

ETO: 631.171:502

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ETO: 633.522:502

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ETO: 633.174:502

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ÉS A KÖRNYEZETBARÁT NÖVÉNYKULTÚRÁK SZEREPE A FENNTARTHATÓ AGRÁRFEJLŐDÉSBN

THE ROLE OF PRECISION AGRICULTURE
AND ECO-FRIENDLY CROP CULTIVATION IN SUSTAINABLE
AGRICULTURAL DEVELOPMENT
ULOGA PRECIZNE POLJOPRIVREDE I EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH
BILJNIH KULTURA U ODRŽIVOM AGRARNOM RAZVOJU

LENGYEL LÁSZLÓ

PhD, agrármérnök, az állattenyésztési tudományok doktora

Pro Scientia Naturae Alapítvány, Zenta, ügyvezető

lengyelmail@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÓ • A tanulmány a fenntartható mezőgazdaság kihívásait és lehetőségeit vizsgálja a precíziós technológiák és környezetbarát növénykultúrák tükrében. Bemutatja a mezőgazdaság iparosodásának és digitalizációjának folyamatait, különös tekintettel a klímaváltozásra adott válaszokra. Kiemelten foglalkozik két perspektívus növényfajjal – a cirokkal és az ipari kenderrel –, melyek termesztése a Vajdaságban egyszerre szolgálhatná az ökológiai egyensúly, a víztakarékosság és a karbonsemleges gazdálkodás céljait. A tanulmány hangsúlyozza a termelői edukáció szükségességét annak érdekében, hogy a mezőgazdaság termelékeny, fenntartható és klímareziliens¹ legyen.

KULCSSZAVAK • precíziós mezőgazdaság, fenntarthatóság, klímaváltozás, cirok, ipari kender, vízgazdálkodás, talajmegújítás, biodiverzitás, körforgásos gazdálkodás, agrárdigitalizáció

¹ 'A különböző környezeti hatásokhoz, különösen az éghajlatváltozás okozta változásokhoz való alkalmazkodás, továbbá az ezekkel szembeni ellenállás képessége.'

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben a mezőgazdaság jelentős átalakuláson ment keresztül. Az iparosodás korszakában a mennyiségi szemlélet volt a döntő, a folyamatok gépesítésére és a maximális termésmennyiség elérésére törekedtek. Azután következett az automatizáció korszaka, amikor egyre több folyamatot próbáltak gépesíteni, minimalizálták az emberi munka szükségességét, a hatástalanságot és a hibalehetőségeket. A telekommunikációs eszközök integrálásával elterjedt a távvezérlés lehetősége. A digitalizált, automatizált, szenzorokkal ellátott gépek rengeteg adatot szolgáltatnak a termeléssel kapcsolatban, ami lehetővé tette az agrárdigitalizáció elterjedését, az adatok gépi feldolgozását, a gazdálkodót segítő szoftverek és alkalmazások elterjedését, az adatalapú döntéshozatal lehetővé tételét és a mesterséges intelligencia alkalmazását. A folyamat során egyre inkább lehetővé válik az optimalizált, környezetközpontú és egyben gazdaságos talajerő-utánpótlás, növényvédelem, termésoptimalizáció; mindezek hozzájárulnak az egészségesebb és gazdaságosabb mezőgazdasági termeléshez. Ezzel párhuzamosan viszont egyre markánsabban érezeti hatását a klímaváltozás, egyre nagyobbak a szélsőségek az időjárásban, egyre bizonytalanabb a szántóföldi növénytermesztés, de az állattenyésztés is. A biztonságosabb termelés érdekében vissza kell nyúlnunk azokhoz a genetikai tartalékokhoz, amelyek eltűrik a szélsőséges viszonyokat, és ezek mellett is megbízható termést adnak.

A mezőgazdaság egyre inkább a fenntarthatóság és a tudatos gazdálkodás irányába fordul, ami megköveteli a modern technológiák bevezetését, valamint a környezet védelmét. Az alábbiakban részletesen kifejtem a mezőgazdasági trendek aktuális kérdéseit, amelyek a fenntartható fejlődést, az iparosodás hatásait, a tudatos gazdálkodást és a precíziós technológiák szerepét elemzik.

