

Pěstování ozdobnice (*Miscanthus*) určené pro energetické využití (Shrnutí dlouholetého sledování)

The cultivation of *Miscanthus* determined for energy use (a summary of long-term monitoring)

Zdeněk Stražil,¹ Jan Weger², Petr Hutla³, Jaroslav Kára³ a kol.

¹ Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně

² Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Květnové nám. 391, 252 43 Průhonice

³ Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na rajonizaci ozdobnice, nároky na stanoviště, zakládání porostu, agrotechniku od hnojení, ochrany rostlin až po sklizeň a posklizňové ošetření. Dále jsou uvedeny výnosy fytomasy v závislosti na různých faktorech, posklizňové ošetření, likvidace porostu, emisní a energetické vlastnosti paliva, ekonomické hodnocení a vliv pěstování plodiny na půdu a krajinu.

Klíčová slova: ozdobnice, rajonizace, agrotechnika, výnosy, spalování, ekonomika

Abstract

The contribution is focused on the zoning of miscanthus, the demands on the site conditions, the establishment of the crop, agricultural practices from fertilization, plant protection to harvest and post-harvest treatments. Further results are presented on yield so f phytomass depending on the various factors, postharvest treatment, the disposal of the crop, the emission and energy characteristics of the fuel, economic evaluation, and the influence of cultivation of the crop on soil and landscape.

Keywords: miscanthus, zoning, agricultural practices, yields, combustion, economy

ÚVOD

Jednou z rostlin, na kterou byla zaměřena pozornost z hlediska nepotravinového a energetického využití, je ozdobnice (*Miscanthus*). Rod *Miscanthus* je přirozeně rozšířen převážně v tropických a mírných oblastech. Zahrnuje celkem 33 taxonů. Z daných taxonů jsou pouze *M. tinctorius*, *M. sinensis* a *M. sacchariflorus* hlavně využívány pro produkci fytomasy a průmyslové využití. Největší rozšíření a v současné době asi i největší význam a využití *Miscanthus sinensis* Andersson.

Ozdobnice je botanicky řazena do třídy jednoděložné (*Monoxyledonae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*), tribusvousatkovité (*Andropogoneae*). Ozdobnice je vytrvalá rostlina typu C₄. Stébla jsou pevná dřevnatějící u *Miscanthus x giganteus* vysoká přes 3 metry.

Na rozdíl od kořenů se oddenky (rhizomy) ozdobnice vyskytují pouze v povrchové vrstvě půdy maximálně do hloubky 20 cm.

Ozdobnici lze obecně charakterizovat jako vytrvalou travu vysokého vzrůstu dosahující za příznivých podmínek přes 30 tun/ha výnosu sušiny, která dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny, jež je značně odolná proti chorobám a škůdcům. Ozdobnice pěstovaná v Evropě pochází z jihovýchodní Asie a byla původně přivezena jako ozdobná rostlina. Ozdobnice je slibná plodina určená pro nepotravinové využití dávající vysoce kvalitní lignocelulotický materiál využitelný v energetice nebo při výrobě buničiny.

Rajonizace ozdobnice

Z hlediska rajonizace je *M. sinensis* nejvhodnější pro severní Evropu, *M. x giganteus* pro střední Evropu a *M. sacchariflorus* vyžadující teplejší podmínky pro jižní Evropu (hlavně pro středomoří).

Pro pěstování bez rizik nechtěného šíření rostlin do krajiny můžeme doporučit klon *M. x giganteus*. U tohoto klonu se oddenky příliš nerozrůstají, rostliny nejsou agresivní a v našich podmínkách se nevytvářejí zralá semena, která by se mohla nechtěně šířit do krajiny. U druhu *Miscanthus sinensis* bylo u některých klonů v našich podmínkách pozorováno dozrávání semen a následné spontánní šíření se rostlin do krajiny. Z tohoto důvodu je třeba dávat pozor při výběru jednotlivých klonů *M. sinensis* i z hlediska, aby nedošlo k jejich nechtěnému křížení.

Ozdobníci se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují se humózní písčité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (ne více než 60 cm) s malým nebo žádným zaplevelením vytrvalými plevely (např. pýr, šťovíky). Nároky na půdu nejsou tak vyhraněné. Ozdobníci nevyhovují mělké půdy v kombinaci s dlouhým obdobím sucha během léta a také chladné jílovité půdy. V tabulce 1 a obr. 1 je uvedena navrhaná předběžná rajonizace a vhodnost pěstování ozdobnice (*M. x giganteus*) v podmínkách ČR (Stražil, 2009).




PH půdy je optimální v rozmezí 5,5 až 6,5. Při pH nad 7,0 byly pozorovány výnosové deprese. Plodina dobře hospodáří s vodou, neboť její koeficient transpirace je kolem 250 litrů na kg sušiny. Jacks-Stereenberg (1995) udává koeficient transpirace pro *M. x giganteus* 250-340 litrů/kg sušiny. Tento koeficient zařazuje ozdobnici mezi čiroky (200) a kukuřici (300). Pro srovnání např. pšenice má koeficient transpirace 540 nebo vojtěška 840 (Čvančara, 1962).

