

SZAKDOLGOZAT

Kapitány Dorottya

2023

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
SZŐLÉSZETI ÉS BORÁSZATI INTÉZET
BUDAPEST

Precíziós szőlőművelés

Kapitány Dorottya

Szőlész-borász mérnök BSc

Készült a Szőlészeti Tanszéken

Közreműködő tanszék(ek): _____

Tanszéki konzulens: Dr. Bodor-Pesti Péter

Konzulens(ek): _____

Bírálok: _____

Budapest, 2023.

tanszékvezető/szakirányfelelős

konzulens

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	4
1. Precíziós szőlőművelés	6
1.1. Precíziós gazdálkodás.....	6
1.2. Precíziós gazdálkodás a szőlőművelésben.....	6
1.3. Borszőlő	8
1.4. Csemegeszőlő.....	8
2. A szőlőtermesztés már gépesített műveletei	9
3. Fitotechnikai műveletek a szőlőtermesztésben.....	11
3.1. Metszés	11
3.2. A metszőkés története.....	12
3.3. A metszőkéstől a metszőrobotig.....	13
3.3.1. Intelligent Autonomous Grapevine Pruner	13
3.3.2. Wall-Ye – MYCE_Vine	15
3.4. Zöldmunkák	16
3.5. Vegetatív növekedés, tápanyagigény felmérése és a lombkorona állapota.....	17
4. Agrotechnikai műveletek a szőlőművelésben	18
4.1. A talaj vizsgálatának precíziós módszerei	19
4.2. A kapától a sorajaművelő robotokig.....	20
4.2.1. Ted®	20
4.2.2. Vitrover.....	21
5. Növényvédelem a szőlőtermesztésben	22
5.1. Kártevők és betegségek monitorozása precíziós módszerekkel	23
5.2. A háti permetezőtől a permeteződrónokig.....	23
5.3. Permetező drónok és robotok	24
5.3.1. VineGuard.....	25
5.3.2. Permetező drón használata a magyar szőlőtermesztésben	25
6. A szüretelő késtől a szüretelő kombájnig, szüretelő robotokig.....	27
7. Ami egyelőre nem gépesíthető a szőlőtermesztésben.....	29
7.1. Metszés	29
7.2. Zöldmunkák	29
7.3. Szüret.....	29
8. A precíziós szőlőtermesztés jövőképe	30
9. Összefoglalás	31
Irodalomjegyzék	33

BEVEZETÉS

Dolgozatom témájául a precíziós szőlőművelést választottam. Dolgozatomban nem a teljes áttekintésre törekszem, viszont szeretnék kitérni a legmarkánsabb fejlesztésekre a precíziós szőlőművelés területén. Igyekszem sorra venni a jelenleg hozzáférhető és alkalmazott eszközöket, ami a precíziós szőlőművelést érinti. Írásom arra tesz kísérletet, hogy bebizonyítsa a precíziós gazdálkodás mondhatni elengedhetetlen a jövő szőlőtermesztéséhez.

A világ piaci versenye és az egyre csak növekvő fogyasztói társadalom a szőlőtermesztés radikális megváltoztatását is kikényszerítette. Azonban ezen változások mögött valójában a minőség javítása és a fenntarthatóság, a környezet kímélése áll. A precíziós szőlőműveléshez elengedhetetlen volt a technológia fejlődése, hiszen enélkül nem létezne. Valójában Magyarországon még kezdetleges a szőlőművelés gépesítése, a világon először Ausztráliában és az Amerikai Egyesült Államokban kezdtek el különféle szenzorokkal foglalkozni, amelyek a szőlőműveléshez kapcsolhatók, a 2000-es évek elején. Magyarországon legfőképp a mezőgazdaságban művelik így a területeket, a növények és a termőhely miatt is, itt is leginkább a szántóföldi növénykultúráknál elterjedt. Témaválasztásomat nagyban befolyásolta, hogy az elmúlt években egyre több precíziós gazdálkodást említő cikkel, előadással találkoztam.

A szőlő a világ egyik legfontosabb álló kultúrája, termesztése több ezer éves múltra tekint vissza. A szőlő fénykedvelő növény, a fényt rendkívül jól hasznosítja, az árnyékot nem kedveli. Rendkívül sokoldalú gyümölcs, melyet feldolgozása szerint többféle célra termelnek: többek között bor, gyümölcslé, mazsola és különféle dzsemek, lekvárok készítésére. A szőlő leggyakrabban használt csoportosítási elve alapján megkülönböztethetünk borszőlő fajtákat, csemegeszőlő fajtákat, illetve direktermő vagy úgynevezett régi rezisztens fajtákat. (Bényei et al. 1999)

A csemegeszőlő és a borszőlő termesztési módjai nagymértékben eltérnek egymástól. Sok fajtát termesztünk borszőlőként, és ugyancsak sok fajtát termesztünk csemegeszőlőként. A szőlőfajták eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek eltérő termesztéstechnikát igényelnek.

A csemegeszőlőket jellemzően friss gyümölcsként értékesítik, és érett állapotában szüretelik, íze édesebb, állaga pedig lágyabb, mint a szüretelt borszőlőnek. A csemegeszőlő sok napfényt igényel a megfelelő fejlődéshez, általában meleg, száraz éghajlaton termesztik, így a vízigénye is nagyobb, mint a borszőlőnek. Termesztésében szintén eltér, hogy a csemegeszőlőt általában rácson vagy úgynevezett pergolán termesztik, ezek alátámasztják a szőlőt, ezzel lehetővé téve a megfelelő növekedést. Ugyanakkor így maximalizálva a szőlőre jutó napfény mennyiségét, elősegítve a jobb levegőzést, ami segíthet megelőzni a különféle betegségeket.

Ezzel szemben a borszőlőt kifejezetten borkészítés céljából termesztik. Akkor szüretelik le, amikor a szőlő már elérte az adott borfajtához ideális érettségi szintet. Továbbá szignifikáns különbség, hogy a borszőlőt jellemzően hűvösebb éghajlaton termesztik, olyan talajon, aminek jó a vízelvezetése, ugyanis ezek a tényezők elősegítik a komplexebb ízjellel kialakítását. Ellentétben a csemegeszőlővel, a borszőlőt gyakrabban metszik, így

korlátozva a hozamot, ezzel csökkentve a terméshozamot. A csemegeaszőlőtől eltérően általában nem rácson vagy pergolákon termesztik, hanem támrendszer mellett.

A csemegeaszőlőként termesztett szőlő különbségei a szüretre és a feldolgozás szakaszaira is kiterjednek. Jellemzően a csemegeaszőlőt kézzel szüretelik, és így azonnal fogyasztható is, a borszőlőt vagy kézzel, vagy gépi úton szüretelik, zúzzák - hogy kivonják belőle a levét - majd erjesztéssel (spontán, vagy irányított) bort állítanak elő belőle. Tehát, a csemege- és a borszőlő termesztése hasonlóságokat mutathat, termesztésük mégis eltérő technológiát igényel.

A szőlő, mint gyümölcs termesztésének legjelentősebb előnye, hogy mivel álló kultúra, így magas terméshozamra lehet vele számolni. Nagy értékű növény, aminek termése tág felhasználási körrel és hatalmas kereslettel rendelkezik mind a nemzetközi piacon, mind a hazai piacon is. Rendkívül jövedelmező termény azon gazdálkodók számára, akik képesek jó minőségű szőlőt termelni, és hatékonyan értékesíteni, akár csemege, akár borszőlőről beszélünk.

Fontos megjegyezni ugyan, hogy attól, hogy álló kultúra, termesztése, illetve művelése nem mentes a kihívásoktól. Mint számos más mezőgazdasági területen, a szőlőtermesztésben is vannak kockázatok: az időjárással, a kártevőkkel és egyéb olyan tényezőkkel, amelyek nagyban befolyásolhatják a gyümölcs minőségét és terméshozamát.

Az 1930-as években a világ teljes szőlő területe 6,3 millió hektár volt. A század első felében egészen a 60-as évekig bezárólag folyamatos növekedés volt jellemző. 1980-ra már 10,3 millió hektáron termeltek szőlőt, napjainkban elérte a több mint 8 millió hektárt. Már 1960 óta túltermelésről beszélhetünk. (Rakoncás 2014)

A szőlő- és bortermeles manapság is virágzik, és az évek során folyamatosan növekszik. Ma a világ több mint 70 országában több mint 10000 borszőlőfajtát termesztnek, így a bor az egyik legváltozatosabb és legglobalizáltabb mezőgazdasági termék mondható.

A legfrissebb statisztikák szerint a világ szőlőtermelése 2020-ban megközelítőleg 70 millió tonna volt, a három legnagyobb termelő az Egyesült Államok, Kína, illetve Olaszország volt. Ami a bortermelet illeti, a Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Szervezet (OIV) jelentése szerint a globális bortermeles 2020-ban elérte a 258 millió hektolitert. A szőlészeti és a borászat egyre versenyképesebbé vált, emellett egyre nagyobb tendencia mutatkozik az ökológiai és biodinamikus bortermeles felé, mivel a fogyasztók is egyre tudatosabbak a környezeti hatásokkal kapcsolatban.

Összességében a szőlő- és boripar izgalmas ágazat, ami folyamatos fejlődésben és megújulásban van. Az új technológiák és az újabbnál újabb termelési módszerek megjelenésével, valamint a változó fogyasztói igényekkel és trendekkel jövője fényesnek tűnik. Az új technológiák alkalmazásával pedig csökkenteni kívánjuk a termelés során felhasznált input anyagokat, beleértve az energiahasználatot is. Minimalizálni szeretnénk a károsanyagkibocsátást, miközben a környezetünk épségének megőrzésére törekszünk. A precíziós szőlőtermesztés lehetősége hazánkban talán még kissé utópisztikusnak tűnik, azonban számos neves, tőkegazdag külföldi ültetvényben vannak már próbálkozások a tápanyag táblán belüli eltérő mennyiségű kijuttatására, a lombzat nagyságától függő permetezőszer mennyiségének változtatására, vagy éppen robotok általi sorközkasálásra.

1. PRECÍZIÓS SZŐLŐMŰVELÉS

1.1. Precíziós gazdálkodás

Az emberiség földműveléssel már több, mint 11 ezer éve foglalkozik, és körülbelül 2 és fél ezer éve ekét is használ. Az ötvenes évekre a világ termőföld készletének nagyságrendileg ötven százaléka, a 2010-es évek elejére megközelítőleg 80 százaléka termesztésre alkalmatlanná vált - legalábbis abban az értelemben, hogy már nem használható azon növények termesztésére amire eredetileg tervezték volna használni. (Hajas Gy.B., 2021) A világunk mezőgazdasága egyre nagyobb embertömeget kell, hogy tápláljon. A precíziós technológiáknak erénye, hogy segítségünkre van abban, hogy a gazdaságunk ennyi embert képes ellátni étellel. A szőlőtermesztés szempontjából sem beszélhetünk számottevő különbségről, hiszen a szőlő élelmiszeripari termék. (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2019)

A precíziós gazdálkodás röviden összefoglalva egy termőhelyspecifikus, GPS (Global Positioning System) koordinátákon alapuló információtechnológiai eszközökkel rendelkező növénytermesztési módszer. Használatához fontos, hogy tisztában legyünk a talaj tulajdonságaival, a hellyel kapcsolatban megfelelő termőhelyismerettel rendelkezünk és ismerjük a termesztett növény igényeit.