A mezőgazdaság változása az utóbbi 50 évben jelentősen felgyorsult, a piacon már jelen vannak a mezőgazdaság 5.0 elemei, a robotika és a mesterséges intelligencia szolgáltatásai is:

1.0 „Munkaintenzív”	munkaintenzív alacsony produktivitás működtetése a lakosság egyharmadát igényelte
2.0 „Zöld forradalom”	műtrágya növényvédő szerek hatékonyabb speciális gépek drámaian megnövekedett a termelékenység

3.0 „Precíziós gazdálkodás”	precíziós műveletek a táblán belüli változások követésére, a táblaszintű beállítások helyett állati egyedek kezelése a teljes állomány helyett automatikus kormányzás, pontossága elérte az 1 cm-t érzékelés és szabályozás termésmennyiség mérése változó mennyiségű kijuttatás (VRT) telemetria/távérzékelés, a gazdaságok logisztikai folyamatai optimalizálása adatfeldolgozás
4.0 „Smart farming”	mezőgazdasági műveletek külső és belső hálózati integrációja felhő szolgáltatások, nagy mennyiségű adatok feldolgozása olcsó és fejlett szenzorok big data analitikák új algoritmusok, amelyek az adatokat értékes információvá alakítják, hogy optimalizálják a terméket és a termelési folyamatot
5.0 „Robot farming”	emberi jelenlét nélküli munkavégzés mesterséges intelligencia, tanuló rendszerek a növények, állatok igényei alapján átalakított termelési rendszerek élelmiszeripar, fogyasztók igényeinek teljesítése beltartalom-szabályozás

1. táblázat. A mezőgazdaság fejlődésének változatai (Forrás: DAS 2019)

TRENDEK A MEZŐGAZDASÁGBAN – IPAROSODÁS
ÉS MENNYISÉGI SZEMLÉLET

A 20. század folyamán a mezőgazdaság fokozatosan iparosodott, ami hatalmas termelésnövekedést eredményezett. Az iparosodás mögött az állt, hogy nagyobb mennyiségű termést állítsanak elő a gyorsan növekvő népesség élelmezési igényeinek kielégítésére. Ez a mennyiségi szemlélet a kémiai inputok

(a műtrágyák és a növényvédő szerek) használatára, valamint a nagy teljesítőképességű mechanizációs eszközökre támaszkodott. Ez a megközelítés közvetlen környezeti hatásokkal járt: például a talajerózióknak, a biodiverzitás csökkenésének, valamint a talaj- és vízszennyezésnek a jelenségével.

Az iparosodás tehát nagyobb mennyiségű élelmiszer-termelést eredményezett, de egyre inkább előtérbe kerülnek a környezeti terhek is. Ezzel szemben a mezőgazdaságban növekszik a fenntarthatóság biztosításával szembeni elvárás, amihez szemléletváltás és technológiai innováció szükséges (DAS 2019).

TUDATOS GAZDÁLKODÁS – MINŐSÉGI SZEMLÉLET ÉS FENNTARTHATÓSÁG

A mezőgazdaságban a mennyiségi szemlélet helyett egyre inkább a tudatos, minőségi szemlélet kerül előtérbe. A gazdálkodók és a fogyasztók is egyre jobban érdeklődnek a minőségi élelmiszerek iránt, nemcsak azért, mert táplálók, hanem azért is, mert környezetkímélő módon állítják őket elő. A fenntartható gazdálkodás célja, hogy összhangba kerüljön a termelés a természetes ökoszisztémákkal, és minimalizálja a káros környezeti hatásokat.

A fenntartható gazdálkodás szerves része a biogazdálkodás, amely kerüli a kémiai inputokat, és inkább a talajélet fenntartására, az ökológiai egyensúlyok megőrzésére törekszik. Ez a megközelítés támogatja a helyi élőhelyek megőrzését és a biodiverzitás fenntartását, valamint hozzájárul a fenntartható élelmiszer-ellátáshoz (DAS 2019).

PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIÁK – KÖRNYEZETI SZEMPONTOK ÉS EGÉSZSÉGVÉDELEM

A precíziós gazdálkodás olyan technológiákat alkalmaz, amelyekkel minimalizálhatók a mezőgazdaság környezeti terhei. A precíziós mezőgazdaság lényegében adatgyűjtésen és adatelemzésen alapuló folyamatokat takar, amelyekkel pontosan meghatározható, hogy hol, mikor és milyen mértékben van szükség inputokra – legyen az öntözés, trágyázás vagy növényvédelem. Ezáltal csökken a vegyszerek használata, kevesebb lesz a talajba és a vizekbe kerülő szennyező anyag, továbbá javul a termék minősége.

A drónok, a GPS-technológia, a talajérzékelő szenzorok, valamint az informatikai megoldások alkalmazása térnyerést hozott a mezőgazdaságban, ami nemcsak a hatékonyságban jelent előrelépést, de jelentős pozitív környezeti hatásokkal is jár. A precíziós technológiák lehetővé teszik a gazdálkodás optimalizálását, a költségek csökkentését, valamint az élelmiszer-biztonság növelését is (DAJKA-OLÁH 2023).

