

A kínai nád (*Miscanthus sinensis*) magyarországi termesztésének megalapozása

PÓSA BARNABÁS-PERCZE ATTILA

Szent István Egyetem MKK Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

Magyarország kedvező természeti adottságából adódóan nagy mennyiségű biomasszát tud előállítani, amelynek energetikai célú felhasználásában potenciális lehetőségek vannak. Az energianád szaporítására egyaránt megfelel a palánta és a rizóma, de a felsőpetényi termőhelyen az utóbbi használata bizonyult megfelelőbbnek. Az energianád telepítése elsősorban olyan területekre pozícionálható, ahol nem jelent konkurenciát az élelmiszernövényeknek. Az eredményes termesztés feltétele az átgondolt talajművelés, megfelelő szaporítóanyag kiválasztása, a jól időzített telepítés, és a 90% (9000 tő/ha) fölötti beállottság elérése a 2-3. tenyészévre.

Vizsgálataink során a *Miscanthus sinensis* eredményes termesztésének feltételeit kívántuk meghatározni. Ezért elvégeztük az eltérő talajművelés módok összehasonlító vizsgálatát, megállapítottuk a telepítés optimális mélységét és időpontját, valamint az állomány tőszámának alakulását (beállottságot) a tenyészidőszak folyamán. Mindemellett sor került a rizóma biológiai aktivitásának vizsgálatára, amelyből megállapítható az aktív és nyugalmi időszakok váltakozása és hossza, és így a telepítés, a tápanyagellátás és a rekultiváció optimális ideje.

Kulcsszavak: kínai nád, bioenergia, biomassza energia

Establishing the Hungarian production of Chinese silver grass (*Miscanthus sinensis*)

B. PÓSA-A- PERCZE

Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,
Institute of Crop Production, Gödöllő

Summary

Due to Hungary's favourable natural endowments, large amounts of biomass can be produced and there are potential opportunities in its use for energy production purposes. Seedlings and rhizomes can both be used for the multiplication of Chinese silver grass, although the latter was shown to be better in the Felsőpetény production site. The production of Chinese silver grass can be positioned mainly in areas where it does not pose any competition for food plants. The requirement of successful production is rational cultivation, the selection of a proper propagation material, well timed establishment of the plantation and coverage above 90% (9000 plants per hectare) by the 2nd-3rd year.

During our examinations, we wanted to determine the requirements of the successful production of Chinese silver grass. Therefore, we performed the comparative examination of different cultivation methods, determined the optimal depth and date of establishing the plantation, as well as the plant number (coverage) of the plantation during the growing season. In addition, the biological activity of the rhizome was also examined which made it possible to determine the change and length of active and resting periods, as well as the optimal time for establishing the plantation, to carry out nutritive replenishment and recultivation.

Key words: Chinese silver grass, bioenergy, biomass energy

Обоснование выращивания в Венгрии китайского тростника (*Miscanthus sinensis*)

Б. ПОША–А. ПЕРЦЕ

Институт Растениеводства Университета им. Св. Иштвана, Гёдёллэ

Резюме

Венгрия, исходя из благоприятных природных данных, может производить большое количество биомассы, применение которой в энергетических целях имеет потенциальные возможности. Для разведения энергетического тростника в равной мере подходят и рассада и ризома, но на фелшёпетеньи (felsőretényi) месте выращивания использование последних оказалось более подходящим. Рассаживание энергетического тростника, в первую очередь, можно делать на таких территориях, где это не означает конкуренцию продовольственным растениям. Условием успешного выращивания является продуманная обработка почвы, выбор подходящего материала для размножения, правильно выбранное время посадки, и достижение более 90% сформированности насаждения (9000 стеблей/га) на 2–3 год выращивания.

В ходе наших исследований мы хотели определить условия успешного выращивания *Miscanthus sinensis*. Поэтому провели сравнительное исследование различных почво-обрабатывающих методов, установили оптимальную глубину и срок посадки, и также формирование числа стеблей насаждения (сформированность насаждения) в процессе вегетационного периода. При этом также исследовали биологическую активность ризомы, на основании чего можно установить смену активного и спокойного периода и их продолжительность, и также оптимальное время посадки, внесения питательного вещества и рекультивации.

Ключевые слова: китайский тростник, биоэнергия, энергия биомассы

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az 1950-es évek végétől kezdve a mezőgazdaságban és az iparban tömegesen jelentek meg a modern gépek, melynek következtében a termelés felgyorsult. Ettől az időszaktól kezdve az emberiség nyersanyagigénye folyamatosan nő

(Láng 2003). A nagyobb termelés mind több és több energiát igényel, tehát az energiafogyasztásban is hasonlóak a tendenciák, mint a nyersanyagfogyasztásban. A felgyorsult ipari és mezőgazdasági termelés következtében a környezet valamennyi elemét érintő környezetrombolás jelei jelentkeztek. Ezzel párhuzamosan a világ népessége folyamatosan növekedett.

Az energia a mindennapi élet alapszüksége. A napjainkban használt energiaforrások többsége nem megújuló (földgáz, kőolaj, szén). Ezek a természeti erőforrások azonban vészesen fogynak. Az utóbbi évtizedben több olyan kutatás is folyt, vagy folyik, mely arra próbál fényt deríteni, hogy ezeket az energia-hordozókat milyen anyagokkal (energiahordozókkal) lehetne helyettesíteni a fenntartható energiagazdálkodás jegyében.

Az utóbbi években jelentős erőfeszítések voltak a mezőgazdasági fő- és melléktermékekből nyerhető energia kiaknázására (bioetanol, szalma). A szalma hőerőművekben történő elégetése szakmai hibának minősülhet, mivel a területen mulcsként hagyott szalma csökkenti a talajok klímaérzékenységét (Birkás 2006). A Föld országai az üvegházhatást okozó gázok csökkentését már az 1972-es Római Konferencián felismerték, és 1997-ben Kiotóban számszerűsítették. Az EU célkitűzése, hogy a megújuló energiaforrások arányát napjainkra 12%-ra növelje az eddigi 4%-ról, ezen belül Magyarországnak 3,6%-ra kell emelni a jelenlegi 0,6%-ról (Mikó 2007).