Ha egy mondatban jellemezni lehetne a precíziós gazdálkodás fontosságát, akkor az legfőképp a "Megfelelő helyen, megfelelő időben, és a megfelelő terméket" lenne. (Pathan et al. 2020)

1.2. Precíziós gazdálkodás a szőlőművelésben

A precíziós szőlőtermesztésben alkalmazható módszerek, eszközök használatának megértéséhez fontos, hogy tisztában legyünk néhány alapfogalommal. A térinformatika szó (Geographical Information System – GIS) egy adott területnek vagy a területhez kötött jelenségnek, folyamatnak a megismerésére, majd annak dokumentálására szolgál. Magában foglalja a georeferált pontokhoz (Geographical Position System – GPS) köthető földrajzi elemzést, adatgyűjtést, illetve tematikus térképek készítését.

A távérzékelés adott területek - esetünkben növények - nagy távolságból való detektálására szolgál. Napjainkban ilyen távérzékelésre használt eszközök például a műholdak, repülő és a drónok. A távérzékelés gyors georeferált adatgyűjtést tesz lehetővé a növény alakjáról, méretéről, illetve növekedési erélyéről (például: NDVI, LAI).

A távérzékelés történhet például a napsugárzás visszaverődésének mérésével. (Tardaguila et al. 2021)

A talajhoz közeli érzékelés, megfigyelés, illetve az adott folyamatok georeferált rögzítése már történhet a járművekre szerelt szenzorok használatával.

Szőlőtermesztésben a precíziós technikák alkalmazásához szükség van a növényállomány előzetes georeferált felmérésére. Az így létrehozott digitális térképek segítségével később a vezérelt gépek, vagy akár

robotok képesek lesznek az egyes táblarészek kezelésére. A földrajz és az információs technológia együttes fejlődése, valamint térképek digitalizálása - Magyarországon például a FÖMI - nagy volumenű adatbázisok létrehozását teszi lehetővé adott területek geo-ökopotenciáljáról.

A georeferált térképi adatbázisok bővíthetők akár hosszabb időtartamra kiterjedő meteorológiai adatokkal, növényfiziológiai jellemzésekkel, vagy több évre visszamenő termésmennyiségi és termésminőségi paraméterekkel.

A precíziós szőlőműveléshez háromlépéses ciklikus folyamat szükséges: először egy adatgyűjtés a szőlőültetvényről, majd a megszerzett adatokból az információ kinyerése, végül pedig a célzott kezelési terv kidolgozása és végrehajtása az elemzés alapján.

A precíziós szőlőtermesztés egy modern megközelítése a szőlőtermesztésnek, amely a szőlőültetvények optimalizálásához komoly technológiákat használ. A precíziós technológia a szőlőművelésben rendkívül hasznos, mivel az ültetvények gyakran heterogén ültetvények, ami a talajból, a klimatikus adottságból - ide tartoznak a levegő anyagai - illetve különböző domborzati viszonyok változatosságaiból adódik. Tehát ezzel a technológiával lehetőségünk van minden egyes szőlőtábla valós szükségletének monitorozására.

A precíziós gazdálkodáshoz a legtöbb szőlőültetvényben már meglévő adottság a támrendszer, a csepegtető öntözés és a viszonylag kis számú növény. Ezenkívül egy másik adottság, hogy álló növényi kultúra, így a gazdálkodók több évtizedes élettartamra is számolhatnak. Régen ez 40-50 évnyi is volt, viszont a talaj túlzott igénybevétele miatt az élettartam is rövidült. A precíziós szőlőtermesztés erre is kínál megoldást. A szőlő állókultúra, így lehetőségünk van évről évre megismételni az adatgyűjtést, idősoros adathalmazt készíteni, amely segít a jövőbeli döntéshozatalunkban. A közép és hosszútávra szóló döntések mellett a legfontosabb, hogy adott évben jelentkező bármilyen jellegű az ültetvényben bekövetkezett állapotváltozás során, szükség esetén a leggyorsabban tudjunk dönteni és cselekedni a célul kitűzött mennyiség és minőség elérése érdekében. (Agrárágazat,2020)

Az utóbbi évtizedek technológiai fejlődése lehetővé tette különböző adatgyűjtő, megfigyelő, érzékelő eszközök használatát, melyek a növény fejlődési állapotáról, környezetében játszódó folyamatokról nyújt nagyon pontos információt. Szintén fontos megemlíteni, hogy ez egy azonnali információ a növény élettani állapotáról. Távérzékelő rendszerekkel ezeket az azonnali információkat a növények roncsolása nélkül gyűjthetjük be.

A szőlőtermesztésben két nagyon fontos tényezőről beszélhetünk: a talajról és az állományklimáról. Ezen tényezőkre vonatkozó adatok gyűjtésével és elemzésével, mint a talaj nedvességtartalma, a hőmérséklet és a szőlő minősége, a termelők megalapozott döntéseket hozhatnak az öntözésről, a műtrágyázásról és egyéb kezelésekről, illetve a szüret időzítéséről. Ámbár a talaj minősége fontos, de nem a legfőbb meghatározója a szőlőből készült bor minőségének. Mindezek együttes monitorozása mégis jobb minőségű szőlőt, nagyobb hatékonyságot és csökkentett környezetterhelést eredményezhet.

1.3. Borszőlő

A precíziós szőlőtermesztés a technológia fejlődésével egyre népszerűbb, a termelők így arra töreksenek, hogy fenntarthatóbb módon műveljék a szőlőterületüket és szüreteljenek kiváló minőségű szőlőket, amiből kiváló minőségű borokat készíthetnek.

A precíziós szőlőtermesztés segíthet a környezeti hatások csökkentésében, illetve a terményvesztés csökkentésében is. Ezenkívül segíti őket abban, hogy azonosítsák a szőlőültetvény azon részeit, amelyek kevésbé produktívak, így ennek megfelelően módosíthatják a termesztést, illetve a művelést.

1.4. Csemegeszőlő

A precíziós szőlőművelés a csemegeszőlő termesztésben is rendkívül hasznos technológia. Segíthet a gazdálkodóknak, hogy a növény minőségét és hozamát optimalizálhassák. A talaj nedvességtartalmának monitorozásával be tudják állítani a megfelelő öntözést, így biztosítva, hogy a szőlő ne legyen túl- vagy alul öntözve. (S. Gutiérrez, 2021) Hiszen, ezek nagyban befolyásolják az ízét, állagát. Szintén segítségükre lehet a precíziós szőlőművelés a szüret legmegfelelőbb időpontjának megválasztásában, hiszen a hőmérsékletre és a páratartalomra vonatkozó adatok alapján meg tudják határozni a legmegfelelőbb időpontot a betakarításra. Ezzel is biztosítva, hogy az érettség maximális idején szüretelik le. Egyszerűen a precíziós szőlőtermesztés értékes eszköz lehet azon csemegeszőlő gazdálkodók számára, akik a környezeti hatások csökkentése mellett szeretnék javítani a gyümölcs hozamát és minőségét, ezzel egyidejűleg csökkentve a költségeket is. A technológia és az adatok felhasználásával a szőlőültetvények kezelésével kapcsolatos tájékozott döntések meghozatalához a gazdálkodók optimalizálhatják a szőlőtermesztést, és biztosíthatják termésük legjobb minőségét.

2. A SZŐLŐTERMESZTÉS MÁR GÉPESÍTETT MŰVELETEI

A szőlőtermesztés már évezredek óta rendkívül fontos mezőgazdasági tevékenység, melynek bizonyítékai egészen az ókori civilizációig nyúlnak vissza. A szőlőtermesztés azonban csak a 18. és a 19. századi ipari forradalomtól kezdett el jelentősen gépesíthetővé válni. A szőlő művelése és termesztése rendkívül sok kézi munkával jár, az ültetéstől és metszéstől a betakarításig és a feldolgozásig. Az ipari forradalom, majd később a modern technológia megjelenésével azonban a szőlőtermesztés számos aspektusa ma már gépesíthető.

Hogy mivel is kezdődött a szőlőtermesztés gépesítése? Talán nem is gondolnánk, gépesítésének mondhatni az egyik legkorábbi formája a lóvontatású eke használat volt, a talaj előművelésére és a szőlő ültetéshez való előkészítéséhez. Ezzel a munkával nagymértékben tudták növelni az ültetés hatékonyságát, így lehetővé téve minél nagyobb területek minél gyorsabb megművelését. Későbbiekben a gőz hajtású traktorok, illetve egyéb mezőgazdasági gépek fejlesztése ugyancsak tovább növelte a területek megművelésének hatékonyságát.

Az éghajlatváltozás magasabb hőmérsékletet és a vízkészlet csökkenését eredményezi. Egyre fontosabbá válik a szőlőültetvények vízállapotának felmérése és az öntözéskezelés. Az egyik leghatékonyabb non-invazív technológia a szőlő vízállapotának felmérésére a termikus képalkotás. Ez a technológia segítheti a szőlőtermesztőket annak meghatározásában, hogy hol és mikor van szükség öntözővízre, ezzel javíthatva a vízgazdálkodást, a terméshozamot és a gyümölcs minőségét. Az öntözés ütemezéséhez termográfiát használnak manuális (földi gépjárművekre szerelt), illetve egyéb légi platformok segítségével. (Gutiérrez et al. 2021) A termográfia akár az öntözés szivárgásának kimutatására is képes, így segítségével csökkenteni lehet a felmerülő vízvesztéseket.

Fitotechnikai műveletek szempontjából kiemelkedő a metszőgépek, illetve metszőrobotok jelenleg is folyamatban lévő fejlesztése. Az első metszőrobotokat a 2000-es évek elején fejlesztették ki. Szenzorokkal felszerelt robotok, amelyek algoritmusok alapján metszenek. Óránként akár 1000 szőlőt is képesek metszeni, ezzel jelentősen csökkentve a metszés idő- és munkaigényét. Ugyanakkor a nehéz terep és az időjárás sem okoz számukra gondot, így a jövőben értékes eszköz lehet a szőlőtermesztők számára.

Agrotechnikai munkák közül fontos megemlíteni a sorajlaművelő, illetve a sorközművelő robotokat, melyek alapvetően önvezető gépek és precízen tudnak navigálni a szőlősorok között. Kamerákkal és érzékelőkkel vannak felszerelve, amelyek lehetővé teszik számukra a különböző akadályok észlelését az útvonaluk megfelelő beállításához. Nagyrésztük univerzális robot, tehát különféle feladatok elvégzésére programozhatóak. Például talajművelési, műtrágyázási, vagy akár metszési feladatokra is. (Nagy és Báló, 2018)

A szőlőtermesztés gépesítésének másik jelentős momentuma a szüretelő gépek feltalálása, illetve a szüretelő gépek fejlesztése - ami még a mai napig folyamatos fejlesztés alatt van. A szüretelőgépek feltalálása előtt a szőlőt kézzel szüretelték, ez a folyamat azonban rendkívül munka- és időigényesnek bizonyult. Az első szőlőbetakarító gépeket a 1900-as évek elején vezették be. Magyarországon már több szüretelőgép is elérhető, illetve a francia Pellenc egyik újabb fejlesztése is, a bogyzógép. A hagyományos bogyzóktól eltérő elven működik: a leválasztás ugyanis nem hengerpaláston való leforgatással, hanem a szüretelő kombájnhoz hasonlóan

egy rázószerezettel történik. Ez a bogyózó már gépi, illetve kézi szüretelésű szőlő bogyózására is alkalmas. (Demes, 2014)

Végsősorban elmondható, hogy - mint sok más területen - a szőlőtermesztés gépesítésére is jelentős hatással volt az ipari forradalom, és ez fordítva is igaz, miszerint a szőlőtermesztés pedig jelentős hatást gyakorolt az iparra.