KÖRNYEZETKÖZPONTÚ MEGKÖZELÍTÉS – TALAJÉLET, KÖRNYEZETI HATÁSOK ENYHÍTÉSE, A VÍZ ÉS A CO₂ KÉRDÉSKÖRE

A mezőgazdasági termelés jelentős hatással van a környezetre. Az egyik legfontosabb szempont a talajélet fenntartása, hiszen a talaj minősége és élettartama meghatározza a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságát. A talajélet gazdagítása magában foglalja a talajban élő mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, sugárgombák és egysejtűek) szerepének erősítését. Ezek a mikroorganizmusok különféle módon kommunikálnak egymással, többek között olyan kémiai jelekkel, amelyek lehetővé teszik a tápanyagok mobilizálását és a növények számára való hozzáférhetőségét. A mikroorganizmusok hozzájárulnak a talaj tápanyag-gazdálkodásához, például a nitrogénkötés révén, és fontos szerepet játszanak a szerves anyag lebontásában, ami a talajt humuszban gazdagítja. Ezenkívül a talajélet javítja a talaj szerkezetét, ami elősegíti a víz beszívargását és tárolását, valamint növeli a talaj vízháztartását. A helyes gazdálkodási gyakorlatok (a vetésforgó, a zöldtrágyázás és a talajtakarás) elősegítik a talajélet fenntartását, és javítják a talaj paramétereit: pH-értékét, humusztartalmát és a mikrobiális aktivitását. Ezzel szemben a helytelen gazdálkodás – például a túlzott műtrágya- és növényvédőszer-használat – károsítja a talajéletet, csökkenti a talaj szervesanyag-tartalmát, és rontja a talaj szerkezetét, ami végső soron a termőképesség csökkenéséhez vezet. Az erózió elkerülése és a biológiai sokféleség megőrzése központi eleme ennek a megközelítésnek. Az erózió, amely lehet víz-, szél- vagy gravitációs erózió, jelentős mértékben rontja a talaj szerkezetét. A vízerózió elsősorban a csapadék és az áramló víz hatására alakul ki, ami a talaj felső rétegének elmosódásához és a tápanyagok kimosódásához vezet. A szélerózió főként száraz és laza talajok esetén fordul elő, amikor a szél elhordja a talaj felszíni részecskéit, míg a gravitációs erózió lejtős területeken történő talajmozgást jelent. Az erózió csökkenti a talaj termőképességét, mivel a termékeny felső réteg eltűnik, és a talaj szerkezete laza, erodált marad. A biológiai sokféleség – különösen a talajban és a gazdálkodási területeken élő élőlények változatossága – pozitív hatással van a termőképesség növelésére. A különböző növény- és állatfajok (hasznos rovarok, beporzók és talajlakó mikroorganizmusok) hozzájárulnak az egészséges agro-ökoszisztéma kialakításához. A biodiverzitás elősegíti a tápanyagok jobb hasznosulását, növeli a kártevőkkel szembeni ellenálló képességet, és javítja a talaj szerkezetét. A vetésforgóban alkalmazott hüvelyes növények javítják a talaj nitrogéntartalmát, míg a beporzók – például a méhek – nélkülözhetetlenek a gyümölcsfák és más növények termésének biztosításához. A biológiai sokféleség fenntartása így alapvető eleme a fenntartható agro-ökoszisztémának, mivel segíti megőrizni a talaj termékenységét és az egész rendszer stabilitását.

A vízgazdálkodás is kiemelt szerepet kap, hiszen az éghajlatváltozás hatására a vízforrások egyre kevésbé kiszámíthatóak. Ez azt jelenti, hogy a vízforrások gyakran kiszáradhatnak, szennyezett víz jelenhet meg, nincs elegendő víz a szükséges időpontokban, vagy csökkenhet a talajvíz szintje. Az öntözés hatékonyabbá tétele érdekében fontos az olyan technológiák alkalmazása, mint amilyen például a csepegtető öntözés vagy a talajnedvesség-érzékelők, amelyek minimalizálják a vízpazarlást. A vizet megtartani a talajban többek között talajtakarással, szerves anyagok használatával vagy a talajszerkezet javításával lehet. A hirtelen lezúduló csapadék kezelésére szükségesek a vízgyűjtő rendszerek, valamint a talajfelszín védő növénytakarók, amelyek lassítják a víz elfolyását, és növelik a beszívargást. Alternatív vízforrás lehet az esővíz gyűjtése, a szürkevíz újrafelhasználása, vagy a tisztított szennyvíz használata öntözésre. Az öntözés hatékonyabbá tétele, a víz megtartása a talajban, valamint az alternatív vízforrások használata mind-mind olyan eszközök, amelyek segíthetik a fenntartható vízgazdálkodást.