A biomassa egy adott élettér teljes élő, és élettelen szerves anyagainak mennyisége. A földi élet fennmaradásához elengedhetetlen a nap energiája, melyet a növény a fotoszintézis útján tud átalakítani nagy energiájú vegyületekké. A biomassa közvetlen elégetése során a kémiai energia oxidáció útján hőenergiává alakul, amely segítségével elektromos áram is előállítható (Bai 2002). A szilárd növényi tüzelőanyagok CO₂-mérlege egyensúlyban van, mivel az elégetésük során csak annyi CO₂ kerül a légterbe, mint amennyi a növény fejlődése alatt a fotoszintézis segítségével a szöveteibe tudott építeni (Fogarassy 2001).

Hazánk kedvező természeti adottságából adódóan, nagy mennyiségű biomasszát tud előállítani, amelynek energetikai célú felhasználásában nagy lehetőségek vannak. A biomassa felhasználása már a múltban sem volt ismeretlen, közsímet, hogy a paraszti gazdaságokban a történelem folyamán nagy értéket jelentettek (Bai 2002).

A lágyszárú növények fotoszintézisük szempontjából C₃-asok és C₄-esek lehetnek. A legfontosabb különbség a két csoport között az, hogy a C₄-es növé-

nyek 25%-kal több CO₂ molekulát kötnek meg, a fényintenzitás növekedése korlátlanul növeli a fotoszintézisének sebességét. Megállapítható, hogy a lágyszárú növények közül a C₄-es növények alkalmasabbak a tüzeléssel történő energia előállítására, mivel magasabb potenciális biomassza hozammal rendelkeznek (Fodorpataki és Szigyártó 2009).

Az energianövények csoportosítása:

I. Fás szárú növények

1. Rövid rotációs ciklusú fajok (energiaültetvény)
2. Hosszú rotációs ciklusú fajok (hagyományos erdészeti gazdálkodás)

II. Lágyszárú növények

1. Egynyári növények (klasszikus mezőgazdasági növények)
2. Évelő növények (évelő fűfélék: vesszős köles, kínai nád, zöld pántlikafű)

Az évelő lágyszárú fűfélék energiaipari felhasználását a 1980-as évek közepétől vizsgálják Európában és az USA-ban. Amerikában a fűfélék közül egy őshonost, az évelő vesszős kölest találták alkalmasnak, míg Európában a kínai nádfajokat (*Miscanthus spp.*). A kínai nád hozama a vízmennyiségtől, a vesszős kölesé pedig a nitrogén mennyiségétől függ leginkább (Lewandowski és Heinz 2003). A két növény összehasonlítása során kimutatták, hogy a gazdaságos termesztetősége leginkább a *Miscanthus sinensis*-nek lesz, így az európai kutatások középpontjában már csak ez a növény került (Heaton *et al.* 2004).

A jövőben a *Miscanthus sinensis*-t főként energianyeres céljából kívánják termesztetni, ezért a legfontosabb felhasználási területe a száraz növényi részek elégetése (Clifton-Brown *et al.* 2004). A 800–1100 °C-on végbemenő égés során felszabaduló hőenergiával előállított vízgőz hajtotta turbinák segítségével elektromos áram állítható elő. A *Miscanthus sinensis* szárazanyag energiataralma 18 MJ/kg, melyből kiszámolható, hogy az 1 ha-ról lekerülő (20 t) biomassza fűtőértéke 12 tonna fekete kőszénnel, vagy 8000 l olajjal egyenértékű (Fogarassy 2001). 1 tonna szárazanyagból 1,67 MWh villamos energiát lehet előállítani (Fogarassy 2001).

A nagy tömegű termesztés alapja egy hazánkban sikeres, különböző termőhelyekre adaptálható termesztéstechnológia kidolgozása (Percze *et al.* 2009, Pósa *et al.* 2009).

A *Miscanthus sinensis* termelési költségét nagyon nehéz meghatározni, mivel évelő növény, csak a 3–4 évben hozza a várt biomassza hozamot, a teljes termesztési idejét nézve az évenkénti átlagos költség/hozam arány alacsony (Fogarassy 2001). A költségek legnagyobb részét az állandó költségek teszik ki

(földhasználat, géphasználat, munkadíjak). A változó költségek közül az első évben a talaj-előkészítés, a telepítés, a szaporítóanyag és a gyomirtás a legjelentősebb, míg a többi év során a betakarítási és szállítási költségek a meghatározóbbak (Fogarassy 2001).

A *Miscanthus* fajok Délkelet-Ázsia területén őshonosak. Egészen 3000 méteres tengerszint feletti magasságig megtalálhatóak. A biomassza termesztésére alkalmasnak ígérkező fajták többsége a *Miscanthus sinensis*-től származik. A Pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába tartozó évelő nemzetség mintegy 25 fajt, ezen belül több alfajt és nemesített fajtát foglal magában. Ezek közül sok a kertekben is megtalálható dísznövény. A nemzetség fajai között igen gyakoriak az átteresztődések, ezért az egyes fajok, alfajok eredetének feltárása nem könnyű feladat. Őshazájában meleg trópusi, és szubtrópusi éghajlaton él, azonban a mérsékelt övi klímához adaptálódva, főleg a szelektált fajták víz-és hőmérséklet-igénye alacsonyabbá vált (Jones 2004). A hosszú évek kutató munkája során több európai országban is telepítésre került, így az évek alatt szelektálódott a növényfaj olyan csoportja, ami a mérsékelt öv éghajlatát is tolerálja. Ennek köszönhetően hazánkban is termesztethető. A *Miscanthus sinensis* C₄-es fotoszintézissel rendelkező növény, azért 25%-kal jobban tudja átalakítani a fényt biomasszává, mint a C₃-asok. Hátránya, hogy sokkal érzékenyebbek az alacsony hőmérsékletre, ezért Európa északi területein kevesebb biomasszát produkál. Csapadéki igénye 600–700 mm, szinte minden művelt talajon termesztethető, telepítését 8–10 °C-os talajhőmérséklet mellett célszerű elkezdni. (Fogarassy 2001). Tenyészideje 140–160 nap. Az energianövények környezetbarát megítélését nagyban cáfolná, ha csak nagy mennyiségű műtrágyával lehetne biztonságosan termesztetni. Mivel a *Miscanthus sinensis* egy évelő rizómás fűfélé, a betakarítás időpontjában a nitrogén döntő része a rizómában halmozódik fel, így hatékony belső nitrogén-újrahasznosítás valósul meg, így évente csak kis mennyiségű nitrogén kijuttatással kell számolni (Beale és Long 1997). A szaporítása rizóma segítségével, valamint palántázással történhet. A növény szemtermése steril, vagyis generatív úton nem szaporodik.

