



A PRECÍZIÓS SZÁNTÓFÖLDI GAZDÁLKODÁS MŰSZAKI LEHETŐSÉGEI ÉS ALKALMAZÁSÁNAK TAPASZTALATAI A PÁLHALMAI AGROSPECIÁL KFT.-NÉL

Technical prospects and observations after introduction of precision agriculture at Pálhalmi Agrospeciál Ltd.

A precíziós gazdálkodás korunk mezőgazdaságának kimagasló, innovatív vívmánya. Több technológiai elem bevonásával egyesíti a szántóföldi termesztés kezdetén kialakult helyspecifikus műveleteket a modern mezőgazdaság teljesítményelvárásaival, egyben segítséget nyújt az eredményesebb gazdálkodáshoz. Ez a komplex rendszer a helymeghatározást és a térinformátikát közösen alkalmazza a termelők igényeként felmerült, vagy már alkalmazott technológiai elemek pontos, térben megismételhető folyamatainak vezérlésére. A Pálhalmi Agrospeciál Kft. 2014-től vezette be a precíziós gazdálkodás egyes elemeit. Tapasztalataink alapján minőségi és mennyiségi javulás történt a termelésünk azon részeiben, ahol a helyspecifikus termesztés elemeit alkalmaztuk. Fontos kiemelni, hogy a bemutatott technológia eredményes használatához irányítói és alkalmazói szinten is az eddigőtől eltérő szakmai szemléletre van szükség.

Kulcsszavak: innováció, helyspecifikus, precíziós növénytermesztés, helyspecifikus gazdálkodás, szemléletváltás

Precision agriculture (PA) is considered a paramount innovative achievement of our time. By incorporating several technological aspects, it combines site specific processes conceived at the early days of arable farming with the expected productivity of modern agriculture, achieving a more economic resource management. This complex system employs both positioning (GPS) and geographic information systems (GIS) in order to help control and precisely carry out spatially repeated processes, both which are already implemented, and those that are yet to be implemented by producers. Pálhalmi Agrospeciál Ltd. introduced certain elements of PA in 2014. We have observed qualitative and quantitative improvements in sectors of our company that adopted site specific cultivation practices. It's also important to note the need of a change of professional attitude on the management and operative levels in order to efficiently implement the presented technologies.

Keywords: innovation, site specific, precision agriculture (PA), site specific site farming, change of approach



Bevezető

A Föld népessége 2011-ben meghaladta a 7 milliárd főt, és becslések szerint 2040-re elérheti a 9 milliárd embert. A népesség növekedésével párhuzamosan növekszik az élelmiszerszükséglet. Ugyanakkor az ehhez szükséges alapanyag előállítására képes mezőgazdasági terület – a klímaváltozásból és az okszerűtlen szántóföldi gazdálkodásból eredően – folyamatosan csökken. Az okszerű, környezettudatos és egyben hatékony szántóföldi művelésre jelenthet egyfajta alkalmazható műszaki megoldást a precíziós gazdálkodás, vagy más néven helyspecifikus művelés alkalmazása.

A precíziós növénytermesztés meghatározása

A precíziós növénytermesztés fogalmát sokan, sokféleképpen határozzák meg. Egyesek szerint a legkorszerűbb technológia alkalmazása elengedhetetlen. Mások szerint a helyspecifikus gazdálkodás lényege, hogy tábláinkon belül, a valós igényeknek megfelelően avatkozunk be, annak megfelelően juttatunk ki tápanyagot, növényvédőszert. Ennek köszönhetően javul a szántóföldi növénytermesztés jövedelmezősége és csökken annak környezetterhelő hatása.¹ A gondolkodásmód, a szemlélet a legfontosabb és az, hogy a helyspecifikus gazdálkodás akár új eszközök, vagy technológiai elemek nélkül is megvalósítható.² A Blackmore által említett példák – tea vagy datolya kézzel végzett, érettség, minőség alapján válogatott betakarítása – első hallásra tőlünk távolinak, idegennek hatnak. De ha jobban belegondolunk, könnyen találunk rá példát a mi szűkebb környezetünkben, a fogvatartotti foglalkoztatásban is. Ilyen tevékenység a Pálhalmi Agrospeciál Kft.-nél a bio kultúrák gyomtalanítása, illetve a vetőmagnak természetű őszi vetésű gabonák idegenelése³.

Elég, ha a kiskertekre gondolunk, vagy ha egy kicsit visszatekintünk az időben. Nagypapáink, vagy az ő felmenőik, lényegében helyspecifikus gazdálkodók voltak. Sőt, a növénytermesztés kialakulásánál fogva nem lehetett más, csak helyspecifikus, hiszen minden műveletet kézzel, kézi eszközökkel végeztünk. Ennek megfelelően ott, akkor és olyan mértékben avatkozunk be, ahol, amikor és amilyen mértékben arra szükség volt. Idővel aztán elindult a növénytermesztés gépesítése és egyre inkább előtérbe került a területteljesítmény és a hatékonyság. Egyre nagyobb területeket kezdtünk megművelni, ennek megfelelően egyre kevésbé volt már esély a táblán belüli változékonyság fejben tartására és eszköz sem állt rendelkezésre az azt figyelembe vevő művelésre. A hatékonyság és a területteljesítmény hajhászása idővel mindent felülíró szemponttá vált. Szélsőséges példája ennek a sztahanovizmus, mely a mezőgazdasági termelésben

1 Pierce, F.J., Nowak, P. (1999)

2 Blackmore, B.S. (1999)

3 A fajtától eltérő egyedek eltávolítása.





1. ábra: Napraforgó kézi gyomlálása (A szerző által készített fotó)

is a mennyiséget, az egységnyi idő alatt megművelhető terület nagyságát tekintette az egyetlen mérőszámnak. Az elvégzett munka minőségének kérdése háttérbe szorult, a helyspecifikusság pedig fel sem merülhetett.