A szén-dioxid-kibocsátás csökkentése és a szén-dioxid megkötése is fontos cél. A talaj szén-dioxid-megkötési képességének növelése szorosan összefügg a talaj mikrobiális életének gazdagításával és a megfelelő művelésmód alkalmazásával. A talajban található mikroorganizmusok, például a baktériumok és gombák, fontos szerepet játszanak a szerves anyagok lebontásában, és a szén megkötésében. A talajon lévő növénymaradványok és az ott élő növények, különösen a takarónövények, szintén hozzájárulnak a szén megkötéséhez, mivel a szerves anyagok lebontása során a szén a talajban marad. A konzerváló művelés, mint amilyen a *no-till* (forgatás nélküli) gazdálkodás is, segít megőrizni a talajban lévő szerves anyagokat, és csökkenti a szénkibocsátást, míg a hagyományos talajforgatás gyakran növeli a talaj szénvesztését, mivel a mikrobiális aktivitás intenzívebbé válik, ami a szerves anyag gyorsabb lebontásához vezet. A talaj szén-dioxid-megkötési képességének növelése, valamint az energiahatékonyság fokozása és az alternatív energiaforrások (például a napenergia) használata hozzájárulhat a mezőgazdaság karbonlábnyomának csökkentéséhez.

A cirkuláris gazdálkodás, vagyis a természeti erőforrások minél nagyobb arányú visszaforgatása, szintén kulcsfontosságú a fenntartható mezőgazdaságban. A hulladék minimalizálása, a melléktermékek hasznosítása és az ökológiai egyensúly fenntartása mind a cirkuláris gazdálkodás elveit támasztják alá.

Emellett fontos a rovarvilág, különösen a beporzók, főként a méhek védelme, hiszen nélkülük nem biztosítható a gyümölcsöző növények megfelelő termékenyülése. Az utóbbi évtizedekben a rovarvilág Európában és világszerte drasztikus csökkenést szenvedett, ami jelentős mértékben veszélyezteti a biodiverzitást és az élelmiszer-termelést. A méhek pusztulása világszerte

komoly problémát jelent, amit több tényező okoz: a növényvédő szerek, a monokultúras gazdálkodás, a betegségek és az éghajlatváltozás. Az Amerikai Egyesült Államokban és Európában a méhcsaládok tömeges pusztulása, az úgynevezett kolóniaösszeomlás-szindróma (CCD) komoly aggodalmat váltott ki a mezőgazdaságban.

A zajszennyezés – például a mezőgazdasági gépek, a közlekedés és az ipari tevékenységek által keltett zaj – negatív hatással van az állatvilágra, különösen a madarakra és a rovarokra, mivel megzavarja a kommunikációjukat és szaporodási viselkedésüket.

A szállópor csökkentésének lehetséges módjai közé tartozik a zöldfelületek növelése, a talajtakarással történő pormegkötés, valamint az alacsony por- és emissziókibocsátású technológiák alkalmazása. Ezek a tényezők mind hozzájárulnak a környezeti terhelés enyhítéséhez és az ökoszisztémák egyensúlyának fenntartásához (SZILASI ET AL. 2020: 118–139).

A továbbiakban két olyan növényfajra hívom fel a figyelmet, amelyek már régóta honosak vidékünkön, és a klímaváltozás miatt várható, hogy a jövőben újra a figyelem középpontjába kerülhetnek.

CIROK ÉS IPARI KENDER – PERSPEKTIVIKUS NÖVÉNYEK A VAJDASÁGI TÉRSÉGBEN

Vajdaság mezőgazdaságában a fenntarthatóság és a környezeti terhek csökkentésére irányuló trendek jegyében különösen perspektivikusnak mutatkozik a cirok és az ipari kender termesztése. Mindkét növény jól alkalmazkodik a térség változó éghajlati és talajviszonyaihoz, és jelentős előnyöket nyújtanak környezetvédelmi szempontokból is. A cirok rendkívül jól tűri a szárazságot, kevésbé igényli a vízforrásokat, ezáltal hozzájárulhat a vízgazdálkodás javításához, míg az ipari kender mélyre hatoló gyökérzete elősegíti a talaj szerkezetének javítását és a szénmegkötést. Mindkét növény jól illeszkedik a körforgásos gazdálkodási rendszerekbe, és hozzájárul a talajélet fenntartásához, valamint a biodiverzitás növeléséhez.