A kínai nád ültetvényeket 20 évre tervezik. A várható hozama a harmadik évtől 10–20 t/ha szárazanyag (Bai 2002).

A kínai náddal (*Miscanthus sinensis*) kapcsolatos kutatások jelentősége:

- A *Miscanthus spp.* termesztés hazai rendszerének kialakítása.
- A nádból származó biomassza felhasználása energetikai célokra.
- Az energiaimport csökkentése.

- A CO₂ kibocsátás csökkentése, a légköri CO₂ nagyobb arányú megkö-tése a fotoszintézis segítségével.
- A klíma- és környezetvédelmi intézkedések elősegítése.
- Kedvezőtlen adottságú területek gazdaságos hasznosítása.

Anyag és módszer

A kis és nagyparcellás kísérletek Felsőpetényben, Nógrád megyében kerültek beállításra 2008 és 2009 között. A talaj közepes vízgazdálkodású, agyagbemo-sódásos barna erdőtalaj. K_A : 43, humusztartalma 1,5–1,9% közötti.

A talajművelési módok összehasonlítása során a talaj állapotvizsgálatát a talaj nedvességtartalom és talajellenállás mérésével végeztük. A talajellenállás vizsgálat kézi, mechanikus, rugós penetrométerrel történt, melynek segítsé-gével a talaj ismert mélységben mért penetrációs ellenállását (tömörödöttsé-gét) lehet mérni. A vizsgálat 0 és 50 cm mélység között 10 cm-es léptékkel történt, az ellenállás mértékét MPa-ban fejeztük ki. A módszer kifejezetten al-kalmas a talaj lazultság-tömörödöttség tenyészidőben történő változásának ki-mutatására.

A talajnedvesség vizsgálat PT-1 típusú, elektromos vezetőképesség elvén működő, kézi mérőeszközzel történt 0 és 50 cm mélység között, 10 cm-es lép-tékkel. A talajnedvességet tömeg%-ban, egy tized pontossággal fejeztük ki. A módszer kifejezetten alkalmas a talajnedvesség tartalom tenyészidőben törté-nő változásának kimutatására.

Az optimális telepítési mélységet kisparcellás (20 m²/parcella) kísérletben határoztuk meg. A telepítést két mélységben (10 és 15 cm) eltérő időpontok-ban (2008. 05. 17. és 2008. 06. 24.) végeztük el három ismétlésben. A korábbi időpont átlagos években még megfelelőnek tekinthető, a júniusi időpont azon-ban késői, a kísérletben provokációs céllal került beállításra. A tenyészidőszakban figyeltük a kihajtást és a parcellánkénti tőszámot. Az adatok varianciaanalízissel kerültek kiértékelésre, Microsoft Excel 2003 program segítségével.

Nagy parcellákon (1–1,5 ha) az eltérő paraméterekkel rendelkező szapo-rítóanyagok (rizómák) tesztelését végeztük az állomány tőszámának folyama-tos monitoringjával, megállapítva a beállottság mértékét. A telepített tőszám minden esetben 10 000 db/ha (1 m × 1 m), az ültetési mélység 10–12 cm volt. A telepítés 2009. 05. 12-én történt. A kísérletben négy eltérő szaporítóanyagot vizsgáltunk 1–1,5 ha-os parcellákon:

- A. Ausztriából származó szaporítóanyag. A rizóma osztályozott, átlagosan 8–12 cm hosszú, minimum 5 életképes rüggyel rendelkezik. Felszedés után 1 hónapon belül eltelepítettük.
- B. Ausztriából származó szaporítóanyag. A rizóma átlagosan 5–8 cm hosszúságú, 3–5 életképes rüggyel rendelkezik. Felszedés után 1 hónapon belül eltelepítettük.
- C. Angliából származó szaporítóanyag. osztályozatlan, többségében 5–12 cm hosszúságú a rizóma, mely 2–6 vitális rüggyel rendelkezik. Felszedés után magas páratartalom (60–80%) és alacsony hőmérséklet (5 °C) mellett 4 hónapon át hűtőházban tároltuk, majd ezt követte a telepítés.
- D. Németországból származó szaporítóanyag. Felszedés időpontja ismeretlen, a szállítást követő héten a rizóma telepítésre került. Paramétereiben megegyezik az angol szaporítóanyagnál leírtakkal.

Az állományban évente 3–5 alkalommal 5 ismétlésben 20 folyóméteren számoltuk meg a *Miscanthus sinensis* töveket. A statisztikai vizsgálatot évente az utolsó tőszámvizsgálat időpontjában (augusztus) kapott adatokkal végeztük el.

A szaporítóanyagok közötti eltéréseket varianciaanalízissel értékeltük, Microsoft Excel 2003 program segítségével.

A rügyaktivitási, regenerálódás-dinamikai vizsgálatokat Keszthelyen, a Pannon Egyetem, Növényvédelmi Intézetében – a Herbológiai és Növényvédőszer Kémiai Tanszék segítségével – 2008. 03. 25. és 2008. 12. 12. között, végeztük el. Egy-egy vizsgálati ciklus 22 napig tartott, amely során a rügyek aktivitásának és a hajtások hosszúságának megállapítására került sor. A rügyaktivitási vizsgálatok kontrollált körülmények között zajlottak (termosztátban, 20 ± 1 °C-on tárolt rizómákon).