KAPITÁNY DOROTTYA

3. FITOTECHNIKAI MŰVELETEK A SZŐLŐTERMESZTÉSBEN

A fitotechnikai műveletek elengedhetetlenek a szőlőtermesztés sikeréhez. A fitotechnikai műveletekkel főként a meglévő ökológiai - főleg klimatikus - adottságok kihasználására törekszünk. Ezek a műveletek különféle feladatokat foglalnak magukban, melyeknek célja a szőlő egészségének és termékenységének megőrzése a vegetációs időszakban. A fitotechnikai műveletek közvetlenül a növényen keresztül hatnak a szőlőre. A szőlőtermesztésben a legfontosabb fitotechnikai feladatokat tematizálhatjuk a beavatkozás célja szerint. (Bényei et al. 1999)

A metszés a szőlő túlzott növekedésének megakadályozása. Mivel a szőlő lián természetű növény, ezért fontos, hogy megelőzzük a túlzott növekedését. A metszés általában télen vagy kora tavasszal történik, mielőtt a szőlő kezdene rügybe borulni. A metszés ezenkívül fenntartja a növény általános egészségügyi állapotát is. A szőlő növekedését annak megfelelően kell korlátozni, hogy a továbbiakban könnyebben kivitelezhető legyen a kezelése és karbantartása, felesleges hajtásképzés és túlzott növekedés nélkül. Ez magában foglalja például a kötözést, hogy a hajtások a későbbiekben egy adott irányba növekedjenek. Segít biztosítani, hogy a szőlőt érje napfény és levegőkeringés, ami elősegíti a megfelelő növekedést.

A szőlő vegetációs idejében történő beavatkozásokat soroljuk a zöldmunkák közé. Ezekkel a munkálatokkal hatékonyan lehet - a metszést kiegészítve - a vegetatív és generatív viszonyokat, illetve a vegetációs felület nagyságát, és hatékonyságát befolyásolni. A zöldmunkákkal továbbá elősegíthetjük a megtermékenyülést és a termésérést is. A zöldmunkák nagy része nem gépesíthető folyamat, időigényes munka. Megkülönböztetünk rendszeres fontosságú zöldmunkákat - ilyen például a csonkázás, illetve alkalmi zöldmunkákat, mint például a jégverés utáni kezelések. (Rakonczás, 2014)

3.1. Metszés

A szőlőtermesztés egyik legjelentősebb gépesíthető területe maga a metszés folyamata. Már az ókori Egyiptomban is metszték a szőlőt, az első írásos feljegyzések a szőlő metszéséről azonban a római korból származnak. Létezik egy legenda, miszerint egy számar ismertette meg az emberekkel a metszés gyakorlatát. Egyik utazása során Szent Vince megállt egy szőlőültetvénynél, hogy beszéljen az ottani gazdával. Amíg beszélgetett, a számar a szőlőt rágcsálta. A következő szüret alkalmával észrevették, hogy a számar által megrágcsált szőlő termesztette a legszebb és legbőségebb szőlőt. Azóta Európa több országában Vince napja egyben a metszési időszak kezdetét is jelenti. (Walton, 2023)

A metszés hagyományosan kézzel történik, ez egy rendkívül idő és munkaigényes folyamat, ugyanakkor elengedhetetlen. A metszés több szempontból is fontos feladat a szőlőtermesztésben: biológiai, ökonómiai és technológiai okok miatt. Biológiai ok a termés egyensúly fenntartása, a termés mennyiségének szabályozása ezzel hozzájárulva a termés minőségének növeléséhez. Megfelelő termőegyensúlyról akkor beszélhetünk, ha a vegetatív és a generatív folyamatok összhangban vannak egymással. Az ökonómia ok, hogy biztosítsuk területünkön a

kiegyensúlyozott gazdálkodást. Technikai szempont pedig, hogy ültetvényünk tökeművelésmód megtartását és későbbi művelését a továbbiakban fenntarthatjuk. (Rakonczás, 2014)

A metszés tapasztalatot igénylő, embert próbára tevő, nehéz feladat. Manapság már ezekre a metszési munkálatokra - nem csak a szőlészetben - egyre nehezebb megfelelő munkaerőt találni. A problémát elsősorban a munkaerőhiány okozza, vagy ha találnak is rá munkaerőt, a betanítási folyamat - tapasztalat hiányában - hosszú időt vehet igénybe, és gyakran nem is tudják az ültetvények esetén elvárt metszési módot biztosítani. Ugyancsak problematikus lehet, hogy míg elméletben is és a gyakorlatban is egy ültetvényen belül akár többféle tökeművelésmód és metszémód is létezhet.

A mechanikus metszésrendszerek kifejlesztésével azonban ma már gyorsabban és hatékonyabban lehet ezeket a folyamatokat ellátni. A mechanikus rendszerek forgó pengék vagy ollók segítségével vágják vissza a szőlőt és állítják be ezzel a különböző szőlőformákhoz és méretekhez.

3.2. A metszőkés története

A metszőkés története hosszú időkre vezethető vissza, egészen az ősi időkig, amikor az emberek először kezdtek el növényeket és fákat termesztani. Az ősi időkben az emberek éles köveket vagy palcákat használtak a növények megmetszésére. Majd a kést a növények, különösen a gyümölcsfák és a szőlők vágására és formázására fejlesztették ki, a növekedés elősegítése, valamint a gyümölcstermelés minőségének és mennyiségének javítása érdekében.

Az ókori civilizációkban, például Egyiptomban, Görögországban és Rómában a metszőkés elengedhetetlen eszköz volt a gazdálkodók és kertészek számára. Jellemzően bronzból vagy vasból készültek, ívelt pengével rendelkeztek, illetve éles és hegyes hegygel a minél precízebb vágás érdekében. A középkorban a metszőkéseket továbbra is használták a gazdák és kertészek. Ezeket a metszőkéseket leggyakrabban a helyi kovácsok készítették. Ekkor már ollót is használtak, de csak arra, hogy a szőlőfürtöket levágják, még nem kifejezetten metszésre. Később, a 16. században a franciák már ollót használtak, de csak a szőlőfürt levágására (Entz, 1864). Ebben a korszakban már a metszőollót rugós szerkezettel kezdték el készíteni, amely lehetővé tette a könnyebb vágást, ezzel is próbálták felhasználóbaráttá tenni a metszés folyamatát. Ezeket az ollókat általában gyümölcsösökben használták. Később a franciák alkalmazták a 18. században először csak a zöldmunkákra, majd a szőlők metszésére is. Az akkori metszőollók formatervezésben hasonlítottak a mai metszőollókhoz.

A metszőollók továbbfejlesztését a 18-19. században az újkor mezőgazdasági forradalom segítette elő. A mezőgazdasági forradalom idején jelentősen elterjedtek az ipari eszközök és mezőgazdasági termékek. Az első metszőollókat bypass jellegű metszőollókat a württembergi kisiparosok készítették. A 19. században a metszőolló jelentős változásokon ment keresztül a bypass penge kialakításának bevezetésével. Ez a kialakítás tisztább vágást tett lehetővé, és csökkentette a növény károsodásának kockázatát. (Csoma, 2012) Ezt a kialakítást a mai napig használják a gyártók.

3.3. A metszőkéstől a metszőrobotig

A metszőollók fejlődésének történeti háttere a kertészek találegonyságáról és innovációjáról tanúskodik a történelem során. Az egyszerű, kövekből és pálcákból készült szerszámok használatától kezdve a mai metszőollóig a metszés mindig is elengedhetetlen része volt a növénytermesztésnek. Idővel azonban a szőlőtermesztők módot találtak technikáik fejlesztésére és a szőlőhozam növelésére. Az egyik ilyen előrelépés a metszőeszközök fejlesztése volt, az egyszerű metszőkéstől a legújabb metszőrobotokig.

Továbbá a metszőolló fejlesztésének hátterében még az is állt, hogy a kézi metszés idő- és munkaigényes folyamat, mivel minden szőlőt külön kell megvizsgálni és metszeni. A technológia megjelenésével azonban a szőlőtermesztők képesek voltak automatizálni a metszés folyamatát és növelni a hatékonyságot.

A 2000-es évek elején fejlesztették ki az első metszőrobotokat. Ezek a gépek érzékelőket és algoritmusokat használnak az egyes szőlőültetvények helyének azonosítására és a minél precízebb vágások érdekében. Óránként akár 1000 szőlőt is képesek metszeni, ezzel jelentősen csökkentve a metszés idő- és munkaigényét. Ezenkívül a metszőrobotok nehéz terepen vagy kedvezőtlen időjárási körülmények között is dolgozhatnak, így rendkívül értékes eszközt jelenthetnek a szőlőtermesztők számára.

Számos problémára jelent megoldást napjainkban a metszőrobotok folyamatos fejlesztése. Ezek a robotok szinte kivétel nélkül kerekeken gurulnak, karokhoz hasonló alkatrészeikkel végzik a metszési munkálatokat. A metszőrobotoknak több jelentős előnye is van a hagyományos metszési módszerrel szemben. Konzisztensebb vágást biztosítanak, ami javíthatja a szőlő egészségét. Továbbá fontos megjegyezni, hogy csökkentik a dolgozók sérülésének kockázatát is, mivel szükségtelenné teszik az éles szerszámokkal végzett kézi metszést. Ezenkívül adatokat gyűjthetnek a szőlőről, ami a továbbiakban számos termesztési területen felhasználható. (Nagy és Báló, 2018)

3.3.1. Intelligent Autonomous Grapevine Pruner

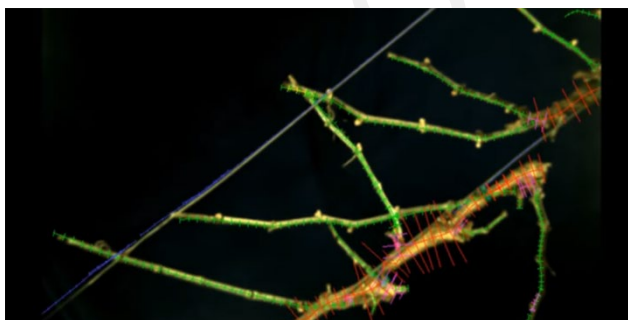
Az Egyesült Államokban a Vision Robotics Corporation nevű vállalat már 1999 óta foglalkozik robotok fejlesztésével, melyeket különböző célokra gyártanak. A vállalat legfőbb tevékenysége a robotok lokalizációjának és helyzetérzékelésének, az úgynevezett „gépi látásnak” nevezett automatizált funkciók és a mezőgazdaságban használt robotok fejlesztése. Leginkább a szőlőre borított sátonak néz ki, melyet időközönként egy traktor vontat maga után.

A vontatáshoz nem szükséges emberi beavatkozás, a traktort távolról vezérik. A szerkezet időközönként körülbelül 45 cm-es távolságot tesz meg, mielőtt megállna. A metszőrobot sátor alatti kialakítása okkal történt: két metszőollóval ellátott karon kaptak helyet a lézeres szenzorok és a kamerák, ezek segítségével dönti el a gép, hová helyezze el a metszőollót.



