatékony öntözőrendszert hoznak létre, amely optimalizálja a vízfelhasználást és megőrzi a növények egészségét. Ezenkívül egyes rendszerek további funkciókkal is rendelkezhetnek, mint például az időjárási szolgáltatásokkal való integráció és a virtuális asszisztenseken keresztüli hangvezérlés a további vízmegőrzés és -kezelés érdekében.

7. FORRÁSOK

<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-greenhouse-s/>

<https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/tudasbazis-muszaki-projektek/viztisztitasi-technologiak-a-kert-eszetekben>

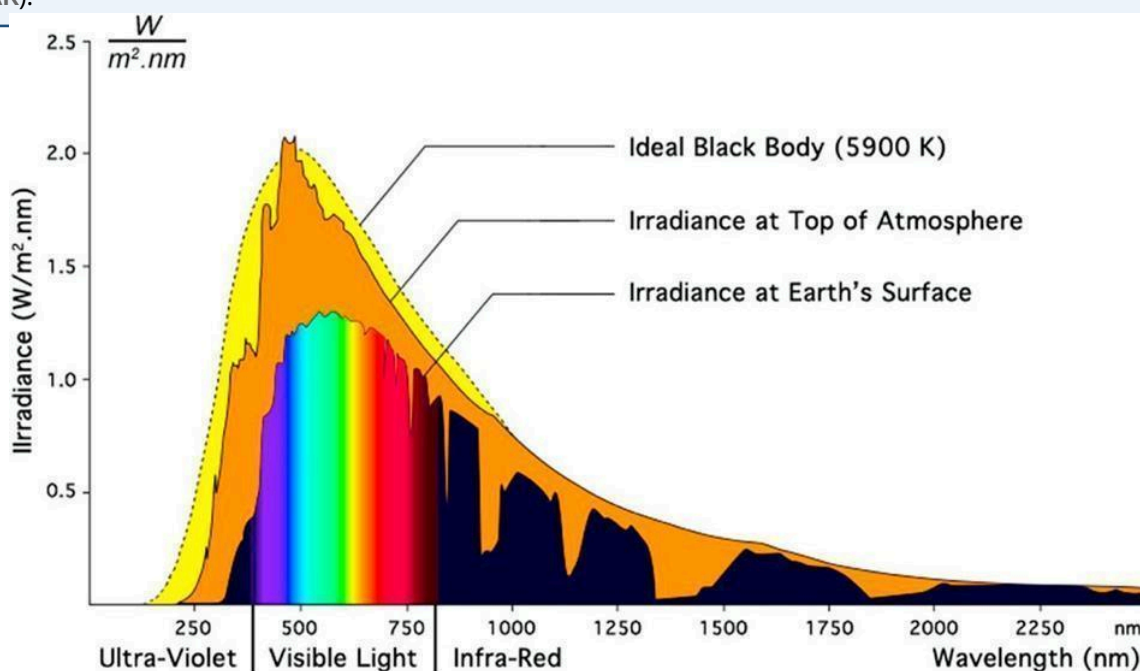
<https://gremonsystems.com/hu/termekek/trutina/>

7. MESTERSÉGES MEGVILÁGÍTÁS DIGITALIZÁCIÓJA A NÖVÉNYHÁZAKBAN

Szerző: Pék Zoltán - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

1. A FÉNY SZEREPE A NÖVÉNYEK ÉLETÉBEN

Fénynek nevezzük az elektromágneses sugárzásnak az emberi szem által látható (visible, VIS) hullámhosszúságú tartományát (400–780 nm), melynek kiemelt spektrumai: 400–420 nm – ibolya; 420–490 nm – kék; 490–540 nm – zöld; 540–640 nm – sárga; 640–780 nm – vörös. Ugyanez a tartomány játszik aktív szerepet a növények fotoszintézisében. **A fotoszintézis** az a biokémiai folyamat, melyben az élőlények a napfény energiáját felhasználva szervetlen anyagokból szerves anyagokat hoznak létre (1). A földre érkező napsugárzás hullámhossz szerinti intenzitását vizsgálva megállapítható, hogy ebben a látható tartományban van a legintenzívebb sugárzás (2). A növények tehát úgy alakultak ki, hogy a legintenzívebb sugárzást legyenek képesek hasznosítani (1. ábra). Ezt fotoszintetikusan aktív sugárzásnak nevezzük (Photosynthetically Active Radiation PAR).



1. ábra A teljes napspektrum a Föld felszínén és a légkör tetején (2).

A Nap sugárzó energiájának spektrumából kb. 40-48 %-ot tesz ki a fotoszintetikusan aktív sugárzás, amely függ a légkör jellemzőitől (borultság, relatív páratartalom, légszennyeződés) és a földrajzi helytől (szélességi kör). A fennmaradó mintegy 52-60 % sugárzóenergia túlnyomó része az infravörös tartományban (IR) helyet foglaló, hosszú hullámú hősugárzás. Ezen kívül, az ibolyántúli sugárzás (UV) is kifejt biológiai aktivitást (3).

A növényeknek a fény hasznosítására kialakult szerve a levél, amelynek méretétől és elhelyezkedésétől függ, hogy a fénysugárzásból mennyit képesek felvenni. A levelek méretét a levélfelülettel (leaf area - LA) fejezzük ki. Egy növény optimális körülmények között annál több fényt képes hasznosítani, minél nagyobb a levélfelülete. Növényállományban viszont a levélfelület növelésével csak bizonyos határig növekszik a fényhasznosítás, mivel a növények kölcsönös

árnyékolása egy bizonyos mértéken túl gátolja azt. Növényállományban a növényzet levélfelületét nemcsak abszolút értékben, hanem a tenyésztőterülethez (At) viszonyítva is meg kell állapítani. A kettő arányát levélfelület-indexnek ($LAI=LA/At-1$) nevezzük. Növényfajtól függően a levélfelület-index növelése is csak egy bizonyos határig növeli a fényhasznosítást, e felett fellép az önárnyékolás, vagyis az alsó levelek nem jutnak a fotoszintézishez elegendő mennyiségű fényhez (4).

A különböző növényfajok fényigénye eltérő. A fényigény vizsgálatánál a megvilágítás mennyiségén kívül a növényeket ért fényhatás időtartamát is figyelembe kell venni. A több fényt igénylő fajok közé tartoznak: a paradicsom, a paprika, a görögdinnye és a sárgadinnye. Közepes fényigényűnek számít a fejes- és a kelkáposzta, a bab, a cékla és a hagymafélék. Az árnyéktűrők közé sorolhatók: a zeller, a sárgarépa és a rebarbara. Ma már a legtöbb termesztett zöldségfaj fényigénye számszerűen is ismert, melyet a DLI (Daily Light Integral) fejez ki, az egy nap alatt az adott felületre beérkező fotonok mennyisége (napi fényintegrál), mértékegysége $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, mely kiszámítható a korszerű fénymérő szenzorok által szolgáltatott adatokból ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) (5). Így például, olyan fényigényes növények neveléséhez, mint a paprika vagy a paradicsom, minimum $22 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, a kevésbé fényigényes jégsaláta esetén $11.5 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, (6–9).

A növények reakcióit, a megvilágításban és a sötétben töltött idő arányára, fotoperiodizmusnak nevezik. A fotoperiodikus szabályozásnak kitett fejlődési jellemzők közé tartozik a virágzás, a rügyek nyugalma és a levelek öregedése. Ebből a szempontból három csoport különíthető el, melyek a következők (10):

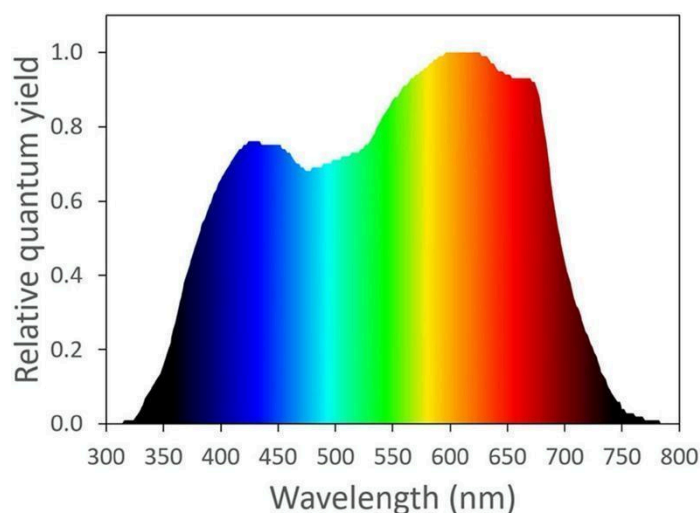
1. A rövidnappalos növények virágkezdeményei akkor alakulnak ki, ha a napi fotoperiódus legfeljebb 12 óráig tart. Ennél hosszabb fotoperiódusok a virágképződést gátolják vagy teljesen szüneteltetik. Termesztett növényeink közül e csoportba sorolhatók: a szója és az édesburgonya.
2. A hosszúnappalos növények virágkezdeményei akkor alakulnak ki, ha a napi fotoperiódus hosszúság legalább 9-14 óra, de minél jobban meghaladja a fotoperiódus ezt a kritikus értéket, annál gyorsabb a virágképződés. Ide tartoznak: a borsó, a spenót, a retek és a kínai kel.
3. A nappalközömbös növények fejlődése a nappal hosszúságától független, ezeket afotoperiodikus növényeknek is nevezik. Egyes növényfajok némely fajtái rövidnappalosak, más fajtái hosszúnappalosak. Ilyenek: a fejessaláta vagy a paradicsom.

Az egyes növényfajokon belül is megtalálhatók ezek a csoportok, tehát a fajtaválasztásnál elengedhetetlen tudni, hogy az adott termesztési időszakra, vagy megvilágítás hosszára, melyiket válasszuk (11).

A megvilágítás az első helyen álló környezeti tényező, ami hat a növények növekedésére és fejlődésére. A zárt térben történő termesztés nagyban függ a fény minőségétől is. A természetes fény a legfontosabb a növényházi termesztésben. A mérsékelt övben, a hosszúkultúrák termesztésben csak rövid ideig optimális a beérkező napfény mennyisége, amely a növények felépítő folyamatainak (asszimiláció) szempontjából a legfontosabb. A holland kutatók által megfogalmazott, úgynevezett 1%-os szabály értelmében, 1%-kal több besugárzás általában 1%-kal nagyobb termésmennyiséget eredményez (12). A berendezések fejlesztése tehát elsősorban a jobb fénykihasználás irányába történik, melynek csak egyik kulcs tényezője a burkolat anyaga (ld. 3 modul 1. táblázat).

Mivel a növények fényre adott válasza, a **fotomorfogenezis**, nagymértékben függ a genotípustól, a fejlődési állapottól, a különböző fajtáknál a maximális termés eléréséhez meg kell határozni a különböző fejlődési szakaszok megvilágítási igényét (13).

A különböző spektrumok fotoszintetikus hatékonyságát sokan vizsgálták, közülük az egyik legelfogadottabb a McCree görbe (14).



2. ábra A CO₂ asszimiláció maximális kvantumhozamának normalizált hatásspektruma keskeny hullámsávok esetén az ultraibolya sugárzástól a távoli vörös hullámhosszig (15)

Az eltérő spektrumú megvilágításra a növény fajok, sőt a fajták is eltérően reagálnak, de abban megegyeznek a kutatások, hogy a vörös fény fontos a fotoszintetikus apparátusnak és befolyásolja az asszimiláták szállítását (16).

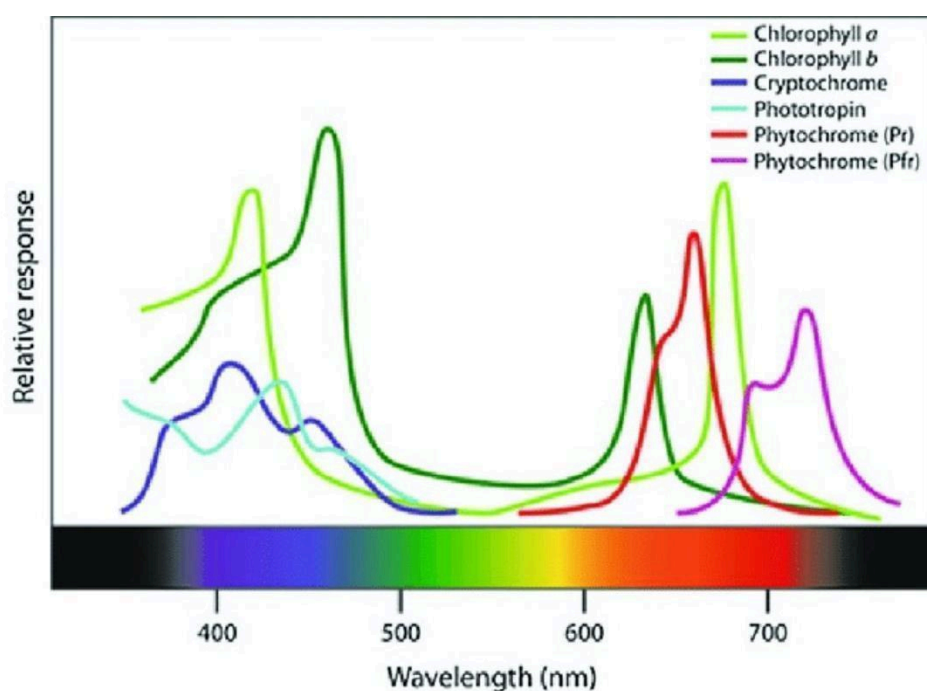
A kék fény pedig a fotoszintézisben a kloroplasztok fejlődésére, a klorofill képződésre és a növény beltartalmának alakulására van hatással, de a növények válasza nagymértékben függ a kék megvilágítás dózisától (17).

A zöld megvilágítás hatása hasonló a kékhez, a fitokróm és kriptokróm pigmenteken keresztül részt vesz a fotoszintézisben (18). Túl sok vörös fény megvilágítás az ún. „vörös fény szindrómához” vezet, ami a mikro-zölkségek rossz morfológiájában, hibás gén expresszióban nyilvánul meg (18,19). A vörös fény és más fényforrások, különösen a kék fény kombinációja, hatékonyan szabályozhatja a sztómák nyílását és javíthatja a növények szén-dioxid-felvételét, ezáltal megelőzve a "vörös fény szindróma" képződését (20,21).

A fotoszintézisen túlmenően a fény más növényi folyamatokat is befolyásol, mint például a **fotomorfogenezis**, amely magában foglalja a növények fényre adott növekedési és fejlődési válaszait. A fotomorfogenetika a fény által indított növekedési és fejlődési válaszokat írja le, amelyek nem feltétlenül kapcsolódnak közvetlenül a fotoszintézishez. A fény ebben az esetben olyan jelzéseként szolgál, amely aktiválja a növények fotoreceptorait, befolyásolva a növények növekedését, virágzását, gyökérfejlődését és egyéb fejlődési folyamatait.

Ezek a fotoreceptorok összetett jelátviteli hálózatok részét képezik, amelyek befolyásolják a növények génexpresszióját és fejlődését. A fénytípusok, intenzitások és expozíciós időszakok érzékelése révén a növények alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez, optimalizálják a fotoszintetikus aktivitást és a növekedést, valamint a túléléshez szükséges stratégiákat alakítanak ki.

Az egyes fotoreceptorok pontos szerepét és az általuk közvetített jelátviteli utakat még mindig aktívan kutatják és ez a tudományterület dinamikusan fejlődik. A fotoreceptorok a következők (22): A fitokrómok főként a vörös (660 nm) és távoli vörös (730 nm) fényérzékelésért felelősek. Két formájuk van, a Pr (vörös fényben abszorbeáló) és a Pfr (távoli vörös fényben abszorbeáló). Szabályozzák a növények növekedését, virágzását, csírázását és más fejlődési folyamatait. A kriptokrómok az UV-A és a kék fény spektrumát érzékelik (körülbelül 320-500 nm). Részt vesznek a növények cirkadián ritmusának szabályozásában, a virágzás időzítésében és a hajtásnövekedésben. UV fény hatására a növények izközei rövidülnek. A fototropinok különösen a kék fényre (körülbelül 400-500 nm) reagálnak. Fő szerepük a fototropizmusban van, amely a növények fény felé való hajlásának mechanizmusa, valamint szabályozzák a nyitószervmozgásokat, mint például a sztómák nyitását és zárását. Az UV-B fotoreceptorok az UV-B fényt (280-320 nm) érzékelik. Szabályozzák a védekező válaszokat, mint például a UV-B elleni védekezés, továbbá befolyásolhatják a növényi növekedést és morfológiát.



3. ábra A fényt felfogó molekulák relatív elnyelési görbéi a hullámhosszok függvényében

2. MESTERSÉGES MEGVILÁGÍTÁS

A mesterséges megvilágítással termesztett növények vizsgálata mintegy 150 évvel ezelőtt kezdődött, majd 1971-től az űrkutatás adott nagyobb lendületet az ilyen irányú kutatásoknak (23). A fényforrások kezdetben különböző fényintenzitással és -spektrummal működő fénycsövek-, nagynyomású nátriumgőz lámpák (high pressure sodium, HPS) (24), majd a '90-es évektől világító diódák (Light Emitting Diode, LED) voltak (25). A mesterséges megvilágítás nagy költségigénye miatt csak viszonylag kevés zöldségfaj esetében gazdaságos. A mérsékelt övben elsősorban a zöldségpalánta előállításban, valamint néhány dísz- és fűszernövény előállító berendezésben fordul elő. Az utóbbi években paradicsomhajtató üzemekben is megvalósították, így lehetővé vált a január-február hónapokban történő betakarítás. A besugárzás csökkentésére a fény csökkentése szempontjából, kevés szükség van a mérsékelt övben.

3. MESTERSÉGES FÉNYFORRÁSOK TÍPUSAI

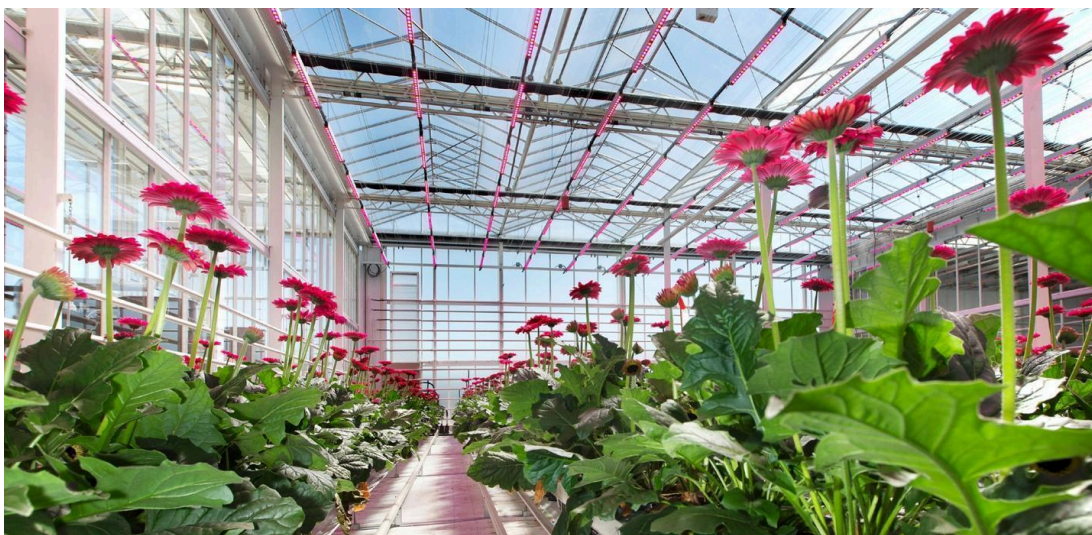
Az utóbbi években egyre jobban terjed a mesterséges kiegészítő világítás alkalmazása a növényházakban. Néhány dísnövénynél ez korábban is elengedhetetlen volt, de mára a zöldségnövényeknél is alkalmazzák ételkészítés előállítására. A vertikális farmok pedig egyáltalán nem használnak természetes fényt, kizárólag elektromos energián alapuló fényforrásokat alkalmaznak. A növények előállításának ez utóbbi módját korábban is alkalmazták az úgynevezett fitotronokban, kizárólag kutatási célokra (26).

A növények nevelésére alkalmazott fényforrások a következők: Fénycsövek: A hagyományos fénycsövek, mint például a T5, T8, és T12 csövek, továbbra is népszerűek, különösen a fiatal palánták és a kis növények növekedéséhez. Ezek a fényforrások kiválóak az egyenletes fényeloszláshoz nagyobb területeken. Kompakt Fénycsövek (CFL) és Nagynyomású Nátriumlámpák (HPS): Ezek a lámpatípusok hosszabb élettartamot és jobb fényhasznosítást kínálnak, de több hőt termelnek, ami megköveteli a hőmérséklet szabályozását. LED Világítás: A LED (Light Emitting Diode) lámpák egyre népszerűbbek a növénytermesztésben, mivel energiahatékonyak, hosszú élettartamúak és lehetővé teszik a fény spektrumának szabályozását. Különböző színű LED-ek, mint például a piros és a kék, különösen hasznosak a növények bizonyos növekedési szakaszaihoz. A következő táblázat a mesterséges fényforrások előnyeit és hátrányait hasonlítja össze (27).

1. táblázat A mesterséges fényforrások előnyei és hátrányai

Fényforrás típusa	Előnyök	Hátrányok
Fénycsövek (T5, T8, stb.)	Egyenletes fényeloszlás, alacsonyabb kezdeti költségek, kisebb hőtermelés	Nagyobb energiafogyasztás, cseréjük gyakoribb, mint LED-ek esetén
Kompakt Fénycsövek (CFL)	Energiahatékonyság, könnyű beszerzés és telepítés	Hőtermelés kezelése szükséges, nem ideális nagy területekre
Nagynyomású Nátriumlámpák (HPS)	Nagy fényintenzitás, jó a virágzás támogatásához	Nagy hőtermelés, a spektrum nem kiegyensúlyozott
Fémhalogén lámpák (MH)	Jó a vegetatív növekedés támogatásához, széles spektrum.	Nagy hőtermelés jellemzi; gyakori cserére van szükség; kevésbé energiahatékony, mint a LED vagy CFL
LED	Alacsony energiafogyasztás, hosszú élettartam, kevés hőtermelés, a spektrum szabályozhatósága	Magasabb kezdeti költségek; bizonyos esetekben korlátozott fényerősség

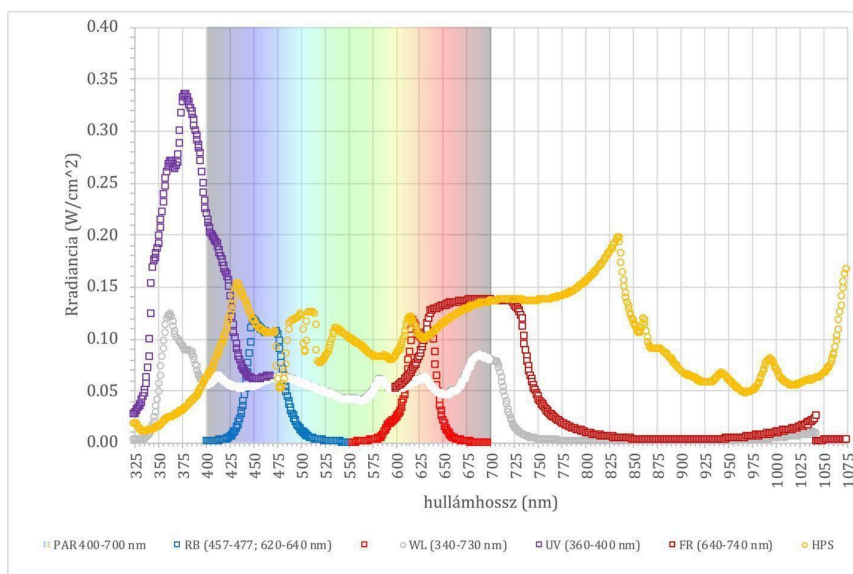
A LED alapú fényforrások jobb költséghatékonyságuknak köszönhetően (25,28,29), nagy lendületet adtak a mesterséges megvilágítású növénytermesztésnek is az elmúlt évtizedben (30). Felhasználásukkal olyan időszakokban és helyeken is lehetővé vált a növények előállítása, ahol addig korábban nem volt lehetséges, ami különösen fontos olyan növények esetén, mint az egész évben elérhető levélzöldségek (25,31).



4. ábra Nagynyomású nátriumgőz lámpa (HPS), HPS világító dióda (LED) köztes világítással (interlight) kiegészítve, felső LED világítások

4. HPS ÉS LED FÉNYFORRÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A korszerű növénynevelő házak hatékony működésének egyik alapfeltétele a megfelelő és energiatakarékos mesterséges (pót)megvilágítás biztosítása. Az utóbbi évek során a kutatás-fejlesztés ezen a területen is nagyot lépett előre. A növények számára nem a beérkező összes fény mennyisége, hanem a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) nagyobb jelentőségű (32). A látható fény tartományából a növények fotoszintetikus pigmentjei egyrészt a 450, másrészt a 660 nm körüli hullámhosszú sugárzást tudják legjobban hasznosítani. Ezen kívül az emberi szem által nem látható fénytartományokat is érzékelik (33). Mivel a LED fényforrásokban precízen szabályozható a kibocsátott fény spektruma, ezért hatékonyabb lehetőséget nyújt a növényi teljesítmény fokozására, mint a többi fényforrás. A korábban HPS, vagy más mesterséges megvilágítással rendelkező növényházakban is folyamatosan lecserélik a lámpákat a korszerűbb LED alapú fényforrásokra.

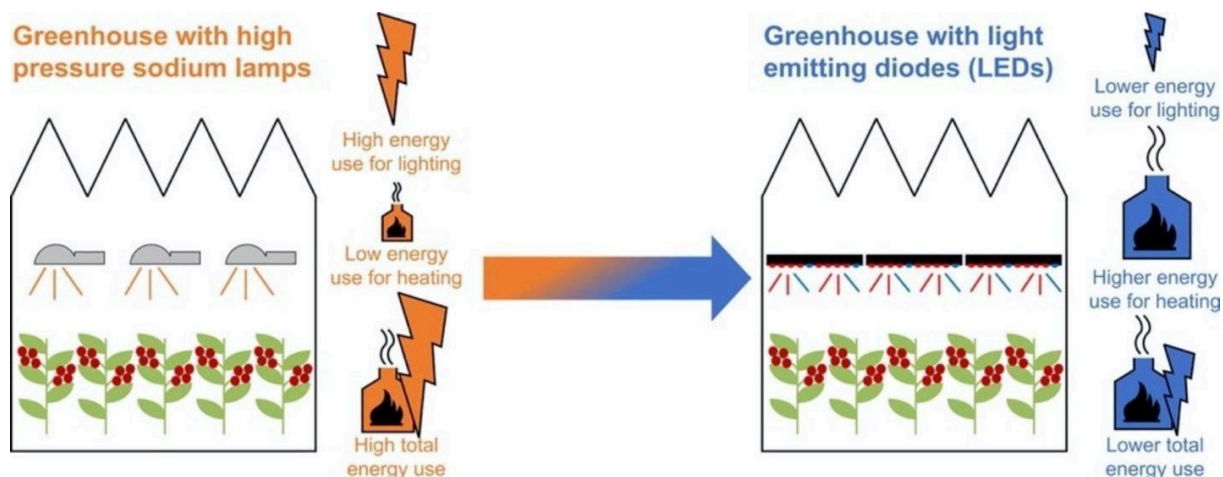


5. ábra A HPS és különböző színű- (kék/vörös: RB; ultraibolya: UV; közeli vörös: FR), valamint a kompakt fehér (WL) LED fényforrások sugárzási spektrumai a fotoszintetikusan aktív tartományhoz (PAR) viszonyítva

A fény hullámhossza és intenzitása erősen befolyásolja a növények élettevékenységét és produktivitását. A LED lámpákkal a növények életszakaszaihoz igazítva mindig az optimális spektrális összetételű és mennyiségű fényt tudjuk biztosítani. Kísérletek igazolták, hogy a legtöbb növénynél a kék fénytartomány a vegetatív növekedést serkenti, a piros fény a generatív folyamatokat stimulálja, a távoli vörös pedig alkalmas a virágzás indukálására (34). A levélzöldségek termesztésénél nagyon fontos, hogy elkerüljük a nitrátfelhalmozódást a növények szervezetében, optimális fényspektrummal ez is megoldható. Spenóttal folytatott kísérletekben, különböző fényen nevelve eltérő volt a növények szárhossza, levélfelülete, biomassa termelése és a beltartalmi összetevőik is. A távoli vörös fény például növelte a levelek vastartalmát (35).