Tab. 1. Návrh rámcové typologie stanovišť (HPKJ) pro pěstební rajonizaci *Miscanthus x giganteus* pro podmínky ČR. A proposal for a framework typology of sites (HPKJ – main soil-climatis units) for zoning of *Miscanthus x giganteus* for conditions of the Czech republic.

KR/HPJ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
0																																	
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	

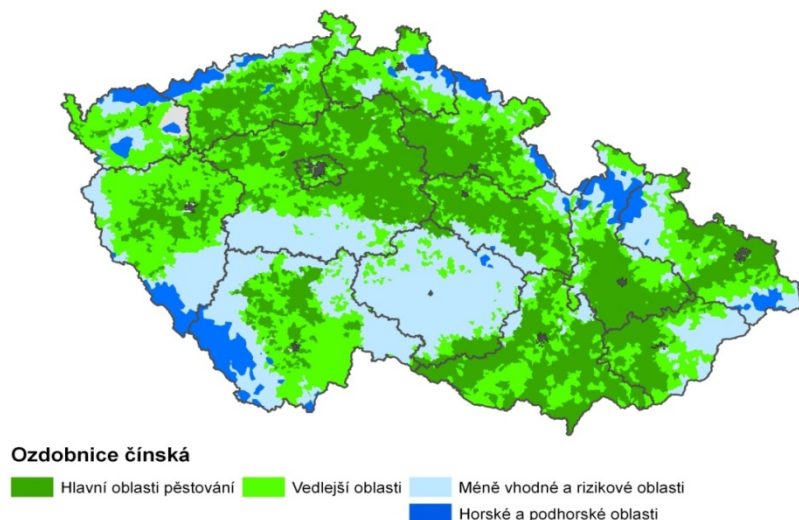
KR/HPJ	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	
0																																	
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	

Poznámky: výnosy sušiny fytomasy (t/ha) vhodnost stanoviště

	> 14	Velmi příznivá až optimální stanoviště
	11 ± 2	Průměrně příznivá stanoviště
	< 7	Nepříznivá stanoviště

 neexistující a nevhodné BPEJ v daných klimatických regionech

Obr. 1. Hrubé vymezení vhodnosti pěstování ozdobnice (*M. x giganteus*) v podmínkách ČR.
A rough definition of the suitability of the cultivation of *M. x giganteus* for conditions of the Czech republic.



Založení porostu

Na podzim je nutno provést podmítku s následující hlubokou orbou. Před sázením na jaře následuje příprava seťového lůžka s prokypřením půdy do hloubky 10 cm (pro mechanické vysazování), mechanické a chemické hubení plevelů. Porost se zakládá z odkopků (rhizomů), nebo sazenic vypěstovaných *in vitro*, nejlépe takových, které přečkaly v kořenáčích již jednu zimu. Půda se musí připravit do hloubky výsadby ne hlouběji, z důvodu aby nebyla porušena kapilarita půdy a ozdobnice lépe zakořenila a byla odolnější vůči vymrzání v prvním roce po založení porostu.

Ozdobnice se množí buď rhizomy (kořenovými oddenky) dlouhými minimálně 3-4 cm, lépe kolem 10 cm dlouhými, ze kterých se rostliny lépe ujímají nebo tkáňovými (meristematickými) kulturami nebo embryogenezí (pěstování *in vitro*). Ozdobnice zakládaná z rhizomů by měla být založena do poloviny dubna. Hlavní důvod je aby se neolámaly rašící pupeny z oddenků. Z racionálního hlediska je vhodné sklízet a následně sázet rhizomy ve stáří ozdobnice tří let a více. V této době jsou rhizomy vyzrálé, mají dobrou zásobu živin a dalších látek, které zajišťují lepší vzcházení, a je jich vytvořeno dostatečné množství pro následnou výsadbu. Práh redukce fotosyntetické aktivity ozdobnice leží mezi 8 a 12 °C. Z tohoto důvodu by se rostliny z tkáňových kultur dopěstované na sazenice měly sázet za teplejšího počasí od poloviny května do konce června.

Pro velkovýrobní zakládání porostu ozdobnice z explantátů lze pro sázení použít upravené stroje na výsadbu zeleniny (např. zelí). Rhizomy (kořenové oddenky) je možno velkovýrobně sázet modifikovanými sazeči na cibuli, nebo stroji na výsadbu lesních stromků. V současné době se doporučuje hustota porostu ozdobnice od 10 000 do 20 000 rostlin/ha hlavně z ekonomických důvodů. Z jednoho hektaru mateřského porostu lze získat rhizomy na 10 až 20 ha (až 30 ha) nově založeného porostu.

Sazenice nebo rhizomy je nejlepší sázet po dobrých předplodinách. Ozdobnici je možno pěstovat po okopaninách - cukrovka, brambory, dále luskovinách, obilninách. V SRN se doporučuje sázet po tritikale, řepce, čiroku, kukuřici. Porost ozdobnice by měl být založen minimálně na 10 až 20let.