Eredmények

A termőhely kiválasztása

A *Miscanthus sinensis* nem különösebben igényes a talajra, irodalmi adatok szerint szinte minden talajon, tapasztalataink szerint már a 10–15 aranykoronás talajokon is sikeresen termesztethető. Terméshozamát nem elsősorban a talaj típusa, hanem a terület csapadékellátottsága határozza meg.

A csapadékellátottság szempontjából igényei a kukoricához hasonlítanak, vagyis jelentősen csökkentjük a termesztés kockázatát, ha olyan termőhelyet választunk, ahol az éves csapadék eléri vagy meghaladja az 600 mm-t. A vizsgálati

évek csapadékellátottságát az 1. táblázat mutatja. A *Miscanthus sinensis* a talaj magas nedvességtartalmát, esetleges időszakos vízállást jól tolerálja. Vagyis a mélyebb fekvésű agyagosabb, nedvesebb talajokon is termesztethető, ahol más növény termesztése kedvezőtlen, vagy kockázatos.

A kínai nád (*Miscanthus sinensis*) C₄-es növény, vagyis megfelelő csapadék-ellátottság mellett a magasabb hőmérsékletet nagyobb biomassa produkcióval hálálja meg. A szakirodalom szerint a termesztés egyik kockázata a rizómák áttelelése, fagyérzékenysége. A felsőpetényi termőhely az ország leghidegebb régiói közé tartozik, ahol a téli hőmérséklet tartósabban is elérheti a -10–20 °C-ot, de a vizsgálatok ideje alatt nem tapasztaltunk fagyásból származó tőpusztulást. A fagy nem elsősorban a talajban elhelyezkedő szaporítószervet (rizómát) károsítja. A késő tavaszi fagyok a hajtásokat pusztíthatják el, de a fagyok elmúltával a növény az alvó rügyekről újra hajt. A szaporítóanyagot érdemes a mérsékelt éghajlathoz alkalmazkodott állományból beszerezni.

1. táblázat. *Csapadékadatok (Felsőpetény)*

Hónapok (1)	2008	2009
Január	23	48
Február	10	67
Március	60	53
Április	29	17
Május	29	40
Június	99	92
Július	124	39
Augusztus	15	45
Szeptember	67	29
Október	32	49
November	39	77
December	81	73
Összesen (2)	608	629

Table 1. Rainfall data (Felsőpetény). (1) Months, (2) Total.

Talaj-előkészítés

A 2. táblázatban szereplő adatokból láthatjuk, hogy a talaj a felső 30 cm-es rétegig megfelelően lazult, csak az elmunkálatlan szántás esetében éri el 3–3,5 MPa-os kritikus értéket, valószínűsíthetően a szántott, de el nem munkált parcella kisebb nedvességtartalma miatt. Az altalaj tömör, csak a lazításos művelésnél sikerült a tömörödést mérsékelni, de még ez is a kritikus érték körül alakul.

2. táblázat. Talajellenállás vizsgálat eredményei (MPa)
(Felsőpetény 2008–2009)

Mélység (1)	2008. 11. 12.			2009. 05. 11.		
	Szántott + elmunkált (2)	Szántott (3)	Lazított (4)	Szántott + elmunkált (2)	Szántott (3)	Lazított (4)
0–10 cm	0,44	0,44	1,07	0,90	1,00	1,15
10–20 cm	2,41	0,44	2,41	1,29	1,43	1,97
20–30 cm	2,15	0,44	3,22	1,94	1,99	2,47
30–40 cm	3,58	1,34	1,79	3,03	3,09	3,60
40–50 cm	5,10	2,68	2,68	3,40	3,65	3,21

Table 2. Results of the soil resistance test (MPa) (Felsőpetény 2008–2009). (1) Depth, (2) Ploughed+finished, (3) Ploughed, (4) Loosened.

A 3. táblázat az őszi alpművelés utáni és a telepítéskori talajnedvességet mutatja. Összehasonlítva a két időpont adatait megállapítható, hogy a téli csapadék hatására jelentősen növekedett a talaj nedvességtartalma, amit majd a *Miscanthus sinensis* az esetleges szárazabb időszakban jól tud hasznosítani. A 10–15 cm-es telepítési mélységben tavaszra a csak szántott területen 10% körüli volt a talaj nedvességtartalma. Ez jelentős kockázatot jelent, mivel ez a nedvességtartalom alacsony a biztonságos keléshez. Lazítás és az elmunkált őszi szántás esetén azonban 10%-kal több víz tározódott ebben a talajrétegben, mint az elmunkálatlan szántásnál. Az altalaj nedvességtartalma kielégítő. Ebben nagyon fontos szerepet játszott az őszi műveletek megfelelő elvégzése a talajkímélés és az energiatakarékosság jegyében.

Érdekes, hogy a szántott, de nem elmunkált talajon néhány nap alatt is jelentős mennyiségű víz párolgott el, főleg a talaj felső 0–20 cm-es rétegéből, ez pedig kedvezőtlenül befolyásolhatja a kihajtást a telepítést követően.

3. táblázat. *Talajnedvesség vizsgálat eredményei (tömeg%)*
(Felsőpetény 2008–2009)

Mélység (1)	2008. 11. 12.			2009. 05. 11.		
	Szántott + elmunkált (2)	Szántott (3)	Lazított (4)	Szántott + elmunkált (2)	Szántott (3)	Lazított (4)
2 cm	3,1	2,6	5,1	8,4	8,8	7,5
10 cm	13,3	8,4	14,8	20,7	10,0	21,2
20 cm	27,5	28,2	26,5	21,9	14,7	22,9
30 cm	30,0	28,8	29,6	26,8	20,2	27,8
40 cm	29,5	29,7	30,0	27,1	23,5	28,6
50 cm	29,4	28,6	29,6	27,5	24,9	28,3

Table 3. Results of the soil moisture test (weight%) (Felsőpetény 2008–2009). (1) Depth, (2) Ploughed+ finished, (3) Ploughed, (4) Loosened.