Egy HPS, LED összehasonlítási kísérletből kiderült, hogy a HPS-el világított üvegházak esetében a felhasznált energia aránya jelentősen (45% és 85% között) változott a különböző éghajlati viszonyok között (5. ábra). A LED-ekre való átállással megjósolt energiamegtakarítás a teljes energiafelhasználás 10–25%-a volt; a kültéri klíma volt a legfontosabb tényező, amely meghatározta, hogy mennyi energiát lehet megtakarítani. Megállapították, hogy a növények transzspirációja magasabb a HPS lámpák alatt, ami nagyobb energiavesztéssel eredményez és megnövekedett a szellőztetés révén történő páramentesítés szükségessége. A LED-es üvegházak nagyobb hőigénye leginkább télen jelentkezett, amikor a HPS-el világított üvegházakban a lámpák hőtöbblete

csökkentette a fűtési rendszer terhelését. Nyáron mind a HPS, mind a LED üvegházak fűtési igénye alacsony volt, a HPS üvegházak pedig nagyobb szellőzést igényeltek (36).



5. 6. ábra Nagynyomású nátriumgoz lámpa (HPS) és a világító dióda (LED) felső világítások összehasonlítása

Hasonló következtetésre jutottak a kutatók hajtattott uborkában összehasonlítva a HPS és a LED lámpákat. Ősszel és tavasszal a LED lámpák alacsonyabb hőterhelése magasabb CO₂ koncentrációt tesz lehetővé az alacsonyabb szellőztetés igény miatt, de nyáron a hőterhelés csökkenése nem elég nagy ahhoz, hogy jelentősen befolyásolja a CO₂ koncentrációt. Az északi szélesség 60° foka felett a LED-ek sugárzási intenzitását 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ fölé kell emelni, hogy le tudják váltani a PS lámpákat (37).

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Nagy L, Magyar M. No alternatives to photosynthesis: From molecules to nanostructures. In: Jeschke P, Starikov EB, editors. *Agricultural Biocatalysis: Theoretical Studies and Photosynthesis Aspects* [Internet]. Jenny Stanford Publishing; 2022. p. 211–47. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003313076-7/alternatives-photosynthesis-molecules-nanostructures-lászló-nagy-melinda-magyar>
2. Wang L, Yu J. Chapter 1 - Principles of photocatalysis. In: Yu J, Zhang L, Wang L, Zhu BBT-IS and T, editors. *S-scheme Heterojunction Photocatalysts: Fundamentals and Applications* [Internet]. Elsevier; 2023. p. 1–52. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443187865000020>
3. Akitsu TK, Nasahara KN, Ijima O, Hirose Y, Ide R, Takagi K, et al. The variability and seasonality in the ratio of photosynthetically active radiation to solar radiation: A simple empirical model of the ratio. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*. 2022;108:102724.
4. Sarlikioti V, Meinen E, Marcelis LFM. Crop Reflectance as a tool for the online monitoring of LAI and PAR interception in two different greenhouse Crops. *Biosyst Eng* [Internet]. 2011;108(2):114–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.11.004>
5. Björn LO, Shevela D, Govindjee G. What Is Photosynthesis? - A Broader and Inclusive View. In: Dalal VK, Misra AN, editors. *A Closer Look at Photosynthesis*. Nova Science Publisher, Inc.; 2023. p. 1–43.
6. Gavhane KP, Hasan M, Singh DK, Kumar SN, Sahoo RN, Alam W. Determination of optimal daily light integral (DLI) for indoor cultivation of iceberg lettuce in an indigenous vertical hydroponic system. *Sci Rep* [Internet]. 2023;13(10923):1–15. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36997-2>
7. Matsuda R, Ozawa N, Fujiwara K. Leaf photosynthesis, plant growth, and carbohydrate accumulation of tomato under different photoperiods and diurnal temperature differences. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2014;170:150–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.014>
8. Lanoue J, Little C, Hao X. The Power of Far-Red Light at Night: Photomorphogenic, Physiological, and Yield Response in Pepper During Dynamic 24 Hour Lighting. *Front Plant Sci*. 2022;13:857616.
9. Mitchell CA, Both A-J, Bourget MC, Burr JF, Kubota C, Lopez RG, et al. LEDs: The Future of Greenhouse Lighting! *Chron Hortic* [Internet]. 2012;52(1):6–12. Available from: <http://leds.hrt.msu.edu/>.
10. Weller JL, Kendrick RE. Photomorphogenesis and Photoperiodism in Plants. In: Björn LO, editor. *Photobiology: The Science of Light and Life*. Springer Science and Business Media New York; 2015. p. 299–321.
11. Boucher L, Eaves J, Brégard A, Pepin S, Dorais M. New lighting strategy for indoor leafy greens by segmenting the photoperiod and replacing the dark period by their light compensation point. *Acta Hortic*. 2022;1337:107–15.
12. 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.
13. Wong CE, Teo ZWN, Shen L, Yu H. Seeing the lights for leafy greens in indoor vertical farming. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2020;106:48–63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.031>

14. McCree KJ. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric Meteorol.* 1971;9:191–216.
15. Liu J, van Iersel MW. Photosynthetic Physiology of Blue, Green, and Red Light: Light Intensity Effects and Underlying Mechanisms. *Front Plant Sci.* 2021;12:619987.
16. Baroli I, Price GD, Badger MR, Von Caemmerer S. The contribution of photosynthesis to the red light response of stomatal conductance. *Plant Physiol.* 2008;146(2):737–47.
17. Hogewoning SW, Trouwborst G, Maljaars H, Poorter H, van Ieperen W, Harbinson J. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J Exp Bot.* 2010;61(11):3107–17.
18. Swartz TE, Corchnoy SB, Christie JM, Lewis JW, Szundi I, Briggs WR, et al. The Photocycle of a Flavin-binding Domain of the Blue Light Photoreceptor Phototropin. *J Biol Chem* [Internet]. 2001;276(39):36493–500. Available from: <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M103114200>
19. Zhang X, Bisbis M, Heuvelink E, Jiang, WeijieMarcelis LFM. Green light reduces elongation when partially replacing sole blue light independently from cryptochrome 1a. *Physiol Plant.* 2021;173(4):1946–55.
20. Darkó É, Heydarizadeh P, Schoefs B, Sabzalán MR. Photosynthesis under artificial light: The shift in primary and secondary metabolism. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2014;369(1640):1–7.
21. Davis PA, Burns C. Photobiology in protected horticulture. *Food Energy Secur.* 2016;5(4):223–38.
22. Naznin MT, Lefsrud MG. An Overview of LED Lighting and Spectral Quality on Plant Photosynthesis. In: Dutta Gupta S, editor. *Light Emitting Diodes for Agriculture: Smart Lighting.* Springer Nature Singapore Pte Ltd.; 2017. p. 101–11.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Eliseeva LG, Othman AJ, Belkin YD, Molodkina PG. Biotechnological optimization for the production, quality, and safety of vegetables grown in urban-type phytotrons. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2022. p. 1–8.
27. Fujiwara K. Light Sources. In: Kozai T, Niu G, Takagaki M, editors. *Plant Factory An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production.* Academic Press; 2020. p. 139–51.
28. Gómez C, Izzo LG. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agric Food.* 2018;3(2):135–53.
29. 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.
30. 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.

31. 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.
32. 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.
33. 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>
34. Yorio NC, Goins GD, Kagie HR, Wheeler RM, Sager JC. Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation. *HortScience* [Internet]. 2001;36(2):380–3. Available from: <http://hortsci.ashspublications.org/content/36/2/380.short>
35. 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.
36. Katzin D, Marcelis LFM, van Mourik S. Energy savings in greenhouses by transition from high-pressure sodium to LED lighting. *Appl Energy* [Internet]. 2021;281(July 2020):116019. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116019>
37. Kaukoranta T, Särkkä LE, Jokinen K. Energy efficiency of greenhouse cucumber production under LED and HPS lighting. *Acta Hortic*. 2017;1170:967–72.

8. PRECÍZIÓS NÖVÉNYHÁZI TERMESZTÉS NÖVÉNYVÉDELME

Szerzők:

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

1. Előszó

A növénytermesztésben és a növényvédelemben elért hatalmas technológiai fejlesztések és innovációk jelentős hatással vannak a mezőgazdaság fenntarthatóságára, a termés hozamra és a termésminőségre. A precíziós növényházi termesztés módszerei lehetővé teszik a növények pontosabb és hatékonyabb védelmét, minimalizálva a környezeti hatásokat és javítva a gazdasági eredményeket. Ez a tananyag azoknak szól, akik érdeklődnek a modern agrárium iránt és szélesebb körű tudást keresnek a növényvédelem legújabb eszközeiről és stratégiáiról.

A tananyag célja, hogy áttekintést nyújtson azokról a kulcsfontosságú témákról és kihívásokról, amelyek a precíziós növényvédelem területén előtérbe kerülnek. A tananyagban bemutatásra kerülnek többek között olyan innovatív technikák és eszközök, mint az automatizált szenzorok, a mesterséges intelligencia és a genetikai módosítás, melyek lehetővé teszik a kártevők és a betegségek korai felismerését, továbbá a hatékony védekezést és a kezelést.

A tananyag szerkezete a következő témakörökre összpontosít:

- A kártevők és a kórokozók monitorozása és korai felismerése
- Precíziós növényvédelem és célzott beavatkozások
- Környezetkímélő növényvédő szerek és módszerek a növényházakban
- Kártevők és kórokozók elleni rezisztencia kezelése
- Növényházi klímahatások és növényvédelem
- Növényvédelem és fenntarthatóság

Minden fejezet mélyebben tárgyalja az adott témát, bemutatva a legfrissebb kutatási eredményeket, gyakorlati példákat és a területre jellemző kihívásokat. Célunk, hogy ez a tananyag segítse a precíziós növényvédelem eszközeinek és elveinek jobb megértését és hatékonyabb alkalmazását.

2. KÁRTEVŐK ÉS KÓROKOZÓK MONITOROZÁSA ÉS KORAI FELISMERÉSE

A kártevők és kórokozók, valamint az általuk okozott tünetek korai felismerése a precíziós növényvédelem alapja. Ha egy betegség vagy kártevő-populáció károsítása korai szakaszban megfékezhető az jelentős termésveszteségtől menti meg a gazdálkodót, nem beszélve arról, hogy a védekezés költsége is minimalizálható.

2.1. Automatizált szenzorok és képfeldolgozás alkalmazása a kártevők és betegségek azonosítására

Az agrárszektorban bekövetkezett technológiai forradalom egyre inkább átalakítja a növényvédelem területét is. Az automatizált szenzorok és a képfeldolgozás fejlődése lehetővé teszi a hatékonyabb

és pontosabb kártevő és kórokozó azonosítást, jelentős mértékben hozzájárulva a precíziós növényvédelem megvalósításához.

Az automatizált szenzorok, amelyeket a precíziós növényházakban és a vertikális farmokon elhelyeznek, folyamatosan monitorozzák a növények környezeti paramétereit. Ezek a szenzorok képesek mérni a hőmérsékletet, a páratartalmat, a fényintenzitást, a CO₂ szintet, a levélfelület nedvességet és más fontos paramétereket, amelyek hatással lehetnek a kártevők és a kórokozók előfordulására. Az adatok valós időben történő gyűjtése lehetővé teszi a gyors reagálást az esetleges fenyegetésre. A kártevők és kórokozók, vagy azok okozta tünetek korai azonosítása felbecsülhetetlen jelentőségű a növényvédelemben.

A képfeldolgozás területén elért fejlődés további lehetőségeket ad a növényvédelemnek. Az alkalmazott kamerák és képfeldolgozó algoritmusok részletes vizuális információkat gyűjtenek a növényekről. A kártevők által okozott károk, a betegségek tünetei és más eltérések, például hervadás, sárgulás könnyen felismerhetők. A kártevőkről inkább, de bizonyos kórokozó csoportokról is elmondható, hogy úgynevezett tipikus tüneteket hoznak létre a károsított növényeken. Ilyen például a lisztharmat gombákra jellemző fehér micélium bevonat (kép 8.1.1.), vagy a levéltetvek ürülékén megtelepedő korompenész. Az automatizált rendszerek képesek gyorsan feldolgozni nagy mennyiségű adatot és azonosítani az eltéréseket, ami lehetővé teszi a korai felismerést és a célzott beavatkozást.



Lisztharmat fertőzés jellegzetes tünete a levél felszínén (8.1.1)

Az automatizált szenzorok és a képfeldolgozás alkalmazása számos előnnyel jár:

- Csökkenti a szükséges emberi beavatkozást és a manuális ellenőrzést, ami időt és erőforrásokat takarít meg.
- A növények folyamatos és pontos monitorozása lehetővé teszi a problémák korai felismerését, így minimalizálható a kár, valamint a védekezés költsége.
- A pontos adatok alapján kialakíthatók személyre szabott és hatékony védelmi stratégiák, amelyek a növények egészségét és terméshozamát is növelhetik.

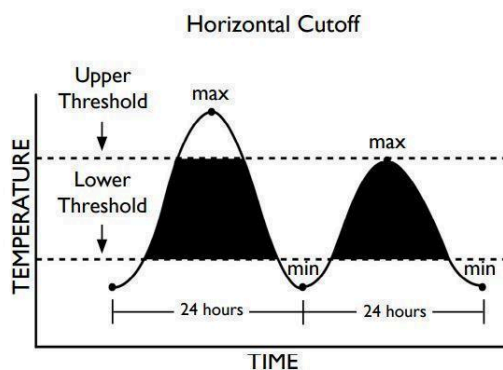
Az automatizált szenzorok és a képfeldolgozás alkalmazása jelentős előrelépés a növényvédelem területén. A jövőben várhatóan további fejlesztések és innovációk fognak történni ezen a területen, amelyek még hatékonyabbá és fenntarthatóbbá teszik a precíziós növényvédelmet, hozzájárulva a globális élelmiszerbiztonság és a fenntarthatóság előmozdításához.

2.2. A kártevők és betegségek kockázatának értékelése és monitorozása a növényházakban

A növénytermesztés folyton változó, dinamikus környezetben zajlik, melyben a kártevők és a kórokozók által okozott betegségek jelentik az egyik legfontosabb kihívást, amellyel a mezőgazdászoknak és a növénytermesztőknek szembe kell nézniük. A kártevők és a betegségek időben történő azonosítása és hatékony kezelése elengedhetetlen a terméshozam és a minőség megőrzése érdekében. A kockázatértékelés és a monitorozás kulcsszerepet játszik a precíziós növényvédelem sikeres megvalósításában.

A kártevők és a betegségek kockázatértékelése magába foglalja a potenciális veszélyek és a veszélyeztetett területek azonosítását. A területek azonosítása során figyelembe veszik a növényfajok és a növényfajták érzékenységét, az időjárási és a környezeti tényezőket, valamint az előző évek tapasztalatait. Az érzékeny területek felmérése lehetővé teszi a megelőző intézkedések hatékonyabb tervezését és segít megelőzni a kártevők és a betegségek terjedését. Mint ahogy szabadföldön, úgy a növényházban sem egyszerre mindenhol jelennek meg a károsítók, így az érzékeny területek monitorozása erősen javasolt.

A kockázat monitorozás azon alapszik, hogy rendszeresen figyelemmel kísérik a növényházakban zajló folyamatokat és a növények állapotát. Ehhez használhatók a szenzorok, illetve a manuális adatgyűjtés is. A szenzorok információkat gyűjtenek a hőmérséklet, a páratartalom, a talajnedvesség és más kritikus paraméter, mint például a levélfelület nedvesség időtartamának változásairól és értékeiről. A gyűjtött adatok tárolása lehetőséget jelent nem csak az aktuális állapotok monitorozására, hanem akár idősoros adatok elemzésére és különböző értékek számítására is (pl.: hőösszegek) (kép 8.1.2.). Ezek az adatok összehasonlításra kerülnek az előre meghatározott küszöbértékekkel és azok elérése vagy megközelítése esetén riasztásokat generál a rendszer. Ezen riasztások kiküldése történhet akár GSM alapon SMS formájában, de push üzenetben is megfelelő mobilalkalmazás esetén. Ez lehetővé teszi a gyors beavatkozást, még mielőtt a kártevők vagy a betegségek súlyos károkat okoznának.



Hőmérséklet monitoring, kórokozó szaporodásához szükséges feltételek figyelésére (8.1.2)

A kártevők és kórokozók kockázatának monitorozása nem csak a körülmények, hanem az aktuális károsítók megfigyelésével és monitorozásával is történhet. Erre alkalmasak a fogóeszközök, például

spóracsapdák vagy ragacslapok, melyek a fejlettebb rendszerekben képfeldolgozással, a kevésbé fejlettekben pedig manuális ellenőrzéssel üzemeltethetők.

Az automatizált kockázatértékelés és monitorozás előnyei többek között a következők: lehetővé teszik a proaktív megközelítést a növényvédelemben, amely minimalizálja a kártevők és a betegségek okozta károkat. Akár a preventív, akár a korai szakaszban elvégzett kuratív kezelések vagy intézkedések sokkal hatékonyabbak, mint a későn, vagy rosszul időzített beavatkozások. A pontos és valós idejű adatok alapján lehetővé válik a célzott és hatékony beavatkozások tervezése és végrehajtása. Az adatok értékelése lehetőséget jelent akár a következő évi védekezések tervezésére is. Az időben történő riasztások csökkentik az anyagi veszteségeket és ráfordításokat, valamint a vegyszerhasználatot, hozzájárulva a fenntartható növénytermesztéshez.

Összességében az automatizált kockázatértékelés és monitorozás kulcsfontosságú eszköz a precíziós növényvédelem sikeres gyakorlati megvalósításában.

2.3. A mesterséges intelligencia szerepe a korai felismerési rendszerek fejlesztésében

A növényvédelem területén az egyik legfontosabb kihívás a kártevők és a betegségek korai felismerése és az azok elleni hatékony védelem kialakítása. A modern agráriumban azonban a technológiai fejlődés új lehetőségeket kínál erre a területre és a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazása forradalmasítja a korai felismerési rendszerek fejlesztését.

A mesterséges intelligencia olyan algoritmusok és rendszerek összessége, amelyek képesek tanulni és döntéseket hozni adatok alapján, hasonlóan az emberi intelligenciához.

A korai felismerési rendszerek fejlesztésében a mesterséges intelligencia számos területen játszik kiemelkedő szerepet:

Az első és legfontosabb az adatfeldolgozás és elemzés: A növényekkel és a környezeti paraméterekkel kapcsolatos adatok feldolgozása és elemzése emberi erőforrások szempontjából lehetetlen feladat lenne. A mesterséges intelligencia azonban képes gyorsan és hatékonyan feldolgozni nagy adatmennyiséget (big data). Az összefüggéseket és mintázatokat, amelyek a kártevők és a betegségek jelenlétére utalhatnak, először tanítással, majd önmagától azonosítja. Egy képfelismerő, mintázattereső rendszer kialakítása az adatgyűjtéssel kezdődik, majd az algoritmus betanításával folytatódik. Ez az úgynevezett labeling, vagy címkézés. Ez a feladat az algoritmus és az MI későbbi sikerességének kulcsa. Ez a folyamat munkaerőigényes, hiszen például az összes rögzített képen manuálisan kell megjelölni a betegségekre vagy a kártevőre utaló tünetet, illetve azok súlyosságát, hogy a rendszer később felismerje és ne küldjön hibás riasztásokat, vagy ami még rosszabb, nehogy ne ismerje fel időben a tüneteket.

Prediktív modellek: A mesterséges intelligencia segítségével előrejelző modelleket lehet kialakítani, amelyek alapján megjósolható a kártevők és a betegségek előfordulásának valószínűsége. Az adott környezeti feltételek, az időjárás és más tényezők alapján az MI hozzájárulhat a kockázatbecslések pontosításához.

Automatizált monitorozás: Az MI által vezérelt szenzorok és képfeldolgozó rendszerek folyamatosan figyelik a növények állapotát és a környezeti paramétereiket. Az előre meghatározott mintázatok és változások alapján a rendszer képes riasztást küldeni, amikor a kártevők vagy a betegségek jelei megjelennek. Itt kell megjegyezni, hogy egy ilyen rendszer nem csak a növényvédelem területén, de

egyéb agrotechnikai műveletek irányításában és vezérlésében is nagy szerepet játszhat (pl.: öntözés, légtechnika kezelése).

Döntéstámogatás: A mesterséges intelligencia segíthet a termesztőknek és a gazdálkodóknak az optimális védelmi stratégiák kialakításában. Az MI alapú rendszerek figyelembe veszik az aktuális és a historikus adatokat, az információkat és a kockázati tényezőket, hogy segítsék a döntéshozatalt.

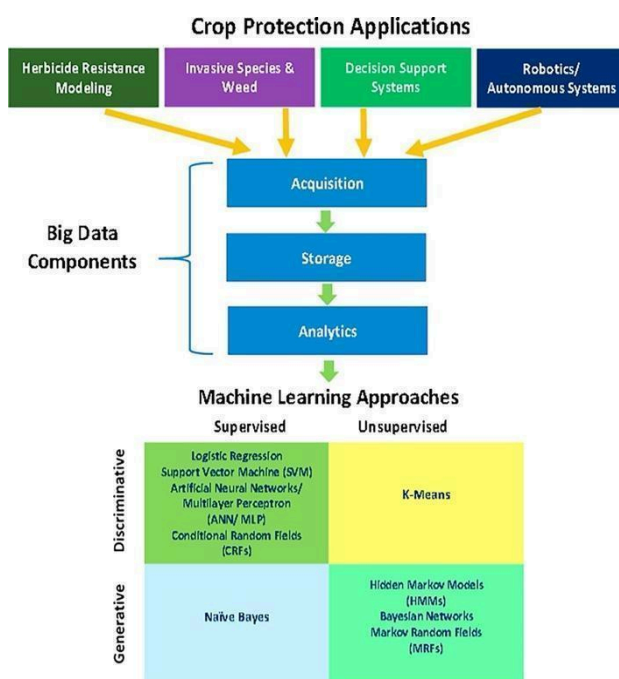
A mesterséges intelligencia alkalmazása a korai felismerési rendszerek fejlesztésében hatalmas lehetőségeket rejt a precíziós növényvédelemben. Az MI által vezérelt rendszerek lehetővé teszik a gyors reagálást és a hatékony intervenciókat, minimalizálva a károkat és növelve a növénytermesztés fenntarthatóságát. Az MI további fejlődése várhatóan még jobb és pontosabb korai felismerési rendszerek kialakítását eredményezi, elősegítve a globális élelmiszerbiztonságot és a fenntartható mezőgazdaságot.

3. PRECÍZIÓS NÖVÉNYVÉDELEM ÉS CÉLZOTT BEAVATKOZÁSOK

3.1. Adatalapú döntés és a precíziós növényvédelem kombinálása

Az adatalapú döntéshozatal és a precíziós növényvédelem kombinálása forradalmi változásokat hozott a mezőgazdaságban, lehetővé téve a gazdálkodók és a termesztők számára a hatékony és a fenntartható növényvédelem új dimenziójának megteremtését. Ez az összekapcsolás lehetővé teszi, hogy a növényvédelem stratégiái pontosan igazodjanak a növények állapotához, a környezeti feltételekhez és más releváns tényezőkhöz.

Az adatalapú döntéshozatal alapját az adatok, az érzékelők (szenzorok) és a mérések alkotják, amelyek a növények, a talaj/közeg és a környezeti tényezők állapotát figyelik (kép 8.2.1.). Ezek az adatok valós időben rögzítik a növények fejlődését, a kártevők és a betegségek jelenlétét, a környezeti változásokat. Az adatok feldolgozása és elemzése révén az adatalapú döntéshozatal pontosabb és hatékonyabb növényvédelemhez vezet.



A növényvédelmi alkalmazások áttekintése és kapcsolatai a Big Data és a gépi tanulási megközelítésekkel

A precíziós növényvédelem elvei alapján a kezeléseket célzottan és a szükséges területen alkalmazzák. Az adatalapú döntéshozatal lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy pontosan azonosítsák a veszélyeztetett területeket és csak ezeken a területeken végezzék el a növényvédelmi beavatkozásokat. Ez minimalizálja a vegyszerfelhasználást és csökkenti a környezeti hatásokat, miközben megőrzi a terméshozamot és a minőséget.

A kombinált megközelítés előnyei számos területen érvényesülnek:

Pontosabb és hatékonyabb növényvédelem: Az adatalapú döntéshozatal lehetővé teszi a célzott és az időben megfelelő beavatkozásokat a kártevők és a betegségek ellen. A precíziós növényvédelem módszereivel ezek a beavatkozások hatékonyan alkalmazhatók a problémás területeken, minimalizálva a felesleges vegyszerhasználatot.

Környezetvédelem: Az adatalapú megközelítés segít csökkenteni a környezeti terhelést a vegyszerhasználat csökkentésével. A pontosabb növényvédelem révén a környezeti hatások minimalizálhatók, hozzájárulva a fenntartható mezőgazdasághoz.

Gazdasági hatékonyság: Az adatalapú döntéshozatal és a precíziós növényvédelem együttes alkalmazása lehetővé teszi az erőforrások hatékonyabb kihasználását és a költségek csökkentését. A pontos beavatkozások révén javulhat a terméshozam és a minőség, növelve a gazdálkodók bevételeit és csökkentve a kiadásokat.

Az adatok, amelyekre a növényvédelem leginkább támaszkodik:

Hőmérséklet: A levegő hőmérséklete nagyban befolyásolja a kártevők vagy kórokozók megjelenését. Kártevők esetében pl. a rovarok fejlődésének üteme (gyorsasága, nemzedékek száma) nagyon erősen kötődik a hőmérséklethez. Kórokozóknál a hőmérséklet meghatározhatja a gombák spóráinak csírázását, valamint az inkubációs időt. Túl magas vagy alacsony hőmérsékleten a növényvédő szerek hatékonysága is változhat, így nagyon fontos, hogy a szerek megfelelő hőmérsékleten végezzék el a kezeléseket.

Relatív páratartalom és levélfelület-nedvesség: a növények hőmérséklete a léghőmérsékletnél mindig alacsonyabb a párologtatás miatt. Ha egy növényházban a páratartalom 90% vagy az fölé emelkedik, akkor nagy valószínűséggel a növények hűvösebb felszínén páralecsapódás megy végbe, mely által vékony filmréteg, nedvesség jelenik meg. Ez a szabad szemmel néha láthatatlan nedvesség elegendő a spórák csírázásához.

Az adatalapú döntéshozatal és a precíziós növényvédelem kombinálása tehát a modern mezőgazdaság fejlődésének egyik kulcsfontosságú eleme. Az új technológiák és megközelítések lehetővé teszik a fenntartható és hatékony növényvédelem megvalósítását, hozzájárulva a globális élelmiszerbiztonsághoz és a környezeti fenntarthatósághoz.

3.2. Célzott permetezés és kártevők elleni védekezés csak az érintett területeken

Az agráriumban a hagyományos növényvédelem gyakran jelentős mennyiségű növényvédőszert igényel, amelyet hatalmas területeken alkalmaznak függetlenül attól, hogy hol és milyen súlyosan van jelen a kártevő vagy a betegség (kép 8.2.2.). Azonban a modern technológia lehetővé teszi a növényvédelem radikális átalakítását és a célzott permetezés, valamint a kártevők elleni védekezés megvalósítását csak az érintett területeken.



Önjáró, üvegházi permetezőrobot és ultra alacsony mennyiségű növényvédő szer kijuttatására alkalmas szórókeret

A célzott permetezés alapja az adatalapú döntéshozatal és a precíziós növényvédelem. A szenzorok segítségével folyamatosan figyelemmel kísérhető a növények állapota és a környezeti tényezők. Az adatok elemzése révén meghatározhatók azok a területek, amelyeket valóban veszélyeztet a kártevő vagy a betegség. Ezen területeken alkalmazzák a permetezést, minimalizálva a vegyszerek felhasználását.

A növényházakban a kártevők és a betegségek megfigyelése ilyen rendszerekkel automatizálható, sőt a növényvédő szerek kijuttatása is megoldható központi rendszereken keresztül (pl.: öntözőrendszer). A precíziós növényvédelem esetében a fertőzési gócok kerülnek kezelésre.

ENNEK SZÁMOS ELŐNYE VAN:

Környezeti fenntarthatóság: A célzott permetezés csökkenti a vegyszerek környezeti terhelését, mivel csak a veszélyeztetett területeken alkalmazzák őket. Ennek révén minimalizálhatók a talaj-, a víz- és az élelmiszerszennyezés kockázatai.

Vegyszer-megtakarítás: Az érintett területeken történő célzott permetezés lehetővé teszi a vegyszerek hatékonyabb felhasználását, mivel csak a szükséges helyen kerülnek kijuttatásra. Ez jelentős megtakarítást eredményezhet a gazdálkodók és a termesztők számára, valamint a rezisztencia kialakulásának kockázatát is csökkenti.