CIROK

A mezőgazdasági termelésben több ciroktípus is jelentős szerepet kaphat. Például a szemescirok, amelyet főként takarmányként és bioüzemanyag alapanyagaként hasznosítanak; a sudánifű, amely kiválóan alkalmas takarmányozásra, mivel gyorsan növekszik, és jó minőségű zöldtömeget biztosít, valamint a silócirok, amelyet szilázs készítésére termesztenek, és amely nagy mennyiségű biomasszát állít elő. Ezek a ciroktípusok jól alkalmazkodnak a vajdasági tér-

ség szárazabb viszonyaihoz és környezeti igényeihez, ezért perspektivikusak a fenntartható mezőgazdasági rendszerekben (BERENJI–SIKORA 2014).

A CIROK MORFOLÓGIÁJA

A cirok (*Sorghum spp.*) morfológiája több fontos elemből áll. A növény egyenes szárú, amely elérheti a 2–4 méteres magasságot is, és jellemzően vastag, erős szárával ellenálló a szélsőséges időjárási viszonyokkal szemben. A levelek hosszúak és keskenyek, hasonlóak a kukoricához, de általában kisebbek és sötétebbek. A gyökérrendszere mélyre hatoló, amely segíti a növényt a szárazság átvészelésében, és elősegíti a talaj szerkezetének javítását. A virágzat bugavirágzat, amelyben a szemtermések találhatóak. A szemek változó színűek lehetnek: fehér, vörös, barna vagy fekete, attól függően, hogy milyen cirokfajtáról van szó. A növény jól alkalmazkodik a száraz és meleg éghajlathoz, és mély gyökérzetének köszönhetően képes a talaj mélyebb rétegeiből vizet felvenni, ami fontos előnyt jelent a vízhiányos területeken.

Víztakarékoság. A cirok rendkívül szárazságtűrő növény, amely kevesebb vizet igényel a növekedéshez, mint más gabonafélék, mint például a kukorica. Ez részben annak köszönhető, hogy a cirok C₄-es típusú fotoszintézist folytat, ami hatékonyabb vízfelhasználást tesz lehetővé, különösen száraz körülmények között. Emellett a cirok mély gyökérrendszere segíti a növényt abban is, hogy a talaj mélyebb rétegeiből is vizet nyerjen, így szárazságtűrése jelentős. Ezért ideális választás az olyan régiókban, ahol a vízellátás korlátozott, hiszen segít csökkenteni a mezőgazdasági vízfelhasználást.

Talajmegújítás. A cirok gyökérzete mélyre hatol, ami javítja a talaj szerkezetét, és csökkenti az eróziót. Ezenkívül képes a talajban lévő tápanyagokat hatékonyan felvenni, ezáltal hozzájárul a talaj egészségének fenntartásához.

Alacsonyabb növényvédőszer-igény. A cirok általában ellenállóbb a kártevőkkel és betegségekkel szemben, mint más gabonafélék, így kevesebb növényvédő szer alkalmazására van szükség. Ez kedvezően hat a talaj és a víz tisztaságára, valamint csökkenti a mezőgazdaság ökológiai lábnyomát.

Üvegházhatású gázok csökkentése. A cirok termesztése kisebb műtrágyaigénnyel jár, ami csökkenti a mezőgazdasági tevékenységekből származó üvegházhatású gázok kibocsátását. A kisebb műtrágyaigény azt jelenti, hogy kevesebb nitrogénalapú műtrágyát kell alkalmazni, amelynek gyártása és használata során jelentős mennyiségű üvegházhatású gáz, például dinitrogén-

oxid (N_2O) keletkezik. A csökkentett műtrágyahasználat így hozzájárul a légköri kibocsátások mérsékléséhez, és kisebb környezeti terhelést jelent.

Biodiverzitás támogatása. A cirok jól beilleszthető a vetésforgóba, segítve a talaj biológiai sokféleségének fenntartását és az ökoszisztéma egészségének megőrzését.

Élelmiszer és takarmány. A cirok fogyasztható emberi és állati táplálékként is. A humán fogyasztásra szánt cirok gluténmentes, így kiváló alapanyag a gluténérzékenyek számára. Takarmányként pedig egészséges és tápláló lehetőséget nyújt az állatállománynak, csökkentve más, több vizet igénylő növények, például a kukorica felhasználásának igényét.

Bioüzemanyag. A cirok kiváló alapanyag a bioetanol előállítására, mivel keményítőben gazdag. Az etanol cirokból való gyártása csökkentheti a fosszilis



1. illusztráció. Cirokföld a zentai határban²

² Forrás: <https://nsseme.com/aktuelno/saveti-strucnjaka/sirak-moze-i-za-metle-i-za-zrno-a-dobro-podnosi-susu/>. (2025. 06. 21.)

üzemanyagok iránti igényt, ezzel mérsékelve a szén-dioxid-kibocsátást és hozzájárulva a megújuló energiaforrások használatához.