Az energianád ültetvény tervezett életkora általában 15–20 év között alakul, vagyis a telepítést megelőző talaj-előkészítést érdemes gondosan elvégezni (mélyművelés szükséges). A növény a talaj típusára nem különösebben igényes, de az adott termőhelyen a lehető legjobb minőségű alpművelést kell elvégezni, hiszen a cél a gyökérszóna kedvező, a növény fejlődését is támogató állapotának létrehozása, amelyben a rizómák és a gyökerek is megfelelően fejlődhetnek.

A 2. és 3. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a terület mentes-e a tömörödött rétegektől és alkalmas-e a talaj nedvességtartalmától függően a jó minőségű alpművelés elvégzésére. Amennyiben a talajban tárcsa- vagy eketalp található az alpművelést célszerű a tömörödött rétegeket megszüntető művelési módot (lazítás) választani. Szántás esetében, a nedvesség veszteség csökkentése érdekében a szántással egy menetben használt szántáselmunkálók használata javasolt (3. táblázat). A kínai nád rizómák a kihajtásukhoz megfelelő talajnedvességet igényelnek (nyirkos, vagy inkább nedves talajállapot) és magasabb növény produkció is csak jó vízellátás mellett érhető el, ezért fontos döntés az alpművelés és a talaj-előkészítés rendszerének megválasztása. Az alpművelést őszi javasoljuk elvégezni. Tapasztalataink alapján a növény rizóma tömege a talaj felső 0–30 cm-es rétegében helyezkedik el, és a módosult szár növekedése csak kellőképpen átlazított talajban növekedhet megfelelően (mélyművelés).

A leírt instrukciók alapján, vélhetően jó minőségben elvégzett alapművelés után fő feladatunk az elmunkálás, úgy hogy a kialakult kedvező talajállapotot megőrizzük, vagy tovább javítsuk. Különösen oda kell figyelni, hogy az elmunkálást csakis a művelő eszköznek megfelelő optimális nedvességtartományban végezzük. A száraz talajok művelésével porosodást, míg a nedves talajon végzett műveléssel a talajok kenését, tömörödését okozhatjuk. A szántást minden esetben munkáljuk el, mivel a telepítési mélységben hamar kiszárad a talaj (3. táblázat). Erre kiváló eszközök a kombinált rövidtárcsák. A lazítóval végzett alapművelés esetén nehezebb tárcsák alkalmazása elfogadott amennyiben a tárcsázás időpontját jól választjuk meg (nyirkos talaj). Elmunkálásra használhatjuk az ásóboronákat, forgóboronákat és a talajmarókat is.

A szaporítóanyag kiválasztása

A *Miscanthus sinensis* termesztés szaporítóanyaga lehet palánta, vagy a növény módosult szára az ún. rizóma. Az eddig megjelent szakirodalmak alapján mindkét szaporítási formának vannak előnyei és hátrányai, nehéz egyértelműen eldönteni, melyiket preferáljuk. A BLOWATT kutatási projekten belül vizsgáltuk a rizómáról, és palántáról történő szaporítást, de egyik mód sem egyértelműen jobb a másiknál, ezért inkább a szaporítóanyagok előnyeit és hátrányait vetettük össze.

A palántáról történő szaporítás előnye, hogy a palánta az ültetéskor már gyökérezettel rendelkezik, amely segít a növény vízfelvételében. A 2008-as év kutatásaiban beállított telepítési próbákban, a későbbi időpontban (június) telepített palánták beállottsága is meghaladta a 90%-ot, bár megjegyzendő, hogy a beszerzett palánták igen jól fejlettek voltak (30 cm <). Ez a méret nehezíti a szorítóujjas palántázó géppel történő telepítést. 2009-ben a palánták optimális méretűek voltak a gépi telepítésre, azonban az aszályos tavaszt nem tolerálták, így igen magas, 80% fölötti volt a tőpusztulás, még a rizómák kialakulása előtt.

A rizóma nagy mennyiségű tápanyagot tartalmaz, ezért optimális körülmények között (megfelelő talajnedvesség tartalom és talajhőmérséklet) a kihajtás igen erőteljes, a növény gyorsan fejlődik. A telepítés jól gépesíthető. A rizómák telepítési időpontjának megválasztása igen fontos, mert a gyökér nélküli szaporítóanyagoknak a talajban viszonylag magas nedvességtartalomra van szüksége a kihajtáshoz. A 2008-as telepítés során 43%-os talajnedvesség tartalmat is mértünk a 0–10 cm-es rétegben, ami elősegítette a tömeges kihaj-

tást. Ugyanakkor 2009-ben a május 12-i telepítés során 10–21,2%-os talajnedvesség tartalom nem volt elégséges a rizómák megfelelő keléséhez. Száraz tavaszokon, vagy késői telepítések során számolnunk kell az elhúzódó keléssel és a rizómák nagyarányú inaktivitásával. Vizsgálataink és tapasztalataink alapján elmondható, hogy a telepítés évében a rizómák minőségétől függően az állomány kihajtása 50–80% között változik, de az állományvizsgálatok szerint a 2. évben további 3–32%-os kihajtást tapasztaltunk, amellyel a beállottság a 90%-ot is meghaladhatja. Bár ahogy korábban említettük, nem lehet egyértelműen az egyik szaporítóanyag használatát sem preferálni, úgy véljük, hogy az alacsonyabb telepítési költségnek és a jobb kezelhetőségnek köszönhetően jelenleg a rizómáról történő szaporítás a kedvezőbb.