A kívülállók számára a mai mezőgazdasági termelés sokszor egy romantikus világnak tűnhet. De valójában a növénytermesztés egy olyan tevékenység, melynek sikerét számos tényező befolyásolja, olyanok is, melyre a termelőnek nincs, vagy csak korlátozott mértékben van befolyása. Ilyen az input anyagok, illetve a megtermelt termények eladási ára, az időjárás, a vadkár vagy a napjainkban ismételten aktuális ár- és belvizek, illetve a részben ezen tényezőkkel összefüggésben, részben attól függetlenül is megjelenő növénybetegségek. Sőt, ha jobban belegondolunk, a növénytermesztés alapvetően is egyfajta harc. Harc a természettel szemben, hiszen míg a természet a sokszínűsége törekszik, mi egyetlen fajt szeretnénk a területünkön látni. Ez az állapot rendszeres energiabefektetéssel (talajművelés, mechanikus és kémiai gyomszabályozás stb.) tartható csak fent. Ennek mértékét befolyásolja a gyomok, kórokozók, kártevők jelenléte. És ha még jobban leegyszerűsítjük a dolgot, ez így egy gazdasági tevékenység, ahol a működés sikerét a költségek és bevételek mérlege határozza meg. Mit tud tenni a gazdálkodó? Ott kell beavatkozni, ahol be tud – a termelés költségeit kell ésszerűsíteni. És ebben lehet segítségükre a precíziós-helyspecifikus növénytermesztés, ami a korai idők helyspecifikusságát ötvözi a korszerű, gépesített mezőgazdasági termelés területteljesítményével.



A biztonságos takarmánynövény és élelmiszer alapanyag előállításához, annak műszaki feltételrendszerét tovább kell fejlesztenünk. Igazi áttörést az Információs Társadalom és az Információs Technológia (IT) megjelenése és tömegessé válása jelenti. Ennek az Információs Társadalomnak a mezőgazdasági szakterületi leképeződése az úgynevezett precíziós mezőgazdaság.⁴

A helyspecifikus gazdálkodás célja

Termelési cél

A precíziós gazdálkodás célja, hogy jó minőségű és biztonságos élelmiszert állítson elő úgy, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat (vetőmag, műtrágya, növényvédőszer, víz, energia stb.) a lehető leghatékonyabban használja fel. Ez persze semmiben nem különbözik a hagyományos gazdálkodásban megfogalmazott céloktól, de a különbséget az adja, hogy az információszerzés hatékonysága a digitális technológiák alkalmazásával jobb.⁵ A helyspecifikus művelés tehát a digitális megoldások alkalmazását jelenti a mezőgazdaságban, ugyanis a fejlesztések arra irányulnak, hogyan lehet versenyképes módon gazdálkodni és az eredményességet növelni úgy, hogy közben a környezeti fenntarthatóságra is nagy hangsúlyt helyeznek. A precíziós gazdálkodás a gazdálkodást szabályozottabbá és pontosabbá teszi. Egyszerűbben fogalmazva, a hagyományos megközelítéstől abban különbözik, hogy lehetővé teszi a döntést négyzetméterenként, vagy akár növényenként.

Főbb különbségek a hagyományos és a precíziós gazdálkodás között:

Hagyományos	Precíziós
Mezőgazdasági kezelési és szervezési egység a mezőgazdasági tábla, amelyet homogén termőhelyi tulajdonságúnak fogadunk el	Mezőgazdasági és szervezeti egység a termőhely, amelyet pontról-pontra eltérőnek és táblaszinten heterogénnek fogadunk el
Átlagolt mintavételezésen alapuló tápanyag gazdálkodás	Műholdas helymeghatározás alapú, pontosított mintavételezés és adatgyűjtés (talajállapot, növényállapot) és ezek alapján geostatistikai interpolálás ⁶
Átlagolt növényvédelmi bonitálás ⁷	„Homogénként” lehatárolt táblán belüli termőhelyek
Azonos tőszám, fajta	Helyspecifikus tőszám, fajta
Homogén vízgazdálkodás	Termőhely szintű vízgazdálkodás
Azonos gépüzemeltetés	Termőhelyenként változó gépüzemeltetés
Táblaszintű átlagtermés	Táblaheterogenitás termésmegoszlás

1. táblázat

4 Erdeiné K., G. Sz. (2020)

5 Halas V., Tóth T. (2017)

6 Értékelés

7 Matematikai megközelítés



A precíziós növénytermesztés fogalmában azonban ott szerepel a környezetterhelés csökkentése is. Sajnos ma még Magyarországon nem látjuk, hogy ez valós ösztönző erővel bírna, és ezért válnának a termelők „precíz gazdákká”. Másrészt viszont, bármilyen okból is kezd bele az ember, működése környezetbarátabbá válik a GPS eszközök használatával.

Gazdasági cél

A közgazdasági kutatók már megalkották az üzemi méretre alkalmazható, precíziós növénytermesztésre vonatkozó matematikai jövedelemfüggvényt.

$$NJ_p = \sum_{n-i} ((H_i \cdot \lambda \cdot \hat{A}r_{hi} + T\hat{a} - K_{\hat{o}p}) \cdot T_i)$$

ahol:

NJ_p = precíziós modell nettó jövedelme (Ft/gazdaság)

H_i = hozam 8 (t/ha)

λ = 1,1 t

$\hat{A}r_{hi}$ = hozamár (Ft/t)

$T\hat{a}$ = támogatás (Ft/ha)

$K_{\hat{o}p}$ = összes költség – anyagmektakarítás (10%) x (műtrágya és növényvédőszer költség) + (termelési költség-anyagköltség) x művelési költségnövekedés (1,05) + beruházás többletköltsége/5 (amortizációs időszak)

T_i = vetésterület (ha)

N = növénytermesztési ágazatok száma.⁸

A fenti összefüggéssel megvizsgálhatók a nagyobb befektetéseket megelőzően a várható ökonómiai hatások.