Bioműanyagok és csomagolóanyagok. A cirokból előállítható keményítőalapú anyagok jól felhasználhatóak a műanyag helyettesítésére. Ezek a bioműanyagok biológiailag lebomlanak, így csökkentik a műanyag hulladékot és a környezeti terhelést.

Talajtakaráshoz a cirokszár kiváló talajtakaró anyag lehet. Talajtakarásra használva lassítja a párolgást, megelőzi az eróziót, és javítja a talaj szervesanyag-tartalmát, ami a talaj egészségesebbé tételéhez vezet.

Építőanyagok. A cirok szárából különböző építőanyagokat, például kompozitlapokat vagy szigetelőanyagokat lehet készíteni. Ezek az anyagok fenntarthatóbb alternatívát kínálnak a hagyományos építőanyagokkal szemben, mivel könnyűek, hőszigetelők és alacsony ökológiai lábnyommal rendelkeznek.

Biokozmetikumok és biológiai alapú termékek. A cirok természetes antioxidánsokban gazdag, így felhasználható biokozmetikumokban és bőrápoló termékekben. Ezek a termékek csökkenthetik a mesterséges vegyi anyagok iránti igényt, ami kedvezőbb hatással van a környezetre (PALÁGYI 2020; SIKORA s. a.).

IPARI KENDER

Gyors növekedés és magas hozam. Az ipari kender gyors növekedésű növény, amely mindössze 3–4 hónap alatt teljesen kifejlődik. Az átlagos hozam hektáronként elérheti a 8–12 tonna biomasszát, amelyből 2–3 tonna rost nyerhető ki. Ez lehetővé teszi, hogy évente több termést is betakarítsanak ugyanazon a területen, maximalizálva a föld kihasználását. Kanadában és Európában az ipari kender termésátlagát hektáronként 2,5–3,5 tonna magmennységre és 7–10 tonna rostanyagra becsülik, ami jelentős gazdasági előnyt jelent.

Alacsony vízigény. A kender jelentősen kevesebb vizet igényel más növényekhez (például a gyapothoz) képest. A gyapot átlagosan 7000–10 000 liter vizet igényel egy kilogramm rost előállításához, míg a kender 2500–3500 literrel is beéri. Ez különösen hasznos szárazabb régiókban, mint amilyen Dél-Spanyolország vagy Kelet-Magyarország, és segít csökkenteni a mezőgazdaság vízfogyasztását.

Talajmegújító hatás. A kender gyökérzete mélyre hatol a talajba, ami által javítja a talaj szerkezetét, csökkenti az eróziót, és segíti a talaj regenerálódását. Egy tanulmány szerint a kender gyökérzete képes 1,5–2 méter mélyre is lenyúlni, ami hozzájárul a talaj szerkezetének lényeges javulásához. Emellett képes szennyező anyagok, például nehézfémek (kadmium és ólom) megkötésére és eltávolítására a talajból, ezáltal javítva annak minőségét. Ukrajnában végzett kísérletek kimutatták, hogy a kenderrel történő fitoremediáció során a talajban lévő nehézfémek koncentrációja 50–70%-kal csökkent.

Kisebb növényvédőszer-igény. A kender természetes ellenálló képességgel rendelkezik a legtöbb kártevővel és betegséggel szemben, ezért kevésbé igényli a növényvédő szereket. Ez csökkenti a talaj és a víz szennyezését, valamint a vegyszerek ökológiai lábnyomát. Egyes becslések szerint a kendertermesztéshez 50–70%-kal kevesebb növényvédő szert használnak, mint a gyapottermesztéshez.

Magas szén-dioxid-megkötés. A kender jelentős mennyiségű szén-dioxidot képes elnyelni a levegőből, hozzájárulva az üvegházhatású gázok csökkentéséhez. Kutatások szerint egy hektár kender évente csaknem 15 tonna szén-dioxidot köt meg, ami hasonló mértékű, mint egy ugyanakkora területű fia-



2. illusztráció. Robbanás előtt az ipari kender³

³ Forrás: <https://nsseme.com/aktuelno/saveti-strucnjaka/sirak-moze-i-za-metle-i-za-zrno-a-dobro-podnosi-susu/>. (2025. 06. 21.)

tal erdő szén-dioxid megkötése. Ez különösen előnyös a klímaváltozás elleni küzdelemben.