Rügyaktivitás vizsgálata

A rügyaktivitási vizsgálataink során megállapítottuk, hogy március végén, április elején a rizómák csücsrügyeinek növekedése dinamikusabb, egyidejűleg az axilláris rügyek gátlása, sokkal nagyobb mértékben érvényesült. A rizómákon lévő oldalsó (axilláris) rügyek kisebb regenerálódó képességűek: március elején, április végén és június közepén. Szeptembertől elkezdődik a tápanyagok rizómába történő visszaáramlása, vagyis a zöld növényi részek növekedése leáll, a rizóma nyugalmi állapotba kerül, a következő év márciusáig (1. ábra).

1. ábra. A *Miscanthus sinensis* axilláris rügyeik aktivitása (2008)

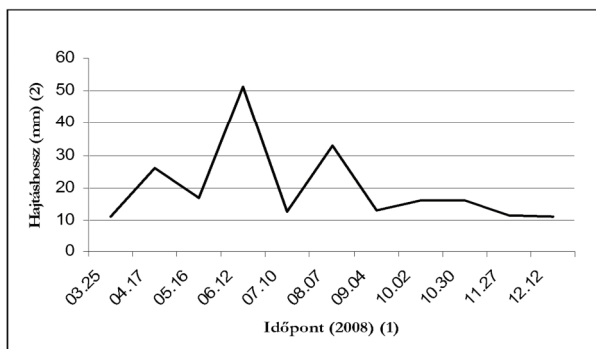


Figure 1. Activity of the axillary buds of *Miscanthus sinensis* (2008). (1) Time (2008), (2) Shoot length (mm).

Az április végén, június közepén tapasztalt kisebb mértékű hajtásfejlés feltehetően a növény anyagcseréjében bekövetkező változásokkal hozható összefüggésbe, amelyek a növény életciklusát jellemző fejlődésmenetből eredeztethetők. Az április végén tapasztalt rizóma-aktivitás csökkenés az úgynevezett késő tavaszi nyugalmi állapot időszaka. A június közepén begyűjtött minták esetében a rügyaktivitás-csökkenés feltehetően a virágzatfejlesztéssel kapcsolatos.

A telepítés optimális mélységének meghatározása

A 2008-ban még nem túl gazdag és megbízható irodalmi adatok szerint a *Miscanthus sinensis* telepítési mélységét 10 és 15 cm-ben állapították meg. Ezért elvégeztük ezen telepítési mélységek összehasonlító vizsgálatát kisparcellás kísérletekben (4. táblázat). A mért paraméter a kihajtott tövek száma volt.

4. táblázat. A kisparcellás ültetési kísérlet tőszámvizsgálatának eredménye
(telepített tőszám: 20 db rizóma/parcella)
(Felsőpetény 2008. 08. 13. és 2009. 06. 25.)

10 db (11 db) S (*)	15 db (15 db) M (*)	-
0 db (2 db) M (**)	0 db (3 db) S (**)	18 db (19 db) S (***)
művelő út		
0 db (3 db) S (**)	0 db (5 db) M (**)	12 db (19 db) S (***)
7 db (8 db) M (*)	10 db (10 db) S (*)	-
művelő út		
12 db (12 db) S (*)	10 db (11 db) M (*)	-
0 db (1 db) M (**)	0 db (1 db) S (**)	16 db (19 db) S (***)

(*) Telepítés optimális időben 2008. 05. 17., (**) Késői telepítés 2008. 06. 24., (***) Palánta 2008. 06. 24., S=10 cm telepítés, M=15 cm telepítés. Megjegyzés: a 2009. 06. 25-i tőszámlálás eredményei a zárójelben félkövér betűtípussal láthatók.

Table 4. Results of the plant number examination of the small plot plantation experiment (Felsőpetény, 13/08/2008 and 25/06/2009, plant number at establishment: 20 rhizomes per plot). (*) Establishment at optimal time 17/05/2008, (**) Late establishment 24/06/2008, (***) Seedling 24/06/2008, S=10 cm establishment, M=15 cm establishment. Note: results of the plant number counting at 25/06/2009 can be found in brackets in bold font.

A 4. táblázat adatait a 2. és 3. ábra szemlélteti, 3–3 parcella átlagában. A rizómák tartalék tápanyaga korlátozott, amely a kelésen túl a kezdeti fejlődésért, esetleges száraz időszak átvészeléséhez is szükséges. Ezért is kívánatos a gyors kelés, amit a kedvező talajállapot mellett, a jól megválasztott telepítési mélység biztosít. Az ültetési kísérlet szerint a 10 és a 15 cm mélység között nem mutatható ki szignifikáns különbség a növények beállottságában (2. ábra) a korábbi időpontban (2008. 05. 17) történő telepítés során. Mindkét állomány esetében 55% körüli beállottságot mértünk, amely nem változott számottevően a következő évben sem (3. ábra).

2. ábra. Az eltérő ültetési mélység statisztikai összehasonlításának eredménye a kihajtott tövek függvényében (20 db/parcella) (Felsőpetény 2008. augusztus)

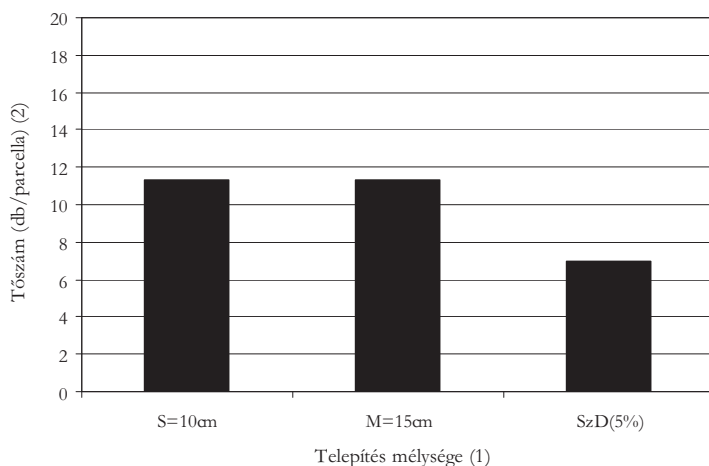


Figure 2. Result of the statistical comparison of different planting depths as a function of sprouted plants (20 per plot) (Felsőpetény August 2008). (1) Planting depth, (2) Plant number (number per plot).