Az optimalizációs modell lényege, hogy a kiinduló feltételek és a korlátozó tényezők együttes figyelembevételével keresi azt a legjobb megoldást, amely a célként megfogalmazott érték szempontjából maximalizálandó cél esetén a legnagyobb értéket, míg minimalizálandó cél esetén a legkisebb értéket veszi fel.

A helyspecifikus gazdálkodás műszaki háttere

A precíziós mezőgazdaság definíciója műszaki-informatikai szempontból alapvetően a helyspecifikus, pozicionált (adott helyre vonatkozó) információ gyűjtésére és kezelésére épül. Nem szerencsés csupán a precíziós (precíz) fogalom értelmezésére támaszkodni,

⁸ Takácsné Gy. K. (2011)



hiszen lehet egy technológia nagyon pontos, mégsem ebbe a fogalomba tartozik akkor, ha egy adott termelési egységen (tábla) belül az eltérő körülményeket nem képes figyelembe venni, és nem ennek megfelelően változtatja a kezelések jellemzőit (pl. dózis). Miután a gazdasági szempontok itt sem hagyhatók figyelmen kívül, vizsgálni kell, hogy milyen pontosságra van szükségünk a termelési célok megvalósítása érdekében. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a biológiai rendszerek tudnak tolerálni, illetve korrigálni bizonyos pontatlanságokat. Műszaki oldalról ebben a témakörben szinte minden megvalósítható, ugyanakkor a pontosság növelésével ugrásszerűen növekednek a szükséges anyagi ráfordítások, megnőnek a berendezések üzemeltetési költségei. Tapasztalataink szerint viszont érdemes egy precíziós elemet tartalmazó gép megvásárlásánál a beszerzőskor rendelkezésre álló legújabb fejlesztésű felszereltséget választani, mivel a nagyon gyors ütemű technikai fejlesztések miatt, ezzel kitolhatjuk a technológiai elavultság idejét.⁹

Helymeghatározás

A precíziós, helyspecifikus mezőgazdaság elsődleges célja a téridőben megfelelő művelés megvalósítása, ezért a helymeghatározás pontossága elsődleges feladat. A helyspecifikus mezőgazdaság nemcsak azt jelenti, hogy a mezőgazdasági gép pozícióját meghatározzuk, hanem azt is, hogy a különböző érzékelőkkel gyűjtött adatok helyét is, sőt, a szükséges beavatkozások megállapítását követően – visszatérve az adatgyűjtés helyére – pontosan az általunk meghatározott helyen végezzük el azokat. Jó példa erre a néhány másodpercenként gyűjtött hozam adatok alapján készített hozamtérkép, ami az adatok feldolgozását követően alapul szolgálhat egy tápanyag kijuttatási tervnek. Az adatokat akár valós időben (real-time), akár utólag is feldolgozhatjuk (post processing). A helyspecifikusan gyűjtött adatok alapján az egyes jellemzők eddig még nem ismert összefüggései is feltárhatók.¹⁰

Azokat a műholdakon alapuló rádió navigációs rendszereket, amelyek a világ bármely pontján, folyamatosan, a nap 24 órájában képesek korlátlan számú felhasználó számára navigációs szolgáltatást nyújtani, globális navigációs műholdrendszereknek (Global Navigation Satellite System, GNSS) nevezzük. Ezek a rendszerek háromdimenziós helyzet-, sebesség-, és időinformációt szolgáltatnak, amely a megfelelő passzív vevőkészülékkel rendelkező felhasználó számára időjárástól függetlenül – a földfelszín bármely pontján vagy annak közelében – elérhető.

A legelső globális lefedettségű navigációs műholdrendszer az USA védelmi minisztériuma által, elsődlegesen katonai igények kielégítésére létrehozott és üzemeltetett Navstar Global Positioning System (GPS, globális helymeghatározó rendszer).

9 Németh T., Neményi M., Harnos Z. (2007)

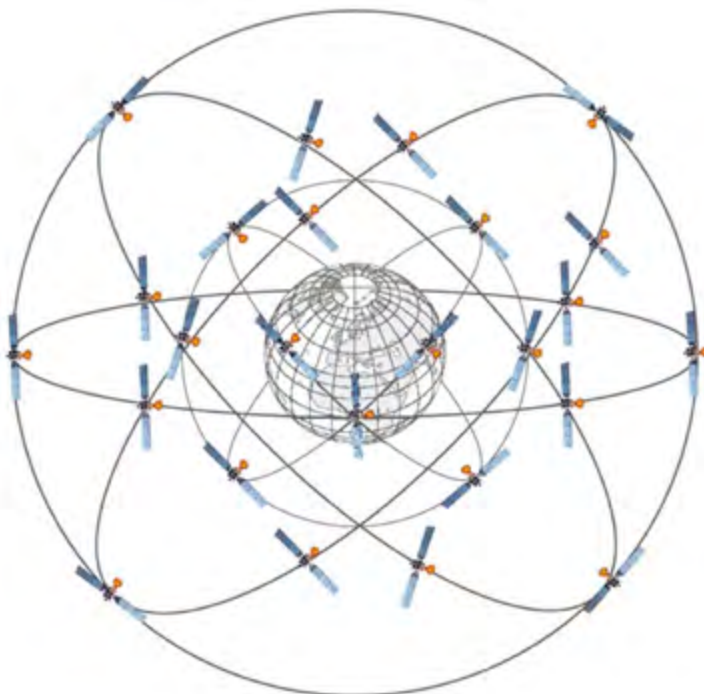
10 Németh T., Neményi M., Harnos Z. (2007)



Jelenleg a GPS-en kívül az Oroszország által üzemeltetett GLONASS navigációs rendszer nyújt globális elérhetőséget, melynek fejlesztését az egykori Szovjetunió kezdeményezte. A civil felhasználói szegmensben egyre több olyan készülék jelenik meg, amely a GPS mellett a GLONASS műholdak jeleit is képes felhasználni, így növelve a helymeghatározás pontosságát.