Gazdasági hatékonyság: Az adatalapú döntéshozatal és a célzott permetezés kombinációja javíthatja a terméshozamot és a minőséget, mivel a növényeket pontosan a szükséges időpontban és helyen védi meg a kártevőktől vagy a betegségektől.

Idő- és munkamegtakarítás: Az automatizált rendszerek és a céltudatos beavatkozások minimalizálják a felesleges munkát és időt, amelyet hagyományos növényvédelem esetén a teljes terület kezelése igényelne.

A kockázatbecslésen alapuló célzott területi kezelés és a kártevők elleni védekezés a precíziós növényvédelem egyik alapköve. A modern technológia és az adatalapú megközelítés lehetővé teszi a fenntartható és hatékony növényvédelmet, javítva a gazdasági eredményeket.

3.3. Precíziós növényvédelem hatékonyságának értékelése és a megtakarítások előnyei

A precíziós növényvédelem nem csupán a kártevők és a betegségek hatékony ellenőrzését célozza meg, hanem számos egyéb előnyt is kínál a termelési folyamat során a gazdálkodók és a termesztők

számára. Az alkalmazott technológiák és az adatalapú megközelítések hatékonyságának értékelése fontos lépés a rendszer kialakításában és fejlesztésében.

A precíziós növényvédelem hatékonyságának értékelése számos módon történhet. A hatékonyság mérhető a termés mennyiségében, a minőségében, a felhasznált növényvédő szerek mennyiségének, illetve a kezelések számának változásában, a munkaerő ráfordítás változásában és természetesen a megtakarításokban.

A legkézenfekvőbb mérőszám a károsítás mértéke: A precíziós növényvédelem lehetővé teszi a kártevők és a kórokozók elleni hatékonyabb védelmet, ami visszavezethető az alacsonyabb károsítási szintekre. A növények állapota, fejlődése és terméshozama alapján a hatékonyság értékelhető. A károsítás mértéke minőségi és mennyiségi mutató is lehet, így annak meghatározása és számszerűsítése növényenként és károsítónként pontos módszertani ismereteket igényel. A mennyiségi károk megítélése talán a legegyszerűbb, itt a károsítás mértéke egyértelműen meghatározható a károsított termések számában, például paradicsom vagy paprika esetében. A minőségi károsítás mértéke utalhat beltartalmi mutatókra, ízre, illatra vagy az eltarthatóságra.

Növényvédőszer-használat: A célzott beavatkozások révén csökken a felhasznált növényvédő szerek mennyisége. Az alacsonyabb szerhasználat hozzájárul a környezeti fenntarthatósághoz és a vízminőség megőrzéséhez, az élelmiszerbiztonsághoz, a természetes ellenségek és a hasznos szervezetek fennmaradásához és a biodiverzitás fenntartásához.

Munkaerő megtakarítás: Az automatizált rendszerek és a célzott beavatkozások csökkentik a szükséges manuális munka mennyiségét, amely jelentős munkaerő megtakarítást eredményezhet. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy az automatikus rendszerek üzemeltetéséhez, felügyeletéhez, vagy az esetleges hibaelhárításhoz sokszor magasan képzett munkaerőt kell fenntartani, vagy üzemeltetési szerződést kell kötni egy szolgáltatóval.

Költséghatékonyság: Az adatalapú döntések és a célzott beavatkozások révén javulhat a terméshozam és a minőség, miközben csökkennek a költségek. A gazdasági hatékonyság növekedése hozzájárul a gazdálkodás jövedelmezőségéhez, ami további beruházásokat és fejlesztéseket tesz lehetővé a gazdálkodók számára.

A MEGTAKARÍTÁSOK ELŐNYEI SZÁMOS SZINTEN ÉRVÉNYESÜLNEK:

Költségek csökkentése: Az alacsonyabb növényvédőszer-használat és a célzott beavatkozások révén csökkennek a növényvédelmi költségek, amelyek jelentős megtakarításokat eredményeznek a termesztezők számára.

Erőforrás-hatékonyság: A precíziós növényvédelem révén az erőforrások hatékonyabban hasznosíthatók, így csökkenthetők a felesleges kiadások és a pazarlás.

Környezetvédelem: Az alacsonyabb növényvédőszer-használat és a környezetbarát módszerek alkalmazása révén a precíziós növényvédelem hozzájárul a környezeti terhelés csökkentéséhez és a fenntarthatósághoz.

Jövedelmezőség növelése: A hatékonyabb termelés és a csökkent költségek javítják a gazdálkodók jövedelmezőségét és versenyképességét.

A precíziós növényvédelem hatékonyságának értékelése és a megtakarítások előnyei tehát széleskörűen elősegítik a fenntartható mezőgazdaságot és a gazdasági eredményességet. Az adatalapú döntéshozatal és a modern technológia integrálása révén a növényvédelem területén

elérhető előnyök még inkább hozzájárulnak a globális élelmiszerbiztonsághoz és a fenntartható mezőgazdasághoz.

4. KÖRNYEZETKÍMÉLŐ NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK ÉS MÓDSZEREK A NÖVÉNYHÁZAKBAN

A mezőgazdaság és a növénytermesztés nagy utat tett meg a környezetkímélő növényvédelem felé, de még napjainkban is sok támadás éri a termeszítőket a növényvédelem gyakorlata miatt. Az egyik oldalon a gazdálkodókra nehezedő társadalmi és szabályozási nyomás áll, ami arra ösztönzi őket, hogy környezettudatosabban termeljenek, a másik oldalon az az egyszerű, de annál égetőbb feladat áll, hogy a termést meg kell védeni. A modern integrált növényvédelem eszköztárában szép számmal szerepelnek környezetkímélő megoldások.

4.1. Biológiai növényvédelem és természetes ellenségek használata a kártevők elleni védekezésben

A biológiai növényvédelem egy hatékony és környezetbarát megközelítés a kártevők és a betegségek elleni védekezésben, amely kihasználja a természetes ökológiai folyamatokat és az élőlények közötti kölcsönhatásokat a növényvédelem elősegítésére. Az ellenséges kártevők és kórokozók elleni védelemre szolgáló természetes ellenségek és biológiai ágensek alkalmazása lehetővé teszi a károsítók populációinak kontrollálását és minimalizálását.

A biológiai növényvédelem és a természetes ellenségek használatának előnyei:

Környezetbarát megoldás: A biológiai védelem természetes folyamatokra és élőlényekre épít, minimalizálva a vegyszerek használatát és csökkentve a környezeti terhelést.

Hosszú távú hatékonyság: A természetes ellenségek bevezetése és támogatása hosszú távú védelmet nyújthat a kártevők és a betegségek ellen, mivel ezek az élőlények folyamatosan kordában tartják a kártevőpopulációkat.

Rezisztencia kockázatának csökkentése: A biológiai növényvédelem minimalizálja a kártevőkben és a kórokozókban a hagyományos növényvédő szerekkel szembeni rezisztencia kialakulásának kockázatát, mivel nem hoz létre szelekciós nyomást.

Környezeti egyensúly fenntartása: A természetes ellenségek támogatása hozzájárul a környezeti egyensúly, valamint a biodiverzitás fenntartásához.

A biológiai növényvédelem és a természetes ellenségek használata az alábbi módszereket foglalja magában: parazitoidok és természetes ellenségek használata, hasznos szervezetek betelepítése, mikrobiológiai ágensek alkalmazása, feromonok és csalétek alkalmazása (kép 4.1.).



Parazitoid fűrészdarázs tojásrakása egy levéltetű imágójába, mint gazdatestbe (4..1)

A parazitoidok olyan élőlények, amelyek elpusztítják a kártevőket, például a levéltetveket vagy hernyókat. Tipikus példák parazitoidokra a fűrészdarazsak, amik tojásaikat a károsítókba helyezik tojócsövükkel. Majd a prédába helyezett tojásból kikelő lárvából belülről fogyasztja el a károsítót. A préda-élősködők a kártevők természetes ragadozói lehetnek, például a levéltetvek ellenségeként alkalmazott katicabogarak vagy ragadozó atkák és poloskák.

Hasznos szervezetek betelepítése: Olyan rovarok, például méhek vagy lepkék, amelyek a növények porzásában és beporzásában segítenek, javítva a terméshozamot.

Mikrobiológiai ágensek alkalmazása: A természetes talajbaktériumok vagy gombák használata olyan módon, hogy azok megakadályozzák a kórokozók terjedését vagy növekedését, miközben segítik a növények fejlődését. Példák lehetnek erre a hurokvető gombák (*Arthrobothrys* sp.) vagy a különböző baktérium nemzetségek (*Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Bacillus*).

Feromonok és csalétkék használata: A kártevők által termelt vegyi anyagok vagy feromonok, amelyek vonzzák vagy megtévesztik a kártevőket, segítve a populációk szabályozását. Feromonok esetében a nőstény kártevő állat feromonjával csalogatják a hímeket, melyek ezáltal egy csapdába repülnek bele, így a populáció kontroll alatt tartható. Csalétkék esetében a kártevő állatok szintén csapdába esnek, vagy előbújnak rejtekükből, ahol ragadozók áldozatai lehetnek.

A biológiai növényvédelem nehézségeit is meg kell azonban említeni, hiszen aki emellett a védekezési módszer mellett dönt az nem tud kémiai növényvédelmet alkalmazni mellette, hiszen az a természetes ellenségekre is kártékony hatással lehet. A természetes ellenségek kihelyezése jó időzítést igényel, mert a ragadozók préda nélkül vagy elpusztulnak, vagy a növények károsítóivá válhatnak.

Az érdeklődő gazdálkodók számára a biológiai növényvédelem és a természetes ellenségek használata kiváló lehetőséget nyújt a fenntartható és a környezetbarát növénytermesztésre. Az alapos ismeretek, a megfelelő tervezés és a gondoskodás révén a biológiai védelem hatékony eszköz lehet a kártevők és a kórokozók elleni küzdelemben, elősegítve a terméshozam növekedését és a növénytermesztés fenntarthatóságát.

4.2. Környezetkímélő növényvédő szerek és organikus permetezőszerek használata

A környezetkímélő növényvédelem és az organikus permetezőszerek alkalmazása olyan megközelítést jelent, amely összehangolja a hatékony védekezést a környezetvédelmi és a

fenntarthatósági szempontokkal. Ez a módszer kíméli a természeti erőforrásokat és minimalizálja a környezeti terhelést, miközben biztosítja a növények védelmét a kártevők és a betegségek ellen.

A környezetkímélő növényvédő szerek és az organikus permetezőszerek használatának előnyeit az alábbiak szerint lehet összefoglalni:

- **Környezeti terhelés csökkentése:** Az organikus és a környezetkímélő anyagok általában gyorsabban lebomlanak és kevésbé terhelik a talajt és a vízforrásokat. Ezen anyagok bomlástermékei is természetes anyagok. A hagyományos (kémiai) növényvédő szerek esetében gyakran a legnagyobb környezeti problémát nem is a hatóanyag, hanem annak bomlástermékei jelentik.
- **Fenntarthatóság:** Az organikus növényvédelem hosszú távon fenntarthatóbb megoldást kínál, mivel minimalizálja a kártevőkkel és a kórokozókkal szembeni rezisztencia kialakulásának kockázatát. Az organikus anyagok szerkezeti összetétele komplex, így azzal szemben nehezen alakul ki rezisztencia a károsítókban.
- **Táplálkozási érték megőrzése:** Az organikus növényvédelem segíti a növények táplálkozási értékének és minőségének megőrzését, amely a fogyasztók számára is előnyös.

A környezetkímélő növényvédő szerek és az organikus permetezőszerek használata a következőket foglalhatja magában:

- **Növényi kivonatok:** Például fokhagyma, paradicsom vagy borsmenta kivonatok, amelyek természetes módon tartalmazhatnak a kártevők ellen hatékony anyagokat. Az ezekben a növényekben képződő másodlagos anyagcseretermékek természetes repellens hatással rendelkeznek, azaz taszítják a kártevőket.
- **Természetes olajok:** Ilyenek például a neemolaj, a repceolaj vagy az illóolajok, amelyek segíthetnek a kártevők és kórokozók elleni védelemben. Az olajok fizikai védelmet nyújtanak a szűrő-szívó kártevők ellen, ugyanakkor nem megfelelő alkalmazásuk (pl. magas hőmérsékleten való kijuttatásuk) a növény károsodásához vagy a hatékonyság elvesztéséhez vezethet.
- **Baktériumok és gombák:** Bizonyos baktériumok és gombák hasznosak lehetnek a kártevők és a kórokozók elleni védekezésben. Ilyen például a *Bacillus thuringiensis* vagy a *Trichoderma* fajok. A *Bacillus thuringiensis* baktérium egy úgynevezett Bt toxint termel, mely elfogyasztása egyes rovarokra nézve végzetes. A toxin az állat bélfalához kötődik és azon lyukat ejt, amibe az állat belepusztul. A *Trichoderma* gombanemzetségbe tartozó egyes fajok a talajban megtalálják kórokozó gombák (pl. *Sclerotinia*) kitartó képleteit és elfogyasztják azokat.

Az organikus permetezőszerek és a környezetkímélő növényvédelem használata kulcsfontosságú szerepet játszik a fenntartható növénytermesztésben. Az ilyen megközelítések segítik a természeti erőforrások megőrzését, minimalizálják a káros környezeti hatásokat és javítják a növénytermesztés minőségét, miközben hozzájárulnak a globális élelmiszerbiztonsághoz és a fenntartható mezőgazdasághoz.

4.3. Növényvédő szerek használatának optimalizálása és a növényvédőszermentes növényvédelem elvei

A növényvédő szerek használata, optimalizálása és a vegyszermentes növényvédelem elvei olyan megközelítést képviselnek, amelyek a környezetvédelmet és a fenntarthatóságot helyezik előtérbe a növényvédelem során. Ezek a módszerek arra ösztönzik a gazdálkodókat és a termeszteket, hogy

csökkentsék a vegyszerek felhasználását és helyette részesítsék előnyben a természetes és fenntartható módszereket. A növényvédő szerek használatának optimalizálása az integrált növényvédelem célja.

A növényvédőszer-használat optimalizálása és vegyszermentes növényvédelem elveinek előnyei és fő céljai az alábbiak:

- **Környezeti fenntarthatóság:** Az optimalizált növényvédőszer-használat és a vegyszermentes módszerek minimalizálják a környezeti terhelést, csökkentve a talaj- és a vízszennyezés kockázatait. A modern növényvédelem célja nem a károsító populáció teljes megsemmisítése, hanem a populáció kártételi küszöb alatt tartása. A modern növényvédő szerek nagy része már specifikus, azaz úgy kerül kifejlesztésre, hogy célzottan csak 1-2 kártevő csoportra hasson. A széles spektrumú növényvédő szerek száma folyamatosan csökken és felhasználásuk egyre szigorúbb feltételekhez kötött.
- **Természetes egyensúly fenntartása:** A növényvédőszer-mentes növényvédelem elősegíti a természetes élőlények és az ökológiai folyamatok egyensúlyának fenntartását, ami hosszú távon segíthet a kártevők és a betegségek elleni küzdelemben. A kémiai növényvédelem sok esetben ahhoz vezetett, hogy a hasznos szervezetek és a természetes ellenségek eltűntek egy területről, miközben a károsítók évről évre újra megjelentek.
- **Rezisztencia kockázatának csökkentése:** Az optimális növényvédőszer-használat és a vegyszermentes módszerek minimalizálják a kártevőkben és a kórokozókban a növényvédő szerekkel szembeni rezisztencia kialakulásának kockázatát.
- **Táplálkozási érték és a minőség megőrzése:** A természetes és a fenntartható módszerek segítik a növények táplálkozási értékének és a minőségének megőrzését, ami a fogyasztók számára is előnyös.

A növényvédőszerek használatának optimalizálása és a növényvédőszer-mentes növényvédelem elveinek megvalósítása az alábbi módszerek alkalmazását jelenti:

Integrált növényvédelem: A különböző védekezési módszerek, például agrotechnikai, biológiai, kémiai, biotechnológiai védekezési módszerek és intézkedések integrált alkalmazása a kártevők és a kórokozók ellen. Agrotechnikai lehet a fajtaválasztás (pl. ellenálló), biotechnológiai pedig a feromoncsapdák használata.

Biotechnológia és rezisztens fajták: Az olyan biotechnológiai megoldások alkalmazása, amelyek elősegítik a rezisztens növényfajták kifejlesztését és alkalmazását a kártevők és a kórokozók ellen.

Tápanyag- és talajkezelés: A megfelelő időben és módon elvégzett tápanyag-utánpótlás és talajkezelés segíti a növények egészséges fejlődését és ellenálló képességét a kártevőkkel és a betegségekkel szemben.

Megelőzés és agrotechnikai intézkedések: A megfelelő növényápolási gyakorlatok, például a rendszeres és helyesen elvégzett metszés, a gyomszabályozás és a talajtakarás gátolhatják a kártevők és kórokozók terjedését.

A növényvédőszerek használatának optimalizálása és a növényvédőszer-mentes növényvédelem elvei kulcsfontosságúak a fenntartható mezőgazdaság és a növénytermesztés elősegítésében. Ezek a módszerek segítenek megőrizni a természeti erőforrásokat, minimalizálni a környezeti hatásokat és javítják a termés minőségét.

5.1. Rezisztens növényfajták és fajtafejlesztési stratégiák alkalmazása

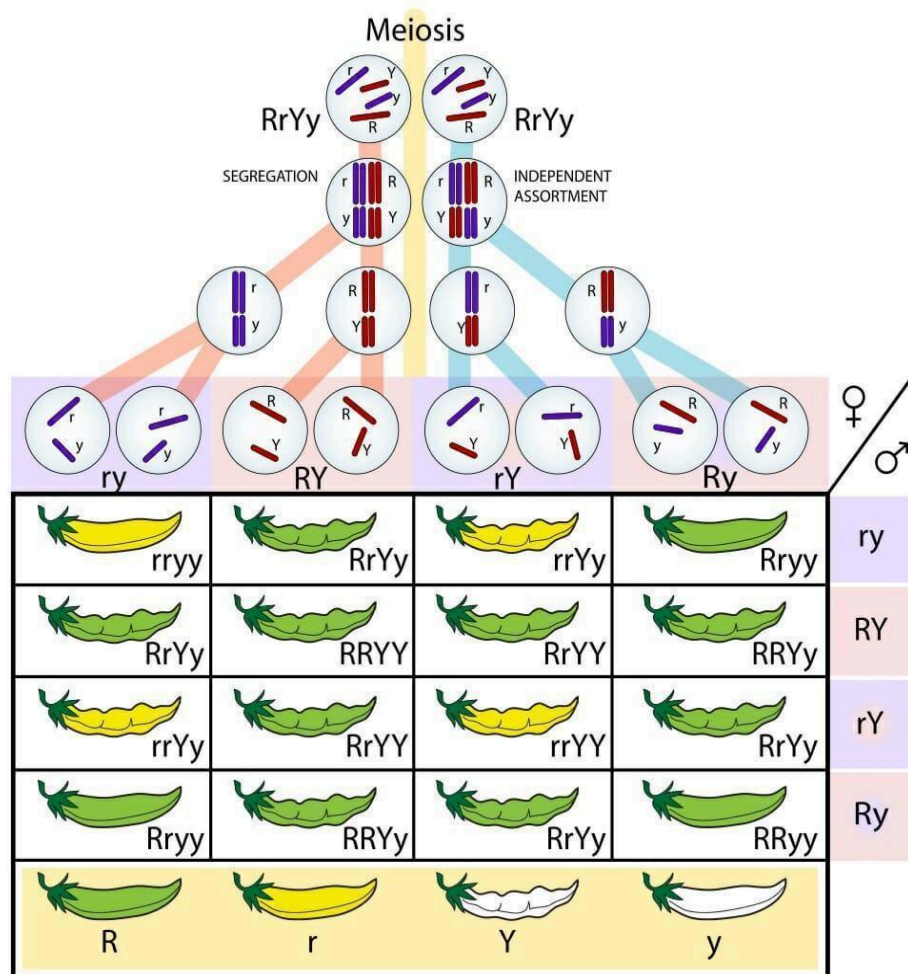
A kártevők és a kórokozók elleni hatékony védekezés egyik kulcsa az olyan rezisztens növényfajták kifejlesztése és alkalmazása, amelyek természetes módon ellenállnak vagy ellenállóbbak a károsítókkal és a kórokozókkal szemben. A rezisztens növényfajták és a fajtafejlesztési stratégiák lehetővé teszik a fenntarthatóbb és kevésbé vegyszerfüggő növénytermesztést. Ellenállóképesség esetében meg kell említenünk a rezisztens és a toleráns növényfajtákat. A rezisztens fajták azt jelentik, hogy egy károsító nem képes megfertőzni a növényt, míg ellenálló növénynek azt nevezik, ahol a fertőzés ugyan megtörténik, de a tünetek nem alakulnak ki, vagy nem olyan súlyosan, hogy az minőségi kárt okozzon.

A rezisztens növényfajták és fajtafejlesztési stratégiák alkalmazásának előnyei:

- **Csökkent vegyszerhasználat:** Az ellenálló növényfajták kevésbé hajlamosak megfertőződni a kártevők és a kórokozók által, így védelmükre kevesebb növényvédőszer alkalmazása is elegendő lehet.
- **Környezeti fenntarthatóság:** Az ellenálló növények természetes rezisztenciája csökkenti a vegyszerrel szennyezett környezeti terhelést.
- **Gazdasági hatékonyság:** Az ellenálló növények magasabb terméshozamot és jobb minőséget eredményezhetnek, javítva a gazdasági eredményeket.
- **Rezisztencia kialakulási kockázatának csökkentése:** Mivel a rezisztens növények esetében nem használunk, vagy csak kevés növényvédőszert használunk - a kártevőkben és a kórokozókban, a növényvédő szerekkel szemben kialakuló rezisztencia kialakulásának kockázata csökken a populációkban.

A rezisztens növényfajták és fajtafejlesztési stratégiák alkalmazásának módjai az alábbiak lehetnek:

Szelekció és hagyományos keresztezés: A különböző növényfajták közötti keresztezések és a kiválasztás révén olyan növények előállítása, amelyek ellenállóbbak a kártevők és a kórokozókkal szemben (kép 8.4.1.). A módszer lassú és költséges folyamat, ugyanakkor az ilyen módon nemesített fajták használata engedélyezett azokban az országokban, ahol esetleg GMO növények nem termesztethetők.



Keresztezéses nemesítés folyamata (5.1)

Molekuláris módszerek: Az olyan modern biotechnológiai módszerek, mint például a génszerkesztés vagy a génmódosítás lehetővé teszik a rezisztenciagének célzott bevezetését a növényekbe. A folyamat a rezisztenciáért felelős gén felkutatásával és azonosításával kezdődik, majd lokalizációjával és meghatározásával folytatódik. Ezután a gén célzott bejuttatása és a várt hatás tesztelése következik. Ha ezek sikeresek voltak, akkor a fajta engedélyeztetése a következő lépés.

Genetikai diverzitás megőrzése: A genetikai diverzitás, sokféleség fenntartása és a rezisztens fajták keresztezése segíthet a hosszú távú rezisztencia fenntartásában. Egyes kórokozók és kártevőkkel szembeni rezisztencia több gén által kódolt, így a génállomány megőrzése és természetes keveredése javíthatja a rezisztencia fokát.

Az ellenálló növényfajták és fajtafejlesztési stratégiák alkalmazása nélkülözhetetlen része a modern mezőgazdasági gyakorlatnak, amely lehetővé teszi a fenntartható és hatékony növénytermesztést. Vannak olyan fajok, melyek túlélésének és termeszthetőségének kulcsa az ellenállóképesség javítása. A rezisztens vagy ellenálló fajták termesztése hozzájárul a vegyszerhasználat csökkentéséhez és a gazdasági eredmények javításához.

5.2. Rezisztens növények és genetikai manipulációk a kártevők és betegségek elleni hatékony védelem érdekében

A rezisztens növények és a genetikai manipulációk olyan hatékony és innovatív megközelítést kínálnak a kártevők és a betegségek elleni védelem terén, amelyek segítségével növelhetjük a növények termésátlagát és minőségét, miközben csökkenthetjük a vegyszerek használatát és a környezeti terhelést. Az előrehaladott biotechnológia lehetővé teszi a gének célzott módosítását, hogy növeljük a növények ellenállóságát a kártevőkkel és a betegségekkel szemben.

A rezisztens növények és genetikai manipulációk alkalmazásának általános módszerei az alábbiak lehetnek:

- **Génbevitel:** Az idegen gének bevezetése a növényekbe, amelyek kódolják az ellenállóságot elősegítő fehérjéket vagy anyagokat. Ezt a módszert genetikai transzformációnak is hívják. A rezisztenciát, vagy az egyéni tulajdonságot kódoló génszakasz bevitelét végezhetik génpuskával, amikor egy hordozó anyagon a felszaporított génszakaszt sűrített levegő segítségével belövik a növény szöveteibe azzal a céllal, hogy az majd bejut a megfelelő helyre és kifejeződik.
- **Génszerkesztés:** A korábban leírt transzformációs módszerekben egy már létező gén relatíve pontatlan, véletlenszerű beviteléről van szó. Ezzel szemben a génszerkesztés módszere azon alapul, hogy a növényekben már meglévő génekben akár csak 1 nukleotid megváltoztatásával rezisztencia vagy ellenállóképesség alakítható ki. Ilyen például a 2020-ban felfedezett CRISPR-Cas9 rendszer is.
- **Keresztezéses nemesítés:** Különböző növényfajták keresztezéséből kialakított új fajták létrehozása hagyományos keresztezéses nemesítéssel. Ebben a módszerben az egyik szülő hordozza a rezisztenciáért felelős gént vagy géneket, a másik pedig az egyéb pozitív tulajdonságokat (pl.: nagy termésátlag).

Az ellenálló növények és a genetikai manipulációk alkalmazása előremutató lehetőség a fenntartható mezőgazdaság és a növénytermesztés terén. Az ellenállóképesség és a kórokozók vagy kártevők együtt fejlődnek természetes úton. Ha egy növényben kialakul rezisztencia egy kórokozóval vagy kártevővel szemben, akkor nagy valószínűséggel a jövőben ki fog alakulni egy olyan törzse is a károsítónak, ami áttöri ezt a rezisztenciát és a folyamat kezdődik elölről.

5.3. Fenntartható rezisztenciakezelés és a rezisztencia kialakulásának megelőzése

A fenntartható rezisztenciakezelés és a rezisztencia kialakulásának megelőzése kulcsfontosságú a kártevők, a kórokozók és a gyomnövények elleni védekezésben. A rezisztencia kialakulása elleni hatékony intézkedések és a rezisztencia fenntartása hosszú távon biztosítja a fenntartható és eredményes növénytermesztést.

A fenntartható rezisztenciakezelés azon módszerek összessége, mely a károsítóknak már kialakult rezisztencia letörésére, megkerülésére összpontosít. A rezisztencia kialakulásának megelőzése tudatos növényvédelmi döntéseket és eljárásokat igényel.

A rezisztencia kialakulásának okai általában a nem megfelelően alkalmazott növényvédőszeres kezelésekben keresendők. A károsítóknak egyes növényvédő szerekkel szemben több ok miatt alakulhat ki rezisztencia.

Az első az, ha **a növényvédőszer nem a megengedett dózisban kerül kijuttatásra**. A növényvédő szerek drágák és a termesztők olykor anyagi megfontolásból döntenek úgy, hogy a javasoltnál alacsonyabb dózisban juttatják ki a szert. Ebben az esetben a károsító szervezet bizonyos egyedei túlélhetik a kezelést és az alacsony dózis miatt hozzászokhatnak a hatóanyaghoz.

Hasonló helyzetet eredményezhet, ha a megengedett dózisban, **azonban szerrotáció nélkül** kerül ugyanaz a hatóanyag vagy hatóanyag csoport kijuttatásra többször egymás után. Egy növényvédőszer engedélyokiratában mindig szerepel az adott növénykultúrában javasolt technológia, a dózis és a maximális kijuttatási alkalmak száma. Ezen utasítások betartása nélkül a károsítónak megjelenhetnek olyan egyedei, melyek ellenállóképességet fejlesztenek ki magukban, ezek később rezisztens populációk megjelenését eredményezik. A károsítók különböző módokon akár kontinenseken át is terjedhetnek, így a világ bármely pontján kialakuló rezisztens törzs veszélyt jelent a növényvédelem egészére.

Ha már megjelent a károsító rezisztens törzse, akkor az a megfelelő kezeléssel tartható kontroll alatt az állományban.