A kísérleti tapasztalatokból arra lehet következtetni, hogy az optimális mélység 10 cm. Fagyzugos területeken, vagy ha a talajállapot indokolja – szárazabb felső réteg – eredményes lehet a 15 cm is, de a mélyebb telepítés már jelentősen csökkenti a hajtások kibújását.

2009-ben egy újabb, korszerűbb telepítő gépet is kipróbáltunk. A próba során a rizómák túl mélyre (18–24 cm) kerültek (mivel a gép még nem volt megfelelően beállítva). A rizómákat nyugalmi állapotban találtuk meg a talajban, de

ez a hiba megmutatta számunkra, hogy ugyan rendelkeztek néhány cm-es hajtással, de ezek a hajtások a gyomok megerősödése előtt nem érték el a felszínt. Valószínűsíthető, hogy ezen a területen lesz még kihajtás a későbbiek folyamán, de nem számottevő és főleg nem tervezhető mennyiségben.

3. ábra. Az eltérő ültetési mélység statisztikai összehasonlításának eredménye a kihajtott tövek függvényében (20 db/parcella) (Felsőpetény 2009. augusztus)

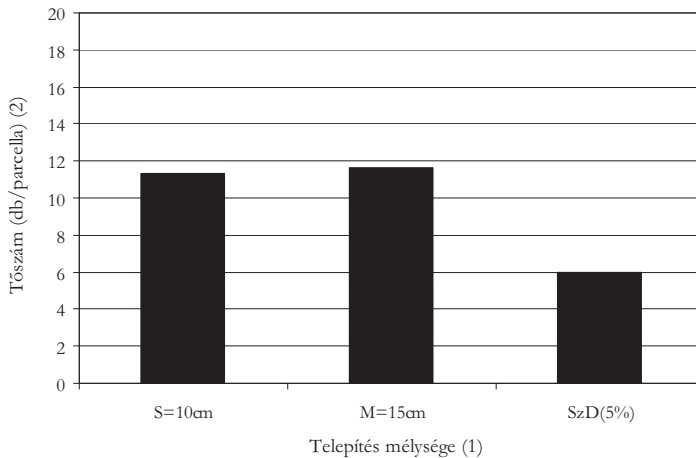


Figure 3. Result of the statistical comparison of different planting depths as a function of sprouted plants (20 per plot) (Felsőpetény August 2009). (1) Planting depth, (2) Plant number (number per plot).

A tőszám (beállottság) vizsgálata

A 5. táblázat telepítés évében (2008) és az azt követő két évben mutatja a négy eltérő szaporítóanyag eredésének alakulását az adott év, augusztusában. A méréseket évi 3–5 alkalommal végeztük.

A varianciaanalízis igazolta, hogy az „A” szaporítóanyag volt a legkiválóbb, minden más rizómát felülmúlt a beállottság tekintetében. A „D” rizómával szemben mindkét évben, a „C” rizómával szemben a telepítés évében mutatott szignifikáns különbséget (4–5. ábra). Statisztikailag igazolható különbség volt a rövidebb „B” és a „C” rizóma, valamint a „D” jelzésű szaporítóanyagok között a „B” javára a 2008-as évben. A következő évben elsősorban a hosszabb, több aktív rüggyel rendelkező szaporítóanyag („A” és „C”) esetében növekedett a beállottság, és a „B” és „D” rizómáknál nem volt számottevő utólagos kihajtás.

5. táblázat. A rizómák eredése (db/20 folyóméter)
(Felsőpetény 2008–2009. augusztus)

Ismétlések (1)	2008				2009			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1.	18	10	13	7	18	11	18	11
2.	13	16	6	11	18	13	15	12
3.	20	17	12	10	15	11	16	11
4.	15	14	10	10	18	12	16	12
5.	16	16	11	11	18	12	18	13
Átlag (2)	16,4	14,6	10,4	9,8	17,4	11,8	16,6	11,8
Átlag %-ban (3)	82	73	52	49	87	59	83	59

Table 5. Stemming of rhizomes (number per 20 running meters) (Felsőpetény 2008–2009 August).
(1) Replications, (2) Average, (3) Average %.

4. ábra. Beállottság vizsgálat eredményei
(Felsőpetény 2008. augusztus)

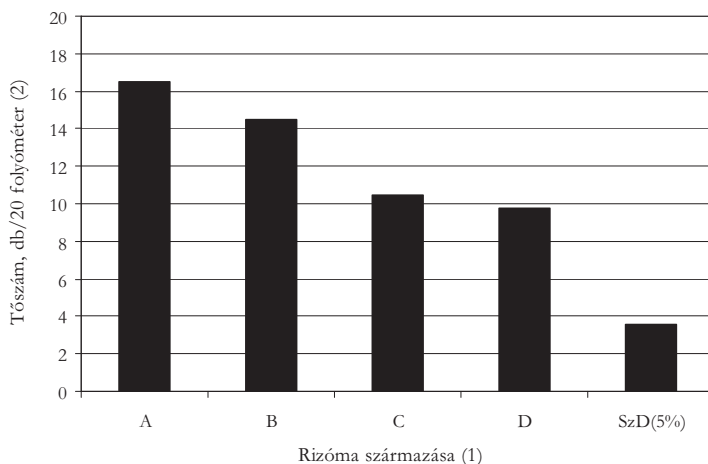


Figure 4. Results of the examination of plant coverage (Felsőpetény August 2008). (1) Origin of rhizome, (2) Plant number (number per plot).