A GPS és a GLONASS rendszerek kifejlesztését elsősorban katonai igények kielégítése vezérelte. Ezzel szemben az Európai Unió és az Európai Űrügynökség (ESA) által közösen fejlesztett, jelenleg kiépítés alatt álló Galileo navigációs rendszer polgári célokat szolgál. A Galileo képes együttműködni a többi meglévő globális navigációs műholdrendszerrel. Ez azt jelenti, hogy lehetővé válik olyan vevőkészülékek gyártása, amelyek több működő GNSS szolgáltatás alapján, kiegészítő módszerek nélkül is képesek elérni akár a centiméteres pontosságot is.

Mindhárom rendszer esetében szükség van egy földi követő állomásrendszerre, amely feladata, hogy vizsgálja a műholdpályák változásait, szinkronizálja és kalibrálja a műholdakon található órákat, illetve megbecsüli a következő 24 órára várható műholdpályát.¹¹



2. ábra: Helymeghatározó műholdak pályáinak sematikus ábrázolása
(Forrás: <http://www.salt.org.hu/gps-es-tarsai/>)

¹¹ Szalai I. (2014)



Térinformatika

A térinformatikai rendszer a szervezeti hatékonyságot növelő speciális térbeli információs eszköz. A GIS (Geographical Information System – Földrajzi Információs Rendszer) olyan eszköz, amellyel a földrajzi helyhez köthető adatokat tartalmazó adatbázisból információk vezethetők le. Technikáját tekintve a GIS egy olyan számítógépes rendszer, melyet ezen földrajzi helyhez kapcsolódó adatok gyűjtésére, tárolására, kezelésére, elemzésére, a levezetett információk megjelenítésére, a földrajzi jelenségek megfigyelésére, modellezésére dolgoztak ki. A hálózatok terjedésével egyre nagyobb hangsúlyt kap az információk elérését, továbbítását szolgáló szerep. Alkalmazási oldalról a GIS egy eszköz a térképhasználat, pontosabban a földrajzi adatok használatának fejlesztésére. A GIS lehetőséget ad nagyszámú helyzeti és leíró adat gyors, együttes, integrált áttekintésére és elemzésére, legyen az a talajellenállás térképe, tápanyag kijuttatási térkép, hozamtérkép, gyomborítottság.¹²

A térinformatika egyrészt a technikát képviseli, ami az adatok megfelelően szervezett térbeli információs rendszerekben, térben kezelhető tárolását biztosítja, másrészt egyre nagyobb mértékben teszi lehetővé az ezekben tárolt adatok széleskörű elemzését és felhasználóspecifikus szolgáltatását. A térinformatika alapját a szakértelem, adat, szoftver és hardver négyes egysége képezi.¹³



3. ábra: Gabonatábla virtuális NDVI térkép

(Forrás: <https://kpravda.ru/wp-content/uploads/2020/07/geomonitoring.jpg>)

12 Németh T., Neményi M., Harnos Z. (2007)

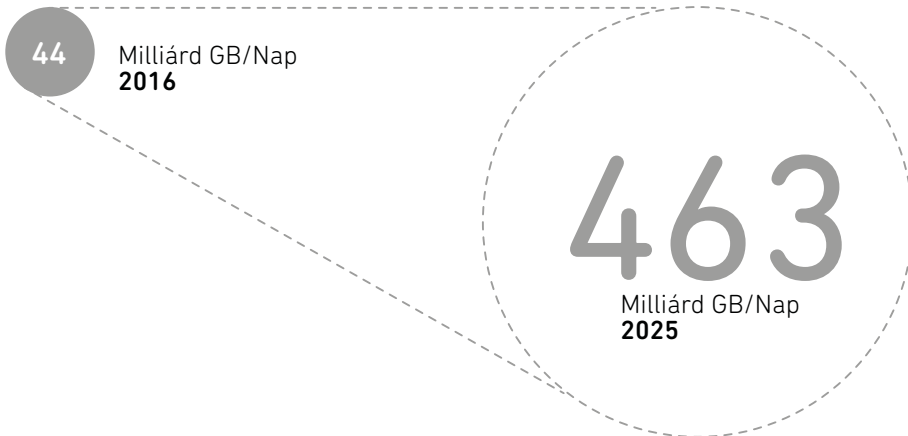
13 Schmidt J. (2011)



A térinformatikai adatnyerés napjaink leghatékonyabb módszere a távérzékelés. A műholdakra elhelyezett szenzorok a földfelszín és tárgyai, valamint a növényzet által különböző hullámhosszon visszavert, vagy kisugárzott elektromágneses hullámok adatait gyűjtik, melyek megfelelő képfeldolgozást követően információval szolgálnak a vizsgált területről. Ez a módszer képes a talaj és a növényzet állapotának, összetételének elemezhető módon történő térképes megjelenítésére. Egyik kifejlesztett alkalmazása az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), mely a növényzet vegetációs aktivitását ábrázolja.

Adatgyűjtés, adatfeldolgozás

Azt gondolom, hogy napjainkban a precíziós gazdálkodás hatékony alkalmazásának legnagyobb megoldandó feladata a begyűjtött hatalmas adatmennyiség (Big Data) tárolása, feldolgozása. Big Data-ról akkor beszélünk, amikor nagy mennyiségű, nagy sebességű (azaz valós idejű, folyamatosan érkező) és nagy változatosságú (azaz sokféle tartalmú és formátumú) adatokkal dolgozunk. A Big Data tulajdonképpen döntési szabályok gyűjteménye és alkalmazása – az adatfeldolgozás egy olyan módja, ahol nagy mennyiségű, sokrétű és strukturálatlan adat tárolásáról és feldolgozásáról van szó. A Big Data jövőjével kapcsolatban számos jóslatot, előrejelzést lehet hallani, ami viszont biztos, az az, hogy a térhódításának üteme nem fog lassulni az elkövetkező években, így mind az adatgenerálás, mind az adatgyűjtés volumene várhatóan tovább fog növekedni. Ezt pedig a technológiák fejlődése is támogatni fogja.