1. ábra Az Intelligent Autonomous Grapevine Pruner az ültetvényben
(Forrás: <https://www.visionrobotics.com/vr-grapevine-pruner> - beágyazott videó)

A szenzorok segítségével haladása során a kordonkar teljes hosszát letapogatja. Felvételeket készít, majd ezen felvételeket analizálva háromdimenziós modellt készít, hogy meghatározza hol helyezkednek el a karok, huzalok, vesszők, és a rügyek. A vezérlőszoftver segítségével meghatározza, hogy a metszsmódnak megfelelően melyik rügy környékén kell a vesszőt elvágni, továbbá az egész karra tervet készít a terhelés beállításának érdekében.



2. ábra Az Intelligent Autonomous Grapevine Pruner modellt készít a pontos metszéshez
(Forrás: <https://www.visionrobotics.com/vr-grapevine-pruner> beágyazott videó)



3. ábra Az Intelligent Autonomous Grapevine Pruner metszés közben
(Forrás: <https://www.visionrobotics.com/vr-grapevine-pruner> - beágyazott videó)

3.3.2. Wall-Ye – MYCE_Vine

A MYCE_Vine, francia metszőrobot már egy sorozatgyártásra tervezett metszőrobot. Kisméretű, kifejezetten a szőlészetek számára készült robot. A modell rengeteg kedvező tulajdonsággal rendelkezik, például míg dolgozik, nem bocsát ki károsanyagot, ugyanis elektromos, a működéséhez szükséges energiát pedig napelemekkel nyeri. Ezért a beépített, napelemek által töltött akkumulátorai pedig akár további 10-12 órás üzemidőt biztosítanak. Így a robot akár éjjel-nappal képes a munkavégzésre, ami okostelefonról könnyen nyomon követhető.



4. ábra Christophe Millot (jobbra) és Guy Julien(balra) szőlőültvényekben a Wall-Ye V.I.N. robottal Chalon-sur-Saone közelében (Forrás: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2209975/Meet-Wall-Ye-The-French-grape-picking-robot-work-day-night--vineyard-workers-job.html>)

Kameráinak köszönhetően pontos állapotfelmérést végez az ültetvényben, emellett a szüret előtt a fűtők érettségéről is készít színképelemzéses felvételezést, és kiszámítja a várható hozamot. Az adatokat regisztrálja, így az adott ültetvényre vonatkozó információk visszakereshetőek maradnak. Súlya meglepően könnyű, mindössze 80-100 kg, így káros talajtömörödést sem okoz. A robot négy kereke egymástól függetlenül kormányozható, külön meghajtással, így nehezebb terepeken is jól működik.



5. ábra A MYCE_Vine munka közben

(Forrás: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2209975/Meet-Wall-Ye-The-French-grape-picking-robot-work-day-night--vineyard-workers-job.html>)

Felmérések szerint egyetlen metszőollójával, függően a tőkék korától, állapotától, méretétől és a tőkeművelés módjától, óránként 50 tőkét képes megmetszeni.

Ez a teljesítmény napra leosztva így akár 1200 tőke/nap. Fejlesztése még mindig folyamatban van. Továbbá mechanikai gyomirtásra is használható, a gép három fűkaszával is rendelkezik.

A robot inspirációját egy csalódott bortermelő, Denis Fetzmann, a Domaine Louis Latour birtokmenedzsere adta, miközben a franciaországi délkeleti Ardeche régióban tartott szőlőültvényeit körbejárta. „Ritkítania kellett a leveleket, mert túl nagyok voltak a fűtők, és nem mertek gépet használni – de nem találtak munkásokat. Augusztus volt, és mindenki szabadságon volt. Mondtam neki, hogy készítetek egy robotot – mondta Millot.” (The Economic Times, 2012)

Jelenleg a gyártók a spanyol Universidad de La Rioja egyetemmel, a brit Sundance Multiprocessor Technologies nevű céggel és a portugál Symington Family Estates szőlészettel fejlesztik tovább a MYCE_Vine-t: a robot egyik legfőbb feladata a tőkék vízháztartásának monitorozása azok hőképe és a lombzat hőmérséklete alapján, mégpedig menetközben, 5 km/h-s sebesség mellett.

3.4. Zöldmunkák

A zöldmunkákat általában tenyészidőben végzik, elvégzésükkel az agroökológiai potenciált hasznosítják. Szorosan kapcsolódnak a metszés- és tőkeművelésmóddhoz. A zöldmunkák biológiai alapjai szőlőtőkék lombfelületével és a hajtásnövekedéssel függ egybe. A szőlőnél a levélfelületi index (LAI) 1 és 4 m² közötti értékre tehető. Ez az index növelhető, azonban korlátlan növelésnél önárnyékolás keletkezhet be. Magyarországon 1 kg terméshez körülbelül 1,5 m² levélfelületre van szükség. A zöldmunkákat két típusba sorolhatjuk: a mechanikai úton végzett zöldmunkákra, illetve a vegyi kezelést igénylő zöldmunka-műveletek. (Bényei et al.1999)

3.5. Vegetatív növekedés, tápanyagigény felmérése és a lombkorona állapota

Az elmúlt néhány évtized során a PCD (Point Cloud Data) és NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indexek vagy az úrből (műholdaktól), vagy a levegőből (könnyű repülőgépektől, drónoktól) származtak, és széles körben alkalmazták a szőlő lombkorona növekedésének és egészségének értékelésére. Ahhoz, hogy a szőlő tápláltsági állapotával tisztában legyünk fontos a levelek nitrogéntartalmának vizsgálata, akár manuálisan értékelhető fluoreszcencia alapú hordozható érzékelőkkel, vagy mobilplatformokra szerelhető érzékelőkkel.

A levélfelület nagyságát és a lombkorona térfogatát a gyümölcsösökben a traktorokhoz csatlakoztatott LiDAR és egyéb ultrahang-érezelők segítségével határozták meg. A szőlőtermesztésben a LiDAR hatékony technológia a lombkorona méretének és gyors és sérülésmentes meghatározására. Nemrégiben egy teljesen új megközelítést mutattak be a lombkorona becslésére és a hiányzó növényi részek kimutatására, RGB-képek felhasználásával.

A lombkorona architektúrája - beleértve a gyümölcsök és levelek kitettségét, valamint a lombkorona porozitását, - ma már a gépi technikák segítségével értékelhető. Ezeket a terepen készített RGB-képeket útközben is, illetve manuálisan is kiértékelik. (Tardaguila et al. 2021)

Az okostelefon mára egy új képalkotó eszköz lett, amely minden szőlőtermesztő számára elérhető és megfizethető. A VitiCanopy® alkalmazást a szőlő teljesítményjellemzőinek mérésére fejlesztették ki, olyanokra, mint például a lombkorona életereje, vagy a porozitás.

4. AGROTECHNIKAI MŰVELETEK A SZŐLŐMŰVELÉSBEN

A szőlőtermesztés egy olyan összetett és kényes folyamat, amely a fitotechnikai műveletek mellett számos agrotechnikai műveletet igényel az optimális növekedés és szüreti hozam biztosítása érdekében. Az agrotechnikai műveletek közvetlenül a talajon keresztül hatnak a növényre. Ezek a műveletek három fő területre oszthatóak: a talajgazdálkodásra, a növénygondozásra, valamint a kártevők és a betegségek elleni védekezésre. A talajgazdálkodás elengedhetetlen a sikeres szőlőtermesztéshez. A talajkezelés, a növénygondozás, a kártevők és betegségek elleni védekezés a szőlőtermesztés fontos részei, a termelőknek gondosan kell kezelniük minden területet, hogy optimális legyen a terméshozam és a biztosítsák a minőséget. Ezen agrotechnikai műveletek fontosságának megértésével a termelők optimalizálhatják a szőlőültetvényüket. (Bényei et al. 1999)

A termés minőségének és mennyiségének meghatározásában a talaj típusa, annak pH-értéke és a talaj tápanyagtartalma egyaránt szerepet játszik. A talajgazdálkodás agrotechnikai műveletei közé tartozik a talajelemzés, a talaj előkészítése és a műtrágyázás. A talajelemzés többek közt magában foglalja a talaj tesztelését, melynek segítségével meghatározzák a talaj tápanyagtartalmát és pH értékét. Ez a művelet a későbbiekben segíthet a termelőknek meghatározni, hogy milyen típusú műtrágyát használjanak. A talaj előkészítése során a talaj megmunkálásáról, törmelékek eltávolításáról és gyomok eltávolításáról beszélhetünk, mert ezek a későbbiekben zavarhatják a szőlő növekedését.

A talajművelés mechanikai, kémiai és biológiai beavatkozások összességét foglalja magába. Ezen munkálatok segítségével a növény számára aktív és egyensúlyban lévő talajéletet tudunk fent tartani. A talajműveléssel biztosítjuk a talaj vízbefogadó- és vízmegtartó-képességét, megfelelő pórustérfogatát, tömörödött rétegek lazítását, trágyafélék felszívódását, továbbá a tőkék téli fagyvédelmét. Továbbá a megfelelő talajművelés rendkívül fontos szerepet játszik az erózió elleni védekezésben is.

A termőtalaj megóvása érdekében (különösen hegy- és dombvidéki ültetvényekben) használják a „minimum tillage” néven ismert művelésmódot, a műveletek kapcsolásával, a talajforgatás mellőzésével, illetve a talaj takarásával éri el a megfelelő talajállapotot.

Az ültetvényekben különbséget tehetünk a sorköz és a szőlősor művelése között. A sorközök művelése mechanikai úton, vagy talajtakarással oldható meg. A tőkék körüli sorokat kapálással, vagy vegyszeres gyomirtással, illetve ennek a kettőnek a kombinálásával tarthatjuk vegymentesen. Manapság már többféle sorművelő adapter létezik, melyek a sorközművelő gépekhez kapcsolhatóak és a szőlősorok is művelhetőek a segítségükkel. Ennek az adapternek a segítségével, már valóban minimális megműveletlen felület marad a tőkéknel.

A szőlő tápanyagigényét befolyásolja a termőhely (talajtani adottságok, fiziografikus tényezők, klimatikus tényezők) és a szőlő felépítése. A műtrágyázás során tápanyagokat adnak a talajhoz az egészséges szőlőnövekedés elősegítése érdekében. Ilyen tápanyagok például a nitrogén, a foszfor és a kálium. Mivel cukortermelő növény, ezért a káliumnak, kifejezetten fontos a szőlő számára. A műtrágyázás kétféleképp történik, vagy alaptrágyázásról, vagy fenntartó trágyázásról beszélhetünk. Lényege, hogy a magasabb agyagtartalmú

talajokat az ültetvény telepítését megelőzően a megfelelő tápanyagszintre töltjük fel nitrogénnel, foszforral és káliummal. A homoktalajok alacsony agyagásvány tartalma miatt, homoktalajon alaptrágyázást nem tudunk végezni.