5. ábra. Beállottság vizsgálat eredményei
(Felsőpetény 2009. augusztus)

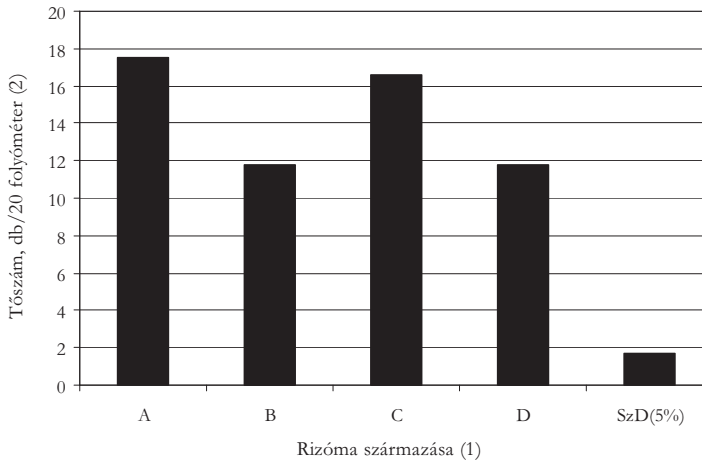


Figure 5. Results of the examination of plant coverage (Felsőpetény August 2009). (1) Origin of rhizome, (2) Plant number (number per plot).

Továbbra is az „A” val jelölt szaporítóanyag szerepelt legjobban. Az angol „C” rizómák jelentős tőszámnövekedéssel felzárkóztak és mindkét parcella szignifikánsan nagyobb beállottságot mutatott, mint a „B” és „D” parcellák. Az eredményekből a telepítést követő évre, egyrészt felállítható egy minőségi sorrend (A, C, B, D), másrészt az eredmények arra is rávilágítanak, hogy a legalkalmasabb szaporítóanyag a 8–12 cm hosszú, legalább 5 életképes rüggyel rendelkező rizómadarab, amely az „A” és „C” jelű szaporítóanyag többségét alkotta.

A beállottság vizsgálatokból az is kiderült, hogy átlagos években a rizómák telepítése után nem számíthatunk 82–87%-nál kedvezőbb beállottságra, így felmerülhet a tőpótlás igénye.

Következtetések

Vizsgálataink alapján a következő megállapításokat tettük:

A forgatásos és forgatás nélküli mélyebb (25–35 cm-es) alpművelés hatására a talaj a rizómák növekedési zónájában kedvező lazultságot, jó vízáthárthatóságot biztosít. A rizómák kihajtását elősegíti a telepítés mélységében mért maga-

sabb nedvességtartalom, ezért a forgatásos alapművelést azzal egy menetben vagy rögtön utána célszerű lezárni. Ezzel akár 10 tömeg%-os nedvességtöbbletet is biztosíthatunk a növények számára.

A rizóma aktivitás vizsgálata segítette a telepítés optimális idejének megállapításában. Biológiailag a legalkalmasabb a március vége és május közepe közé eső időszak, de a telepítés tényleges időpontját ezen időintervallumon belül a talajnedvesség és a szakirodalomban leírt talajhőmérséklet határozza meg.

Az ültetési kísérletek eredményei igazolták, hogy az optimális telepítési mélység 10, legfeljebb 15 cm. Átlagos körülmények között a 10 cm-es mélység megfelelő.

A tőszámvizsgálatok szerint, a rizómáról történő szaporítás során a végleges tőszám a telepítést követő évben alakul ki, a második évben akár 5–30%-os utólagos kihajtással is számolhatunk.

A rizómák összehasonlító vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a legjobb, a 8–12 cm hosszú legalább 5 életképes (duzzadt) rüggyel rendelkező szaporítóanyag. Bár a telepítést követő években is számolhatunk utólagos kihajtással, a beállottság nem haladja meg a 82–87%-ot. Ezért javasolható a telepítéskori tőszám 10–20%-al történő növelése (11–12 000 db/ha). Ezzel elkerülhető az esetleges gyengébb kihajtás utáni tőpótlás.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat az NKTH, a BIOWATT kutatási konzorcium és a Pannon Egyetem Növényvédelmi Intézete támogatta, segítette.

IRODALOM

- Bai A.*: 2002. A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.
- Beale, C. V.–Long, S. P.*: 1997. Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C₄-grasses *Miscanthus x giganteus* and *Spartina cynosuroides*. [In: Bullard, M. J. et al. (eds.) Biomass and Bioenergy Crops. Aspects of Applied Biology. 12: 419–428.
- Birkás M.*: 2006. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Kiadó. Budapest. 121–155.
- Clifton-Brown, J. C.–Stampfl, P. F.–Jones, M. B.*: 2004. *Miscanthus* biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions. *Global Change Biology*. 10. 4: 509–518.

- Fodorpataki L.–Szigyártó L.*: 2009. A növények ökofiziológiájának alapjai. Kriterion Könyvkiadó. Kolozsvár. 92–127.
- Fogarassy Cs.*: 2001. Energianövények a szántóföldön. Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Európai Tanulmányok Központja. Gödöllő. 10: 119–126.
- Heaton, E.–Voigt, T.–Long, S. P.*: 2004. A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water. *Biomass and Bioenergy*. 27. 1: 21–30.
- Jones, M. B.*: 2004. *Miscanthus* for energy and fibre. James & James (Science Publisher) Ltd. London.
- Láng I.*: 2003. Agrártermelés és globális környezetvédelem. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Lewandowski, I.–Heinz, A.*: 2003. Delayed harvest of *Miscanthus* – influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*. 19. 1: 45–63.
- Mikó P.*: 2007. Energetikai és egyéb ipari célokra termesztett kínai nád (*Miscanthus spp.*) magyarországi kutatása. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar. Budapest. 68.
- Percze, A.–Pósa, B.–Singh, M. K.*: 2009. The effect of the drought stress on the planting of *Miscanthus sinensis*. *Cereal Res. Commun.* 37: 273–276.
- Pósa B.–Percze A.–Lehoczky É.*: 2009. Az energianád (*Miscanthus sinensis*) rizóma, mint szaporítóanyag vizsgálata. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Keszthely. 189–192.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Pósa Barnabás–Dr. Percze Attila
Szent István Egyetem
Növénytermesztési Intézet
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2103