4. ábra: Az adatok mennyiségének becsült növekedése a világban
(Forrás: <https://www.kite.hu/tudastar/innovativ-mezogazdasag-mi-is-az-a-big-data/151>)

Egyre nagyobb jelentőséggel bír az adatok feldolgozása, hiszen egyre több adat képződik, ill. válik elérhetővé egyre több forrásából (talajanalízis, hozammérés, távérzékelési adatok stb.). Ahhoz, hogy ezek hasznos információvá váljanak, feldolgozni, elemezni



kell őket. Minél több adattal rendelkezünk egy területről, annál nagyobb az esély, hogy feltárjuk azokat a tényezőket, melyek az elérhető termésszintet korlátozzák, így azok megszüntethetők, vagy a termelés hozzájuk igazítható.

Az adott koordinátákhoz felvett adat csak abban az esetben válik a termesztést elősegítő, döntést megalapozó információvá, ha szakmailag pontos feldolgozása megtörténik. Sok gazdaságban csak az adatok felvételéig jutnak el, és az adatokat nem dolgozzák fel. Ennek két oka lehet. Az esetek egy részében a sok teendő miatt háttérbe szorul az elemzés elvégzése. A másik esetben hiányzik a szakértelem. Mindkét esetre megoldás lehet az erre szakosodott, szaktanácsot nyújtó vállalkozások felkérése. Ezek a cégek rendelkeznek megfelelő szoftveres támogatással, továbbá az általunk nem elérhető, vagy túl magas költségen igénybe vehető, távérzékeléssel megszerezhető adathalmazzal, mellyel kiegészíthetik az általunk vett adatokat.

Precíziós gazdálkodás eszközszerkezere

Sorvezetés, kormányautomatika

A precíz járműirányítás alapvetően határozza meg az input anyagok kijuttatásának pontosságát. Ennek feltétele a megfelelő csatlakozási pontossággal történő munkavégzés. Ha ez nem teljesül, vagy elhagyással, vagy felesleges átfedéssel dolgozunk. A rossz látási viszonyok, az összetett alakú táblák vagy a domborzat megnehezítik a gépkezelők dolgát. A GPS sorvezetők és a robotpilóta rendszerek segítik a pontos munkavégzést, csökkentik a felesleges átfedést. Nagyobb sebességgel végezhető el a legkényesebb műveletek is (pl. sorközművelés), illetve nem kell feltétlenül magunk mellé fordulni, dolgozhatunk fogásokban. Ezáltal javul a területteljesítmény, csökken a tábla végi talajtaposás és gépkopás (nem kell tolatgatni). Ezzel kapcsolatban talán keveseknek jut eszébe a talajművelésben való használat, pedig az egyrészt jellemzően nagy energiaigényű művelés, másrészt jelentős átfedéssel szoktuk végezni. Ha egy



5. ábra: Kisebbs átfedéssel a menetek száma csökkenthető (A szerző által készített ábra)



4,5 m széles munkagépből indulunk ki, kézi kormányzásnál 40-50 cm átfedést biztosítunk. Ez 10%-os átfedést jelent. Azaz minden tizedik menetben feleslegesen égetjük az üzemanyagot. Kormányautomatika – és megfelelő pontosságú műholdjel – használatával, ez az átfedés lényegében egy nagyságrenddel csökkenthető. Ennek megfelelően nem minden tizedik, csak minden századik, de legrosszabb esetben is minden nyolcvanadik menetben jelentkezik felesleges üzemanyag-felhasználás (5. ábra).

RTK korrekció

A kormányautomatikák előnyét a legpontosabb, 2,5 cm visszatérési pontosságot biztosító RTK (Real-time Kinematic – Valós idejű kinematikus mérés) korrekciós jel használatával lehet igazán kihasználni. Ezek a jelek a fixen telepített állomásokról, jó vételi körülmények között, 0,5 és 1,5 másodpercenként érkeznek az erőgépeket vezérlő egységhez. Míg a klasszikus esetben ehhez saját bázisállomásra volt szükség, ma már országos lefedettséggel bíró hálózatokról – előfizetés után – elérhető a korrekciós jel. Ezek egy része egybázisos, rádiós hálózatú, de e mellett megtalálható egy szerveren keresztül hálózatba kötött bázisállomások rendszere is, melyek esetében a háttér infrastruktúrának köszönhetően a bázisállomások működése, illetve a felhasználók vételi viszonyai folyamatosan kontrollálhatóak és optimalizálhatóak, ezzel állandó, nagyobb biztonságú szolgáltatás nyújtható.



6. ábra: A műholdak méteres pontosságú helymeghatározását az RTK jelek akár 2,5 cm-re pontosítják (Forrás: <https://www.axial.hu/cikkek/hirek/claas-smart-farming-konceptio-a-gyakorlatban>)

Automatikus szakaszvezérlés, sorelzárás

A vetőgépek és permetezőgépek automatikus szakaszvezérlő rendszere lekapcsolja azokat a vetőelemeket és szórókeret szakaszokat, amelyek már a vetett, vagy permetezett részekén haladnak. Szabálytalan formájú táblaszéleken, táblán belüli tárgyak



kerülésekor, illetve a szegett területeken jelentős vetőmag és vegyszer megtakarítás érhető el használatukkal. Ezek kialakítása lehet pneumatikus vagy elektromos vezérlésű.