Egy növényházban (az ültetvényekkel szemben) opció az állomány cseréje, vagyis ha egy, csak paradicsomot fertőző károsítóban alakul ki rezisztencia, úgy megoldást jelenthet az állomány teljes cseréje más kultúrnövényre. Ez komoly gazdasági döntést igényel, hiszen sok esetben egy növény termesztésére alkalmas technológiai elemekkel rendelkezik a termesztő, ugyanakkor nagyon hatékony megoldás a problémára.

A rezisztencia kezelésére és a kialakulásának megelőzésére is alkalmas módszer a növényvédőszer hatóanyagok rotációja. Ha egy károsító rezisztens egy hatóanyagra vagy hatóanyag csoportra, akkor azt ki kell venni a növényvédelemből és más hatásmódú növényvédő szereket kell alkalmazni. A növényvédelemben ennek lehetősége egyre korlátozottabb, hiszen egyre kevesebb hatóanyag áll rendelkezésre, ezért opció lehet a biológiai növényvédelemre való átállás, hiszen katicabogár ellenálló levéltetvek még nem fejlődtek ki.

A rezisztencia kialakulásának megelőzése és a kialakult rezisztencia fenntartható kezelése mind komplex módszerekkel érhető el, mely tartalmazza az integrált növényvédelem eszköztárát, melyek a rezisztens növények használata, okszerű, megalapozott kémiai növényvédelem, biológiai és biotechnológiai módszerek együttes alkalmazása.

A fenntartható rezisztenciakezelés és a rezisztencia kialakulásának megelőzése kulcsfontosságú a hosszú távú és fenntartható növényvédelemben. Ezek az intézkedések segítenek minimalizálni a kártevők és a kórokozók okozta károkat.

6. NÖVÉNYHÁZI KLÍMAHATÁSOK ÉS NÖVÉNYVÉDELEM

A növényházi klíma szabályozása a beltéri növénytermesztés egyik sarokköve. A szabadföldi termesztéshez képest az egyik legnagyobb különbség a termesztésben az időjárási tényezők okozta kockázatok minimalizálása.

6.1. Klíma változások hatása a kártevők és a kórokozók előfordulására a növényházakban

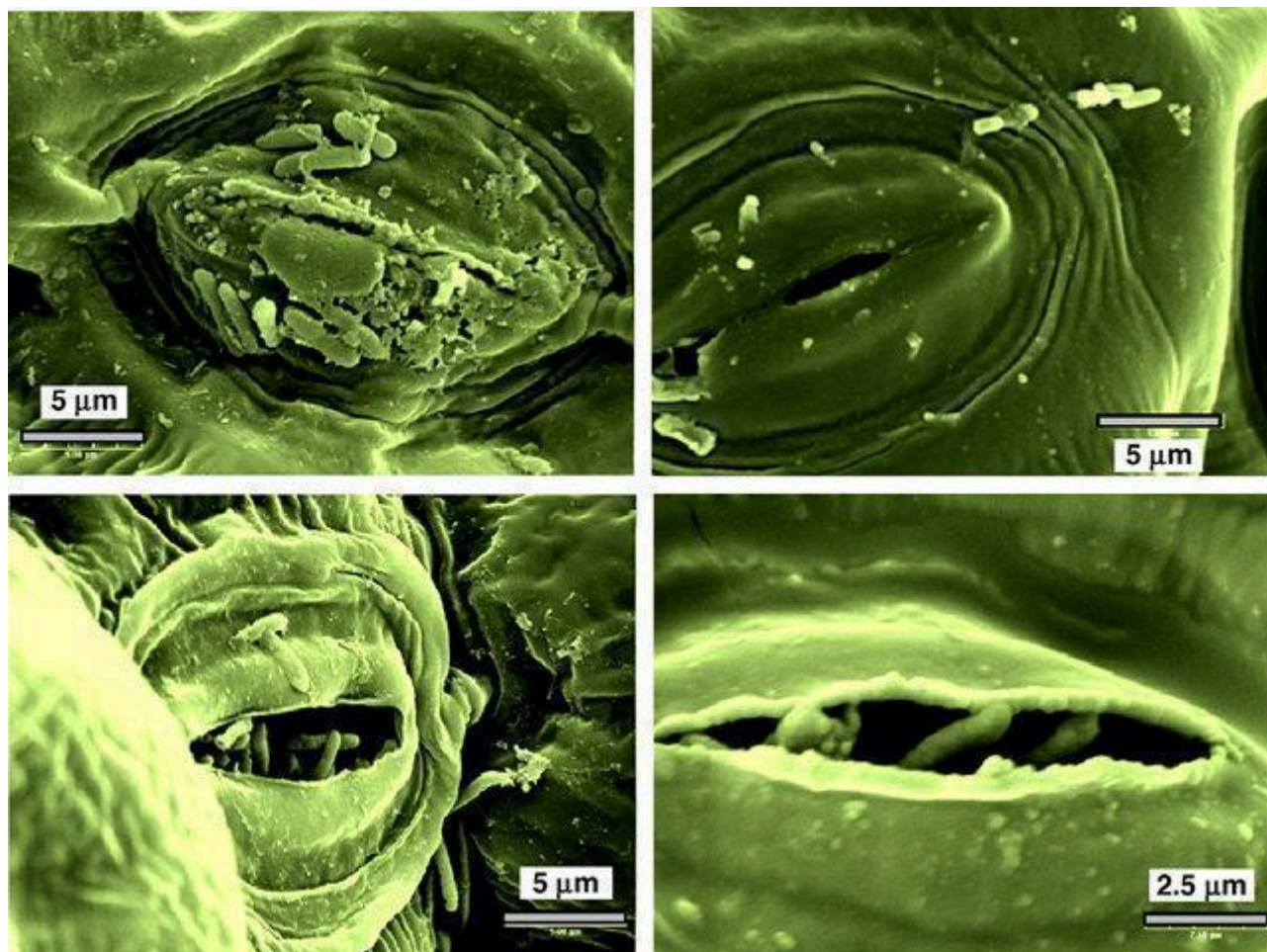
A hőmérséklet és a páratartalom változása hatással van a kártevők és a kórokozók előfordulására, befolyásolja az ökológiai egyensúlyt és segítheti, vagy épp gátolhatja a hatékony növényvédelmet.

A hőmérséklet és a páratartalom hatásai a kártevők és kórokozók előfordulására a növényházakban:

Kártevők aktivitásának változása: Az emelkedő hőmérséklet egy bizonyos szintig fokozza a kártevők aktivitását. A kártevők, kiemelten a rovarok fejlődésére nagy hatással van a külső hőmérséklet, hiszen ezek az élőlények nem tudják szabályozni a saját hőmérsékletüket. A fejlődésükben megkülönböztetünk fejlődési küszöbhőmérsékletet, fejlődési optimum hőmérsékletet és fejlődési maximumot. A fejlődésük sebessége, így a kialakuló nemzedékek száma a levegő hőmérsékletétől függ.

A kártevők és a páratartalom kapcsolata már nem ennyire egyértelmű. Vannak olyan kártevők, melyek szaporodását gátolja a magas páratartalom, ilyenek például a takácsatkák, melyek száraz meleg idő esetén szaporodnak el a növényházakban. A magas páratartalom például kifejezetten vonzza a hangyákat.

Kórokozók: A legjellemzőbb kórokozó csoportok a növénypatogén vírusok, a baktériumok és a gombák. A vírusok terjedése nagymértékben függ a vektorok aktivitásától, azonban a baktériumok és a gombák esetében általánosan elmondható, hogy a fertőzéshez kedvez a magas hőmérséklet és a magas páratartalom. A baktériumok nedves környezetben aktív mozgásra képesek, így a nedves leveleken könnyedén jutnak el az infekciós ponthoz, ami gyakran a gázcserenyílások egyike (kép 6.1). A gombák spóráinak csírázásához szintén szükséges bizonyos mértékű nedvesség a növényen. A spórák csírázása után a gomba vagy a növény felületén, vagy a szövedeiben kezdi meg károsítását.



A levélen található gázcserenyílások, mint elsődleges fertőzési pontok (6.1)

Tünetek megjelenése: A károsítók által okozott tünetek eltérő hőmérsékleten és páratartalomnál különbözőek lehetnek. Vannak olyan vírustünetek, amelyek nagy melegben elmaszkírozódnak, míg alacsonyabb hőmérsékleten könnyen kivehetők. A baktériumok által okozott betegségek esetében a foltokon megjelenő baktériumnyálka általában magas páratartalommal társul.

Előfordulási területek változása: A növényházi klíma monitorozása azért fontos, mert a kezdeti fertőzések lokálisan jelenhetnek meg. Ha a gazdálkodó jól ismeri a növényház mikroklímáját, akkor számíthat egy-egy betegség vagy kártevő foltszerű kezdeti megjelenésére, így megelőző kezelést végezhet az adott területen.

A védekezés kihívásai: A növényházban gyorsan változó időjárási minták megnehezíthetik a megfelelő időben történő védekezést, ami növelheti a kártevők és a kórokozók terjedésének veszélyét. Ebben nagy segítséget nyújthatnak a már korábban tárgyalt automata monitoring rendszerek és az adatelemzés. Ennek legfontosabb eleme a klíma monitorozás, melynek során több paraméter több helyszínen kerül szenzorok által mérésre, rögzítésre és elemzésre.

Növényvédelmi előrejelzés: Kutatások eredményeképpen napjainkban egyre több és több fejlődési modell áll rendelkezésre, mely leírja a kártevők és a kórokozók biológiáját, fejlődését. Ezek a modellek gyakran időjárási adatok segítségével számolják ki a károsító aktuális fejlődési alakját, vagy a megjelenésének valószínűségét. A növényházakban ilyen rendszerek alkalmazása kézenfekvő megoldás, a rendszer figyelmeztetéseket küldhet, amikor a károsító szervezet megjelenésének kedvező időjárási tényezőket mér. Egy ilyen rendszer segíthet az időzített védekezés tervezésében és a kártevők, kórokozók terjedésének előrejelzésében.

6.2. Növényházi mikroklíma optimalizálása a kártevők és a betegségek számára kedvezőtlen feltételek kialakításához

A növényházi mikroklíma optimalizálása olyan stratégia, amelynek célja a kártevők és a betegségek számára kedvezőtlen környezeti feltételek kialakítása a növényházban, illetve a növények számára az optimális környezet megteremtése. Az ilyen intézkedések segítenek csökkenteni a kártevők populációját és a kórokozók terjedését, hozzájárulva a hatékony növényvédelemhez és a fenntartható növényházi termesztéshez.

A növényházi mikroklíma optimalizálásának növényvédelmi szempontból a legfontosabb célja a kártevők és a kórokozók elleni védekezés segítése. A növények számára optimális mikroklíma kialakítása segíti a fejlődésüket és ha ez megfelelő tápanyag-utánpótlással párosul, akkor az életerős növényeket kisebb sikerrel fertőzik meg a károsítók, hiszen a növény védekező mechanizmusai időben tudnak aktiválódni. Ha egy növényállomány kellően szellős, akkor a páratartalom optimális szinten tartható, azaz csökken a kórokozók megjelenésének esélye. Ezzel párhuzamosan a kártevők kevesebb helyen tudnak rejtőzködni a kémiai kezelések vagy a természetes ellenségeik elől.

A növényházi mikroklíma optimalizálása nagyon fontos például az atkák kontrollálásában, de a szürkepenész fertőzés is elkerülhető megfelelő szellőztetéssel (kép 6.2.).



Atkafertőzés levéltünete (6.2)

6.3. A növényházi mikroklíma optimalizálásának stratégiái:

Hőmérséklet és páratartalom szabályozása: Az optimális hőmérséklet és páratartalom beállítása a kártevők és a betegségek számára kedvezőtlen feltételek kialakításához. Például a túlzottan magas páratartalom elkerülése érdekében használhatunk páramentesítő berendezéseket.

Szellőztetés és légáramlás: A megfelelő szellőztetés és légáramlás biztosítása segíthet csökkenteni a nedvességet és a kórokozók terjedését. Az automatikus szellőztető rendszerek gondoskodnak a friss levegő cseréjéről és gyakran a külső levegő segít a növényházak hőmérsékletének beállításában is.

Fényintenzitás szabályozása, árnyékolók alkalmazása: Az eszközök célja a növények számára optimális fényviszonyok biztosítása. Egyes kártevők és betegségek a sötétebb, árnyékosabb környezetet kedvelik, így a fényintenzitás szabályozása gátolhatja azok fejlődését. Az árnyékolók segíthetnek elkerülni a túlzott hőmérséklet emelkedést, napégést és éjszaka a túlzott lehűlést (energiaernyők), ezért ezek a hőmérséklet és a páratartalom szabályozásának egyik legalapvetőbb eszközei.

Vízgazdálkodás optimalizálása: A vízellátás és az öntözés szabályozása is sokat segíthet a megfelelő mikroklíma kialakításában. Túlzott nedvesség hozzájárulhat a betegségek terjedéséhez, kiemelten a talajban előforduló és a vízzel terjedő károsítókra.

Ezen példák célja, hogy demonstrálja, hogyan lehet a növényházi mikroklíma különböző tényezőinek szabályozásával kedvezőtlen feltételeket teremteni a kártevők és a betegségek számára. Az optimális mikroklíma beállítása hatékony eszköz a növényvédelem terén, csökkentve a vegyszerek használatát és elősegítve a fenntartható növénytermesztést.

6.4. A növényházi klíma változásainak kezelése a precíziós növényvédelemmel

A növényházakban való termesztés során a klíma szabályozása létfontosságú a növények egészségének és terméshozamának optimalizálásához. A klímaváltozás hatásai azonban megnehezíthetik a stabil növényházi környezet fenntartását. A precíziós növényvédelem megközelítése hatékonyan segíthet a növényházi klíma változásainak kezelésében és optimalizálásában.

Kihívások a növényházi klíma kezelésében:

- **Hőmérséklet- és páratartalom ingadozások:** A hőmérséklet és a páratartalom szorosan összefüggő tényezők. A levegő nedvességtartalma addig nem csapódik ki a növények felszínén, amíg a hőmérséklet a harmatpont fölött van. A klímaváltozás miatt bekövetkező hőmérséklet-ingadozások kedvezőtlen hatást gyakorolhatnak a növények növekedésére és a betegségekre való érzékenységre. A nappali erős felmelegedés kedvez a rovarok fejlődésének, ugyanakkor a páratartalmat alacsonyan tarthatja, míg egy gyors lehűlés páralecsapódást eredményezhet a növények felszínén, ami kedvez a kórokozók megjelenésének.
- **Fényviszonyok változása:** Az extrém fényviszonyok hatással lehetnek a növények fotoszintetikus aktivitására és stresszszintjére. A magas fényintenzitás sokkolhatja például a frissen kiültetett palántákat, ezeket szoktatni kell a növényházi körülményekhez.

A precíziós növényvédelem eszközei a klíma változásainak kezelésére:

- **Adataalapú monitorozás:** Automatizált szenzorok segítségével folyamatosan monitorozhatjuk a növényház klímáját, a hőmérsékletet, a páratartalmat és az egyéb paramétereket.
- **Reális időjárási előrejelzések:** A precíziós növényvédelem segítségével valós időjárási adatokat használva pontosabb előrejelzéseket készíthetünk a közelgő változásokról és ezek segítségével készülhetünk a várható veszélyekre.
- **Célzott beavatkozások:** Az adataalapú monitorozás és időjárási előrejelzések alapján célzott intézkedéseket hozhatunk a növényház klímájának optimalizálására. Például a hőmérséklet-emelkedés előtt növelhetjük a szellőztetést vagy beállíthatjuk az árnyékolórendszert.
- **Precíziós öntözés:** Az adatok alapján beállíthatjuk az automata öntözőrendszert, hogy a növények mindig megfelelő mennyiségű vizet kapjanak, csökkentve a túlzott nedvesség okozta problémákat.
- **Kártevő- és kórokozó monitorozás:** A precíziós növényvédelem lehetővé teszi a kártevők és a betegségek korai felismerését, így azonnali intézkedéseket lehet fogantatosítani.

A precíziós növényvédelem alkalmazásával a növénytermesztők jobban felkészülhetnek a klímaváltozásokra és a növények védelmére. Az adataalapú döntéshozatal és a célzott beavatkozások révén optimalizálható a növényház klímája, minimalizálva a stresszhelyzeteket és növelve a terméshozamot.

7. NÖVÉNYVÉDELEM ÉS FENNTARTHATÓSÁG

7.1. Fenntarthatósági szempontok integrálása a növényvédelmi stratégiákba

A növényvédelem a modern mezőgazdaság alapvető eleme, amelynek célja a növények védelme a kártevőktől, a betegségektől és a környezeti stressztől. Azonban a védelemre alkalmazott módszerek gyakran hatással vannak a fenntarthatóságra. A növényvédelem és a fenntarthatóság összefüggése kiemelkedő fontosságú a biodiverzitás és az ökológiai egyensúly megőrzése szempontjából.

Kulcsfontosságú szempontok:

1. Növényvédőszeres beavatkozások csökkentése: A növényvédő szerek túlzott használata környezeti szennyezéshez és a nem célozott fajok károsításához, valamint a kártevőkben és a kórokozókban rezisztencia kialakulásához vezethet. Az integrált növényvédelmi (IPM) stratégiák alkalmazása, amelyek ötvözik az agrotechnikai, a kémiai, a biológiai és a biotechnológiai műveleteket, minimalizálhatja a káros környezeti hatásokat.

2. Biodiverzitás megőrzése: Az integrált növényvédelem figyelembe veszi a természetes ellenségek, a beporzók és más hasznos élőlények megőrzését. A biodiverzitást elősegítő módszerek az agrárterületeken és azok környékén hozzájárulhatnak az ökoszisztéma egyensúlyának megőrzéséhez, mely hosszútávon sok előnnyel jár.

3. Erőforrások takarékos felhasználása: A fenntartható növényvédelem optimalizálja az erőforrásokat. Az adatok és a technológia vezérelte precíziós mezőgazdasági technikák célzott védelmi intézkedések alkalmazását teszik lehetővé, minimalizálva a pazarlást és a környezeti hatásokat. Fontos az okszerű, előrejelzésre alapozott, célzott növényvédelem alkalmazása.

4. Klímaváltozás szempontjainak figyelembevétele: Ahogy a klímaváltozás hatással van a kártevőkre és a kórokozókra, a fenntartható növényvédelmi módszereknek alkalmazkodniuk kell az új kihívásokhoz. Ellenálló növényfajták alkalmazása, éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó gyakorlatok bevezetése és fejlett monitorozási technológiák integrálása növelheti a sikerességet és fenntartható gazdálkodáshoz vezethet.

A növényvédelem és a fenntarthatóság előnyei:

1. Hosszútávú hozamstabilitás: A fenntartható növényvédelmi módszerek hozzájárulnak a stabil és következetes terméshez, biztosítva az élelmiszerbiztonságot és a gazdasági stabilitást.

2. Ökoszisztéma és egészség: A biodiverzitás elősegítése és a kémiai növényvédő szerek használatának csökkentése fenntartja az ökoszisztéma egészségét és hozzájárul az élelmiszerbiztonsághoz.

3. Kisebb környezeti lábnyom: Az integrált megközelítések csökkentik a mezőgazdaság negatív hatásait a levegő-, a talaj- és vízminőségre.

4. Gazdasági életképesség: A fenntartható gyakorlatok gyakran javítják az erőforráskezelést, csökkentik a költségeket és növelik a gazdák nyereségességét.

5. Éghajlati adaptáció: A fenntarthatóságra összpontosító megközelítések elősegítik az alkalmazkodást az éghajlati viszonyok változásaihoz, lehetővé téve a gazdáknak a klímával kapcsolatos kockázatok enyhítését.

Összefoglalva, a növényvédelem és a fenntarthatóság együttesen létrehozhat egy rugalmas és ökológiai egyensúlyt fenntartó mezőgazdasági rendszert. Az integrált, a tudományos alapú megközelítések és a technológiai innovációk felhasználásával az agrárium fejlődhet, miközben megőrzi a környezetet a jelen és a jövő generációk számára.

7.2. Növényvédő szerek és módszerek hatása a környezetre és a vízminőségre

A növényvédelem kulcsfontosságú a növénytermesztésben, de az alkalmazott növényvédő szerek és módszerek hatása a környezetre és a vízminőségre kiemelten fontos szempont. Az ökológiai egyensúly fenntartása és a fenntartható mezőgazdaság előmozdítása érdekében a növényvédelemnek összhangban kell lennie a környezetvédelem elveivel.

Legfontosabb hatások kémiai növényvédő szerek esetén:

Vízveszélyesség: A nem megfelelően használt vagy tárolt növényvédő szerek lemosódhatnak és beszivároghatnak a talajvízbe vagy a víztestekbe, szennyezve azokat. A növényvédőszerek vízveszélyességi kategóriákba vannak sorolva. A vízveszélyességi kategóriák elkülönítésére a letális koncentráció (LC50) mértékegységét (mg/l) és a mért biztonsági távolságot (m) használjuk. A letális koncentráció megmutatja, mekkora az a szermennyiség, aminek hatására a halak 50%-a elpusztul. A biztonsági távolság az a méterben megadott távolság az állóvizektől, amelyen belül a növényvédő szer felhasználása tilos.

Besorolás LC50 (mg/l) Biztonsági táv (m)

Kifejezetten veszélyes: < 0,1 200

Közepesen veszélyes: 0,1 – 550

Mérsékelten veszélyes: 6 – 50 20

Nem veszélyes: > 505

Méhveszélyesség: Bizonyos növényvédő szerek a méhekre toxikus hatással lehetnek, befolyásolva a beporzást és a méhpopulációt. Mielőtt egy készítmény forgalomba kerülne a meghatározott hatóanyagokkal, ellenőrzik a méhekre mint a legfontosabb beporzó rovarokra és a nem célszervezetekre kifejtett hatását. Ehhez három tényezőt vesznek figyelembe:

Letális dózis LD50 (mg/kg): A növényvédő szernek a kísérleti állatok (patkány) testtömeg-kilogrammjaára számított és milligrammban megadott mennyisége, amelynek szájon át történő adagolása után a tesztállatok 50 %-a elpusztul. Közvetlen kontakt toxicitás (KKT): közvetlen kontaktus során a méhek hány százalékban pusztulnak el. Kontakt hatóanyag-maradék toxicitás (KHMT): mennyi ideig őrzi meg a hatóanyag a toxicitását (a méheket ebben az esetben óránként telepítik).

Ezen mutatók alapján a három méhveszélyességi kategória a következő:

Méhekre kifejezetten veszélyesek: Ezeket a hatóanyagokat tartalmazó szerek a közvetlen kontaktus során 90-100%-os méhpusztulást okoznak és körülbelül 12 óráig megőrzik a toxicitásukat. Virágzó növényállományban a használatuk tilos, valamint akkor, ha a kultúrát vagy annak környékét tömegesen borítják virágzó mézelő növények, illetve a kultúrát a méhek egyéb okból látogatják.

Méhekre mérsékelten veszélyes: Ezeket a hatóanyagokat tartalmazó szerek a közvetlen kontaktus során 60-100%-os méhpusztulást okoznak és körülbelül 8 órán át megőrzik a

toxicitásukat. Alkalmazásukat virágzás idején a méhek napi repülésének lezárulása után, naplemente előtt egy órával lehet megkezdeni és azt a 23:00-ig terjedő időszakban be kell fejezni.

Méhekre nem veszélyes: A hatóanyag rendeltetésszerű felhasználása nem veszélyezteti a méheket. Virágzó növényállományban, méhek közelében egyaránt alkalmazható, de az engedélyokiratban feltüntetett korlátozó intézkedéseket – ha vannak – be kell tartani.

Biológiai növényvédelem:

Bevezetett predátorok vagy paraziták hatása: A biológiai növényvédelem során alkalmazott beavatkozásoknak lehetnek nem kívánt hatásai, mint például a bevezetett predátorok vagy paraziták túlzott elszaporodása. Erre jó példa a harlekin katica megjelenése és elterjedése Magyarországon. Ilyen esetekben felborul az ökológiai egyensúly. Ha az új szervezet megtalálja a számára megfelelő környezetet és nincs predátora, vagy életképesebb a konkurens fajoknál, akkor szaporodásának egy ideig semmi nem vet gátat.

Organikus növényvédelem:

Környezeti lebomlás: Az organikus növényvédő szerek általában gyorsabban lebomlanak a környezetben, csökkentve a maradandó hatásokat. Azonban ezeknek is lehetnek környezeti hatásai, különösen nagy mennyiségben történő alkalmazás esetén.

Hatékonyság: Az organikus növényvédő szerek hatékonysága változó lehet, továbbá az alkalmazási időpontokra és módszerekre érzékenyek lehetnek.

A környezetbarát növényvédelem a vízminőség megőrzése érdekében:

Az integrált növényvédelmi megközelítés kombinálja a különböző védekezési módszereket minimalizálva ezzel a környezeti hatásokat és csökkentve a vegyszerek használatát. A permetezés során alkalmazott technikák és adalékok használatával csökkenthető a növényvédő szerek párolgása, ami csökkenti a környezeti terhelést. Az adat alapú döntéshozatal és a célzott beavatkozások révén csökkenthető a növényvédő szerek használata és káros hatása, mivel csak a szükséges területeken és időpontokban alkalmazzák azokat. A növényvédelem hatásainak mérséklése és a környezeti fenntarthatóság elősegítése érdekében a növénytermesztésben alkalmazott módszereknek összhangban kell lenniük a fenntarthatósági elvekkel, az ökológiai egyensúly és a vízminőség megőrzése érdekében.

7.3. Környezetbarát növényvédelem és az agrárbiotechnológia szerepe a fenntartható növényházi termesztésben

A fenntartható növényházi termesztés kiemelkedő fontosságú a globális élelmiszertermelés és az ökológiai egyensúly fenntartása szempontjából. A környezetbarát növényvédelem és az agrárbiotechnológia összefonódása kulcsfontosságú a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok előmozdításában és a növénytermesztés hatékonyságának növelésében.

Környezetbarát növényvédelem:

- **Biológiai védekezés:** A természetes ellenségek használata és a predátorok alkalmazása segíti a kártevők elleni védekezést anélkül, hogy nagy mennyiségű kémiai vegyszert kellene használni. Ez csökkenti a környezeti terhelést és az ökológiai egyensúlyt támogatja.
- **Organikus növényvédő szerek:** A növényvédelemben alkalmazott organikus szerek kevésbé károsak a környezetre, mivel gyorsabban lebomlanak és kisebb maradandó hatásokat hagynak maguk után.

- **Precíziós növényvédelem:** Az adatalapú döntéshozatal és a célzott beavatkozások lehetővé teszik a növényvédő szerek és módszerek pontosabb és hatékonyabb használatát, minimalizálva a felesleges vegyszerek kijutását a környezetbe.
- **Integrált növényvédelem:** A növénytermesztés eszközeinek növényvédelmi célú felhasználása (agrotechnikai, kémiai, biológiai és biotechnológiai módszerek összessége).

Agrárbiotechnológia szerepe:

- **Génmódosított növények:** Az agrárbiotechnológia lehetőséget ad a növények genetikai módosítására, például a kártevőkkel és a kórokozókkal szembeni ellenállóság kialakítására. Az ellenálló vagy toleráns fajták használata csökkentheti a vegyszerhasználatot és a környezeti terhelést.
- **Tápanyag- és vízhatékonyság:** Az agrárbiotechnológia segíthet olyan növények kifejlesztésében, amelyek hatékonyabban használják fel a tápanyagokat és a vizet, csökkentve a szükséges mennyiséget és minimalizálva a környezeti hatásokat.

A környezetbarát növényvédelem és az agrárbiotechnológia kombinációja a fenntartható növényházi termesztés új dimenzióit nyitja meg. Ezek a megközelítések lehetővé teszik a kártevők és kórokozók hatékony ellenőrzését, miközben minimalizálják a környezeti terhelést és támogatják a biológiai sokféleséget. A jövő mezőgazdaságában ezek a megoldások elengedhetetlenek a globális élelmiszertermelés fenntarthatóságának és stabilitásának biztosításához.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

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.
19. Vétek G., Nagy G. (2011): Kártevők és kórokozók a kertben. Cser Kiadó, Budapest

3. FEJEZET

INNOVATÍV TANÍTÁSI MÓDSZEREK

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

1. BEVEZETÉS

A kertészeti szakoktatásban napjainkra egyre inkább szükségessé vált, hogy az új technológiák megjelenésével összhangban az oktatás módszertana is folyamatosan fejlődjön, megújuljon. Az okos üvegházakban használt, mesterséges intelligenciát is integráló megoldások olyan összetett tudást és készségeket kívánnak meg, amelyek megtanításához gyakran túl kell lépni a hagyományos, frontális oktatási módszerek keretein. Az interaktív, tapasztalati tanulási módszerek válnak hangsúlyossá, amelyek természetes módon támogatják a tanulók aktív részvételét, ösztönzik a problémák önálló feltárását, és fejlesztik az önálló gondolkodást.