Így egy megfelelően előkészített szőlőültetvényben a telepítést követően gyakran akár 15-20 évig sincs szükség komolyabb tápanyagpótlásra, elegendő a 3-4 évenként kijuttatott szervestrágya. A feltöltést érett istállótrágyával, kálium, illetve foszfor műtrágyákkal tehetjük meg. (Rakonczás, 2014)

A fenntartó trágyázásnál évről-évre pótoljuk a talaj tápanyagmennyiségét. Ezt a műveletet évente több részletben a talajba juttatott műtrágyával tudjuk megvalósítani. Fokozott figyelmet kell fordítani a nitrogén kimosódására a talajból. (Bényei et al. 1999) A tápanyagszükségletet háromféleképpen határozhatjuk meg: szemrevételezéssel (tőkekondíció, tünet felvételezés), a termés és más növényi részek által kivont tápanyagok mennyiségének meghatározásával, illetve a növényi részek kémiai analízisével. A felismerést előfordul, hogy bizonyos tényezők nehezítik:

- az időjárási viszonyok
- talajviszonyok (pangó víz, vízhiány, kedvezőtlen kultúraállapot)
- állati kártevők
- vírusok
- baktériumos betegségek
- a növény mechanikai sérülései

4.1. A talaj vizsgálatának precíziós módszerei

A talaj, a földtan és a domborzati viszonyok változásai mind hatással vannak a szőlőteljesítményre egy szőlőültetvényen belül. A talaj tulajdonságai és a földtan a szőlő és a szőlőből készült bor minőségét gyakran befolyásolja, ezért, ha megértjük ezek változékonyságának okát, az nagy segítségünkre lehet. Ebben segítenek az úgynevezett proximális talajérzékelők, melyek mobil platformokra szerelhetők, térben áthelyezhetőek egyik pontból a másikba, útközben pedig georeferenciált talajadatokat gyűjtenek be. Az így készített nagy felbontású térképek a valós idejű kinematikus GPS-szel párosulva betekintést nyújtanak a talajtulajdonságok és a földtan térbeli változékonyságába, ezek az adatok pedig relevánsak az új szőlőültetvények tervezése és a meglévő szőlőültetvények művelése során is. A talajjellemzők változásait jelző pontos határok a topográfiai információkkal együtt segíthetik a gazdákat, hogy a megfelelő talajtípusokhoz a megfelelő szőlőfajtákat telepítsék. Továbbá, az öntöző- és vízelvezető rendszerek tervezésében, valamint az infrastruktúra és a különböző műszerek elhelyezésében is segítséget nyújt. (Bramley, 2010)

S.S. Hubbard EMI-érzékelőkből és az MSI-ből származó adatokat kombinálva vizsgálta a szőlőültetvény talajának és a szőlő energia változásának összefüggéseit. A szerzők azt javasolják, hogy ez a megközelítés alkalmazható a szőlőtermesztési gyakorlatok irányítására, beleértve a telepítéseket, a rutinmunkákat és az újratelepítést is. Az ER érzékelők használhatósága korlátozott a talaj tápanyagainak, pH-értékének és a talaj

szervesanyag-tartalmának kimutatása tekintetében. Ezzel szemben az optikai és elektrokémiai érzékelők képesek potenciálisan feltárni a talaj kémiai termékenységi paramétereinek mintázatait. (Hubbard et al. 2021)

A mobil NIR spektrometria használatát és teljesítményét az automatizált in situ talajtérképezéshez Schirrmann, Gebbers és Kramer a terepen vizsgálta. A gamma-spektrométereket bizonyos ásványok jelenlétének és a talajszerkezet változásának kimutatására javasolták. Ez hasznos információkkal szolgál a talajtulajdonságok térbeli és időbeli változásainak meghatározásához. (Schirrmann et al. 2013)

Összességében tehát ezekkel a talajtulajdonságok és talajminőség-értékelési vizsgálatokkal lehetőségünk van a talaj minőségének megőrzésére, talajszennyezés korlátozására, illetve, hogy csökkentett költség mellett pontosan azonosítani tudjuk és feltérképezzük a talaj változékonyságát.

4.2. A kapától a sorajaművelő robotokig

A szőlőtermesztés nagy utat tett meg a kézi kapálás és kézi talajművelés óta. A modern technológia alakította ipar hatékonyabbá és fenntarthatóbbá tette ezeket az agrotechnológiai munkálatokat. A szőlőtermesztési technológia egyik legizgalmasabb fejlesztése a sorművelő robotok alkalmazása.

A sorajaművelő, illetve a sorközművelő robotok alapvetően önvezető traktorok, amelyek precízen és könnyedén tudnak navigálni a szőlősorok között. A robotok kamerákkal és érzékelőkkel vannak felszerelve, amelyek lehetővé teszik számukra a különböző akadályok észlelését az útvonaluk megfelelő beállításához. Általában univerzális robotok, hiszen különféle feladatok elvégzésére programozhatók, például talajművelési, műtrágyázási, vagy akár metszési feladatokra is. Számos előnyük van, egyrészt növelik a hatékonyságot, illetve jelentősen csökkentik a munkaerőköltségeket. Továbbá a sorművelő robotok csökkenthetik a gyomirtó szerek és más vegyszerek használatát, használatuk hosszútávon fenntarthatóbb és minél környezetbarátabb gazdálkodási gyakorlatot eredményeznek. A technológiának a megvalósítása azonban kihívásokkal jár, ugyanis a kezdeti beruházás költséges, és a robotok rendszeres karbantartást és szoftverfrissítést igényelnek. Emellett használatuk problematikus azok a gazdálkodók számára, akik már hozzászoktak a hagyományos szőlőműveléshez.

Ám ezen kihívások ellenére is a sorművelő robotok alkalmazása egyre elterjedtebb a szőlőtermesztésben. Ezek a robotok számos előnnyel járnak a szőlőtermesztésben, a megnövekedett hatékonyságtól és költségmegtakarítástól a fenntarthatóbb gazdálkodási gyakorlatokig. Bár a technológia megvalósítása kihívásokkal járhat, a lehetséges előnyök a későbbiekben képesek legyőzni ezeket a kihívásokat és kételyeket.

4.2.1. Ted®

A francia Naïo Technologies szőlőművelésre fejlesztett robotja kifejezetten a gyomszabályozásra használható. Meglehetősen nagy robot, 800 kg-os, négykerekű gépezet. Óránként körülbelül 4 kilométert tud megtenni. A sorok alját a GPS, kamerák és szenzorok segítségével találja meg. A gyomfelismerésben pedig a hőterkép van segítségére: a gyomokat a környezettől eltérő hőképük alapján ismeri fel. Akkumulátora segítségével akár 8-10 órán keresztül is tud dolgozni. Mai napig fejlesztés alatt van a szerkezet fűkaszával, levélritkító és

csonkázó adapterrel való továbbfejlesztése. Emellett a gyártó tervezi, hogy a jövőben akár növényvédelmi feladatok ellátására, illetve ültetvényfelvételezésre is alkalmassá teszi. A napjainkban Ted[®] már olyan nagy márkáknál dolgozik Franciaországban, mint például a Hennessy.



6. ábra A Naïo Technologies fejlesztésű Ted[®] munka közben

Forrás: <https://mobilerobotguide.com/2021/12/20/naio-ted-agriculture-robot-will-be-on-display-at-ces-2022/>

4.2.2. Vitirover

A Vitirovert a Bordeaux-i borvidéken gyártják, feltalálója David Xavier Beaulieu, aki a Chateau Coutet egyik tulajdonosa. Ezt a napelemes szerkezetet a szőlőtermesztésben gyomszabályozásra használják, mivel voltaképpen ez egy egyszerű felépítésű fűnyíró robot. Alkalmazása során követik a juhászat analógiáját, miszerint egyszerre több robotot alkalmaznak a gyomszabályozásra, a robotok felügyeletét pedig egy úgynevezett pásztor az okostelefonon keresztül követheti. Működési elve hasonló a robotporszívóhoz. 1 cm távolságra tudja megközelíteni a szőlőtőkét, ezzel is elkerüli, hogy sérülést okozzon bennük. Szintén GPS segítségével tájékozódik, és előnye még, hogy a zord időjárás sem okoz számára gondot. Hátránya is van sajnos, ami a tempójából fakad: óránként alig tesz meg 300 métert, megvásárlása pedig igencsak költséges.

5. NÖVÉNYVÉDELEM A SZŐLŐTERMESZTÉSBEN

A megfelelő növényvédelem rendkívül fontos szempont a szőlészetben. A szőlő különösen ki van téve a kártevőknek és a betegségeknek, amelyek jelentős termés- és minőségi veszteségekhez vezethetnek, ha figyelmen kívül hagyják. Ezért elengedhetetlen a hatékony növényvédelmi intézkedések végrehajtása az egészséges és termékeny szőlőültetvény biztosítása érdekében. (Bényei et al. 1999)

Növényvédelem szempontjából fontos megkülönböztetnünk:

- vírusos betegségeket
- baktériumos betegségeket
- gombás betegségeket
- kártevők okozta betegségeket
- élettani betegségeket, elváltozásokat

A szőlő vírusos betegségei között beszélhetünk mozaikvírusról, levélsodródást, elhalást okozó vírusról, rövid szártágúságot okozó vírusról, illetve faszöveti barázdáltságot okozó vírusról. Szinte mindegyik vírus szaporítóanyaggal, vegetatív úton terjed. Emiatt fontos a vírusmentes szaporítóanyag felhasználása. Előfordulhat még, a maggal vagy pollennel, esetleg sebeken keresztüli fertőzés is. (Bényei et al. 1999)

A szőlő baktériumos betegségeit baktériumok okozzák, amelyek általában sztómákon, vagy sebeken keresztül kerülnek be, majd elszaporodnak, és az edénnyalábrendszerben és sejtközötti járatokban élnek. A tünetek lassan jelennek meg a növényen. A szőlő baktériumos betegségei közül a legveszélyesebb a gyökérgolyva (*Agrobacterium tumefaciens*).

A szőlő gombás betegségei közül a legfontosabb megemlíteni a peronoszpórát, és a lisztharmatot. A peronoszpóra (*Plasmophara viticola*) egyaránt károsítja a vegetatív és a generatív szerveket is. Megelőzéssel és növényvédőszerrel lehetőségünk van a hatékony védelemre a peronoszpóra ellen.

Ugyanígy nagy jelentőségű gombás betegség a lisztharmat (*Uncinula necator*), mely nevét onnan kapta, hogy a gombafonalai nem hatolnak be a növény mélyebb szöveteibe, hanem a felszínen lisztes bevonatot képeznek. A lisztharmat ellen általában kéntartalmú szerekkel védekeznek. (Bényei et al. 1999)

A szőlőtermesztésben a növényvédelem egyik elsődleges és legnagyobb jelentőségű kihívása, a gombás betegségek kezelése. A szőlő gombás betegségei, például a lisztharmat, a peronoszpóra és a botritisz jelentős károkat okozhatnak a szőlőben. Ezek megelőzésére és a szőlőben gyakran alkalmaznak különböző biológiai és/vagy kémiai módszereket. A fitotechnikai és az agrotechnikai műveletek, mint például a metszés, a lombkoronakezelés és az öntözés, segíthetnek csökkenteni a gombás betegségek kialakulásának esélyét, vagy éppen terjedését, a levegő keringésének javításával és a nedvességszint csökkentésével.

A szőlő állati kártevőinél a legnagyobb jelentőséggel a filoxéra, másnéven gyökértetű bír. A gyökértetű ellen kémiai és biológiai védekezési módszerek is rendelkezésünkre állnak, valamint olyan agrotechnikai gyakorlatok kombinációjával lehet védekezni, mint a vetésforgó, vagy már a kifejezetten rezisztens fajták telepítése.

Ezenkívül beszélhetünk még atkákról, molyokról és rovarokról. Szintén a szőlő állati kártevőjéhez soroljuk a madarakat (például a vetési varjú) és a vadakat is. (Bényei et al. 1999)

Kártevőknél fontos megemlíteni a biológiai védekezési módszereket is, hiszen a gyakorlatban is előfordul, hogy természetes ragadozókat "hurcolnak be" az ültetvénybe, például ezzel védekezve a kártevők ellen és a betegségek ellen. Például egyes szőlőültetvényekben ragadozó atkákat telepítenek be, hogy leküzdjék a takácsatkákat, amik károsítják a szőlőt. Az egyre inkább elterjedt biológiai védekezési módszerek, mint például a hasznos rovarok és gombák alkalmazása, szintén hatékonyak a kártevők és betegségek elleni védekezésben.