7. ábra: Automatikus sorlezárással, táblaszéli ráfedés nélkül vetett kukorica
(A szerző által készített fotó)

Helyspecifikus tápanyag-visszapótlás

Táblaszinten gondolkodva, egy terület tápanyag-visszapótlásának tervezésekor a táblára jellemző átlag értékből tudunk kiindulni. Ha ez alapján határozzuk meg a kijuttatandó műtrágya mennyiségét, az átlagnál jobb ellátottságú táblarészeken túltrágyázunk, az átlagnál gyengébb tápanyaggal rendelkező részekben pedig nem érjük el a tervezett hozamhoz szükséges tápanyag ellátottságot.

A különböző ellátottságú táblarészekre külön-külön megtervezett tápanyag dózist kijuttatva lehetőség van egy valóban kiegyenlített tápanyag ellátottság elérésére. A precíziós mintavétel előre meghatározott művelési zónákra alapozva kijelölt pontokon történik.

A művelési zóna lehatárolása történhet több évnyi hozamtérkép-adatsor vagy a tábláról készült NDVI felvételek feldolgozása alapján. Azonban, ha az azonos adottságú talajfoltokat szeretnénk megtalálni, a legmegbízhatóbb módszer a talajszkennelés, amely az elektromos vezetőképesség (EC) mérésével pontos lehatárolást tesz lehetővé.

Említést érdemelnek a növények vegetációs aktivitását mérő és az alapján N fejtrágyázást vezérlő szenzorok, hiszen segítségével a növények valós igényeihez lehet alakítani a növénytáplálást.





8. ábra: Egy tábla termőképességét ábrázoló műholdas térkép
(Forrás: a Pálhalmi Agrospeciál Kft.-nek készített szakmai anyag)

Differenciált tőszámú vetés

Ez a vetés végrehajtásának egy alternatív megközelítést jelent. Abból indul ki, hogy a táblák jobb tápanyag-ellátottságú, a növényzet számára kedvezőbb részei sűrűbb, gyengébb részei ritkább növényállománynak képesek optimális feltételeket biztosítani. Itt tehát a növényállományt, a tőszámot igazítjuk a természetes adottságokhoz – szemben a helyspecifikus tápanyag-kijuttatással, amikor a tápanyag-szolgáltató képességet próbáljuk kiegyenlíteni homogén állománysűrűség mellett. Azon vetőgépeknél, ahol a vetőelemek hajtása elektro- vagy hidromotorokkal történik, a sorrelzás és a tőszámszabályozás funkciója adott. A hagyományos kialakítású szemenkénti vetőgépeknél a vetőelemek meghajtását függetleníteni kell a haladási sebességtől – a talajról származó hajtás helyett hidromotoros meghajtás kerül kiépítésre. Ez lehetővé teszi a vetőtengely, illetve a vetőelemek fordulatszámának széles tartományban történő szabályozását. Ennek – utólagos kiépítés esetén – csak GPS-es vezérléssel van létjogosultsága, hiszen így mód van előre elkészített kijuttatási terv alapján a táblán belüli differenciált tőszámmal történő vetésre.

A legfejlettebb utólag felszerelhető univerzális vetésvezérlő rendszerek egyidejűleg alkalmasak a vetőgép sorainak automatikus elzárására, a tőszám terv szerinti szabályozására és a vetőgép megfelelő kialakítása esetén a műtrágyaládákból kijuttatott műtrágya mennyiségének kontrollálására és ennek szakaszvezérlésére is. Vetésellenőrző funkció szintén elérhető. A helyspecifikus vetés technikai háttere akár a legújabb, akár a meglévő, hagyományos vetőgépek esetén rendelkezésre áll. Alkalmazásával kézzelfogható, közvetlen vetőmag-megtakarítás érhető el.

Hozammérés

A hozamterkép adja az egyik legjobb visszajelzést területeink heterogenitásáról. Ráadásul olyan adatgyűjtési módszer, amely a betakarítással egy menetben történik,



tehát nem igényel külön műveletet, a terület újabb bejárását és taposását. Fontos információ, hiszen egyfajta kontrollt jelent tápanyag-felhasználásunk, lényegében az adott szezonon belüli gazdálkodásunk eredményességéről. Nem utolsó sorban, utat nyit a helyspecifikus gazdálkodás irányába.

A kombájnnal történő hozammérés legelterjedtebb műszaki megoldása a szemtermés mennyiségét optikai szenzor segítségével méri. Az elevátorban elhelyezett jeladó-jelfogó pár közötti infravörös jel útját az elhaladó szem-halmaz megszakítja – minél több, annál hosszabb időre. Ezt az időtartamot mérve, a hektoliter súlyt és a szemnedvességet figyelembe véve, a szemtermés súlya meghatározható. Mivel a betakarító gép dőlésével a szemhalom formája torzul, a rendszer a gép dőlését is méri és a súly meghatározását ezzel korrigálja.

A hozammérő rendszer része a szemnedvesség mérő szenzor is, amely az elektromos vezetőképesség elvén méri a szemek nedvességtartalmát.

Több év adatai alapján, a hozammérés önmagában is ad érdemi információt a táblán belüli heterogenitásról. Nagy jelentősége van a tápanyag-visszapótlás tervezésében, hiszen a talajvizsgálatok közötti években a hozamtérképek adnak visszajelzést arról, hogy a tábla különböző részein a kijuttatott tápanyag milyen mértékben hasznosult, illetve mennyi növényi szármaradvány maradt vissza.