A következő fejezetekben gyakorlati segítséget szeretnénk nyújtani a pedagógusoknak ahhoz, hogy élményszerűbben és eredményesebben vezessék be tanítványaikat a korszerű kertészeti technológiák alkalmazásába. Az aktív tanulási módszerek közül részletesen a projektmódszerrel foglalkozunk, mivel ez az oktatási forma elősegíti, hogy a diákok valós szakmai helyzeteken keresztül, közvetlen tapasztalatszerzés útján fedezzék fel és értsék meg az okos üvegházak működtetésének komplex folyamatait. A külső cégek bevonásával zajló projektek a diákoknak nemcsak szakmai tudását fejlesztik, hanem a munkaerőpiaci sikerhez ma már elengedhetetlen általános készségeiket, mint a kommunikáció, az együttműködés, a kreativitás vagy a kritikus gondolkodás.

2. INNOVATÍV TANÍTÁSI MÓDSZEREK A 21. SZÁZADBAN

A hagyományos osztályteremben a tanár áll az osztály előtt a pulpituson és magyaráz, így az óra túlnyomórészt egyoldalú kommunikációval telik, a tanár beszél, a diákok hallgatnak és jó esetben figyelnek. A visszacsatolás minimális.



"Azt gondolom, hogy kicsit túlzás, de van benne sok igazság, ha azt mondjuk: amikor iskolába mész, az a trauma ér, hogy fel kell hagynod a tanulással, el kell fogadnod, hogy mostantól téged tanítani fognak."

" Seymour Papert 2000, <http://www.papert.org/articles/freire/freirePart1.html>

Zajlik az előadás és a magyarázat, a diákok meghallgatják és a tankönyv alapján számot adnak a megszerzett tudásról. **A tanulás célja a sikeres vizsga!** A vizsga sikere továbbra is fontos marad, de az aktív tanulási és tanítási módszerek segítségével megváltozik a fókusz. Tanulás közben ne csak a sikeres vizsga lebegjen a diákok szeme előtt, ne a tudás passzív befogadása legyen a cél. Ösztönözzük őket arra, hogy kapcsolódjanak be, legyenek a tanulási folyamat aktív résztvevői.

Az aktív tanulási módszerek alkalmazásának feltételei a XIX. századi reformpedagógusok szerint:

- befogadó és nyitott légkör az órán, amely felébreszti a belső kíváncsiságot,
- a tanulók korábbi tapasztalataihoz, életükhöz kapcsolódó tananyag,
- a szociális és demokratikus viselkedés fejlesztésére alkalmas közösségi légkör.



Forrás: Shutterstock

Számos pedagógiai eszköz létezik, ami támogatja az aktív tanulást, kezdve az egyszerűbb órai munkaformáktól, mint a csoportmunka; az összetettebb módszerekig, mint a fordított tanterem módszere. A legismertebb és a legelterjedtebb aktív tanulási módszerek közé tartoznak az alábbiak:

- projektalapú tanulás,
- megfordított tanterem módszere,
- élményalapú tanulás,
- felfedeztető tanulás,
- kutatásalapú tanulás.

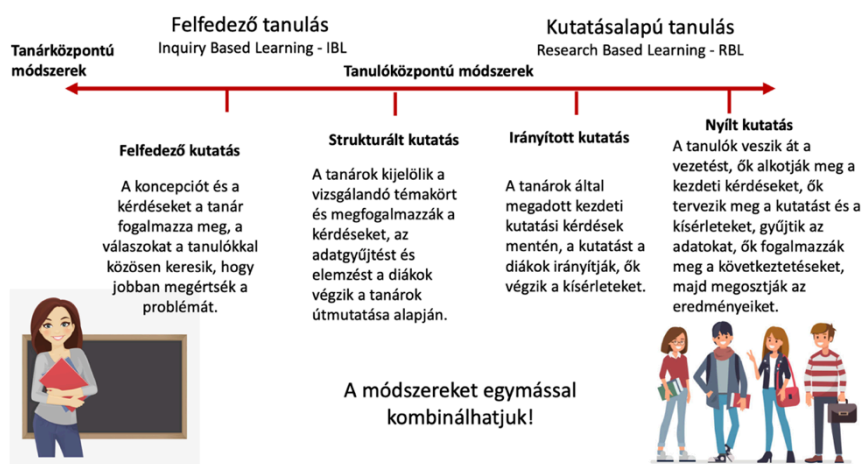


<https://www.youtube.com/watch?v=OOSOFjzsnGY&t=14s>

További videók a fordított tanterem módszerről a [Flip-IT! YouTube csatornán!](#)

A tanulók kerülnek a tanulási folyamat középpontjába, de a tanár felelőssége és feladatai nem csökkennek. A megszokott tudásátadó szerepből kilépve, kicsit háttérbe húzódva az irányítást időnként átadja a diákoknak. Az aktív, csoportmunkában zajló óra több felkészülést igényel, mint egy hagyományos előadás. A tanárnak több dologra kell egyszerre figyelnie ahhoz, hogy a diákokat be tudja vonni a tananyag feldolgozásába. Alapos tervezés nélkül, irányítás és kontroll hiányában az óra könnyen káoszba fullad.

Vajon megéri a többletmunkát, a többletbefektetést? Miközben csökken a külső kontroll, növekszik a diákok önállósága, az önálló munka pedig nagyobb felelősséggel jár. Bizonyos kérdésekben a diákok önállóan döntenek, a hibákért és a hiányosságokért csak saját magukat okolhatják. Saját tapasztalatokon és buktatókon át a tudás mélyebben fog rögződni, mint amikor csendben ülve hallgatják a tanári magyarázatot.



Forrás: [Digitális Étlap](#)

A *Digitális étlap* weboldalon a többi aktív tanulási módszerről is találunk leírást.

3. AKTÍV TANULÁS – A PROJEKTMÓDSZER TÖRTÉNETI ELŐZMÉNYEI

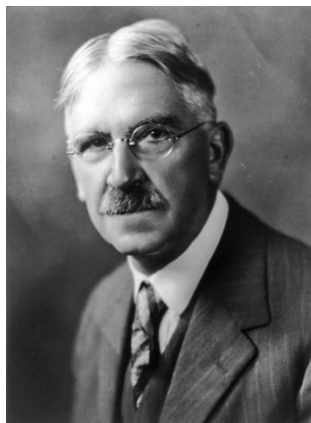
A XIX. század elején megjelent reformpedagógia, köztük a projektmódszer egyfajta reakció a tömegoktatást kiszolgáló merev oktatási rendszerek kudarcaira.



Forrás: Shutterstock

Az aktív tanulás fogalmának első átfogó leírása John Dewey amerikai nevelésfilozófus nevéhez fűződik, aki 1899-ben tette közzé a „cselekvés közbeni tanulás” ma is érvényes pedagógiai

alapelveit. Dewey szerint az oktatásnak kapcsolódnia kell a diákok mindennapi életéhez és tapasztalataihoz, továbbá a valós problémák megoldására kell összpontosítania.



John Dewey (Wikipédia)

Dewey tanítványa, William Heard Kilpatrick egy tanároknak készített gyakorlati útmutatóban elsőként használta a „projektmódszer” elnevezést. Szerinte a módszer lényege a tanulók közötti együttműködésben rejlik. Akkoriban komoly ellenkezést váltott ki az a nézet, hogy a diákoknak nem kell hátratett kézzel ülni az órán. A hagyományos, szigorú és tekintélyelvű oktatási rendszer nem volt nyitott a Dewey és kollégái által terjesztett felforgató pedagógiai elvekre.

A 21. századi technológiai robbanás és a felgyorsult gazdasági fejlődés elodázhatatlanná teszi az oktatás megújítását, így a pedagógiai fordulatra alkalmas módszerek között kiemelt szerephez jut a projektmódszer.

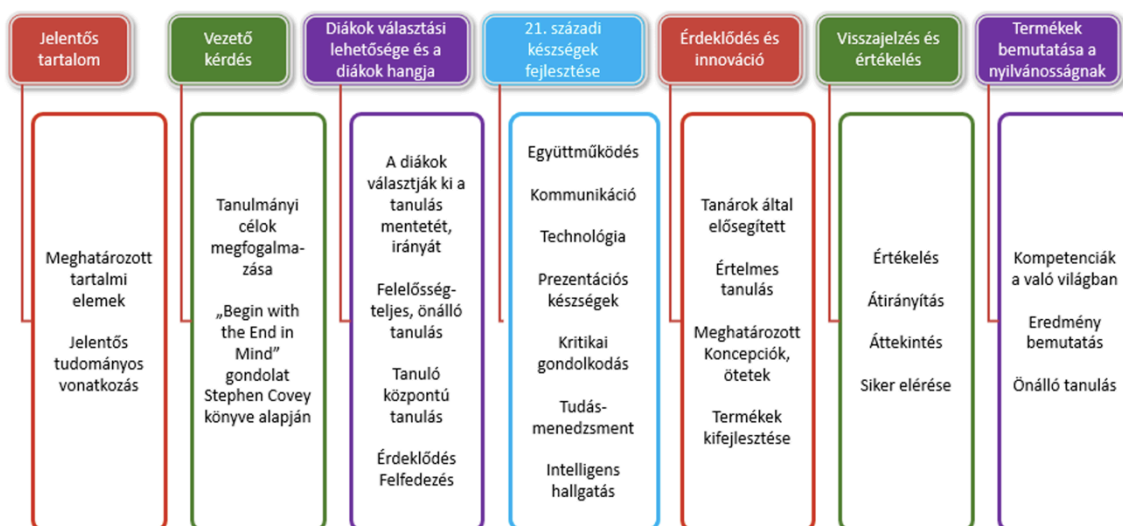
Melyek a 21. század oktatással szembeni legalapvetőbb elvárásai?

- A hangsúly áthelyezése a tananyag memorizálásáról a készségek (például a kritikus gondolkodás, a problémamegoldás, a kreativitás, az alkalmazkodóképesség stb.) fejlesztésére. A tudás megszerzése az ismeretek alkalmazása révén, a tények és adatok pusztá bevésése helyett.
- A digitális eszközök, az online források és a technológia kihasználása az osztályterekben a tanulási tapasztalatok javítása érdekében. A diákok felkészítése a digitális világra, javítva digitális jártasságukat és kompetenciáik fejlesztése, oktatási szoftverek, interaktív tanulási modulok és a távoktatást támogató platformok használatával.
- Az oktatás testreszabása a diákok egyéni tanulási stílusához, igényeihez és üteméhez. Adaptív tanulási technológiák, rugalmas tantervek és differenciált oktatási stratégiák annak érdekében, hogy minden diák hatékonyan tanulhasson.
- A diákok felkészítése az egyre inkább összekapcsolt világban való érvényesülésre, másokkal való együttműködésre, a globális szemlélet integrálása, a nyelvtanulás ösztönzése a tantervekben.
- A fenntarthatóság beépítése a tantervekbe annak érdekében, hogy a diákok megismerjék a környezeti kihívásokat, a fenntartható életmód alapelveit és tudatosan törekedjenek a környezet megőrzésére.
- A tanulás elfogadása életformaként, a formális iskoláztatáson túli, egész életen át tartó folyamatként. felnőttoktatás, a szakmai továbbképzések, az online tanulási platformok, a munkaerő változó igényeihez igazodva.

- Elmozdulás a hagyományos szabványosított teszteléstől az értékelés változatosabb formái felé, amelyek pontosan mérhetik a diákok készségeit és tudását. Ez magában foglalhatja a portfólióértékeléseket, a szakértői értékeléseket és a valós problémamegoldó feladatokat.

A projektmódszer számos olyan lehetőséget kínál, amely elősegíti, hogy az iskola megfeleljen a 21. század oktatással szembeni elvárásainak. Ezt támasztja alá az az ábra is, amely a projektmódszer legfontosabb ismérveit foglalja össze.

A projektalapú tanulás legfontosabb elemei



Forrás: Center for Project Based Learning, Sam Houston State University, USA

<http://www.shsu.edu/centers/project-based-learning/images/PBL-Essential-Elements-Revised20130802.jpg>

- **Tantervi tartalom:** a tantervhez igazodó téma, tudományos igényesség. A tanárok egy olyan akcióval indítják el a projektet, amely felkelti a diákok érdeklődését és arra ösztönzi őket, hogy kérdezzenek. Az akció lehet egy videó lejátszása, beszélgetés, vendéglőadó, kirándulás, laboratóriumi tapasztalat stb.
- **Vezető kérdés:** a beszélgetés és az ötletbörze után a diákok megfogalmaznak egy központi kérdést, ami kijelöli a projekt célját. A kérdésnek provokatívnak, nyitottnak, összetettnek kell lennie és kapcsolódnia kell a tananyaghoz, az elvárt tanulási eredményekhez.
- **A „diákok hangja”, választási lehetőségük:** a diákok érdeklődését olyan kihívást jelentő feladatok ragadják meg, amit ők választanak ki. A projektek eredményeit (például a projektjelentés, a digitális és szóbeli prezentációk, a vizuális demonstrációk) a diákok tervezik meg.
- **21. századi készségek:** az együttműködés központi szerepet játszik a projektmódszerben. A projektnek lehetőséget kell biztosítania a diákok számára, hogy értékes 21. századi készségeket fejlesszenek ki, mint például az együttműködés, a kommunikáció, a kritikus gondolkodás és a digitális eszközök alkalmazása, amelyek segítik őket a későbbi munkahelyen és az életben.
- **Érdeklődés és innováció:** az ötletbörze segít a diákoknak új ötleteket és kérdéseket generálni.
- **Visszajelzés és felülvizsgálat:** miközben a diákok fejlesztik ötleteiket és termékeiket, a csapatok látják, értékelik és kritizálják egymás munkáját. A tanár ellenőrzi a jegyzeteket, vázlatokat és terveket, valamint figyelemmel kíséri a haladást.

- **Nyilvánosan bemutatott termék:** a tanulói csapatok bemutatják eredményeiket, következtetéseiket és megoldásaikat a közönségnek, például társaiknak, szülőknek, közösségi, üzleti, kormányzati szervezetek képviselőinek és különböző iparágak szakembereinek.

A projektmódszer elősegíti, hogy a diákok a különböző tantárgyakban megszerzett ismereteket összekapcsolják és gyakorlatban alkalmazzák. Elősegíti az aktív tanulást, a tananyagot összekapcsolja a valós, életből vett problémákkal, együttműködésre készítet, vitákban, feladatok, problémák közös megoldásában fejleszti a kritikus gondolkodást és a kommunikációs készségeket egyaránt. Szokás azt mondani, hogy a 21. század a projektek évszázada, a projektszemlélet a gazdasági élet minden szegmensében jelen van, ez teszi ma különösen aktuálissá a projektmódszer alkalmazását.

A következő fejezetekben a gazdasági életben zajló projektek alapfogalmaiból indulva jutunk el a pedagógiai projektekhez, annak érdekében, hogy az üzleti projektek módszereit beépítve közelebb kerüljünk a munkaerőpiaci elvárásokhoz.

4. AZ ÜZLETI PROJEKTEK ALAPFOGALMAI

A cégek és vállalkozások csak akkor maradhatnak versenyképesek a dinamikusan változó gazdasági környezetben, ha képesek innovatív fejlesztésekkel a piaci igényekre megfelelő sebességgel reagálni. Az egyedi és egyszeri fejlesztések a cégvezetéstől és a munkatársaktól merőben más hozzáállást és munkamódszert igényelnek, mint a megszokott napi rutinfeladatok.

A projekt meghatározott időintervallumra szorítkozó, nem ismétlődő tevékenységsorozat. Célorientált, koordinált és kontrollált tevékenységek sorozata, kereteit a határidő, a költség és az erőforrás határozzák meg.

A traktorgyártásban az alkatrészek előállítása és azok összeszerelése jól meghatározott munkafázisokban történik, a munkafolyamat a mindennapi operatív feladatokhoz tartozik. Ezzel szemben a traktorok egy új modelljének kifejlesztése, megtervezése és piaci bevezetése projekt jellegű feladat, amely egyszeri, a szokványos napi feladatoktól eltérő munkafolyamatokat igényel.

Az operatív feladatok a zavartalan működést szolgálják, míg a projekt egyedi innováció, kilépést jelent a megszokott napi munkafeladatokból, ami mindig kockázatokkal jár.

A projektek megtervezésébe és fejlesztésébe bevont munkatársak számát a projekt mérete határozza meg: a projektcsapat tagjainak kiválasztása és a szervezet kialakítása a projekt elindításának egyik legfontosabb lépése. A projektek sajátossága az úgynevezett „hármasszög”, amit a szakirodalomból ismert projektháromszög szimbolizál.



Projektháromszög (Farkas et al., 2012, p. 7)

A hármas kötöttség összetevői:

- a célok és tervezett eredmények,
- a rendelkezésre álló idő, és
- az erőforrások (eszköz, pénz, munkaerő, stb.).

A három komponens szoros kapcsolatban áll egymással: ha az egyik megváltozik, akkor a másik kettő közül legalább az egyiknek is változnia kell, vagy ha nem, akkor a tervezett eredmények minősége fog csorbát szenvedni. Néhány példa erre:

- ha a tervezettnél kevesebb munkatárssal kell dolgozni, akkor hosszabb időre lesz szükség,
- ha rövidül a határidő, akkor valószínűleg nőni fognak a költségek,
- ha a pénzügyi keret csökken, az veszélyezteti a célok elérését,
- ha a határidőt előbbre hozzuk, akkor a tervezett minőséget nem lehet garantálni, hacsak valamelyik másik erőforrást (például a pénzügyi keretet) nem növeljük.

A projekt érdekeltjei

A projekt érdekeltjei (angolul: stakeholders) azok a személyek, akiknek valamilyen érdekük fűződik a projekt eredményeihez, valamilyen módon érinti őket a projekt sikere, sikertelensége. A részletes tervezést mindig megelőzi az érdekelték azonosítása: kik azok, akik közvetlenül használni fogják az eredményeket, kitől remélhetünk támogatást, esetleg kinek állhat érdekében akadályokat görgetni a fejlesztés elé.

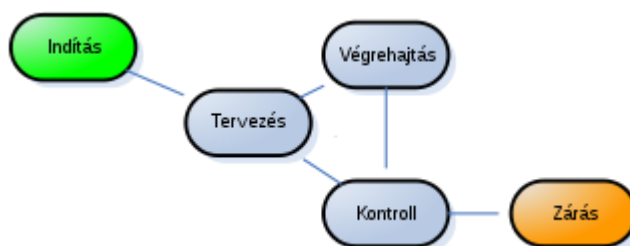
Az érdekelték között kiemelten fontos szerepe van a **célcsoportnak** és a **projektgazdának**. A célcsoporthoz azok a személyek, társadalmi csoportok tartoznak, akik a projekt eredményeit közvetlenül használni fogják. Ők azok, akiket az eredmények ellenőrzésébe és értékelésébe, a teljes tervezéstől, a lezárásig tartó projektidőszak alatt, mindvégig be kell vonni.

A projektgazda az a személy vagy intézmény, aki/ami a projekt megvalósításához erőforrást, eszközöket, pénzt biztosít. Nem kell különösebb indoklás ahhoz, hogy mennyire fontos, hogy a projektgazda minden, a megvalósítás közben zajló eseményről, problémáról tájékoztatást kapjon.

A projektben a mérettől függően egy vagy több **munkacsoport (team)** dolgozik, a **projektmenedzser** vagy **menedzsmentcsoport** irányításával. Az irányítás és az ellenőrzés a menedzsment feladata, a sikert nagymértékben meghatározza a projektmenedzserek alkalmassága. A projekt sikeréhez olyan csapatra van szükség, amelyben sokféle szakértelem, képesség és készség ötvöződik. A siker az együttműködés, a munkamegosztás, a belső és külső kommunikáció minőségén múlik, illetve azon, hogy működik-e a folyamatos ellenőrzés, értékelés és visszacsatolás, továbbá jelen van-e a csapatban a gyors, rugalmas és célszerű „újratervezés” képessége, ha a szükség úgy hozza.

A projektmenedzser vagy a menedzsmentcsoport hangolja össze és ellenőrzi a munkákat, felméri és kezeli az esetleges kockázatokat és igyekszik megoldani az esetleges problémákat, konfliktusokat. A végeredmény minősége pedig jelentős mértékben függ a szakmai irányításban résztvevő szakértők, szakemberek hozzáértésétől.

4.1. A projekt életciklusa



A legbonyolultabb projekt munkaszakaszait, azaz életciklusát is le lehet írni az alábbi egyszerű sémával:

A projekt indítása, tervezés

A projekt életciklusa az ötlet, a projektjavaslat megszületésével kezdődik, amiből a tervezés során reálisan megvalósítható munkatervet kell kidolgozni. Nagyobb projektek előtt megvalósíthatósági tanulmány készül helyzetfelméréssel, szükségletelemzéssel, részletesen megindokolva, hogy a tervezett fejlesztésre valóban szükség van-e és reálisan kivitelezhető-e.

A projektterv részei

A projektcélok rövid, átfogó bemutatása (miért, mit, kinek, hogyan, mivel, mikor)

A projektcsapat bemutatása

Részletes munkaterv

- A mérföldkövek, munkaszakaszok, a feladatok és tevékenységek, valamint a tervezett eredmények részletes bemutatása.
- A feladatok időtartamának becslése, a tevékenységek ütemezése, mérföldkövek kijelölése, erőforrások hozzárendelése.

Pénzügyi terv

- Munkamegosztás, felelősségek meghatározása.
- Az együttműködés és kommunikáció alapvető szabályai.
- Ellenőrzési eljárások és szabályok, minőségbiztosítási terv.
- Kockázatelemzés, kockázatkezelési terv.

Indikátorok

A tervezett eredményeket konkrét számadatokkal, minőségi és mennyiségi mutatókkal, úgynevezett **indikátorokkal** kell leírni. Ha például a tervezett eredmény egy új tanulmány lesz, meg kell adni, hogy milyen terjedelemben, milyen formátumban és hány nyelven fog elkészülni.

Ha a projekttervben nincs indikátor, akkor nincs mihez mérni a projekt eredményeit, értelmetlenné válik az értékelés és kétséges, hogy lehet-e egyáltalán eredményről beszélni.

Végrehajtás, megvalósítás

Megvalósítás közben gyakran előfordul, hogy a részletes projektterv elkészítése óta bizonyos belső vagy külső feltételek, körülmények megváltoznak. A váratlan, de a célokat közvetlenül érintő, belső problémák az újítások velejárói, hiszen külső körülmények (például az időjárás) is gátolhatják a terv szerinti haladást. Az eredeti tervek rendszeres felülvizsgálata és igény szerinti módosítása elkerülhetetlen, különösen a hosszabb, több évig tartó projektek esetében.

Ellenőrzés, értékelés, folyamatos kontroll

A megvalósítás közben a munkák monitorozása (ellenőrzése, értékelése) folyamatos. Minden munkafázist felügyelni és minden részeredményt ellenőrizni kell, hiszen, ha egy adott munkafázis eredménye nem megfelelő, a ráépülő munkák eredménye is kétséges. Az értékelés és a szükség szerinti beavatkozás a mérőkövek lezárásának kihagyhatatlan lépése.

A minőségellenőrzés ciklikus ismétlődését írja le a PDCA menedzsmentmódszer módszer.¹ A munkafolyamatot (do) követi az ellenőrzés (check), amikor a szakasz eredményét az indikátorok alapján összevetjük a tervben leírtakkal. Ha eltérést tapasztalunk, akkor be kell avatkozni (act), nagyobb eltérésnél a ciklus újraindítása előtt a tervet át kell vizsgálni (plan) és módosítani kell.

A PDCA ciklus az alapja az EU által a szakképzési minőségirányítási rendszeréhez ajánlott keretrendszernek, az EQAVET-nek (European Quality Assurance for Vocational Education), amelyről többet megtudhatunk az alábbi videóból:



<https://www.youtube.com/watch?v=wH5BKAEkqgY>

Projektzárás

A projekt lezárása a menedzsment egyik legnehezebb főként adminisztratív feladata, amely a következő részfeladatokat foglalja magában:

- Minden eredményt és részeredményt átfogó záróértékelés
- Az elért eredmények széles körű bemutatása.
- Adminisztratív és pénzügyi beszámolók elkészítése.
- Hatáselemzés: projekteredmények várható hatásainak bemutatása.
- Az eredmények hosszútávú fenntarthatóságának bemutatása.

¹ Deming-ciklusnak is nevezik, William Edwards Deming (1900–1993) amerikai statisztikusról, aki átalakította a munkatársai, Walter A. Shewhart által javasolt Plan-Do-Study-Act módszert.

A projekt tulajdonosa (szponzor) jogosan várja el, hogy a végeredmény tökéletesen megfeleljen a tervben leírtaknak. A záró értékelésben nem elég igazolni, hogy a számszerű mutatók teljesültek, azt is bizonyítani kell, hogy az eredmény megfelel a célcsoport elvárásainak és a projekt megfelel a tervezett minőségi kritériumoknak. Az elért eredmények széles közönség, de elsősorban a célcsoport számára történő bemutatása az új termék vagy szolgáltatás piaci bevezetésének előkészítését szolgálja. Nagyobb, több évig tartó projektek esetében nem szabad elhanyagolni az eredmények közvetlen és hosszú távú hatásának valamint a fenntarthatóságának elemzését, különösen akkor, ha az eredmények egy szélesebb körű közösségi vagy társadalmi igényre jelentenek megoldást, de akkor sem, ha a cél egy új termék kifejlesztése volt, hiszen a fenntarthatóság a vállalat gazdasági érdeke.

Dokumentálás és kommunikáció

A dokumentáció minősége a projekt sikerét alapjaiban határozza meg. A projekt indításakor az egyik legfontosabb feladat az, hogy a csapat tagjai megállapodjanak a kommunikációs és dokumentálás eszközeiben, milyen digitális felületen fognak együttműködni. Ilyenkor a menedzsment kialakítja azt az egységes sablontárat, amit az értékeléshez, jegyzőkönyvekhez használni fognak.

5. PROJEKTMÓDSZER

Alapfogalmak

A projektalapú tanulásban a diákok aktív szereplők, különböző projekteken vagy valós életből vett problémákon keresztül tanulnak és fejlesztik készségeiket. A pedagógiai projekt kapcsolódhat valamilyen konkrét termék (például egy szoftver) elkészítéséhez, de lehet egy társadalmi probléma vizsgálata, vagy egy adott témakörben folytatott kutatás.

A projektalapú tanulás tanulási-tanítási, tanulásszervezési módszer, amelyben a diákok változó mértékű tanári segítséggel, közösen tanulnak (nemcsak egyéni munkában), és az általános értelemben vett projektek tervezési, szervezési módszereit és munkaformáit alkalmazva kézzelfogható eredményt, terméket hoznak létre, amely legtöbbször valamely tágabb közösség érdekeit szolgálja.

5.1. A projektmódszer előnyei

- A projekteken való részvétel során a diákok olyan valós problémákkal találkoznak, amelyek megoldásához kreatív gondolkodásra és problémamegoldó képességek fejlesztésére van szükség. A projektmódszer arra ösztönzi a diákokat, hogy kritikusan gondolkodjanak, alkossanak új ötleteket és hatékony megoldásokat találjanak a felmerülő kihívásokra.
- A diákok saját maguk választják meg a témákat és dolgoznak a projekten. Az aktivitás motiváló hatással van rájuk, hiszen személyes érdeklődésük és szenvedélyük is megjelenhet a tanulási folyamatban. Az aktív részvétel segít leküzdeni az unalom és a passzivitás érzését, továbbá fokozza a tanulási lelkesedést.
- Segíti az élményalapú tanulást, mivel a diákok tapasztalati úton szerzik meg a tudást és fejlesztik a készségeiket. Az életből vett problémákhoz kapcsolódva gyakorlatban alkalmazzák a tanultakat, ami mélyebb megértést és tartósabb tudást eredményez.
- A projektmódszer elősegíti a diákok közötti együttműködést. A diákoknak együtt kell dolgozniuk, meg kell osztaniuk egymással az ötleteiket és a feladatokat, ami fejleszti a

kommunikációs és szociális készségeket, így felkészíti őket a munkahelyi környezetben zajló munkára.

- A projekt módszer lehetőséget ad a tanulási célok és tartalmak differenciálására a diákok egyedi szükségletei szerint. A projektek sokfélesége révén a diákok saját érdeklődésüknek és képességeiknek megfelelő témát tudnak választani, ami növeli a tanulás iránti motivációt.