Az integrált növényvédelmi stratégiák, melyek többféle növényvédelmi módszert is alkalmaznak egyszerre, kifejezetten hatékonyak bizonyulnak a vegyszerektől való függőség és a használatukkal kapcsolatos károk csökkentésében.

5.1. Kártevők és betegségek monitorozása precíziós módszerekkel

A kártevők és betegségek előfordulását és súlyosságát jelenleg szemrevételezéssel értékelik a szőlőben. Ez a tevékenység időigényes és gyakran téves információ. Az érzékelő technológiák egy része beépíthető hordozható műszerekbe, míg mások gépekbe építhetők be, vagy csatlakoztathatók például traktorokra és robotokra, valamint légi platformokra, repülőgépekre és műholdakra szerelhetők. (Tardaguila et al. 2021) Ezek a technológiák lehetőséget kínálnak a szőlőültetvények betegségeinek feltérképezésére. A sikeres feltérképezés esetén javítható a permetezések időzítése és mennyisége, illetve biztosítható a fertőzés terjedésének minimalizálása. Ugyanakkor, ezek a technológiák lehetőséget kínálnak a költségek csökkentésére, és a betegségfelismerések pontosságának javítására is.

Példaképp a szőlő korai elhalása (ESCA) egy összetett törzsbetegség, amely a szőlő fás részeit, azaz a törzset, vesszőket és hajtásokat érinti. A fertőzött növényen a tünetek gyakran tigriscsíkos lombtünet formájában jelennek meg. Az RGB-képek menet közbeni, ATV-re szerelt kamerával mérték fel a vizuális levéltüneteket egy kereskedelmi szőlőültetvényben. (Di Gennaro és Matese, 2020)

A szakemberek bizonyos tűréshatárokat határoznak meg olyan betegségekre, mint például a lisztharmat (*Erysiphe necator*) és a szürkerothadás (*Botrytis cinerea*). Két alkalmazás van jelenleg forgalomban: PMapp® és RotBot®, melyek lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy gyorsan felmérjék ezen betegségek súlyosságát, illetve kiszámíthassák az előfordulási gyakoriságukat egy ültetvényen belül. Az alkalmazások súlyossági pontszámot generálnak, rögzítik a dátumot és a földrajzi referencia pozícióját. (Hill et al. 2014)

5.2. A háti permetezőtől a permeteződrónokig

Egy másik terület, ahol a gépesítés előretör a szőlőtermesztésben, a peszticidek és gyomirtó szerek alkalmazása. A növények permetezésének hagyományos módszerei közé tartozik a kézi permetezők használata, ami időigényes és sokszor kevésbé hatékony, illetve munkaerőt igényel. Az automatizált permetezőrendszerek

fejlődésével azonban ma már gyorsabban és pontosabban lehet kijuttatni a szőlőtőkékre a növényvédő- és gyomirtószerrel. Ezek a rendszerek a GPS-el és a szenzorok segítségével azonosítják a kezelésre szoruló területeket, majd pontosan és célzottan alkalmazzák a vegyszereket. Fontos megjegyezni, hogy feltérképezhetőek azon szőlőültetvények, melyek ténylegesen növényvédelmi kezelésre szorulnak, így lehetőség van csak ezeket az ültetvényeket kezelni. (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2019)

A permetezőgépek használata a mezőgazdaságban és a szőlőtermesztésben hosszú múltra tekint vissza, egészen a 19. század elejéig nyúlik vissza, amikor a kézi szivattyús permetezőgépeket először bemutatták. Ezeket a korai permetezőket úgy tervezték, hogy a háton hordják, és kézzel is kezeljék őket, így használatuk munka- és időigényes. A 20. század elején a technológia fejlődése a motoros permetezőgépek kifejlesztéséhez vezetett, amelyek hatékonyabbak és könnyebben használhatóak voltak, mint kézi társaiké. Ezeket a permetezőket jellemzően traktorokra vagy más járművekre szerelték fel, így lehetőségük volt nagyobb területet kevesebb idő alatt permetezni.

Az elmúlt években a technológiai fejlődés a pilóta nélküli légi járművek (UAV) vagy drónok kifejlesztéséhez vezetett a szőlőtermesztésben. Ezek a drónok permetezőkkel és egyéb eszközökkel felszerelhetők különféle feladatok elvégzésére, beleértve a termésfigyelést, a térképezést és a permetezést.

5.3. Permetező drónok és robotok

A szőlőtermesztésben az egyik legkritikusabb feladat a permetezés. A permetezés célja a szőlő kártevők és betegségek elleni védelme, valamint a szőlő minőségének és hozamának javítása. Hagyományosan a permetezés kézzel történik, ami időigényes és költséges folyamat.

A technológia fejlődésével azonban a permeteződrónok innovatív megoldást jelentenek a szőlő minőségének és terméshozamának javítására. A permetező drónok számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos permetezőgépekkel szemben, hatékonyabbak és pontosabbak. A drónok kevesebb idő alatt, precízebben képesek nagyobb területeket lefedni, csökkentve ezzel a permetezéshez szükséges időt és erőforrásokat. Továbbá lehetővé teszik az adott területek vagy kártevők pontosabb megcélzását, csökkentve a szükséges vegyszerek mennyiségét és minimalizálva ezek környezetre gyakorolt hatását, mivel a hagyományos permetezési módszerek a túlzott vegyszerhasználat miatt a víz és a talaj szennyeződését eredményezhetik. Ezzel is biztosítva, hogy a szőlőt környezetbarát módon termesztetik. Működésüket tekintve autonóm gépek, amelyek képesek navigálni a szőlőültetvényeken, és képesek a precíz és pontos önálló munkavégzésre. Szenzorokkal és kamerákkal vannak felszerelve, amelyek képesek észlelni a növényt, és kijuttatni a megfelelő mennyiségű növényvédő szert vagy gyomirtót. A szőlőfajtától és az időjárási viszonyoktól függően meghatározott időpontokban történő permetezésre is programozhatók. Ezzel is biztosítva, hogy a szőlő védett legyen a kártevőktől, betegségektől és kiváló minőségű termése legyen. (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2019)

Egy permeteződrón kezdeti beruházása magas lehet, de a hosszútávú előnyök meghaladják a kezdeti költségeket.

A hagyományos permetezési módszerek gyakran túl- vagy alul permetezést eredményeznek, ami a

pesticidek és gyomirtó szerek pazarlásához vezethet. A permeteződrónok azonban programozhatóak a megfelelő mennyiségű vegyszer adagolására, biztosítva a szőlő megfelelő védelmét, miközben minimálisra csökkentik a vegyszerek felhasználását, így hosszútávon jelentős költségmegtakarítással járnak. A permeteződrónok a költségmegtakarításon túl a szőlőmunkások biztonságát is segítik. A hagyományos permetezési eljárások során a dolgozók nehéz háti permetezőket cipelnek, míg a szőlőültetvény egyik pontjából a másikba sétálnak, a kézi permetezés így potenciális egészségügyi veszélyeknek teszi ki őket. A permeteződrónokkal azonban a dolgozók biztonságos távolságból felügyelhetik a folyamatot, így csökkentve a vegyszereknek és egyéb veszélyeknek való kitétségüket.

Egyszóval innovatív megoldást jelentenek a szőlő minőségének és hozamának javítására a szőlőtermesztésben. A technológia fejlődésével a permeteződrónok csak egyre pontosabbá, költséghatékonyabbá, környezetkímélőbbé válnak. Manapság a permeteződrónok alkalmazása a szőlőtermesztésben egy nagy lépés a fenntartható mezőgazdaság és a kiváló minőségű szőlőtermesztés felé.

Ugyanakkor előnyei ellenére a szőlőtermesztésben való felhasználásuk helyenként korlátozott lehet, a szabályozási akadályok, valamint a magas felszerelési és képzési költségek miatt. Jelenleg Magyarországon csak a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal által jóváhagyott típusminősített drónok használhatók permetezésre, melyeket a drón gyártója és/vagy forgalmazója köteles minősíteni.

5.3.1. VineGuard

A VineGuard, azaz "szőlőőr" még egy kísérleti stádiumban lévő permetező robot. Az izraeli Negevi Ben-Gurion Egyetem AgroBots projekt keretein belül foglalkoznak fejlesztésével. A robot feladata, hogy permetezve végig haladjon a sorközben, majd ráforduljon a következőre. A robot megalkotásának és fejlesztésének célja az kezelőszemélyzet megóvása a növényvédő szerektől. A precizitás érdekében ezt a robotot is kamerákkal, szenzorokkal, illetve a magnetométerrel (a mágneses tér mérésére alkalmas műszerrel) szerelték fel. Egyes esetekben akár azonnali információt küld az őt irányító személynek. A robot elektromos, nagy teljesítményű akkumulátorral működik, melyek segítségével órákig tud dolgozni. Útvonalát GPS koordináták segítségével tartja, útvonalát előre meghatározzák és programozzák. Ezt a robotot zord, sivatagi körülményekre tervezték (ugyanúgy 4 kereke van, strapabíró anyagból készült). A későbbiekben más egyéb szőlészeti munkák ellátására is tervezik fejleszteni. (Nagy és Báló, 2018)

5.3.2. Permetező drón használata a magyar szőlőtermesztésben

2020-ban Magyarországon - noha ekkor még mindig engedélyezési problémákkal küzdött itthon a drónok által végzett növényvédelem kérdése - a Sauska Borászatban már permeteződrónokkal kísérleteztek. Próbálkozásaik alatt vizsgálták, hogy a mi a megfelelő repülési magasság és a legmegfelelőbb cseppméret, hogy elérjék a legmegfelelőbb lefedettséget. Ez azért is volt fontos, mert a szántóföldi növények permetezéséhez teljesen más magasság és cseppméret szükséges, mint a szőlőben. Török Gyula (Agrobot Kft.) és Czemiczki István

(Sauska Borászat) a PREGA Gyümölcs- és Szőlőtermesztési szekciójában számolt be a kihívásokról és eredményekről.

Az összes permetezésre alkalmas drónt tesztelték, végül egy francia gyártóra esett a választásuk, ám néhány specifikus módosítást elvégeztek rajta. Erre azért volt szükség, hogy minél kisebb és minél homogénebb cseppméretet érjenek el, így elkerülve az elsodródást. A permetező drón a szőlőben 20-40 liter közötti lémenyiséget használ el a hatékony fedéshez, azonban az sem mindegy, hogy milyen magasságban kell ehhez repülnie. „Végül sok-sok tesztelést követően kiderült, hogy kicsivel a kezelendő sor mellett repülve a rotorszél 2 méteres magasságból fújja be a legjobban a vegyszert az állományba.” (Agrárszektor, 2020)

Jelenleg Magyarországon a permetező drónok használatához megfelelő szakmai képzés szükséges. Ezenkívül szükséges egy megfelelő minősítéssel rendelkező drón, illetve a drón használatához szükséges műveleti engedélyek beszerzése, hiszen a drónokat a légi közlekedés szabályai alá sorolják be.

A legmodernebb permeteződrónokkal egy előzetes felméréssel, az úgynevezett RTK-pontos felméréssel a drón a leghatékonyabb és legpontosabb útvonalon tud haladni repülése során. Ugyanakkor, ha egy multispektális kamerával előzőleg felméri a területet, ezeket a képeket kiértékelik, és ezt az úgynevezett differenciált kijuttatási térképet átjuttatják a drónnak, akkor akár a későbbiekben foltkezelési lehetőségre is lesz lehetőség a levegőből. Ez egy rendkívüli lehetőség például kártevőirtásnál.