9. ábra: A kombájn magfelhordójában elhelyezett infravörös szenzor (Forrás: https://www.trimble.com/agriculture/yield-monitoring.aspx?tab=product_overview)



Precíziós növénytermesztés Pálhalmán

A Pálhalmi Agrospeciál Kft. alapvető célja – a precíziós gazdálkodás fokozatosan történő bevezetésével – a növénytermesztés, és ezen keresztül az egész gazdasági társaság jövedelmezőségének javítása. Ebben a helyspecifikus termesztés a ráfordítások csökkentésével (kevesebb input anyag), a másik oldalról pedig a várható hozamok növelésével (nagyobb termésmennyiség), így az önköltségek javításával segíthet. Társaságunk a helyspecifikus gazdálkodás területén 2014 óta folyamatosan keresi azokat az újításokat, megvalósítható lehetőségeket, melyekkel a gazdálkodás egyre nyereségesebb és termelékenyebb lehet. Mára számos precíziós technológiai fejlesztés, mint például a GPS pozicionálás, az automata kormányzás, az automata szakaszolás, a hozamtérképezés és a szenzorvezérlés teszi lehetővé a pontosabb munkavégzést a szántóterületeinken. A helyspecifikus gazdálkodás társaságunk esetében is több elemből áll össze, melyek részben, vagy egészben egymásra épülnek.

Első lépcsőként beüzemelésre került egy saját bázisállomás, mellyel egy időben olyan robotkormányal, valamint fedélzeti monitorral felszerelt erőgépeket vásároltunk, melyek képesek a GPS vezérlés, valamint az RTK korrekció segítségével többször is nagy pontossággal (2,5 cm) ugyanazon a nyomvonalon haladni.



10. ábra: Az erőgép fülkájében elhelyezett a robotkormányást és a precíziós tevékenységet vezérlő monitor (A szerző által készített fotó)



Tapasztalataink szerint a GPS alapú navigáció a szántóföldi körülmények között is tökéletes megoldás a pontos, gyors és hatékony munkavégzéshez. Ugyanazokban a haladási mintákban dolgozik a gép, ami csökkenti a kihagyott területeket és az átfedéseket, kiküszöbölve az emberi tényezőtől eredő hibákat. A gép mozgása egy képernyőn nyomon követhető, így vizuálisan is látja a kezelő, hogy mely területek lettek művelve, és melyek nem, ami egy folyamatos, azonnali visszajelzés az elvégzett feladat minőségére vonatkozóan.

A navigációs rendszerek másik fő előnye, hogy más rendszerekkel összehangolva képessé teszik a gépet az automatikus kormányzásra, így a kezelőnek több ideje marad haladás közben az általa üzemeltetett munkaeszköz ellenőrzésére. Ennek az a pozitív hozadéka, hogy hamarabb észlelésre kerül egy esetleges meghibásodás, valamint az elvégzett feladat minőségére jobban oda tud figyelni a gépkezelő.

A betakarítást végző gépparkunkból három Claas Lexion 670 típusú kombájn hozzámérő eszközökkel került felszerelésre. Üzemeltetőként elmondható, hogy a taglalt precíziós eszközök közül, a gyakorlatban a hozzámérés adja a legnagyobb szakmai kihívást. A betakarítás kezdetén elvégzett alapkálibrálásokról sokrétűek, és nagyfokú precizitást igényelnek, továbbá folyamatosan kontrollálni kell az adat rögzítéseket. Állandó kapcsolatfenntartás szükséges az irányító vezető, a gépkezelő és a magtári vezető hármasa között.



**11. ábra: Hozzámérésre alkalmas kombájnok éjszakába nyúló őszi árpa betakarítása
(A szerző által készített fotó)**



Bizonyítva azt, hogy nem csak az újonnan fejlesztett eszközök alkalmasak a precíziós művelésre, két régebbi beszerzésű szemenkénti vetőgépünk került átalakításra, így alkalmassá tettük mind a kettőt az automatikus sorrelzésre. Az automatikus szakaszolással elkerüljük a táblavégi felülvetések, amely számunkra vetőmag megtakarítást jelent a korábbi évekhez képest, továbbá kedvezőbb térállást biztosít a növények számára, ezzel az érintett táblarészek esetében kedvezőbb hozamokat értünk el. A vetőgép pontos beállítása időigényes és kellő tapasztalatot megkövetelő folyamat.



**12. ábra: Automatikus szakaszolásra alkalmas függesztett, 12 soros vetőgép
(A szerző által készített foto)**

A permetezési technológiánk is megfelel a precíziós törekvéseinknek. Már a második teljes évben üzemeltetjük azt a két JD M952i permetező gépet, melyek nagy munkaszélességük mellett, automata szakaszvezérléssel rendelkeznek. Ezzel elértük azt a fő célt, hogy nincs kezeletlen terület, illetve olyan művelt terület, melyet dupla dózissal permeteznénk. A vegyszerezők három szenzor (radar) segítségével, automatán tartják a beállított keretmagasságot. A szórókeret így mindig ugyanabban a magasságban halad a talaj, illetve a kultúra fölött. Ez a technológia pontosabb kijuttatást, jobb növényenkénti vegyszerborítottságot, ezáltal hatékonyabb növényvédelmi beavatkozásokat eredményez számunkra.

Bio termesztésünkben évek óta – a megfelelő műszaki megoldás hiányában – nagy problémát jelentett a széles sortávú kultúra (kukorica, napraforgó) gyomszabályozása. 2018-ban beszerzésre került egy hatsoros, sorvezérelt kultivátor. A talajművelő eszköz RTK rendszert alkalmazó, automata kormányzású erőgéppel került összeszerelésre, mely már magában is 2-3 cm pontosan tud a „vetőgéptől átvett egyenesen” haladni. A kultivátor – a traktortól függetlenül – egy szenzor segítségével érzékeli („látja”) a sort, és korrigálja oldal irányban, hogy ne sértse meg a kultúrnövényt. A technológia





13. ábra: 30 méter széles szórókerettel rendelkező, automata szórófelzárású vontatott permetező (A szerző által készített fotó)

egyik előnye, hogy a termesztett növény korai fejlődési fázisában elvégezhető az első művelés, amikor a gyomok is csíráznak, vagy éppen kikeltek. Az ekkor elvégzett gyommentesítés a leghatékonyabb mechanikai gyomirtás. A második előnyként a növény sorától megtartandó védőtávolság csökkentése emelhető ki. Ennek a pozitivitása abban mérhető, hogy a termesztett növény közvetlen közelében is el tudjuk végezni a beavatkozást, ezzel csökkenteni lehet a műveletlen terület nagyságát. Az eszköznek köszönhetően, az elmúlt három évben jelentős eredményt értünk el a gyommentesítés terén a kapás biokultúránkban.