A projekt módszer a 21. századi készségek fejlesztésében bizonyítottan hatásosabb, mint a hagyományos frontális tanítás. A tanításról a tanulásra kerül a hangsúly, a tanár kicsit a háttérben maradva irányítja az eseményeket, a főszerepet átveszik a diákok, a sikeres projekt munkában a tananyag elsajátítása mellett képesek lesznek:

- az adott problémával kapcsolatos kritikus kérdéseket közösen megfogalmazni;
- „kutatási” munkatervet önállóan összeállítani;
- megfelelő információ- és adatfeldolgozó eszközöket kiválasztani;
- projekttermékeket, szöveges összegzéseket, elemzéseket, prezentációk formájában előállítani;
- konstruktív tanulási közösséget kialakítani;
- társaikkal együttműködve ötleteiket elképzeléseiket és a kész projekttermékeiket bemutatni;
- saját és közös termékeiket, tanulási eredményeiket értékelni.

Összességében a projekt módszer a tanulás élvezetes, élményalapú és kreatív módját kínálja, amely fejleszti a diákok kritikus gondolkodását, problémamegoldó képességét, együttműködési és kommunikációs készségeit. Az interaktív és gyakorlatias tanulás segíti a diákokat az információk alkalmazásában a valódi élet helyzetekben, előkészítve őket a sikeres és teljes értékű felnőttkori életre.

5.2. Pedagógiai és üzleti projektek: hasonlóságok és különbségek

Kétségtelen, hogy az üzleti és pedagógiai projekteknek számos közös jellegzetessége van, látni fogjuk, hogy a különbség a részletekben rejlik. A projekt módszer éppen azért jelentett pedagógiai innovációt a 20. század elején, mivel segít közelebb vinni az iskolát a való élethez.

Közös ismérvek

- Mindkettő kihívást jelent, abban az értelemben, hogy a projekt munka kilépést jelent a napi rutinból, ahhoz képest többletmunkát jelent a szervezet projektben résztvevő munkatársainak.
- Egyikből sem lehet kizárni az esetleges kockázatokat.
- Mindkettő időbeli korlátok között, limitált erőforrással zajlik.
- Mindkettőnek jól meghatározható célja van.
- A sikerhez különféle készségeket ötvöző munkacsoportra és szervezett kommunikációra van szükség.
- Azonosak az életciklus munkaszakaszai: tervezés, megvalósítás, értékelés és zárás.
- A korrekt munkamegosztás, a tevékenységek megtervezése és ütemezése mindkettőben kulcskérdés.
- Mindkettőben folyamatos értékelésre, visszacsatolásra - a PDCA ciklus - van szükség.
- A tervezett eredményeket le kell írni és mérhető indikátorokkal alá kell támasztani
- A projekt érdekeltjeit folyamatosan tájékoztatni kell, de különösképpen indításkor és lezáráskor.

Hozzáadott értékek

- A közös ismérvek mellett még lényegesebb, hogy megállapítsuk melyek az üzleti projektekben meglévő lehetőségek, amelyek a tanulás minőségének javításában hozzáadott értéket jelentenek:
- projektszemlélet kialakítása,
- a projektekkel kapcsolatos alapfogalmak (például: erőforrás, érdekelt felek, célcsoport, életciklus stb.) megismerése,
- a tervezés, előkészítés fontosságának tudatosítása,
- a projekt sikeréhez szükséges szerepkörök azonosítása,
- projektmenedzsment alapok elsajátítása (például: mérföldkő, határidő, munkamegosztás, indikátor, dokumentáció),
- transzverzális készségek fejlesztése,
- személyes kompetenciák, viselkedésmód, vitakultúra, önismeret, önértékelés fejlesztése.

Az projektfeladatokban szerzett tapasztalatokon keresztül fejleszthető 21. századi „puha” készségek közül itt most csak négy, kiemelten fontosnak tartott készséggel foglalkozunk, melyekre a szakirodalomban gyakran „4K”-ként hivatkoznak.² Ezek a következők: a kritikus gondolkodás, a kommunikáció, a kreativitás és a kollaboráció (együttműködés).

Kritikus gondolkodás	Kommunikáció
A diákok komplex problémákat vizsgálnak és saját maguk döntenek arról, hogy az adott témakörön belül mire keresnek megoldást. Egyénileg vagy csoportban kutatnak: összegyűjtik a témához szükséges információt, dokumentumokat és közösen választják ki hiteles forrásokat. A tanár irányításával vitákban és beszélgetésekben a tanulók el tudják mondani a véleményüket, kritikusan kell kezelniük a forrásokat. Meg kell tanulniuk, hogy hogyan tudják meggyőzni a többieket a saját igazukról és közösen kell nekik következtetéseket levonni, tanulságokat megfogalmazni.	A digitális korszakban a kommunikáció nem azonosítható pusztán a személyes interakciókkal, a kommunikáció részévé vált a virtuális térben, szociális hálón zajló „beszélgetés”, az e-mail és a mobilon való üzenetküldés. A kommunikációhoz számos 21. századi készségre van szükség: a digitális készség alapvető, de szükség van elemző, értékelő készségre is például, hogy ki tudjuk szűrni a levélszemetet. Kommunikációs készségek fejlődnek a projekt lezárásakor, amikor az eredményekről széles közönség előtt kell beszámolni, meggyőző előadást tartani.
Kreativitás	Kollaboráció
A kreativitás fejlődését szolgálja az ötletbörze, a konkrét projekttermékek közös megtervezése és „gyártása”, a digitális tartalmak megtervezése és előállítása. Mindezeket nagyon ritkán lehet beépíteni a szokásos órai munkába. A projektcsapat minden tagjától nem várható-e egyforma mértékű kreativitás, de a közös tervezéshez minden csapattag adhat hasznos ötletet. A tanár pedagógiai kvalitásain múlik, hogy mennyire sikerül „szólásra” bírni azokat a tanulókat is, akik általában ritkábban nyilvánulnak meg a többiek előtt.	A projekt tervezése és megvalósítása során megértik, hogy kinek mi az erőssége és a gyengesége. Felismerik, hogy milyen hasznos a „sokszínűség”, milyen hasznos az, ha az egyéni erősségek kiegészítik egymást. A projektmunkában legalább annyira fontos a precizitás mint a kreativitás, a műszaki érzék, a magas szintű digitális készség, vagy éppen a szervező készség és a jó kommunikáció. A csapatmunka növeli a tanulók felelősségérzetét, megtanulják egymás képességeit megbecsülni, egymást meghallgatni, egymás véleményét tiszteletben tartani. A projekt közben felmerülő problémák elősegítik a konfliktustűrő és konfliktuskezelő képességek fejlesztését.

² Angolul: 4C (Critical thinking, Communication, Creativity, Collaboration). Forrás: Keretrendszer a 21. századi tanuláshoz (p21.org)

5.3. A pedagógiai projektek tervezése

A projektalapú tanulás a diákok szempontjából kétségtelenül haszonnal jár, ugyanakkor a tanároknak az átlagos tanórákra való felkészüléshez képest kétségtelenül jelentős többletmunkát ad. A projekt sikeressége nagyrészt azon múlik, hogy mennyire alapos és részletes volt a tervezés, valamint van-e segítség, van-e a tantestületben olyan kolléga, aki szívesen részt vállal a munkában, van-e olyan szülő, akire lehet számítani, valamint akad-e olyan cég a környéken, ahol nyitottak egy-egy látogatásra, szakmai tanácsadásra.

A projektötlet megszületése, a projekt előkészítése

A tervezés első lépése a témaválasztás. A tanárnak (tanároknak) kell eldönteni, hogy az adott tanulási szakasz (félév) végére a tanmenet szerint előírt tanulási célok és elvárt eredmények közül melyik az, amit projekt módszerrel könnyebb elérni, melyek azok a témakörök, amelyek elsajátítása a hagyományos módszerrel a diákoknak nehézséget szokott okozni.

Az előkészítő szakaszban a projektötletet mindenképpen célszerű az iskolavezetéssel egyeztetni: támogatja-e a projekt elindítását? Ahogyan az üzleti projekt, a pedagógiai projekt is kilépést jelent a megszokott napi rutinból, szükség lehet különböző eszközökre és a projektidőszak alatt a szigorú órarend fellazítására is. Ez vezetői támogatás nélkül nem lesz egyszerű.

Az egyeztetéshez célszerű írásban elkészíteni egy vázlatos projektjavaslatot, ehhez nyújt segítséget a Digitális Étlap weboldal, amely egy sorvezetőt ad a tervezéshez. Egy űrlapot kell kitölteni és ha készen van, PDF formában le lehet menteni.

Témaválasztás

Ha a javaslat alapján szabad utat kapunk az iskolavezetéstől, kezdődhet az első beszélgetés a projektről a diákokkal:

- Mi az, ami a témán belül valóban érdekli őket?
- Hogyan kapcsolódhat a projekt az egyéni életükhöz, a jövőbeli szakmájukhoz?

Ezen a ponton tudjuk megragadni a képzeletüket, fel tudjuk-e kelteni az érdeklődésüket egy „hatásos” bevezetővel, provokatív, vitatható állításokkal, felvezető kérdésekkel, mindezt látványos videóval, képekkel, médiaelemekkel fokozva.



Forrás: Shutterstock

A diákokat már ebben a munkafázisban is célszerű bevonni, hiszen akkor lesznek igazán motiváltak, ha a projekt tervezett kimenetét, témáját sajátjuknak érezhetik. Az adott témakörön belül többféle konkrét témát felvethetünk, de a lényeg, hogy a végső döntést a diákokkal közösen hozzuk meg.

Közös feladat az is, hogy a témán belül néhány olyan problémát megfogalmazzunk, amire a projektben választ kell keresni.

PÉLDA témaválasztásra

Az osztály gazdaképzésben vesz részt, a tanulók zöldségtermesztőknek készülnek. A 11. évfolyamon, a Növénytermesztés tantárgy óraszama 200 és ezen belül a „növénytermesztési munkák szervezése, a precíziós gazdálkodás” témakörnél tart az osztály.

A precíziós gazdálkodás korszerű téma, érdekli a diákokat, hiszen naponta hallják a híreket, hogy a gazdaságokban egyre több új technológiai megoldást alkalmaznak.

Az elvárt tanulási eredmények közül a diákoknak a „Zöldségek vízigénye a növényházi termesztésében” téma tetszett legjobban, döntés született arról, hogy egy projekt keretében fogják ezt megtanulni.

Megfogalmazták azokat a kérdéseket, amelyek mentén a témakört fel fogják dolgozni:

Milyen vízigénye van az üvegházban termesztett paprikának? Mennyiben különbözik ez a szabadföldön termesztett paprikától?

Milyen precíziós megoldások és technológiák állnak rendelkezésre az növényházi növények vízigényének ellátásában? Melyik megoldás mennyibe kerül, milyen előnyei és hátrányai vannak?

Az utóbbiak közül melyiket alkalmazzák már a környékbeli gazdálkodók?

Gyakorlati ötletek

Közös érdek, hogy csak akkor tegyük meg a következő lépést, ha szemmel látható, érzékelhető a lelkesedés a vezetés, a diákok és a tanárkollégák részéről egyaránt. Még nem késő visszalépni, vagy későbbre halasztani a projektet!

A jó projekt valós problémára válaszol, a probléma behatárolása pedig jó kérdések megfogalmazásával kezdődik. A döntéshez szervezzünk egy kísérletet a diákokkal: tudnak-e, tudunk-e közösen életszerű kérdéseket és problémákat megfogalmazni az adott témában? Ebből kiderül, hogy a projekt munkamódszereivel legcélszerűbb-e megkeresni a megoldást.

A kísérlethez alkossunk csoportokat.

1. Minden csoport írjon fel néhány kérdést a témával kapcsolatban.
2. Elemezzék és javítsák a kérdéseket. Ha valaki kérdés helyett állítást írt, fogalmazzuk át kérdéssé, a zárt kérdéseket pedig nyitottakká. Számozzák be a javított kérdéseket úgy, hogy a legjobbnak ítélt kérdések legyenek legelől.
3. Minden csoport mutassa be a saját kérdéseit, majd szavazással válasszák ki legjobbakat.

Digitális eszközök az ötletbörzéhez

Az ötleteléshez érdemes bevetni valamilyen digitális eszközt (erre való például a [Linolt](#), amit telefonról, tabletről is lehet használni).

A kísérlet végére egyértelmű lesz, hogy valódi-e a motiváció, sikerült-e felkeltenünk a diákok kíváncsiságát. Ekkor döntsünk arról, az osztállyal együtt, hogy elindítsuk-e a projektet.

Pozitív döntés esetén indulhat a részletes tervezés az életciklus munkaszakaszai szerint.

Pedagógiai tervezés

A témaválasztás után a projektalapú tanulás előkészítésének egyik legnehezebb feladata következik: el kell készíteni a vázlatos pedagógiai tervet, összhangban a kerettantervvel és a képzési programmal. Le kell írni a projekt végére megcélzott (elvárt) tanulási eredményt, milyen ismereteket fognak megtanulni a diákok, valamint milyen készségeik fognak fejlődni a projektmunkában.

PÉLDA: Tervezett tanulási eredmények	
Tudás	Összefoglalja a zöldpaprika vízigényével, öntözésével kapcsolatos ismerteket. Felsorolja az üvegházi termesztésben alkalmazott precíziós öntözési technológiákat, bemutatja előnyeit, hátrányait. Bemutatja, hogy a környékbeli gazdálkodók milyen megoldást alkalmaznak és miért.
Készségek	Szakmai készségek: bemutatja az üvegházban termesztett paprika élettani sajátosságait, vízigényét. Terepen azonosítja a precíziós öntözési technológia komponenseit, felsorolja az automatikus beállítási lehetőségeket. Projektmenedzsment: felsorolja a projektéletciklus szakaszait, megfogalmazza a projekttel kapcsolatos alapfogalmakat (termék, határidő, dokumentáció stb). Transzverzális készségek: együttműködés, kommunikáció, kreativitás, kritikus gondolkodás. Digitális: Adatgyűjtés az interneten. Együttműködés a választott digitális környezetben, szöveges és multimédia tartalmak megosztása. Prezentáció készítése.
Attitűdök:	A projektmunkában való tanulás iránt motivált.
Felelősség és autonómia	Csoportmunkában dolgozik, tanári irányítással, egyéni feladatait önállóan elvégzi.

5.4. A projekt megtervezése

Elérkeztünk a projektalapú tanulás legfontosabb lépéséhez, a projekt részletes megtervezéséhez. Két tervet kell kidolgozni. Az egyik a tényleges **projektterv**, amit tanári támogatással a diákok állítanak össze. A projektterv az üzleti projektek tervéhez hasonlóan tartalmazza a mérföldköveket, a tevékenységeket, a határidőket és a felelősöket.

A másik a **projekt pedagógiai terve**, amit a tanárok állítanak össze, de a részleteket megosztják a diákokkal is: mit kell tudni a projekt végére, ki és hogyan fogja értékelni az eredményeket, stb. A pedagógiai terv kapcsolja össze a tevékenységeket a kitűzött tanulási célokkal. Pontról pontra haladva leírja, hogy az egyes tevékenységek elvégzése milyen új ismeretek megszerzését eredményezi, milyen készségeket fejleszt és hogyan történik az értékelés.

Mindkét dokumentum terjedelmét a tervezett projekt időtartama határozza meg. Kisebb, néhány órára tervezett projekt esetében a kettőt össze is lehet vonni.

Projektterv

A részletes munkatervet (a mérföldköveket, a munkaszakaszokat, a tevékenységeket, az ütemezést stb.), a projektcsapatok feladatait a diákoknak önállóan kell kidolgozniuk, de a tanárok segítsége itt is elengedhetetlen. Ha 16–18 éves korosztállyal dolgozunk, átbeszélhetjük velük az üzleti projektekkel kapcsolatos ismereteket: mit jelent a felelősségek megosztása, miért fontos a folyamatos kommunikáció, hogyan lehet és hogyan kell az eredményeket indikátorok mentén ellenőrizni, értékelni.

Kezdjük a végével!

A tervezést célszerű a végeredményből kiindulva elkezdni úgy, hogy egy táblázatban készítünk egy listát azokról a termékekről, eredményekről, amelyeket a diákok a projekt befejeztével „le fognak tenni az asztalra”, be tudunk mutatni a projekt belső és külső érdekeltjeinek.

Eredmények, termékek, indikátorok

Ha a projekt például arról szól, hogy az informatikus tanulók egy alkalmazást fejlesztenek, akkor az eredmény egy konkrét termék, a működő szoftver lesz. Ha a projektben a szakácstanuló csapatok egy kosár nyersanyagból többfogatásos ebédet készítenek, akkor a termék a feltálalt ebéd lesz. Ha a kertészstanulók egy több hónapos projekt végén piacra viszik a megtermelt zöldségeket, akkor a termék lehet egy kosár sárgarépa, de az eredmény része lesz a bevétel is.

A felsoroltak a projektalapú tanulás lehetséges, kézzelfogható termékei. A projekt megvalósítása során más típusú eredmények is születhetnek, dokumentumok, kutatási összefoglalók, prezentációk. Mindezek áttekintését segíti egy ehhez hasonló táblázat:

A termék, eredmény, megnevezése	Leírás	Felelős	Elérhetősége, formátuma	Indikátor (db, oldal, mp)	Az értékelést végzi
Precíziós gazdálkodás	A projektcsapatok kutatási eredményeinek összefoglalása	Csapat: XY Csapat ZW	Word-dokumentum	Min. 3 oldal	A többi csapat

A táblázatos áttekintésnek két előnye van: egyrészt világossá teszi, hogy mi a vállalás, mit kell teljesíteni, másrészt már itt előkerülnek olyan alapfogalmak, mint az *indikátor* és az *értékelés*. A táblázat alapján a projekt kezdetén megfogalmazott célkitűzéseket a projekt befejezésekor össze lehet vetni az elért eredményekkel.

Gantt-diagram

A tanári munka egyik legnehezebb feladata a diákok önállóságát messzemenőig támogatni: ötleteiket és javaslataikat addig „finomítani”, amíg összhangban nincsenek az elvárt tanulási eredményekkel. Miközben a projektmódszer lényege a diákok önálló munkája, nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy az irányítás és a finomhangolás mindvégig a tanárookra hárul. Ebben a szellemben kell kidolgozni a diákokkal közösen a Gantt-diagramot, azaz a diákok projektjének részletes ütemtervét konkrét tevékenységlistával, mérföldkövekkel, határidőkkel.

A projekt címe: XXXXX													
Időtartam: xx hét (év.hó.nap. – év.hó.nap)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Menedzsmentfeladatok													
Projektindító megbeszélés													
Csapatmegbeszélések													
Tevékenységek													
Tevékenység 1													

Gantt-diagramot akár táblázatkezelővel, pl. Google táblázattal is készíthetünk.

Részletes pedagógiai terv

A pedagógiai tervezés valójában már a témaválasztással elkezdődött, hiszen számos kérdésben (például abban, hogy több tantárgyat érint-e a projekt) már a konkrét célok meghatározása előtt dönteni kellett. A részletes pedagógiai tervet azonban csak a tervezett tevékenységek listája alapján lehet kidolgozni.

A pedagógiai terv nem más, mint a Gantt-diagramban megadott tevékenységlista kiegészítése a tevékenységekhez kapcsolt tanulási eredményekkel: milyen új tudást szereznek a diákok az adott tevékenység elvégzésével, milyen készségeik fejlesztésére adódik lehetőség munka közben és hogyan fogjuk ellenőrizni, értékelni, hogy elértük-e a kitűzött tanulási célokat.

A pedagógiai tervben a tantervi tanulási eredményeken túl térjünk ki azokra a munka közben megszerezhető projektmenedzsment-ismeretekre és készségekre is, amelyeket a tervezési szempontok elemzésénél táblázatba foglaltunk.

Tevékenység	
-------------	--

Tevékenység leírása:					
	Tudás, ismeret	Készség	Attitűdök	Felelősség autonómia	és
Szakmai tanulási eredmény					
Projektmenedzsment tanulási eredmény					
Digitális készségek:					
Munkaformák, módszerek, eszközök					
Ellenőrzés, értékelés, visszacsatolás					
Projektmunka közben (szakmai, projekt, digitális, vagy ezek valamelyike)					
A tevékenység befejezésekor (szakmai, projekt, digitális, vagy ezek valamelyike)					

A pedagógiai tervezés oroszlánrésze a tanárok feladata, de ahhoz, hogy a diákok felelősséget vállaljanak a saját munkájukért, nekik is tisztában kell lenniük azzal, hogy az egyes tevékenységek végén pontosan miről kell számot adniuk.

Tanulási eredmények leírása az európai és nemzeti képesítési keretrendszerek szerint

A képesítések átláthatósága érdekében dolgozta ki az Európai Tanács az Európai Képesítési Keretrendszert (EKKR-t), amely a képzések tanulási eredményeinek világos és áttekinthető leírásához ad egységes terminológiát. Érvényben lévő változata 2017-ben jelent meg. Az egységes

szerkezetben elkészült képzések leírása alapján az EU különböző tagországaiban megszerzett szakmákat, diplomákat össze lehet hasonlítani.

Az EKKR céljai:

- **Az összehasonlíthatóság és elismertetés megkönnyítése** a munkaadók és az oktatási intézmények számára a különböző európai országokban.
- **A tanulók és a munkavállalók mobilitásának fokozása Európában** az egyének számára, amikor egy másik európai országban keresnek munkát vagy továbbképzést.
- **Az egész életen át tartó tanulás előmozdítása**, ösztönzése azáltal, hogy a különböző tanulási formákban (formális, nem formális vagy informális) megszerezhető képesítések leírásai egységes szerkezetben készülnek.
- **Az oktatási és képzési rendszerek minőségbiztosításának támogatása** a képesítések szintjének, tanulási eredményeinek következetes leírásával.

Az EKKR minden európai nyelven elérhető az [Európai Unió jogszabályainak](#) nyilvános weboldalán. A 2008-ban megjelent változatot hatályon kívül helyező jogszabály nyelvi változatai [A Tanács ajánlása \(2017. május 22.\)](#) dokumentumban olvasható. Az EKKR alapján minden tagország kidolgozza a saját oktatási rendszeréhez adaptált nemzeti keretrendszerét, amelynek bevezetésére az EU jóváhagyása után kerül sor.

Az EKKR a tanulási eredmények leírásának keretrendszere a képesítések nyolc szintjére, az általános iskolától a PHD fokozatig.

Tanulási eredmények: az *ismeretek, készségek, felelősség és autonómia* szempontjából meghatározott megállapítások arra vonatkozóan, hogy a tanuló egy tanulási folyamat befejezésekor mit tud, ért és képes elvégezni.

Az EKKR ajánlás szerint a tanulási eredményeket az alábbi jellemzők, más néven deskriptorok szerint kell leírni:

- ismeret (knowledge)
- készségek (skills)
- felelősség és autonómia (responsibility and autonomy)

Tudás (knowledge):	Az információk tanulással történő elsajátításának eredménye. A tudás egy munka- vagy tanulmányi területhez kapcsolódó tények, elvek, elméletek és gyakorlatok összessége. Az EKKR a tudást elméleti és/vagy tárgyi (faktuális) szempontból írja le. (Bloom kognitív taxonómiájában: emlékezés, megértés, elemzés)
Készségek (skills):	A tudás alkalmazásának és a know-how használatának képessége feladatok elvégzése és problémamegoldás céljából. Az EKKR a készségeket kognitív (logikai, intuitív és kreatív gondolkodás használata) és gyakorlati (kézügyesség és módszerek, anyagok, eszközök és műszerek használata) szempontból írja le. (Bloom taxonómiájában: kognitív területen: alkalmazás, értékelés, alkotás, pszichomotoros területen)

Felelősség és autonómia:	A tanuló képessége arra, hogy autonóm módon és felelősségteljesen alkalmazza a tudást és a készségeket.
---------------------------------	---

A magyar keretrendszerben ([MKKR](#)- ben) alkalmazott a három EKKR jellemző: (tudás, képességek, autonómia és felelősség) kiegészül az „attitűdök” jellemzővel (tudás, képességek, attitűdök, autonómia és felelősség).

A magyar keretrendszer táblázatában az „attitűd” a tanuláshoz, a munkához, a társakhoz és a saját cselekvéshez való hozzáállás fejlesztésének céljait tartalmazza.

Nézzünk egy példát a képzési és a kimeneti követelmények leírására:

- Az ágazat megnevezése: Mezőgazdaság és erdészet
- Szakma megnevezése: Kertész
- Európai Képesítési Keretrendszer szerinti szintje:

Ismeretek	Készségek, képességek	Elvárt viselkedésmódok, attitűdök	Önállóság és felelősség mértéke
Felsorolja a meteorológiai mérőeszközöket és elmagyarázza működésüket.	Megfigyeli Magyarország éghajlati jellemzőit.	Törekszik a meteorológiai adatok pontos leolvasására.	A meteorológiai adatokat önállóan értelmezi.

A tanulási eredmények megfogalmazása általában ezzel e bevezetővel kezdődik:

„A tanulási szakasz végére a tanuló képes lesz ...”, ahol a pontok helyére **egy cselekvést jelentő ige kerül**, például: elmagyarázni, felsorolni, bemutatni, stb. Olyan igt kell választani, amiből kiderül, hogy az eredményt lehet értékelni.

Javasolt igék a tudás, a megszerzett ismeret terén elvárt tanulási eredmények megfogalmazásához:

- Értelmez,
- csoportosít
- összehasonlít,
- összegez,
- következtet,
- kiegészít
- megmagyaráz,
- azonosít,
- felismer,
- felidéz,
- meghatároz.

A megfogalmazás lehet egyszerűbb is, ha kihagyjuk a mondat elejét, mert értelemszerű, hogy az óra, a tanfolyam vagy éppen a projekt végére kell a tanulási eredményt elérni.

Példák:

- Felismeri és megnevezi a meteorológiai mérőeszközöket.
- Felsorolja a nemzet történelmének nevezetes dátumait.
- Funkció szerint csoportosítja a programnyelv utasításait.

Hibás megfogalmazások, **nem javasolt igék:** tudni, ismerni, hinni, érteni, megérteni, tisztában lenni valamivel.

Ezek az igék csak látszólag utalnak cselekvésre.

“A tanuló ismeri a munkavédelmi szabályokat.”

Az “ismeri” ige nem utal cselekvésre. A meghatározás további, részletesebb magyarázatra szorul. Milyen mélységben ismeri? Emlékszik rá? Fel tudja sorolni, alkalmazni is tudja a szabályokat? Hogyan lehet a tanulási eredményt értékelni, ha csak annyit tudunk róla, hogy “ismeri” az adott témakört?

Hasonlóan, az sem utal cselekvésre, ha azt mondjuk, hogy:

“A tanuló tisztában van a talajművelés fontosságával.” Nem világos, hogy ez mit jelent: Meg tudja indokolni? Fel tud sorolni olyan szempontokat? El tudja magyarázni, hogy miért fontos?

Javasolt igék a készségek, képességek terén elvárt tanulási eredmények megfogalmazásához

A készségek és képességek arra utalnak, hogy a tanuló képes a megszerzett tudást és ismereteket alkalmazni. Az alkalmazás azt jelentheti például, hogy a tanulók megismert tudáselemeket új módon illesztik össze, új formát, terméket hoznak létre. Az alkalmazás összefüggésben van a tanulók korábbi tanulási tapasztalataival, ehhez gyakran kreativitásra van szükség. Ide soroljuk azt is, amikor a tanuló tervez, alkot, például írás, festés, építés stb. közben a megszerzett ismereteket, tudáselemeket, a saját elképzelései szerint kombinálja.

Javasolt igék:

- végrehajt,
- megvalósít,
- ellenőriz,
- értékel,
- megtervez,
- elkészít,
- fejleszt,
- létrehoz,
- megalkot,
- összeállít,
- összeszerkeszt,
- rendszerez, stb.
- előad.

Példák

- Elkészíti a kertépítési tervet, elvégzi a szükséges talajmunkát. Eőkészíti a növényeket és kialakítja a tervnek megfelelő kertet.

- A tanult programnyelven megírja az adatkezelést (adatbevitelt, módosítást, keresést, listázást, összesítést) megvalósító programot.
- Ellenőrzi az üvegházban termesztett növények fejlődését a heti mérési jegyzőkönyvek alapján, és előrejelzést készít a betakarítás várható időpontjára.
- Tesztelési tervet készít, végrehajtja és dokumentálja a modulteszteket.

De itt írhatjuk le a transzverzális készségek (kritikus gondolkodás, kommunikáció, együttműködés, problémamegoldás, stb.) fejlesztésére irányuló tanulási célokat is.

Példák:

- A vitában meggyőzően érvel.
- Csapattársaival együttműködik
- Hatásos prezentációt készít.