7. ábra Permetező drón munkavégzés közben

(Forrás: <https://www.agroinform.hu/gepeszet/permetezo-dron-traktor-fejorobot-precizios-gazdalkodas-48483-001>)

6. A SZÜRETELŐ KÉSTŐL A SZÜRETELŐ KOMBÁJNIG, SZÜRETELŐ ROBOTOKIG

A betakarítási munkák keretében a termést le kell választani a növényről. A mezőgazdaságban sarlónak is nevezett betakarító kést évszázadok óta hagyományos terményvágási eszközként használták. Ez egy egyszerű és hatékony módja volt a termények betakarításához. A mezőgazdaság gépesítésével azonban új betakarítási technológiák jelentek meg a hatékonyság és a termelékenység javítása érdekében. A 20. század elején jelent meg a kombájn, amely több funkciót is ellátott. A kombájn sokkal gyorsabban tudott betakarítani, mint elődje, a mechanikus aratógép, és kevesebb munkát igényelt. Ez a mezőgazdasági termelékenység jelentős növekedéséhez vezetett, és elősegítette a növekvő népesség táplálását szerte a világon.

A szőlő betakarítása az agrárium egyik legmunkaigényesebb feladatai közé tartozik. Szüreteléskor a termést le kell választani a tőkéről és elszállítani az ültetvényből, hogy megkezdődhessen a feldolgozása. A szőlőfürt levágására kezdetben késeket (hasonlóan, mint a metszési feladatokhoz) használtak. Később, a 16. században a franciák a szőlőnél már ollót használtak a termés betakarítására. (Entz, 1864) A szüretnek biológiai (érettségi állapot és egészség), technikai (szállítás) és ökonómiai (szüretelő létszám) vonatkozásai vannak. Az egész technológia egyik legmunkaigényesebb folyamata, az évi kézimunkaigény akár 30-50 %-át teheti ki. Fontos, hogy a termést mennyiségi és minőségi veszteség nélkül kell begyűjteni.

A szüret szervezésének az alapja a termésbecslés, leghamarabb június végén, legkésőbb augusztus közepén lehet megbecsülni a várható terméshozamot, mivel a fürtök gyarapodása a csapadéktól is függ. A termésbecslést fajtánként, parcellánként, külön a termő és a nem-termő ültetvényekre vonatkozóan is elvégzik, ezután készítenek egy szüreti ütemtervet. Ezután a tényleges szüretet minden esetben próbaszüret előzi meg. Kézi szüretelésnél a szükséges munkaerőt nehéz előre kiszámolni, hiszen ez függ a termésátlagtól, fürtök nagyságától és a lombozattól. Szintén függ a munkaerő szedési teljesítményétől is. (Rakonczás, 2014)

A gépi kombájnok fejlődésével azonban ma már gyorsabban és hatékonyabban lehet szüretelni a szőlőt. Ezek a gépek különféle technológiát használnak, beleértve a vibrációs rudakat és a pneumatikus ollót, hogy lerázzák a szőlőt, és gyűjtőedénybe vagy pótkocsiba gyűjtsék. A Magyarországon működő szüretelőgépek (Chisholm Ryder, KG-1, Pellenc) hidas szerkezetre szerelt, önjáró, speciális szüretelőgépek, akár 60-100 ember szüretelő teljesítményét is kiváltják. Fejlettebb szőlőtermesztő országokban már több könnyebben hozzáférhető, költséghatékonyabb, illetve univerzálisan használható szüretelőgép van forgalomban. Gépi szüretelésnél fontos, hogy hatékonyan és kártétel nélkül csak olyan ültetvényben belül lehet géppel szüretelni, ahol a táंबरendezés, a tőke, illetve a termés elhelyezése a gépi szüretelés feltételei szerint lett kialakítva. (Rakonczás, 2014)

A közelmúltban a technológia fejlődése további újításokhoz vezetett. Ezek a robotok érzékelők és számítógépes látás segítségével képesek navigálni az ültetvényben, és azonosítani terméseket. Olyan vágószerzőkkel vannak felszerelve, amelyek precízen és hatékonyan tudják betakarítani a termést, csökkentve az emberi munkaerő szükségességét a betakarítási folyamatban.

A betakarító robotok még viszonylag új technológia, de megvan a lehetőség, hogy forradalmasítsák a termény betakarítás módját. Dolgozhatnak éjjel-nappal, bármilyen időjárási körülmény között, és olyan területeken is

dolgozhatnak, amelyekhez az emberek nehezen hozzáférhetnek. Ahogy a technológia tovább fejlődik, valószínű, hogy egyre több gazdaság alkalmaz majd betakarító robotokat a termelékenység növelése és a munkaerőköltségek csökkentése érdekében.

A szüretelőgépek lehetővé tették, hogy a betakarítási folyamat alatt az adatokat helyhez kötötten, specifikusan rögzíthessék. Továbbá a technológia fejlődésének köszönhetően már pontos termésmennyiségi térképek készíthetők a szőlőültetvényre vonatkozóan.

Ilyen technológia például a HM570 Harvest Master szenzorrendszer (Juniper Systems Inc.) és a Canlink szőlőhúzó-monitor 3000GRM (Farmscan). (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2019)

A szőlő feldolgozási folyamatában is elterjedt a gépesítés. A szelektív betakarítás a szőlő betakarításakor történő szétválasztását jelenti a terméshozam, illetve a minőségi kritériumok különbségei szerint, a digitális technológiák használatából származó térinformációk valamilyen formáján alapulóan.

A mechanikus száreltávolító és aprítógépek fejlődésével ma már gyorsabban és hatékonyabb a szőlő feldolgozása.

A gépesítés tehát átalakította a szőlőtermesztés, a betakarítás, és a szőlőfeldolgozás módját. A technológia folyamatos fejlődésével pedig szinte biztos, hogy a szőlőtermesztés több aspektusát is gépesítik a jövőben.

7. AMI EGYELŐRE NEM GÉPESÍTHETŐ A SZŐLŐTERMESZTÉSBEN

A szőlőtermesztés terén a technológia és a gépesítés számos fejlődése ellenére még mindig vannak olyan feladatok, amelyeket nem lehet teljesen gépesíteni. Ezek a feladatok olyan szintű precizitást és emberi érintést igényelnek, amelyre - egyelőre - még a gépek nem képesek.

7.1. Metszés

A szőlőtermesztés egyik legfontosabb, teljesen jelenleg még nem gépesíthető feladata a metszés. Míg a mechanikus metszőrendszerek az utóbbi években nagy utat tettek meg, még mindig nem tudják felmérni azt a pontosságot, amelyet az emberi látás és kéz nyújthat. A tapasztalt szőlőtermesztők képesek gondosan kiértékelni az egyes szőlőtőkét, és az egyéni igények alapján meghozni a metszéssel kapcsolatos döntéseket. Az önálló munkavégzést végző metszőrobotok fejlesztése még folyamatban van, tényleges forgalomban és használatban még nem elterjedtek.

7.2. Zöldmunkák

Néhány zöldmunkára, mint például a törzstisztítás, csonkázás vagy a lelevelezés már gyártanak traktorra szerelhető adaptereket, ezek nagyrészt, elektrooptikai szenzorokkal érzékelik a támrendszer elemeit, tehát mondhatni már ezek is precíziós technikával működnek. Ami egyelőre nem teljesen gépesíthető művelet az a hajtásválogatás feladata. Erre a munkára nincs még önállóan működő gép. Mivel a szőlő legtöbbször több termést hoz, mint amennyit elbír, ezért a termelőknek ezt meg kell akadályozniuk. Ez a folyamat azonban - hasonlóan, mint a metszés folyamata - még mindig olyan szintű ítélőképességet és belátást igényel, amelyet csak az ember képes biztosítani.

7.3. Szüret

A betakarítás egy másik olyan feladat, amelyet nem egyelőre nem gépesítettek még teljeskörűen. Noha a mechanikus betakarítógépek használata az elmúlt években egyre közkedveltebb és elterjedtebb, még mindig bizonyos korlátokkal küzdenek. Ilyen korlát például, hogy a gépek nem tudnak megfelelően különbséget tenni az érett és a még nem teljes érettségi állapotú termés között, emiatt a termés egy részét még éretlenül szüretelik le. Ez viszont problematikus lehet a borkészítésnél. Ezenkívül, ha nincs megfelelő, gépesítésre alkalmas ültetvény, a gépek károsíthatják a szőlőt, és a szőlő támrendszerét is.

8. A PRECÍZIÓS SZŐLŐTERMESZTÉS JÖVŐKÉPE

Ahogy a dolgozatomban elején is említettem, a szőlészet egy izgalmas ágazat, ami folyamatos fejlődésben van. Az utóbbi évtizedben jelentős változásokon ment keresztül az újabbnál újabb technológiák térhódításának köszönhetően.

Az utóbbi évtizedek technológiai fejlődése már lehetővé tette számunkra az olyan érzékelő, adatgyűjtő, megfigyelő eszközök használatát, melyek fontos alappillérei a precíziós termesztéstechnológiának. Az említett távérzékelési eszközök lehetővé tették számunkra a szőlőültetvény jelenlegi állapotának felmérését. Jelenleg is képesek vagyunk a talaj és a növény vízellátottságáról adatokat gyűjteni a precíziós technológia segítségével. ehhez már hozzáférhetők a távérzékelési eszközök, és okostelefonok, illetve a programok.

A precíziós szőlőtermesztés további fejlesztéseihez már szinte minden tényező adott. Ezek közül fontos kiemelni a támrendszert és a csepegtető öntözést. A csepegtető öntözés a korábbiakban már korszerűsítésre került, jelentősége pedig kiemelt fontosságú a klímaváltozás miatt. A jövőbe tekintve a fejlődés szempontjából talán a legfontosabb kérdés azon területek fejlesztése, ahol a gépesítés még bizonyos okok miatt egyáltalán nem, vagy nem teljeskörűen valósulhatott meg.

Az okos szőlőtermesztés fejlesztése legfőképp a munkagépek és a támrendszer technológiai fejlesztésére koncentrál, illetve a jövőben a szőlőtermesztés teljeskörű gépesítése a cél. Munkagépek kapcsán jelenleg nagy hangsúlyt fektetnek a drónok fejlesztésére, és a drónokra szerelhető távérzékelők fejlesztésére. (Viniczai, 2021)

A szőlőtermesztés egyik legfontosabb fejlesztésre szoruló művelete a metszés. A cél, hogy a robotok képesek legyenek az önálló és teljeskörű munkavégzésre. Jelenleg a metszőrobotok még csak az előmetszés feladatát képesek elvégezni az ültetvényben. Az első metszőrobot a 2000-es évek elején került kifejlesztésre, a robot szenzorok és algoritmusok segítségével azonosította a metszeni kívánt felületet. A metszőrobotok fejlesztése számos problémára jelent majd megoldást a jövő szőlőtermesztésére tekintettel. Konzisztensebb vágást biztosíthatnak, csökkenthetik a sérülésének kockázatát is - mind a növények, mind a dolgozók esetében is. Ezenkívül jelenlegi fejlesztésével a metszőrobot képes lesz akár további adatok begyűjtésére és feldolgozására is az ültetvényen belül. Napjainkban már léteznek önálló munkavégzésre alkalmas metszőgépek, melyek képesek a 3D képalkotásra, valamint metszőollók segítségével képesek az önálló munkavégzésre is, de sebességük még elmarad az átlagos munkásétól, beszerzésük pedig rendkívül költséges.