Sokoldalú felhasználás. A kender teljes egészében felhasználható, így alacsony hulladékképzéssel jár. A rostjai alkalmasak textíliák, papír, kompozitanyagok, építőanyagok és biológiailag lebomló műanyagok előállítására. Franciaországban a kenderrostot építőanyagok (kenderbeton) készítésére használják, ami jó hőszigetelő-képességgel rendelkezik, és csökkenti az épületek energiafelhasználását. Magjaiból és olajából élelmiszerek (többek között kendermagolaj), kozmetikumok és gyógyszerek készíthetők, amelyek gazdagok ómega-3 és ómega-6 zsíradékokban, valamint fehérjében.

Biológiailag lebomló anyagok előállítása. A kenderből készült anyagok (a kenderműanyagok és építőanyagok) biológiailag lebomlanak, így csökkentik a hagyományos műanyagokkal és egyéb szintetikus anyagokkal járó hulladékproblémát. Az Amerikai Egyesült Államokban egyre több autógyártó alkalmazza a kenderműanyagokat belső térelemek előállítására, amelyek nemcsak környezetbarátok, hanem könnyebbek is, így javítják a járművek üzemanyag-hatékonyságát.

Alkalmas vetésforgóban. A kender jól beilleszthető a vetésforgóba, ami segíti a talaj biológiai sokféleségének fenntartását és az egészséges talaj biztosítását. Vetésforgóban természetve segíthet a talajfertőzések megelőzésében és a talaj kimerülésének elkerülésében. Lengyelországban a kender és a lucerna vetésforgója növelte a talaj nitrogéntartalmát, és javította a következő évben vetett gabonafélék hozamát.

A szakmai érvek ellenére, egyelőre a fent említett növényfajok termesztése nem terjed jelentős mértékben, ami nem a termeszthetőségi feltételek, hanem a cirok esetében a felvásárlási gondok, az ipari kender esetében pedig annak összetévesztése a vadkenderrel késlelteti az elterjedést. A Szerbiai Statisztikai Hivatal kimutatásai nem is tartalmazzák sem a cirkot, sem a kendert külön kultúraként; a tájékoztató médiában a cirok vetésterületét 2600 hektárra, a kenderét pedig 1200–1500 hektárra becsülik. Külföldi országok mindkét kultúra tekintetében – különösen az ipari kender termesztésében – jelentősen előttünk járnak. Franciaországban például az ipari kenderre alapozva teljes tartományok energetikai függetlenségét tudják ma már megoldani (CZERÖDINÉ KEMPFT – FINTA – TARNAWA 2020; KAPÁS–LŐRINC–KÁPOSZTA 2022; SIKORA s. a.).

ZÁRÓGONDOLATOK

A mezőgazdaságban tapasztalható technológiai fejlődés, a fenntarthatósági törekvések, valamint a klímaváltozás által kiváltott alkalmazkodási kénysze-
rek mind abba az irányba mutatnak, hogy olyan növényfajok termesztésére
van szükség, amelyek egyszerre gazdaságosak, környezetkímélők és klímátü-
rők. A cirok és az ipari kender pontosan ilyen kultúrák. Elterjesztésük nem
csupán agronómiai, hanem társadalmi és szemléletformáló kérdés is, amely
megkívánja a tudatos szakpolitikai támogatást, a termelők edukációját és a
piacok fejlesztését. E növények alkalmazása révén egy lépéssel közelebb kerül-
hetünk ahhoz, hogy a mezőgazdaság egyszerre legyen termelékeny, fenntart-
ható és ellenálló a jövő kihívásaival szemben.

IRODALOMJEGYZÉK

- BERENJI, Janoš – SIKORA, Vladimír 2014. *Sirak tolerantan prema suši*. Institut
za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. [https://agroservis.rs/sirak-tolerantan-
prema-susi/](https://agroservis.rs/sirak-tolerantan-prema-susi/). (2025. 05. 16.)
- CZERŐDINÉ KEMPFT Laura – FINTA Zsuzsanna – TARNAWA Ákos 2020.
A kender – és jövője az Alföldön. In: SOMOGYI Norbert (szerk.): *Fenn-
tarthatóság és versenyképesség a klímaváltozás árnyékában. Távoli vidékek jó
mezőgazdasági gyakorlatainak adaptálása a Dél-Alföldön. Változások kora 3.
– Održivost i konkurentnost u senci klimatskih promena. Prilagođavanje dobrih
poljoprivrednih praksi dalekih krajeva na području Južne Nizije. Doba promena
3*. Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Gödöllő, 140–163.
- DAJKA Máté Ferenc – OLÁH Izabella 2023. *A mezőgazdaság 4.0 jelenségének
vizsgálata és lehetséges trendjei*. In: *Studia Mundi – Economica*, 3., 33–45.
<https://journal.uni-mate.hu/index.php/stm/article/view/3980>.
(2025. 05. 17.)
DOI: 10.18531/sme.vol.10.no.3.pp.33-45
- DAS 2019 = Digitális Jólét Program. DAS – Magyarország Digitális Agrár Straté-
giája. 2019–2022.
[https://digitalisjoletprogram.hu/hu/tartalom/das-magyarország-digitalis-
agrar-strategiaja.html](https://digitalisjoletprogram.hu/hu/tartalom/das-magyarország-digitalis-agrar-strategiaja.html) (2025. 05. 19.)
- KAPÁS György Ádám – LŐRINC Balázs – KÁPOSZTA József 2022. *A vidéki
tér fenntartható fejlesztési lehetőségének vizsgálata, különös tekintettel az
ipari kender hasznosítására*. In: *Studia Mundi – Economica*, 1., 35–44.
<https://journal.uni-mate.hu/index.php/stm/article/view/2931>.
(2025. 05. 18.)
DOI: 10.18531/Studia.Mundi.2022.09.01.35-44