Digitális készségek megfogalmazása

A 21. századi oktatás tanulási céljai között a digitális készségek fejlesztése kitüntetett helyet foglal el. A [DigComp 2.2](#) a digitális készségek egységes leírásának eszköze, az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja által 2013-ban kiadott referenciakeret legújabb, 2022-ben megjelent változata, sok-sok példával a tananyagfejlesztők, tantervfejlesztők örömére. A digitális készségek fejlesztése a tanulási célokban a képzés területétől, szintjétől és formájától függetlenül minden képesítésben, tantervben, óratervben meg kell, hogy jelenjen.

A DigComp 2.2 a tanulási eredményeket a keretrendszer 5 területre, és azon belül a területtől függően további témakörökre bontja:

1. Információ- és adatmenedzsment (3 témakör)
2. Kommunikáció és együttműködés (6 témakör)
3. Digitális tartalmak létrehozása (4 témakör)
4. Biztonság (4 témakör)
5. Problémamegoldás (4 témakör)

A kompetenciaterületeket témákra bontja, és azon belül négy jártassági szintet határoz meg:

- alapszint,
- középszint,
- haladó szint,
- mesterszint.

Minden szinten belül még további két szintet különböztet meg. Az **osztályozási szinteket a dokumentum *dimenzióknak* nevezi:**

- dimenzió: kompetenciaterület
- dimenzió: kompetenciaelem
- dimenzió: jártassági szint (alapszint: 1,2, középszint: 3,4, ..., mesterszint: 7,8)
- dimenzió: az ismeret, készség és attitűd szerinti leírás
- dimenzió: alkalmazási esetek

A szintek szerint haladva, minden készséghez több feladatleírást kapunk, például:

1. dimenzió	Kompetenciaterület:	3. Digitális tartalmak létrehozása
--------------------	----------------------------	------------------------------------

2. dimenzió	Kompetenciaelem:	3.1 Digitális tartalomfejlesztés (Különböző formátumú digitális tartalmak létrehozása és szerkesztése, önkifejezés digitális eszközökkel)
3. dimenzió	Jártassági szint	Középszint, azon belül 3. szint: Önállóan, egyértelmű, problémák megoldására vagyok képes.
<i>olyan módszereket kiválasztani, amelyekkel jól meghatározott, megszokott formátumú, jól meghatározott, megszokott tartalmakat lehet előállítani és szerkeszteni,</i> <i>jól meghatározott, megszokott digitális tartalmak létrehozásával kifejezni magam.</i>		
4. dimenzió	Példák ismeretre, készségre és attitűdre:	
Ismeret:	Tudja, hogy a digitális tartalom digitális formában jelenik meg és sokféle digitális tartalom létezik (pl.: hang, kép, szöveg, videó, alkalmazások), melyeket különböző típusú fájlformátumokban tárolunk. <i>Tudja, hogy az MI alapú rendszerek segítségével automatikusan létre lehet hozni digitális tartalmakat (pl.: szöveg, hír, esszé, Facebook bejegyzés, zene, kép) már meglévő digitális tartalmakat forrásként használva. Ezeket a tartalmakat nehezen lehet megkülönböztetni az ember által előállítottaktól. (MI)</i> ...	
Készség:	<i>Képes eszközöket és módszereket használni a digitális tartalmak előállításához úgy, hogy ezek könnyen hozzáférhetők legyenek bárki számára (pl.: helyettesítő szövegek képekhez, táblázatokhoz és grafikonokhoz történő hozzáadása; a célnak megfelelő, informatívan címkézett dokumentumstruktúra, akadálymentes betűk, színek és linkek használata) a vonatkozó szabványoknak és iránymutatásoknak megfelelően (pl.: WCAG 2.1 és EN 301 549). (DH)</i> <i>Ki tudja választani a digitális tartalom megfelelő formátumát, figyelembe véve annak célját (például dokumentum szerkeszthető formátumban történő mentése, szemben a nem szerkeszthető, de könnyen nyomtatható formátummal).</i>	
Attitűd:	<i>Nyitott alternatív megoldások felkutatására digitális tartalmak előállításához.</i> <i>Készen áll a hivatalos elvárások és iránymutatások betartására (pl.: WCAG 2.1 és EN 301 549) a létrehozott weblapok, digitális állományok, dokumentumok, e-mailek vagy egyéb webes alkalmazások tesztelése során. (DH)</i>	
4. dimenzió	Alkalmazási esetek	
Munkában:	kollégák számára rövid képzési anyag kidolgozása a szervezeten belüli új eljárásrend alkalmazásáról	

	<i>Haladó szintű digitális kompetenciával rendelkező kolléga (akihez szükség esetén bármikor fordulhatok segítségért).</i>
Tanulásban:	adott témáról, az osztálytársaknak szóló prezentáció összeállítása. A tanárom segítségével <i>el tudok készíteni az elvégzett munkámról diáktársaimnak szánt, digitális animációt tartalmazó prezentációt a tanárom által ajánlott, YouTube-on található oktatóvideó segítségével.</i>

A DigComp 2.2 keretrendszer elsőre meglehetősen összetett, de nem is olvasmánynak, hanem sokkal inkább kézikönyvnek készült, amit a tantervek kidolgozásához, órák és projektek megtervezéséhez érdemes elővenni, és a példákból a digitális készségek fejlesztéséhez kapcsolódó tanulási eredmények, célok leírásához ötleteket meríteni.

A keretrendszer egyre több európai nyelven, többek között magyarul is letölthető: [Digitális Kompetencia Keretrendszer-DigComp 2.2.](#)

5.5 A projekt megvalósítása

Ha a tervezés kellően alapos és részletes volt, akkor a megvalósítás, azaz a tervezett tevékenységek ütemterv szerint, sorrendben zajlanak.

A PDCA-ciklus a pedagógiai végig kíséri a megvalósítást. A ciklus egyszerű útmutató a folyamatos nyomon követéshez, értékeléshez és visszajelzéshez, amely kiterjed a projekttermékekre, a munkamódszerekre, és különösen arra, hogy a tanulók hogyan haladnak a kitűzött tanulási eredmények felé.

A megvalósítási szakaszban a pedagógus feladata a folyamatos megfigyelés (monitorozás) és értékelés, amely alapot ad az időben történő beavatkozáshoz és korrekcióhoz, ha valami nem a tervek szerint történik.

A projektmódszer minden szakaszában célszerű digitális eszközöket használni – de csak akkor, ha a digitális eszköz valóban a projekt "eszköze", nem pedig öncél. A harmadik modul jó néhány ötletet tartalmaz erre. Helyes kiválasztás esetén a digitális eszközök megkönnyítik az együttműködést és az egyéni munkát, és javítják a résztvevők digitális kompetenciáit.

5.6. Értékelés

A projektalapú tanulás eredményének értékelése olyan módszereket igényel, amelyek lehetővé teszik a diákok teljesítményének, tanulási eredményeinek és a projekt sikerességének mérését.

A következő módszerek javasolhatók a projektmódszer eredményének értékeléséhez.

- Mélni és értékelni kell a projekt termékét (eredményét), mely sokféle lehet: egy alkalmazás, egy WEB-lap, egy kiállítás, egy prezentáció, egy kert (pl. keretépítés eredményeképpen), stb. Ha a tervezés alapos volt, akkor a diákok termékeihez előre meghatároztunk **menyiségi és minőségi indikátorokat, amelyek kiváló alapot adnak a végeredmények értékeléséhez.** Ha nincs indikátor, akkor nincs mihez mérni az eredményt.

- Mélni és értékelni kell a tanulók szakmai fejlődését (az elvárt tanulási eredményeket, mind a tudást, a készségeket és a kompetenciákat) a projekt befejezésekor, ennek alapja a pedagógiai terv, amelyben pontosan leírtuk a tervezett tanulási célokat (tudás, készség, attitűd, felelősség)
- Értékelhetjük a bementi tudást, készségeket és kompetenciákat.
- A PDCA ciklus szerint a projekt megvalósítása során folyamatos a fejlesztő értékelés és a visszacsatolás. A megvalósítás közbeni értékelésnek egyszerűbbnek, gyorsnak kell lennie, akár szóban is megtörténhet. Értékelni és visszacsatolni azért is fontos, hogy mindig lássuk, hol tartunk a megcélzott feladatok megoldásában, a tanulók a fejlődésben!

A projektalapú tanuláshoz illeszkedő értékelési módszerek

Projekt prezentáció és kiértékelés

A diákok prezentálhatják a projektjüket a tanároknak, diaktársaiknak vagy más érdeklődőknek. A prezentáció során bemutatathatják a projektfolyamatot, az elért eredményeket és reflektálhatnak a tanultakra és bemutatathatják a tapasztalataikat. A prezentációk után értékelhetik a projektek hatékonyságát és a diákok teljesítményét.

Portfóliók

A diákok összeállítanak egy saját projektportfóliót, amely tartalmazza a saját célkitűzéseiket, az elért eredményeiket és a tanulásaikat, hogy ezzel reflektáljanak a saját tanulási folyamatukra és az elért fejlődésükre.

Projektfeljegyzések

A diákok vezethetnek feljegyzéseket, amelyek dokumentálják a projektfolyamatot, a megoldott problémákat és az elért eredményeket. Ez megkönnyíti a tanárok számára, hogy nyomon kövessék a diákok munkáját.

Értékelő rubrikák

Az értékelő rubrikák strukturált értékelési eszközök (lásd néhányat a mellékletben), amelyek segítenek az objektív és konzisztens értékelésben. Az értékelő rubrikák tartalmazzák az elvárt készségeket, ismereteket és eredményeket, továbbá lehetővé teszik a diákok és tanárok számára, hogy pontosan felmérjék a teljesítményüket.

Reflexió és önértékelés

A diákoknak lehetőséget kell kapniuk a reflektálásra és az önértékelésre a projekt végén. A saját teljesítményük értékelése és a tanulási folyamaton való gondolkodás segíti a diákok személyes fejlődését és a tanulási motivációjukat.

Visszajelzés és csoportos értékelés

A csoportos projektek esetében a csoporttagok egymást is értékelhetik, hogy megítéljék milyen mértékben járultak hozzá a projekt sikeréhez. Ez segíti az együttműködést és a csapatmunkát.

Külső értékelés

Egyes projekteknél külső értékelőket is be lehet vonni, például szakembereket vagy más iskolából érkező tanárokat, akik objektív perspektívát hozhatnak a projektek értékeléséhez.

A fenti módszerek kombinálása és alkalmazása lehetővé teszi a projekt módszer eredményeinek alapos és átfogó értékelését. Az értékelési folyamatnak támogatnia kell a diákok fejlődését, valamint segítenie kell az oktatóknak és a diákoknak az eredmények megértésében valamint a továbbfejlődési lehetőségeik azonosításában.

5.7. Kihívások a projektmódszer alkalmazásában

A projektmódszer alkalmazása közben számos kihívással szembesülhetnek a tanárok és diákok egyaránt. A következőkben kitérek néhány gyakori problémára:

Időigény

A projektmódszernek általában hosszabb időtartama van, mint a hagyományos frontális oktatásnak. A projektek tervezése, végrehajtása és értékelése időigényes lehet mind a tanárok, mind a diákok számára.

Részvétel egyenlőtlensége

A csoportos projektek során előfordulhat, hogy egyes diákok aktívabban részt vesznek, míg mások kevésbé aktívak. Fontos figyelmet fordítani arra, hogy minden diák aktívan részt vegyen a projektekben, és az egyéni különbségeket figyelembe vegyék.

Munkamegosztás

A diákoknak megfelelő feladatokat és szerepeket kell kapniuk a projektcsapatokban. Előfordulhat, hogy egyes diákok túlzottan dominálnak, míg mások háttérbe szorulnak. A feladatok igazságos elosztása és a csoporttagok együttműködésének elősegítése fontos.

Tanár és diák felkészültsége

A projektmódszer alkalmazásához a tanároknak és a diákoknak is megfelelően fel kell készülniük. A tanároknak tisztában kell lenniük a projektmódszerrel és annak megfelelő irányításával, de a diákokat is fel kell készíteni arra, hogy a hagyományos tanulástól eltérő módon fognak tanulni.

Egyensúly megtalálása

A projektmódszerben fontos az egyensúly a tanári irányítás és a diákok önálló munkája között. Fontos az irányítás, ugyanakkor fontos, hogy a diákoknak szabadságot és felelősséget is adjunk a tanulási folyamatban.

Erőforrások hiánya

A projektek megvalósításához szükség lehet különböző erőforrásokra, eszközökre, szoftverekre, laboratóriumra, sőt időnként pénzügyi támogatásra is. Ha ezek hiányoznak, akkor a projektek megvalósítása nehézkessé válhat.

Értékelés és visszajelzés

Az értékelés és a visszajelzés komoly kihívást jelent a projektmódszerben. A projektek eredményeit objektíven kell értékelni, továbbá a diákoknak konstruktív visszajelzést kell adni a fejlődésük támogatása érdekében.

Ezek a kihívások azonban kezelhetők a megfelelő tervezéssel, előkészülettel és együttműködéssel a tanárok, a diákok és az iskola közössége között. A projektmódszer előnyei és a diákokban kialakuló mélyebb tanulási élmények miatt ezek a nehézségek gyakran megérnek egy hatékony és értékes oktatási módszer alkalmazását.

5.8. Digitális eszközök a projektmódszerben

A mai középiskolás diákok 2006-2010 között születtek, a digitális generáció tagjai, magabiztosan és gyakorlottan használják az eszközöket, a számítógépek és a mobiltelefonok beépültek a mindennapjaikba. A mobillal vesznek mozijegyet, mobilon tartják a kapcsolatot a többiekkel, a közösségi hálók a természetes életterük. Folyamatosan „be vannak kapcsolva”, virtuális

közösségekben töltik szabad idejük nagy részét, és el sem tudják képzelni a világot, mobilinternet, közösségi média nélkül.

Az aktív tanulási módszerek erőssége éppen abban rejlik, hogy lehetőséget adnak a tanárnak arra, hogy a diákok fejlett digitális kompetenciáit a tanulási folyamatokba is becsatornázza.

A diákoknak ez az új generációja kihívások elé állítja a tanárok többségét. Már nem az a kérdés, hogy használni kell-e az oktatásban a technológiát vagy sem: a kérdés az, hogy mely online eszközöket érdemes használni és hogyan.

5.9. Projektmódszer alkalmazása a szakképzésben

A szakképzésben a diákok elsősorban szakmai ismereteket és készségeket sajátítanak el. A projektmódszer lehetőséget kínál a diákoknak, hogy a megszerzett elméleti tudást alkalmazzák és gyakorlati projektekbe átültetve használják fel. Például egy kertészeti szakon tanuló diák tervezhet és megvalósíthat egy kertépítési projektet, amely során alkalmazza a talajtant, a növénytan és a kerttervezés területén tanultakat.

A projektmódszer segíti a diákokat abban, hogy mélyebb betekintést nyerjenek a választott szakmájukba és saját érdeklődési területeikbe. A diákok valós projektek során tapasztalhatják meg, hogy milyen az adott szakmában dolgozni, továbbá felmérhetik saját képességeiket és érdeklődésüket. Ez hozzájárulhat a szakmai önismeret kialakításához és a pályaeorientáció megerősítéséhez.

A projektek csoportos vagy akár önálló formában is megvalósulhatnak, így lehetőséget nyújtanak a diákoknak a szociális és vállalkozói készségeik fejlesztésére. A csoportos projektek során a diákoknak együtt kell működniük, megosztva az ötleteiket és a feladataikat. Ez fejleszti a kommunikációs készségeket, a konfliktuskezelést és a csapatmunkában való részvételt.

A projektmódszer lehetővé teszi, hogy a diákok valós és releváns tapasztalatokat szerezzenek. A projektek valódi problémákra és helyzetekre épülnek, így a diákok számára gyakorlatias tanulási tapasztalatokat biztosítanak. Ez növeli a tanulás értékét és hasznosságát a diákok számára, hiszen láthatják, hogy az ismereteket milyen módon tudják alkalmazni a valódi életben.

A projektmódszernek egyértelmű céljai és eredményei vannak, amelyeket mérhetünk és értékelhetünk. A diákok projektmunkájának kiértékelése segít az oktatóknak és a diákoknak egyaránt látni, hogy milyen szinten sajátították el a szakmai ismereteket és készségeket. Az értékelés lehetőséget ad a diákoknak a fejlődésük nyomon követésére és a visszajelzések alapján a továbbfejlődésre.

Összességében a projektmódszer hatékonyan alkalmazható a szakképzésben, valamint számos előnyt kínál a diákok és tanárok számára egyaránt. A valós problémákon alapuló projektek segítenek a szakmai ismeretek elmélyítésében, a szakmai önismeret kialakításában és a szociális készségek fejlesztésében. A gyakorlatias tanulási tapasztalatok pedig hozzájárulnak a diákok motivációjához és az oktatás relevanciájának növeléséhez.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

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>

Hivatkozások

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>

DIÁKPROJEKTEK – ESETTANULMÁNYOK

BEVEZETÉS

A Horticulture 4.0 projekt célcsoportját a mezőgazdasági szakképzésben dolgozó tanárok alkotják, míg a projekt eredményeinek közvetlen haszonélvezői a közép- és felsőfokú agrárképzésekben részt vevő diákok, hosszabb távon pedig azok a mezőgazdasági vállalkozások, amelyek olyan munkavállalókat keresnek, akik jártasak az okos üvegházak technológiájában.

Az online képzés lehetőséget teremtett arra, hogy a projekt eredményeinek tesztelésébe a célcsoport tagjain (a tanárokon) kívül a jövő mezőgazdászai – a tanulók – és a mezőgazdaság munkaerőpiaci szereplői – a vállalkozások – is bekapcsolódjanak.

A résztvevő tanárok záró feladatként azt a megbízást kapták, hogy válasszanak ki egy tetszőleges témakört az „okos üvegházak” tananyagból, és készítsenek projekttervet diákjaikkal közösen, lehetőség szerint egy mezőgazdasági cég bevonásával. A tanároknak így lehetőségük nyílt kipróbálni a projektmódszert a saját oktatási gyakorlatukban, életszerű helyzetben, valós partnerekkel együttműködésben.

A résztvevő tanárok és diákok visszajelzései egyértelműen megerősítették, hogy a projektmódszer hatékonyan támogatja az aktív tanulást. A tanulók nemcsak elméleti ismereteket sajátítottak el az agrárdigitalizáció és az okos üvegházak világából, hanem saját élményen keresztül tapasztalhatták meg, hogyan működnek a legmodernebb technológiák a gyakorlatban. Ez a fajta tanulás nemcsak tudásépítő, hanem motiváló és pályaorientációs szempontból is rendkívül értékes.

Az alábbiakban néhány példát mutatunk be a tanárok által megvalósított projektekről, különös tekintettel a tanulási folyamatokra, a tanulók bevonódására és a megszerzett tapasztalatokra.

NÖVÉNYHÁZI HAJTATÁS – SZERBIA

A projekt adatai

Célcsoport:	Mezőgazdasági gépészmérnökök és mezőgazdasági technikusok 13. évfolyam
Intézmény és ország:	Beszédes József Mezőgazdasági és Műszaki Iskolaközpont Magyarok, Szerbia
A projektben részt vevő külső cég:	Szakközépiskola tanterem telephelye
Részt vevő tanulók száma:	12 fő
Tanárok:	Berecz Ágota
A projekt időtartama:	8 hét
A projektmunka:	20 óra előkészítés + 12 tanóra projektmunka



Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni a tangazdaság szakmai vezetésének és dolgozóinak közreműködését. Külön kiemelnénk az eszközök és szerszámok, valamint a létesítmények használatának lehetőségét, amely nagyban megkönnyítette a projekt kivitelezését. Ugyanígy köszönettel tartozunk a projektmunkában felhasznált közegekért és vetőmagokért, amiket a tangazdaság biztosított számunkra. Külön köszönet illeti a projektet megvalósító diákokat lelkes és felelősségteljes részvételükért, valamint Berec Ágota tanárt a szakmai irányításért.

A projekt célja

A projekt célja az volt, hogy a diákok gyakorlati tapasztalatot szerezzenek a salátatermesztés különböző termesztőközegekben történő megvalósításában, fóliasátras növényházi környezetben. A hangsúly a termesztőközegek fizikai és kémiai tulajdonságainak megismerésén, valamint a növények fejlődésének megfigyelésén volt. A tanulási folyamat célja a gyakorlati kertészeti ismeretek elmélyítése mellett a megfigyelési készségek fejlesztése, az adatgyűjtés, a felelősségteljes munkavégzés és a környezettudatos hozzáállás kialakítása volt a növénytermesztésben.

Előkészítés

Az első lépés a projektcsapatok kialakítása és a projektterv összeállítása volt. A pedagógiai tervet a projektet vezető tanár a tangazdaság munkatársaival közösen dolgozta ki, figyelembe véve a tanulók életkori sajátosságait, előzetes ismereteit és a projekt tanulási céljait. A projekt ütemtervét már a tanulók bevonásával alakították ki, ezzel is ösztönözve őket az aktív részvételre és az önállóságra.

A projekt céljaihoz igazodva az előkészítő szakasz során kiemelt figyelmet kapott a termesztőközegek tulajdonságainak megismertetése. A diákok tanórai keretek között megismerkedtek a salátatermesztés alapjaival, a különböző közegek fizikai és kémiai jellemzőivel, és

azok hatásaival a növények fejlődésére. Az elméleti ismeretanyag elsajátítását szemléltető anyagok és közös megbeszélések támogatták.



Ezt követően a tanulók előzetes méréseket és állapotfelmérést végeztek a tangazdaságban rendelkezésre álló közegeken. Megtanulták dokumentálni a termesztés szempontjából fontos paramétereket (pl. pH-érték, elektromos vezetőképesség, víztartó képesség), és az adatok alapján közösen döntöttek arról, hogy melyik csoport melyik termesztőközeggel dolgozik majd.

A projekt előkészítési szakaszának fontos eleme volt az eszköz- és anyagszükséglet meghatározása is. A tanulók aktívan részt vettek a szükséges eszközök (vetőmag, tálcák, mérőműszerek, öntöző- és tápoldatozó eszközök) összeírásában és előkészítésében. A közös tervezés során fejlődött a tanulók logikai gondolkodása, feladattervezési készsége, valamint betekintést nyertek a növényházi termesztés szervezési folyamataiba is.

A projekt megvalósítása

A tanulók minden tevékenységet tanári felügyelet mellett, de önállóan végeztek, így a projekt valódi tanulási helyzetként szolgált, amelyben a gyakorlati tudás megszerzése mellett kiemelt szerepet kapott a megfigyelés, a felelősségvállalás és a tudományos szemlélet megalapozása.

A diákok először elméleti felkészítést kaptak a különböző termesztőközegekről (tőzeg, kőgyapot, perlit, virágföld), majd előkészítették a növényházi hajtatáshoz szükséges anyagokat és eszközöket. Ezt követően dokumentálták a paramétereket (pl. pH, EC), és a projekt 4. és a 6. hetében a diákcsoportok megkezdték a salátamagok elvetését a választott termesztőközegek (tőzeg, kőgyapot, perlit vagy virágföld) egyikében. A közeg kiválasztása során a csoportok figyelembe vették a különböző fizikai és kémiai tulajdonságokat.

A vetést követően minden csoport rendszeresen nyomon követte a salátanövények fejlődését, és a növekedési folyamatokat dokumentálták: fényképekkel



és jegyzetekkel rögzítették a változásokat, ezzel is segítve a későbbi értékelést és összehasonlítást. Ez a szakasz fontos szerepet játszott az empirikus megfigyelés és a tudományos szemlélet fejlesztésében.

A csoportok rendszeresen öntözték a növényeket, figyelembe véve a termesztőközeg vízmegtartó képességét és a növények vízigényét. Folyamatosan ellenőrizték a tápanyaggal való ellátottságot, és szükség esetén tápoldatoztak, hogy a saláta optimális körülmények között fejlődhesen. A környezeti feltételek, mint például a hőmérséklet és a páratartalom szabályozása szintén a gondozási feladatok közé tartozott, ami zárt térben történő hajtás esetén különösen fontos.

A 7. héten – amikor a saláták elérték a megfelelő fejlettségi és érettségi állapotot – megkezdődött a betakarítási időszak, amely során minden csoport megkezdte a saját termesztett növényeinek begyűjtését. A betakarítás időpontját a saláta mérete, leveleinek színe, tömörsége és általános állapota alapján határozták meg. Ebben a munkaszakaszban került sor az egyes termesztési módszerek hatékonyságának elemzésére, és az eredmények megvitatására.

Sikertörténetek, kudarcok, kockázatok, hatás

A salátatermesztési projekt során a tanulók különböző termesztőközegek – tőzeg, kőgyapot, perlit és virágföld – használatával ismerkedtek meg, és gyakorlati tapasztalatokat szereztek a vetés, gondozás és betakarítás lépéseiről.

A projekt tanulási eredménye elsősorban abban rejlett, hogy a tanulók aktív megfigyelés útján sajátították el a növénytermesztés alapjait, miközben fejlődött felelősségérzetük, problémamegoldó készségük és környezeti érzékenységük. A csoportmunka erősítette az együttműködési készséget, és elősegítette a tudományos szemlélet kialakulását.

A projekt ugyanakkor technikai és pedagógiai kockázatokat is hordozott. A nem megfelelő öntözés, tápanyagellátás vagy környezeti feltételek – különösen az érzékenyebb közegekben, mint a perlit vagy a kőgyapot – könnyen a növények pusztulásához vezethettek. Emellett fennállt a veszélye annak is, hogy a résztvevők motivációja csökken, ha nem tapasztalnak gyors vagy látványos eredményt, vagy ha a munka nem egyenlő arányban oszlik meg a csoporton belül.

A projekt hosszabb távú hatásai közé tartozik a mezőgazdaság és a fenntartható élelmiszertermelés iránti érdeklődés felkeltése, valamint a gyakorlati tudás megalapozása a későbbi tanulmányok vagy önálló próbálkozások számára. Mindez akkor válhat igazán hasznossá, ha a kudarcokat nem elrettentő példaként, hanem tanulási lehetőségként értékeljük. A salátatermesztési projekt így nemcsak agronómiai, hanem nevelési szempontból is értékes élményt nyújtott a tanulóknak.

A projekt során a diákok nemcsak szakmai, hanem személyes készségeikben is fejlődtek. Megtanultak felelősséget vállalni a munkájukért, együttműködni társaikkal, és tudományos alapokon értékelni a gyakorlati eredményeket.

Következtetések és ajánlások

A tanulók gyakorlati tapasztalatokon keresztül ismerték meg a salátatermesztés komplexitását. Az eltérő termesztőközegek összehasonlítása és a saját munka értékelése segítette őket abban, hogy tudatosabban és környezettudatosabban közelítsenek a növénytermesztéshez.

Az egyik legfontosabb pedagógiai következtetés az, hogy a gyakorlati, tapasztalati úton történő tanulás – különösen, ha azt dokumentáció és megfigyelés kíséri – hatékonyan fejleszti a tanulók tudását és elkötelezettségét. Az is bebizonyosodott, hogy a hibák és nehézségek nem gyengítik, hanem éppen erősítik a tanulási folyamatot, ha azokat megfelelő módon értékelik ki és beszélnek meg.

A jövőbeni hasonló projektek megvalósításához javasolt az előkészületek gondosabb megtervezése, különös tekintettel a tápanyag-utánpótlásra és az öntözés automatizálására.

Arra a következtetésre jutottunk, hogy legközelebb a projekt előkészítési szakaszában részletesebb útmutatókat és digitális megfigyelési adatlapokat fogunk készíteni a tanulókkal közösen, hogy még tudatosabban kísérhessék figyelemmel a növények fejlődését. A projekt kiterjeszthető más zöldségfajokra is, illetve összevonható fenntarthatósági vagy élelmiszerbiztonsági témákkal, ezzel még komplexebb tanulási lehetőséget kínálva.

PRECÍZIÓS NÖVÉNYVÉDELEM – MAGYARORSZÁG

A projekt adatai

Célcsoport:	Mezőgazdasági gépészmérnökök és mezőgazdasági technikusok 13. évfolyam
Intézmény és ország:	Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola Makó, Magyarország
A projektben részt vevő külső cég:	Alföldi Agrár Ágazati Képzőközpont
Részt vevő tanulók száma:	12 fő
Tanárok:	Horváth Zoltán, Bókáné Bodó Zsuzsanna, Borka Roland, Nagy-György Richárd
A projekt időtartama:	8 hét
A projektmunka:	16 óra előkészítés + 16 tanóra projektmunka



Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani az Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola összes tankerti munkásának, és szeretnénk megköszönni a projektet irányító és a

projektben részt vevő tanárkollégák odaadó munkáját és magas szintű pedagógiai teljesítményét. Végül köszönet az Alföldi Agrár Ágazati Képzőközpont munkatársainak a projekt támogatásáért.