A következő fontos fejlesztés az intelligens támrendszerek létrehozása és fejlesztése. Jelenleg a precíziós gazdálkodásra szánt szőlőültetvényekben már lehetőségünk van a termesztéstechnológiának megfelelő támrendszer kialakítására. A cél azonban, hogy ezeket a támrendszereket további különböző adottsággal lássák el. Ilyen terv például a támrendszerbe integrált mérési eszközök. Például a meteorológiai, vagy a támrendszerbe integrált talajnedvesség mérő és analízáló szenzorok fejlesztése. A növényvédelemhez pedig elengedhetetlen az öntözőrendszerbe adagolt tápanyagutánpótlás megvalósítása, amit szintén a támrendszeren keresztül terveznek fejleszteni. Az ültetvények állapotának vizsgálatát a jövőben a támrendszerek hálózata alapján is tervezik monitorozni. (Viniczai, 2021)

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A szőlőtermesztés jövőjét a precíziós technológiák perspektívájában látom. Írásomban a legmarkánsabb fejlesztéseket igyekeztem minél átfogóbban bemutatni a precíziós szőlőművelés területén, elsősorban a közelmúlt változásaira reflektálva, valamint a modern kor kihívásait szem előtt tartva. A szőlőművelés újabb technológiai nem feltétlen okozzák a korábbi korok bevált módszereinek halálát, egyes technikák máig a legjobb megoldásnak bizonyulnak. A precíziós mezőgazdasági eljárások drasztikusan csökkentik az ágazat humánmunkaerő-igényét, és maximalizálják a termésbiztonságot. Fontos hangsúlyozni, hogy a növény végfelhasználása nagyban meghatározza a kívánt termesztési módokat, ehhez pedig elengedhetetlenek a folyamatos előrejelzések. A klímaváltozás felborította az előző időszakok rendjét a mezőgazdaságban, szőlőtermesztés pedig elszenvedője lenne ezen megoldások létezése nélkül. A precíziós technológia több esetleges változásra adja meg a választ, a változás pedig minden eddiginél rendszerszintűbb és gyorsabb.

Dolgozatomban a szőlőtermesztés-technológiák funkció szerinti kategóriáit vázoltam fel, melyekből levezethetők a legsajátosabb – akár a szőlőműveléssel egyidős - mai eljárások. Írásomban a precíziós művelés kérdéskörének az aktuális értelmezéseinek bemutatására vállalkoztam.

A szőlőtermesztés gépesítését igyekeztem kategorizálva, tematikusan áttekíteni, kitérve a legjelentősebb termesztéstechnológiai fejlődésekre, illetve az esetleges hiányosságokra, jelenlegi fejlesztésekre. Felépítésében törekedtem egy egész képet adni arról, hogy melyek azok a folyamatok, amik már gépesíthetőek, illetve melyek azok, amik még jelenleg is fejlesztés alatt állnak.

A fitotechnikai műveletek közül, melyek elengedhetetlenek a szőlőtermesztésben, a legfontosabb művelet a metszés folyamata. Ha a gépesítés folyamatát tekintjük, szintén az egyik legjelentősebb innováció a metszés gépesítése. Ebben a fejezetben igyekeztem rövid áttekintést írni az útról, amit a metszőkéstől a metszőrobot feltalálásáig tett meg az emberiség. Röviden jellemezve, kitérve a legszignifikánsabb tulajdonságaikra, illetve fejlődésük folyamatára. Ugyanakkor kitérve a jövőbeli fejlesztésekre is. A tenyészedőben végzett zöldmunkák, melyek szorosan kapcsolódnak a metszés- és tőkeművelésmóddhoz szintén fontos mérföldkövei a szőlőtermesztés gépesítésének. Már régóta elérhetőek a szőlőtermesztők számára a traktorra szerelhető különböző adapterek, melyek szenzorok segítségével végzik a munkafolyamatokat. A zöldmunkák terén még szintén fejlődés alatt áll a precíziós technológiák használata, hiszen nem minden munkafolyamatnál van lehetőség a gépesítésre.

Az agrotechnikai műveleteknél kitértem a talaj vizsgálatának precíziós módszereinek fontosságára, bemutatva pár jelenleg is használt precíziós lehetőséget. Ilyen módszer például az EMI érzékelők, ER érzékelők és a mobil NIR spektrometria használata. Ezenkívül igyekeztem bemutatni a fejlődési utat a kapától a sorajaművelő robotokig.

A hatékony növényvédelmi kezelések pedig szintén elengedhetetlenek, ha a precíziós szőlőművelésről beszélünk. Ebben a fejezetben igyekeztem bemutatni a szőlő leggyakoribb betegségeit, kártevőit, illetve ezek

lehetséges monitorozási lehetőségeit a precíziós technológiák segítségével. Szintén igyekeztem bemutatni a legújabb precíziós technológiákat a növényvédelemben, a háti permetezőztől a permeteződrónokig.

A szüret ugyancsak egy olyan terület, melynek gépesítési folyamata hosszú időre nyúlik vissza, hiszen már a 20. század elején használtak kombájnokat. A szüret teljes gépesítése azonban még a mai napig nem történt meg.

Végezetül, olyan területek felsorolására is törekedtem, melyek teljes gépesítése még a mai napig nem vált lehetővé, kitérve a precíziós szőlőművelés jövőképeére.

KAPITÁNY DOROTTYA

IRODALOMJEGYZÉK

A.G. Reynolds, 2010. Managing wine quality. In: Woodhead Publishing, UK.

Agrárágazat, 2020. Precíziós gazdálkodás a szőlőtermesztésben In: Agrárágazat-2020/10. lapszám.

Agrárszektor. 2020. Így permeteznek drónnal a Sauska Borászatban - Itt vannak az első tapasztalatok! In: Agrárszektor, 2020, február 19.

Bényei, F., Lőrincz A. és Sz.Nagy, L. 1999. Szőlőtermesztés, Budapest. Mezőgazda Kiadó

Csoma Zs. 1983. Késes metszőollók Magyarországon. Az eszközváltás hatása a tökeművelés- és metszési módokra. Ethn. XCIV. p. 51–66.

Dr. Nemes György. 2014. A szőlőművelés legmodernebb gépei a KITE kínálatában. In: Agrofórum, Gépinfó.

Entz, F. 1864. Borászati utazás Franciaországban és a Rajna vidékén. Pest, 64.

Hajas Gy. B. 2021. Mérgezett Föld - Kétezer éve rosszul műveljük a földünk? In: Greendex, 2021. március. 4.

Hill, G.N., Evans, K.J., Beresford, R.M. és Dambergs, R.G. 2014. Comparison of methods for the quantification of botrytis bunch rot in white wine grapes, In: Aust. J. Grape Wine Res., 20, p. 432-441.

Hubbard, S.S., Schmutz, M., Balde, A., Falco, N., Peruzzo, L., Dafflon, B., Leger, E. és Wu, Y. 2021. Estimation of soil classes and their relationship to grapevine vigor in a Bordeaux vineyard: advancing the practical joint use of electromagnetic induction (EMI) and NDVI datasets for precision viticulture. In: Precision Agriculture, 22, p. 1353-1376.

Lőrincz A. és Barócsi Z. (szerk.) 2010. A szőlő metszése és zöldmunkái. Budapest. Mezőgazda Kiadó

M. Stoll és H.G. Jones. 2007. Thermal imaging as a viable tool for monitoring plant stress. In: Journal International des Sciences de La Vigne et du Vin, 41. p. 77-84.

Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. 2019. Precíziós szőlőtermesztés. Budapest. NAK Digitális Agrárakadémia.

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal. 2022. Indul a permetező drónok kötelező típusminősítése

Pathan, M., Patel, N., Yagnik, H., és Shah, M. 2020. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. In: Artificial Intelligence in Agriculture 4. p. 81-95.

R.G.V. Bramley, 2010. Precision Viticulture: managing vineyard variability for improved quality outcomes. In: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition p. 445-480.

Rakonczás N., 2014. Szőlőtermesztés, Debrecen. Debreceni Egyetemi Kiadó

Rossi, R., Pollice, A., Diago, M.P., Oliveira, M., Millán, B., Bitella, G., Amato, M., és Tardaguila, J. 2013. Using an automatic resistivity profiles soil sensor on-the-go in precision viticulture. In: *Sensors*, 13, p. 1121-1136.

S. Gutiérrez, J. Fernández-Navales, M.P. Diago, R. Íñiguez, J. Tardaguila. 2021. Assessing and mapping vineyard water status using a ground mobile thermal imaging platform. In: *Irrigation Science*, 39. p. 457-468.

S.F. Di Gennaro, A. Matese. 2020. Evaluation of novel precision viticulture tool for canopy biomass estimation and missing plant detection based on 2.5D and 3D approaches using RGB images acquired by UAV platform. In: *Plant Methods*, 16. p. 91.

Schirrmann, M., Gebbers, R. és Kramer, E. 2013. Performance of automated near-infrared reflectance spectrometry for continuous in situ mapping of soil fertility at field scale. In: *Vadose Zone Journal*, 12 (4)

Tardaguila, J., Stoll, M., Gutiérrez, S., Proffitt, T. és Diago, M. P. 2021. Smart applications and digital technologies in viticulture: A review. In: *Smart Agricultural Technology* 1.

The Economic Times, 2012. Wall-Ye wine robot, the new vineyard worker. In: *Business News, Science&Technology*

Viniczai, S. 2021. Digitalizált ültetvények. In: *Magyar Mezőgazdaság. Kertészet és Szőlészet* 2021/45.

Walton, S. 2023. Wine in History: St Vincent of Zaragoza. In: *The World of Fine Wine*

NYILATKOZAT

a szakdolgozat, diplomamunka eredetiségéről és nyilvános vagy korlátozott hozzáféréséről

A szerző neve: Kapitány Dorottya
A dolgozat címe: Precíziós szőlőművelés
A megjelenés éve: 2023.
A tanszék neve: Szőlészeti és Borászati Intézet

Kijelentem, benyújtott szakdolgozatom egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi termékem. Tudomásul veszem, hogy a Budai Campus Tanulmányi Osztályon határidőben történő bemutatás nem jelenti dolgozatom szakmai és tartalmi elfogadását.

Kérem, válasszon az alábbi lehetőségek közül:

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a MATE Entz Ferenc Könyvtár

és Levéltár szakdolgozat archívumába. A teljes szöveg kizárólag a Budai Campus számítógépeiről tekinthető meg.

A vízjellel ellátott pdf dokumentum szerkesztését nem, megtekintését engedélyezem. Tudomásul veszem, hogy a vízjel nélkül leadott dokumentum szerzői jogai sérülhetnek.

Dolgozatom titkosított. A titkosítás lejáratának dátuma: évhónap.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a MATE Entz Ferenc Könyvtár

és Levéltár szakdolgozat archívumába. A vízjellel ellátott pdf dokumentum szerkesztését nem, **megtekintését a titkosítás határidejének lejártát követően engedélyezem.** A teljes szöveg kizárólag a Budai Campus számítógépeiről tekinthető meg.

Tudomásul veszem, hogy a vízjel nélkül leadott dokumentum szerzői jogai sérülhetnek

Budapest, 2023.05.08...


szerző aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Kapitány Dorottya (hallgató Neptun azonosítója: K0QIP6) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*²

Kelt: Budapest, 2023. 04. 27.


Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.