- PALÁGYI Andrea 2020. A cirok jövője a klímaváltozásban. In: SOMOGYI Norbert (szerk.): *Fenntarthatóság és versenyképesség a klímaváltozás árnyékában. Távoli vidékek jó mezőgazdasági gyakorlatainak adaptálása a Dél-Alföldön. Változások kora 3. – Odrzivost i konkurentnost u senci klimatskih promena. Prilagodavanje dobrih poljoprivrednih praksi dalekih krajeva na području Južne Nizije. Doba promena 3.* Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Gödöllő, 80–95.
- SIKORA, Vladimir s. a. Sirak – može i za metle i za zrno, a dobro podnosi sušu. In: *Institut za ratarstvo i povrtarstvo.*
<https://nsseme.com/aktuelno/saveti-strucnjaka/sirak-moze-i-za-metle-i-za-zrno-a-dobro-podnosi-susu/>. (2025. 05. 18.)
- SIKORA, Vladimir [2016]. *Praktični aspekti proizvodnje industrijske konoplje.* Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.
<https://www.ifvcns.rs/wp-content/uploads/2016/03/5-Prakticni-aspekti-proizvodnje-industrijske-konoplje.pdf>. (2025. 05. 17.)
- SZILASI Péter – LADÁNYI Zsuzsanna – BLANKA-VÉGI Viktória – SIPOS György 2020. A klímaváltozás kihívásai és megoldási lehetőségei a Dél-Alföldön és a Vajdaság mezőgazdasági területein egy kérdőíves felmérés tükrében. In: SOMOGYI Norbert (szerk.): *Fenntarthatóság és versenyképesség a klímaváltozás árnyékában. Távoli vidékek jó mezőgazdasági gyakorlatainak adaptálása a Dél-Alföldön. Változások kora 3. – Odrzivost i konkurentnost u senci klimatskih promena. Prilagodavanje dobrih poljoprivrednih praksi dalekih krajeva na području Južne Nizije. Doba promena 3.* Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Gödöllő, 118–139.

ABSTRACT • This study explores the challenges and opportunities of sustainable agriculture through the lens of precision technologies and environmentally friendly crop cultivation. It outlines the processes of agricultural industrialization and digitalization, with a particular focus on responses to climate change. Special attention is given to two promising crop species – sorghum and industrial hemp – whose cultivation in the Vojvodina region could simultaneously support ecological balance, water conservation, and carbon-neutral farming. The study emphasizes the importance of educating farmers to ensure that agriculture becomes more productive, sustainable, and climate-resilient.

KEY WORDS • **precision agriculture, sustainability, climate change, sorghum, industrial hemp, water management, soil regeneration, biodiversity, circular farming, agricultural digitalization**

SAŽETAK • Studija razmatra izazove i mogućnosti održive poljoprivrede kroz prizmu preciznih tehnologija i ekološki prihvatljivih biljnih kultura. Prikazuje procese industrijalizacije i digitalizacije poljoprivrede, sa posebnim osvrtom na odgovore na klimatske promene. Posebna pažnja posvećena je dvema perspektivnim biljnim vrstama – sirku i industrijskoj konoplji – čije bi se gajenje u Vojvodini moglo istovremeno usmeriti ka očuvanju ekološke ravnoteže, uštedi vode i postizanju karbonski neutralne proizvodnje. Studija naglašava potrebu za edukacijom proizvođača kako bi poljoprivreda postala produktivna, održiva i otporna na klimatske izazove.

KLJUČNE REČI • **precizna poljoprivreda, održivost, klimatske promene, sirak, industrijska konoplja, upravljanje vodama, obnova zemljišta, biodiverzitet, cirkularna poljoprivreda, digitalizacija agrara**

Beérkezés időpontja: 2025. június 17.

Elfogadás időpontja: 2025. június 28.