A projekt céljai

A projekt célja, hogy a 13. osztályos, végzős technikusok részére projektmódszerrel bemutassa a precíziós növényvédelem alapjait, a digitális technológiák alkalmazását a kártevők és kórokozók monitorozásában és az ellenük való védekezésben, különös tekintettel az iskolai növényházi környezetekre. A hangsúly a környezetbarát és fenntartható növényvédelmi megoldásokon, valamint az informatikai eszközök (szenzorok, képfeldolgozás, mesterséges intelligencia) gyakorlati alkalmazásán volt.

Tanulási célok

A kártevők és kórokozók monitorozása korszerű módszereinek elsajátítása: a tanulók elsajátítják az automatizált szenzorok és képfeldolgozó rendszerek alkalmazását a kártevők és betegségek korai azonosítására és lokalizálására a növényházban.

Adataalapú döntés módszerének alkalmazása: diákok megtanulják, hogyan értékelik a gyűjtött adatokat (pl. szenzoroktól, képekről) a kártevők és betegségek kockázatának felméréséhez, és hogyan hozzanak megalapozott döntéseket a védekezési stratégiákról.

Precíziós növényvédelmi technikák alkalmazása: a tanulók megtanulják a gyakorlatban alkalmazni a vegyszerfelhasználás és a környezeti terhelés minimalizálásának módszereit célzott permetezési és a lokális védekezési eljárásokkal.

A mesterséges intelligencia szerepének megértése:

a mesterséges intelligencia tudatos és célszerű alkalmazási módjának szemléltetése a precíziós növényvédelem hatékonyságának növelése érdekében, korai felismerési rendszerek bemutatása MI megoldásokkal.

A környezetbarát növényvédelem és az agrár-biotechnológia jelentőségének felismerése: a diákok elsajátítják az integrált növényvédelem, a biológiai védekezés (természetes alapú növényvédő szerekkel) alapjait.



A projekt előkészítése

1. Első lépésként a tanárkollégák meghatározták azokat tanulási célokat és kompetenciákat, amelyeket a diákoknak a projekt során el kellett sajátítaniuk (pl. szenzorhasználat, adatelemzés, környezetbarát növényvédelem, mesterséges intelligencia alkalmazása stb.). A tanárok bemutatták a diákoknak a projekt célját, a várható eredményeket. A motivációt erősítette az a tény, hogy saját, kézzel fogható munkát fognak végezni valós környezetben.

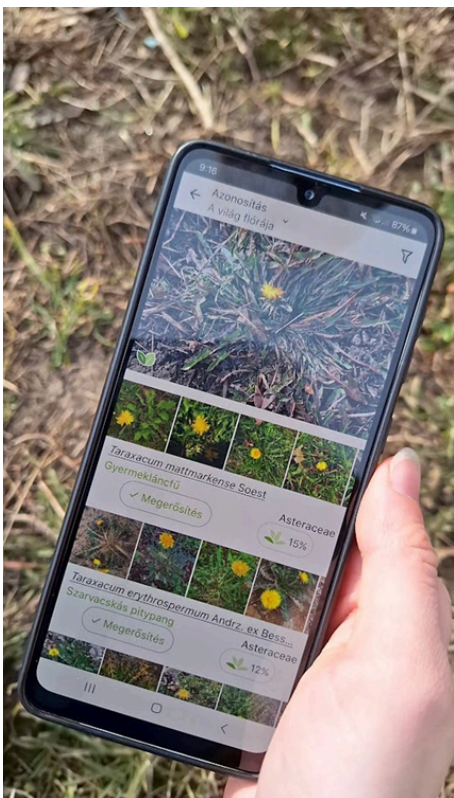
2. A tanulók közösen, tanári irányítással megvizsgálták a növények jelenlegi állapotát az iskolai növényházban. A megfigyelés alapján meghatározták azokat a problémákat, amelyekre a precíziós növényvédelem megoldást jelenthet.
3. A pedagógusok és a diákok közösen állították össze az eszközigényt:
 - szenzorok (pl. hőmérséklet-, páratartalom-, talajnedvesség-mérők),
 - kamerák és képfeldolgozó szoftverek,
 - környezetbarát permetező eszközök (pl. kézi permetező, robot),
 - adatgyűjtő és elemző platformok (pl. mobilapp, webes felület).
4. Ezt követte a 3-4 fős csoportok kialakítása. Minden csoport egy adott részfeladatot kapott: például szenzorrendszer beállítása, adatrögzítés, növények egészségi állapotának monitorozása, beavatkozási javaslatok kidolgozása.
5. A tanulók és a tanárok közösen készítettek ütemtervet, amely a tanórai és gyakorlati tevékenységek időbeli elosztását tartalmazta. A projekt két héten át tartott, heti 3 tanórán valósult meg, amelyeket önálló adatgyűjtési és értékelési időszakok követtek.

A projekt megvalósítása

A projekt a tanórákba integrálva, heti rendszerességgel valósult meg az iskolai növényházban, a tanulók aktív részvételével, projektmódszer szerint. A megvalósítás lépései:

1. Feladatok meghatározása és az eszközök kiválasztása

A tanulók kis csoportokat alkottak, és közösen döntöttek el, hogy a növényház mely részeit fogják megfigyelni. Minden csoport kiválasztotta a feladathoz szükséges eszközöket (pl. szenzorok, kamerák, digitális felületek), figyelembe véve a tanórán elsajátított szempontokat és a növényállomány állapotát.



2. Szenzorok és kamerák telepítése

A kiválasztott eszközöket a tanulók telepítették a növényház kijelölt pontjaira. A telepítés során gondoskodtak a szenzorok és kamerák stabil rögzítéséről, helyes iránybeállításáról, valamint elvégezték az eszközök alapkalibrálását a pontos működés érdekében.

3. Adatgyűjtés és digitális rögzítés

A projekt során a tanulók rendszeres időközönként végeztek adatgyűjtést a hőmérséklet, páratartalom, talajnedvesség és fényviszonyok mérésével, valamint képeket készítettek a növények állapotáról. A mért adatokat és képeket felhőalapú rendszerbe töltötték fel, ahol azok további elemzésre kerültek.

4. Képfeldolgozás és kártevő-azonosítás

A digitális felvételek elemzését tanári irányítással, képfeldolgozó szoftver segítségével végezték. A diákok megtanulták azonosítani a levéltetveket, tripszeket és egyéb kártevőket, valamint gombás betegségek korai tüneteit a képeken.

5. Kockázatértékelés és javaslattétel

A tanulók közösen elemezték az összegyűjtött adatokat, és értékelték a fertőzések kockázatát. A kockázati térképek és adatelemzések alapján javaslatokat dolgoztak ki a szükséges növényvédelmi beavatkozásokra – figyelembe véve a fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontokat.

6. Célzott beavatkozások végrehajtása

A csoportok a saját javaslataik alapján kiválasztott növényvédelmi eljárásokat (pl. biológiai védekezés, pontszerű permetezés) valósították meg a gyakorlatban, ügyelve a pontos adagolásra, időzítésre és biztonságos kivitelezésre.

7. Eredmények követése és értékelés

A projekt végén a tanulók újra begyűjtötték az adatokat, és értékelték a beavatkozások hatását. Dokumentálták az elért változásokat, levonták a következtetéseket, és bemutatták az eredményeket egy rövid prezentáció keretében az osztálytársaik és tanáraik előtt.

Sikertörténetek, kudarcok, kockázatok, hatás

A projekt során a tanulók valódi, életszerű helyzetekben szereztek tapasztalatot a digitális technológiák mezőgazdasági alkalmazásáról. A szenzorok, kamerák és adatgyűjtő rendszerek használata lehetőséget adott, hogy mélyebb betekintést nyerjenek a precíziós növényvédelem működésébe, és a gyakorlatban alkalmazzák az elméleti ismereteiket. Képesek voltak kisebb kártevőfertőzéseket korai stádiumban felismerni és sikeresen kezelni, csökkentve a károkat és a vegyszerfelhasználást.

A tanulók megtapasztalták az adatalapú döntés előnyeit: az összegyűjtött szenzoradatok és képi információk alapján saját javaslatokat dolgoztak ki, amelyeket önállóan vagy csoportmunkában valósítottak meg. A projekt során erősödött a környezettudatosságuk, hiszen a fenntartható, környezetkímélő megközelítéseket – például biológiai védekezést vagy célzott, pontszerű permetezést – részesítették előnyben. Emellett fejlődött a problémamegoldó képességük, az együttműködésre való hajlandóságuk és a gyakorlati munkavégzés során szükséges felelősségtudatuk is.

A megvalósítás azonban nem volt kihívásoktól mentes. Már a kezdeti szakaszban nehézséget jelentett az automatizált eszközök pontos kalibrálása és a szenzoradatok megbízható gyűjtése. A kártevők és kórokozók felismerése – különösen a fertőzések korai stádiumában – jelentős tapasztalatot és gyakorlást igényelt. A külső környezeti tényezők, például az ingadozó hőmérséklet és páratartalom, szintén befolyásolhatták a mérési eredményeket, és ezzel együtt a védekezési döntéseket is.

A projekt lebonyolítása során több kockázat is fennállt. A technikai eszközök esetleges meghibásodása, a szoftveres problémák vagy a biztonsági szabályok figyelmen kívül hagyása veszélyeztethette az adatgyűjtés és az elemzés pontosságát. A nem megfelelő növényvédőszer-használat, valamint a kórokozók és kártevők esetleges ellenállása szintén potenciális veszélyként jelentkezett.

Mindezek ellenére a projekt hosszú távú hatása kiemelkedő volt. A tanulók korszerű elméleti és gyakorlati tudással gazdagodtak, amely hozzájárul jövőbeni szakmai sikerességükhöz és növeli esélyeiket az elhelyezkedésre a modern agrárszektorban. Az iskola növényháza valós, élő laboratóriumként működött, ahol a tanulók megtapasztalhatták a legújabb technológiák használatát, és lehetőségük volt önálló kutatásra, megfigyelésre, értékelésre. A projekt nemcsak a

digitális agrármegoldások népszerűsítéséhez, hanem a fenntartható szemlélet megerősítéséhez is nagy mértékben hozzájárult.

Következtetések és javaslatok

A projekt tapasztalatai alapján megállapítható, hogy a precíziós növényvédelem témakörének projektmódszerrel történő feldolgozása hatékony tanulási formának bizonyult. A tanulók nemcsak elmélyítették az agrárdigitalizációs ismereteiket, hanem valódi gyakorlati tapasztalatokat is szereztek az adatalapú döntéshozatal, a szenzortechnológia, valamint a környezetbarát növényvédelmi megoldások területén.

A projekt megerősítette, hogy az iskolai növényház mint tanulási tér kiváló lehetőséget nyújt a digitális technológiák alkalmazásának bemutatására, miközben fejleszti a tanulók önállóságát, megfigyelőképességét és problémamegoldó készségét. A csoportmunka révén elősegítette az együttműködésen alapuló tanulást, és hozzájárult a tanulók felelősségvállalásának és környezettudatosságának fejlődéséhez.

Ajánlasként megfogalmazható, hogy érdemes rendszeresen beépíteni hasonló jellegű projekteket a szakképzés tanmenetébe, különösen ott, ahol lehetőség van digitális eszközök gyakorlati használatára. A jövőbeni fejlesztések során célszerű még részletesebb megfigyelési protokollok, digitális naplók és visszacsatolási rendszerek alkalmazása, valamint a mesterséges intelligencián alapuló kiértékelő eszközök bevezetése is.

Összességében elmondható, hogy a projekt nemcsak a tanulók szakmai fejlődéséhez, hanem az oktatási intézmény digitális és fenntarthatósági törekvéseihez is jelentősen hozzájárult. A megszerzett tapasztalatok hosszú távon erősíthetik a tanulók motivációját és innovációs szemléletét a mezőgazdasági pályán.

PRECÍZIÓS ÖNTÖZÉS – ROMÁNIA

A projekt adatai

Célcsoport:	Kertészmérnöki, Tájépítész-mérnöki és Agrármérnöki Szakos alapképzéses (BSc.) III. éves egyetemi hallgatók
Intézmény és ország:	Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar és Sepsiszentgyörgyi Kar, Románia
A projektben részt vevő külső cég:	A Horticulture 4.0 projekt pályázati konzorciumának tagjai
Részt vevő tanulók száma:	30 fő
Tanárok:	Túrócs László Zsolt, Molnár Katalin, Biró-Janka Béla, Papp Sándor, Csorba Artúr, Nyárádi Imre-István
A projekt időtartama (hét):	1 félév
A projektmunka (óraszám):	56 tanóra

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani mind a Horticulture 4.0 projektben résztvevő munkatársnak, mind azon külsős kollégáknak, akik tudásukkal és tapasztalatukkal önzetlenül hozzájárultak a projekt céljainak megvalósításához.

A projekt célja

A projekt célja, hogy a szakirányos egyetemi hallgatókban tudatosítsa a precíziós öntözés jelentőségét, illetve ismertesse ennek megvalósításának elméleti és gyakorlati hátterét.

Ugyanakkor a projekt próbaképzés szerepét is betölti, amely végén megfogalmazott visszajelzések alapján tökéletesíthető a Horticulture 4.0 pályázat keretében megalkotott tananyag.

Tanulási célok

A hallgatók a projekt végére:

- megértik a víz szerepét a növényi szervezet működésében;
- elsajátítják az öntözéstan alapfogalmait;
- megismerik a precíziós tápoldatozó öntözés előnyeit;
- megismerik a precíziós tápoldatozó öntözőrendszer alkotóelemeit és ezek szerepét;
- képesek lesznek egy precíziós tápoldatozó öntözőrendszer megtervezésére és kialakítására;
- üzemeltetni tudják az általuk megtervezett és kialakított precíziós tápoldatozó öntözőrendszert.

A projekt előkészítése

- az öntözőrendszer alapvető kellékeinek beszerzése;
- a megfelelő meteorológiai állomás és a specifikus talajnedvességérzékelő szenzorok beszerzése és beüzemelése az egyetem Kísérleti és Tangazdasága területén;
- a megfelelő adatgyűjtők (loggerek) és öntözőrendszer vezérlő beszerzése és beüzemelése;
- a megfelelő szoftware háttér kiválasztása és feltelepítése a kezelőfelületekre, illetve a megfelelő mobil eszközök kiválasztása és a kompatibilitási kérdések ellenőrzése;
- a szükséges növényállományok létrehozása növényházi és szabadföldi körülményekben.

A projekt megvalósítása

A tápoldatozó precíziós öntözés a fő témakörben, a tavaszi félévben összesen 28 óra előadás +28 óra gyakorlat az Öntözéstan tantárgy órakeretében valósítottuk meg a projektet. Az előadásokat nagycsoportban a gyakorlati foglalkozásokat kiscsoportos tevékenységek formájában lettek kivitelezve. A tantárgy adatlapja, illetve a projekt elkészült munkaterve részletesen tartalmazza a projekt tartalmát és ütemét, illetve térben és időben is elhelyezi a projektlépéseket. Első feladatunk a tantermi körülmények között megvalósított projektismertetés, illetve az öntözéshez, tápoldatozáshoz, érzékeléshez, vezérléshez, tervezéshez és kivitelezéshez kötődő alapfogalmak ismertetése. Ezt követően a projekt aplikatív részének megvalósítása történik egy konkrét tápoldatozó öntözőrendszer kiépítésével és üzemeltetésével növényházi és szabadföldi körülményekben.

Komplex összehasonlító elemzést végzünk a hagyományos és a precíziós öntözést illetően, amely keretében a tápoldatozó öntözés technológiai hatékonyságára, a vízfelhasználás takarékoságára, illetve a folyamat idő és költségvonzatra összpontosítunk.

A projekt értékelése

A projekt során az évfolyamok keretében önállóan tevékenykedő kiscsoportokat hoztunk létre, akik előre meghatározott és megbeszélte feladatot teljesítenek a félév során. A feladatok rendszeres adatgyűjtést tartalmaznak főként az öntözés vízfelhasználására, idő- és élőmunkaigényére vonatkozóan. A begyűjtött adatok feldolgozására és összehasonlító elemzésére a félév végén kerül sor, amely keretében az alábbiak kerülnek kiemelésre:

- felhasznált vízmennyiség és talajnedvesség, illetve növényi vízellátás összefüggés;
- az öntözés idő- és élőmunka igénye;
- az öntözés folyamatának gazdasági elemzése.

Minden kiscsoport írott referátum és vetített előadás révén bemutatja a saját tevékenységét és feldolgozott adatgyűjtését. Ezeket követően közösen került kivitelezésre a projekt kiscsoportos tevékenységeinek komplex emelzése/értékelése.

Sikertörténetek, kudarcok, kockázatok, hatás

A kiscsoportos tevékenységek révén a projekt megvalósítása nagyrésztben élménypedagógiára alapult a *learning by doing* módszer révén, így ez nagyon lekötötte a hallgatók figyelmét, illetve ezek aktív bekapcsolódását biztosította. A csapadékszegény időjárási körülmények miatt az öntözéshez kötődő projekt mind növényházi, mind szabadföldi körülményekben alátámasztotta a precíziósan kivitelezett öntözés pozitív hatását.

A projekt révén a témában a hallgatók maradandó tudást és készségeket szereztek, amelyeket a mindennapi szakmai gyakorlatukban felhasználhatnak.

Projekt információk

Betűszó:	Kertészet 4.0
Cím:	Szakképzés a kertészet digitális átalakulásához
Projekt száma:	2021-2-HU01-KA220-VET-000050665
Kulcsintézkedés:	Erasmus + KA220-szakképzés
Projekt típusa:	Együttműködési partnerségek a szakoktatás és szakképzés területén
Időtartam:	36 hónap
Kezdő dátum:	01-03-2022
Befejezés dátuma:	01-03-2025
Célcsoport:	Szakképzési tanárok és oktatók a mezőgazdasági ágazatban
Kedvezményezettek:	kertészeti képesítést (IVET/CVET) tanuló szakképzésben részt vevő hallgatók szakképzési szolgáltatók és kertészeti vállalkozások
Partnerországok:	Magyarország, Románia, Szerbia
Projekt koordinátor:	Alföldi ASZC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola
Kapcsolattartó:	Horváth Zoltán, igazgató
E-mail:	galambj.iskola@gmail.com

PARTNEREK

ITStudy Hungary Számítástechnikai Oktatási és Kutatóközpont Kft. (HU)

ITStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (HU)

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kolozsvári Sapientia Egyetem, Marosvásárhelyi Műszaki és Bölcsészettudományi Kar (RO)

Pro Scientia Naturae Alapítvány (SR)

Pro Scientia Naturae Alapítvány

KONTEXTUS

Amikor az emberek a mezőgazdaságra gondolnak, nem az informatika, az adatelemzés, a hálózatok, az automatizált eszközök, az IoT és a robotika jut először eszükbe. Pedig az e-mezőgazdaság már jelen van napjainkban.

A gazdálkodók mindig is tisztában voltak azzal, hogy a hozamok számos tényezőtől függenek, például a talaj minőségétől vagy az éghajlati viszonyoktól. Eddig azonban nem rendelkeztek azokkal az eszközökkel, amelyekkel mérhetnék, befolyásolhatnák, szabályozhatnák és optimalizálhatnák ezeket a paramétereket a legkedvezőbb hozamok elérése érdekében.

A digitális átalakulás korában a kertészet kulcsszerepet játszik abban, hogy friss és tápláló zöldségeket és gyümölcsöket biztosítson az egyre növekvő népesség számára. Az intelligens technológiák üvegházakban történő alkalmazása csökkenti a bizonytalanságot és növeli a termelékenységét, ezért az automatizált üvegházak egyre népszerűbbek. Az üvegházak automatizálása és távvezérlése iránti igény világszerte, sok országban növekszik, de kevés olyan gazdálkodó és szakmunkás van, aki biztonsággal és professzionálisan tudja használni ezeket az eszközöket. Sajnos a szakképzés csak több éves késéssel tud reagálni a jelenlegi kihívásokra, nem beszélve arról, hogy a technológiai változások folyamatosan és exponenciális ütemben fejlődnek.

A projekt partnerországaiban még mindig hiányoznak az üvegházak automatizálásáról és a távvezérlésről szóló tananyagok a szakképzésben, még a felsőoktatásban is. Mivel ez a terület meglehetősen új, a kapcsolódó technológiák és szolgáltatások sok esetben nem rendelkeznek

megfelelő szabványrendszerrel, ami megnehezíti a termelők és a vállalkozók számára annak eldöntését, hogy melyik rendszert érdemes bevezetni és használni.

A projekt célja, hogy a kertészeti szakoktatók számára innovatív, magas színvonalú, képzési anyagot biztosítson az intelligens növényházakban alkalmazott technológiák használatáról. A képzési anyag tartalmának és tematikájának kialakítása a munkaerőpiac szereplőinek bevonásával és a célcsoport igényeinek azonosításával történt.



EREDMÉNYEK

A projekt megvalósítása öt munkacsomagot tartalmazott, amelyek eredményei a következők voltak:

1. Az intelligens üvegházakban működő felhasználók digitális készségeinek azonosítása és leltározása

- AZ ÜVEGHÁZ DIGITÁLIS TECHNOLÓGIÁINAK ADATBÁZISA

Létrehoztunk egy online adatbázist, amely tartalmazza az intelligens üvegházak által Európában és a partnerországokban használt technológiákat.

- DIGITÁLIS KOMPETENCIATÉRKÉP

A kompetenciatérkép leírja az intelligens üvegházakban az új technológiákkal való munkához szükséges digitális készségeket.

2. Az intelligens üvegházak használatának tanterve

- IGÉNYFELMÉRÉS ÉS ELEMZÉS

A tantartalom és az online kurzus kidolgozása előtt a partnerek online felmérést vezettek be és végeztek a partnerországokban, hogy felmérjék a tanárok digitális készségeinek szintjét, az üvegházakkal kapcsolatos ismereteiket, a 21. századi innovatív tanítási módszerek használatát, végül pedig a tananyagok elérhetőségét. A felmérés következtetéseit felhasználták a fejlesztések

következő lépéseikhez. A tantervet az EQF, NQF, EQAVET, DigComp és DigCompEdu uniós irányelvekkel összhangban dolgozták ki.

3. Intelligens növényházak tananyagának fejlesztése

A tanterv alapján a partnerség egyetemi oktatói és szakoktatói három fő fejezetben dolgozták ki a tanulási tartalmat négy európai nyelven:

1. Az intelligens üvegházak üzemeltetésének informatikai alapjai

2. Intelligens technológiák az üvegházakban

- 2.1. Mobilkommunikáció a növényházakban
- 2.2. Növényházi automatikák, szenzorok, robotika
- 2.3. Mikroszaporítási technikák a laboratóriumban
- 2.4. Növényházi termesztés
- 2.5. Növényházak mikroklímájának digitalizációja
- 2.6. Precíziós öntözés
- 2.7. Mesterséges megvilágítás digitalizációja a növényházakban
- 2.8. Precíziós növényházi termesztés növényvédelme

3. Innovatív oktatási módszerek

Az első téma az intelligens üvegházak világos és hozzáférhető üzemeltetéséhez szükséges alapvető informatikai alapokat tárgyalja. A második téma nyolc fejezeten keresztül mutatja be az intelligens üvegházak fejlett technológiáit, alkalmazkodva a növények élettani stádiumaihoz, gyakorlatorientált megközelítéssel és különös tekintettel a mesterséges intelligencia megoldásokra. A harmadik téma egy módszertani útmutató a kertészeti tantárgyak tanárai számára, akik a 21. század innovatív módszereivel szeretnék megtanítani diákjaiknak a legújabb technológiákat.

4. E-tanulási platform és online tanfolyam a partnerországokban kertészetet oktató oktatók számára

E-LEARNING PLATFORM

A három témakörben kidolgozott tananyaghoz a Moodle Tanulásmenedzsment Rendszeren belül többnyelvű virtuális tanulási környezetet valósítottunk meg. Integráltuk a kurzus elemeit, amelyek konstruktív pedagógiai megközelítésen alapuló, együttműködő hálózati tanulást támogatnak. Ez az innovatív megoldás az úgynevezett "learning-by-doing" tanulási környezetet biztosítja az oktatók számára, ugyanakkor lehetővé teszi számukra, hogy kipróbálják a hatékony digitális oktatás módszereit és eszközeit.

E-LEARNING TANFOLYAM – KISÉRLETI KÉPZÉSEK

Az online tanfolyamot 150 kertészeti oktató bevonásával tesztelték a partnerországokból. A kurzus résztvevőit arra kérték, hogy válasszanak egy témát, és fejlesszék hallgatóikkal együtt (projekt módszer alkalmazva) egy külső kertészeti céggel együttműködve, amelyet a 3. modulban tanulnak. A tanfolyam után minden országból kiválasztottunk egy projektet, és a tapasztalatokat közzétettük a tanároknak szóló kézikönyvben.

5. Intelligens technológiák az üvegházakban – digitális kézikönyv kertészeti oktatók számára

A projekt utolsó szakaszában a partnerség elkészítette a "Kertészet 4.0 - Intelligens üvegházi technológiák" című e-könyvet angolul és a partnerországok nyelvén: magyarul, románul és szerbül. A könyv a speciális tartalom mellett tartalmazza a pilot online tanfolyamon részt vevő és a digitális eszközöket és módszereket diákjaikkal/tanulóikkal kipróbáló tanárok tapasztalatait, valamint a projekt megvalósításában részt vevő kertészeti gazdaságoktól kapott ajánlásokat.

FENNTARTHATÓSÁG

A projekt eredménye rugalmas, jövőorientált digitális szakképzési program a mezőgazdasági ágazat kertészeti oktatói számára. A termékek az európai szakképzésben széles körben újrahasznosíthatók, mivel amellet, hogy ismeretanyaga az okos üvegházakban alla legkorszerűbb technológiáira vonatkozik, a képzés tematikája, módszerei és az e-learning megoldás összhangban van a kulcsfontosságú európai oktatási keretrendszerekkel, beleértve az EQF-et, az ECVET-et, az EQAVET-et, a DigComp-ot és a DigCompEdu-t.

Főbb jellemzők és többcélú alkalmazások:

- **Moduláris tanulási tartalom és online kurzus:** A képzési program három modulból áll, amelyeket Moodle környezetben nyújtanak. Tartalmaz egy kompetenciatérképet, amely felvázolja a mezőgazdasági szakképzésben részt vevő hallgatók várható tanulási eredményeit. A kurzus – a tanulási tartalommal és egyéb kurzuselemekkel (például feladatok, tesztek, sablonok stb.) négy nyelven letölthető az e-learning platformról, és korlátozás nélkül megvalósítható bármely más Moodle környezetben.
- **Intelligens technológiák az üvegházakban – Digitális kézikönyv tanároknak:** A tananyagot digitális tanári kézikönyvbe foglalták össze. Ez az erőforrás támogatja a kertészeti pedagógusokat mindennapi tanítási gyakorlatukban, értékes kiegészítője a meglévő tankönyveknek.
- **Mikrotanulási források:** A tartalom önállóan érthető fejezetekre bontható, folyamatosan kiadható digitális mikrotananyagként. Ezek négy nyelven szabadon hozzáférhetők a szakmai és oktatási tartalommegosztó platformokon, nyílt oktatási segédanyagokként



A projekt eredményeit a szakiskolákban, szakközépiskolákban és felsőoktatásban kertészeti tantárgyakat oktató valamennyi pedagógus számára ajánljuk. Ezeknek a termékeknek az volt a célja, hogy segítsék a célcsoportot olyan aktuális, gyakorlati ismeretek átadásában, amelyek felkészítik a hallgatókat a sikeres karrierre a fejlődő mezőgazdasági környezetben.

Információ: Horváth Zoltán, e-mail: galambj.iskola@gmail.com

Web: <https://h40.itstudy.hu/hu>

Horticulture 4.0 - Intelligens növényházak a kertészeti szakképzésben projekt:
2021-2-HU01-KA220-VET-000050665
2022. 03. 01- 2025. 02. 28.
<https://h40.itstudy.hu/hu>

Kiadja a Horticulture 4.0 konzorcium. A kiadvány CC BY-NC 4.0 licenc alatt áll.



Az Európai Unió finanszírozásával. Az itt szereplő vélemények és állítások a szerző(k) álláspontját tükrözik, és nem feltétlenül egyeznek meg az Európai Unió vagy az Európai Oktatási és Kulturális Végrehajtó Ügynökség (EACEA) hivatalos álláspontjával. Sem az Európai Unió, sem az EACEA nem vonható felelősségre miattuk.