2019-ben egy 116 hektár nagyságú területünk kapcsán az egyik szolgáltató partnerünket kértük fel, hogy műholdas elemzés alapján készítsen kijuttatási tervet differenciált tőszámvetésre, majd biztosítson egy vetőgépet, mely képes ezen adatok alapján a kukorica és napraforgó eltérő tőszám vetésére. Az így elvetett tábláinkról hozamméréssel takarítottuk be a termést. Hasznos volt „testközelből” látni, hogy a technológia működik, és a mi körülményeinkhez is adaptálható. A vetéskor rögzített adatokból ellenőrizhető volt, hogy valóban úgy történt meg a vetés, ahogy az a kijuttatási tervben rögzítésre került. Megtapsztaltuk azt is, hogy a különböző gyártású és fejlesztésű eszközök, szoftverek tudnak együtt dolgozni, kezelik egymás adatait. A betakarítást követő elemzések alapján jelentkezett hozamnövekedés a hagyományos műveléshez képest, de úgy gondolom egy év tapasztalata nem elég a technológia eredményességének vizsgálatához.

A 2020-as évben a szokványos, kapás kultúránkban használt kultivátorok egyikének átalakítását, fejlesztését hajtottuk végre. A kultivátorozással egy menetben kijuttatott műtrágyát szilárdról folyékonyra váltottuk. Ennek a gépészeti, műszaki megoldásában szorosan együttműködtünk egy magyar mezőgazdasági fejlesztő- és gépgyártóval. Ez a fejlesztés az első állomása a differenciált tápanyag kijuttatás társaságunknál





14. ábra: Differenciált tőszámú vetésre alkalmas vontatott vetőgép munkavégzés közben
(A szerző által készített fotó)

történő bevezetésének. Az első évben azt kívánjuk felmérni, hogy a folyékony műtrágya kedvezően hat-e a növények fejlődésére. Amennyiben igen, a másik kultivatort is átalakítjuk és egy-egy vezérlőegység beszerelésével alkalmassá tesszük mind a kettő művelő eszközt műtrágya differenciált módon történő kijuttatására.



15. ábra: Az erőgép hátsó kerekei mögött lévő tárcsák segítségével kerül a folyékony műtrágya a talajba
(A szerző által készített fotó)



A precíziós növénytermesztés fejlesztéseinek fő célja a termőhely térbeli heterogenitáshoz illeszkedő, gazdaságos és fenntartható gyakorlati növénytermesztés alkalmazása. A jövőben törekednünk kell arra, hogy olyan eszközöket próbáljunk ki, és szerezzünk be, melyek képesek lesznek a területeinken az inputanyagok differenciált kijuttatására.

A Pálhalmai Agrospeciál Kft.-nél végrehajtott többlépcsős innovációnak kiemelt jelentősége az is, hogy illeszkedik a fenntartható gazdálkodáshoz, mivel a kevesebb vegyszer, valamint a tudatosabb műtrágya-felhasználás kisebb terhelést jelent a környezetünkre. Szántóföldi gazdálkodóként valljuk, hogy legnagyobb értékünk a földfelszín termékeny külső rétege, a talaj. Ennek a bonyolult ökoszisztémának a hosszú távú fenntartása csakis okszerű talajműveléssel valósítható meg úgy, hogy azt a jövő nemzedékei is használni tudják. Gyakorló szakemberekként látjuk, hogy ezekben a törekvéseinkben nagy segítségünkre lehet a helyspecifikus gazdálkodás minél nagyobb arányú bevezetése.

A helyspecifikus gazdálkodás az új műszaki megoldásokon túl új szemléletet is igényel. A precíziós növénytermesztésben eltöltött hét év tapasztalatai alapján kijelenthető, hogy ez a gazdálkodási forma akkor válik hatékony termeléssegítő technológiává, ha nem csak a gépek és az eszközök precízek, hanem az azokat irányítók és kezelők gondolatai is azok.



Felhasznált irodalom

- F. J. Pierce – P. Novak (1999) Aspects of Precision Agriculture, *Advances in Agronomy*, 67. p. 1-85.
- Halas Veronika – Tóth Tamás (2017): Precíziós állattartás és takarmányozás, *Agrárium*, 10. o. 28-32.
- Németh Tamás – Neményi Miklós – Harnos Zsolt (2007): A precíziós gazdálkodás módszertana, JATE Press-MTA TAKI, Szeged
- Schmidt Jenő (2011): Földműveléstan, Pannon Egyetem, Keszthely
- Simon Blackmore (1999) Remedial correction of yield map data, *Precision Agroculture*, 1. p. 53-66.
- Szalai István (2014): Mechatronikai rendszerek speciális érzékelői és aktuátorai, Pannon Egyetem, Keszthely
- Takácsné György Katalin (2011): A precíziós növénytermelés közgazdasági összefüggései, Szaktudás Kiadó Ház Rt., Budapest

Felhasznált internetes hivatkozások

- Erdeiné Késmárki-Gally Szilvia (2020): A precíziós gazdálkodás jelentősége a mezőgazdaság versenyképességében, *Multidiszciplináris kihívások, sokszínű válaszok*.
Online: <https://doi.org/10.33565/MKSV.2020.02.03> (Letöltve: 2020. július 30.)