Jednou z nevýhod ozdobnice je možnost vymrzání v první zimě po založení porostu, zimě kdy je nedostatek sněhu a vyskytují se silné mrazy. Nabízí se otázka, který z uvedených způsobů rozmnožování ozdobnice je vhodnější pro přezimování založených porostů. Z našich

zkušeností i z literatury je patrné, že lepší přezimovací schopnost v prvním roce je u rostlin ozdobnice založených z delších oddenků. Přezimování ozdobnice v prvním roce po výsadbě závisí na výběru vhodného klonu a také na průběhu počasí přes zimní období. Pokud po první jarní inventarizaci zjistíme, že vzešlo méně než 60 % rostlin je třeba na jaře dosadit na prázdných místech nové oddenky nebo rostliny.

Ochrana rostlin

Podle zahraniční literatury i z našich zkušeností nejsou porosty ozdobnice silněji napadány chorobami nebo škůdci.

Ozdobnice je druh plodiny, která ve většině případů potřebuje po založení porostu ochranu proti plevelům. Není vhodné používat herbicidy ihned po vzejití rostlin, protože u nově vzešlých rostlin často přetrvává „přesazovací“ stres. V tomto období je u rostlin, které jsou široce sázeny a pravidelně rozmístěny, nejvhodnější mechanická ochrana proti plevelům. Později, kdy je ozdobnice více adaptována, může být použita celá řada selektivních herbicidů. V následujících letech je výskyt plevelů redukován a potlačován zpočátku opadem listů a následně hustotou porostu, jež redukuje světlo pronikající do spodních pater. V tabulce č. 2 je uvedena řada herbicidů, které byly úspěšně použity při ochraně plevelů v porostech ozdobnice. Autoři tabulky Bullard a kol. (1995) dále uvádějí, že jakékoli aktivní složky, které jsou vhodné pro obilniny, jsou vhodné také pro ozdobnici.

Tab. 2. Herbicidy používané při ochraně ozdobnice [Bullard a kol. (1997)]. Herbicides used in the protection of miscanthus [Bullard a kol. (1997)].

Aktivní složka	Poznámka
atrazine	Gesaprim (2,5 l/ha)
bromoxynil / ioxynil	Briotril (2,5 l/ha)
bromoxynil / fluroxypyr / ioxynil	Advance (2,0 l/ha)
clopyralid	(100 g/l účinné látky) (2,4 l/ha)
dichlorprop	(667 g/l účinné látky) (5,0 l/ha)
diflufenican / isoproturon	(100:500 g/l účinné látky) (3 l/ha)
fluroxypyr	Starane 2 (2,0 l/ha)
glyphosate ²	Roundup (3,0 l/ha)
isoproturon	Tolkan (4,0 l/ha)
metsulfuronmethyl	Ally (30 g/ha)
metsulfuronmethyl + bromoxynil / ioxynil ³	Ally (30 g/ha) + Deloxil (1,0 l/ha)
metsulfuronmethyl + fluroxypyr ³	Ally (20 g/ha) + Starane 2 (0,5 l/ha)
MCPA	(750 g/l účinné látky) (5,0 l/ha)
MCPA – MCPB	Triflex-Tra (7,7 l/ha)
mecoprop – P	Duplosan (6,0 l/ha)
paraquat ²	Gramoxone (4,0 l/ha)
tribenuronmethyl	75 %

Poznámky: ²herbicidy užívané před vzejitím

³tank mix

Hnojení

Ozdobnice je vytrvalá rostlina, která má schopnost mobilizovat a remobilizovat živiny mezi různými orgány rostliny. Ačkoli je životní cyklus rostliny mnoho let, stonky a listy fungují pouze jednu vegetační sezónu. Vytrvalými orgány jsou pouze oddenky, které slouží k vegetativnímu šíření rostliny a skladování živin. Oddenky jsou zdrojem živin, které podporují počáteční růst dokud stonky a listy nezačnou produkovat asimiláty a podporovat nový růst.

Na dobře zásobených půdách se obejde ozdobnice prvním rokem bez hnojení. Na půdách s menší zásobou živin se doporučuje hnojit prvním rokem do poloviny června jednorázově do 50 kg/ha N kvůli snížení možnosti vymrzání. V dalších letech se velikost dávky N má přizpůsobit zásobám živin v půdě a dosahovaným výnosům. Druhým rokem je třeba při hnojení minerálními hnojivy vycházet ze zásobenosti půd. V průměru se doporučuje hnojit druhým rokem a další léta 50 - 100 kg/ha N, 40 kg/ha P a 70 kg/ha K, nejlépe na jaře a dusík od jara do poloviny července. Také se doporučuje podle zásobenosti půd hnojit i mikroelenty Cu, Zn, B, Mn. Z našich výsledků (tab. 3, 4) je patrné, že stupňované dávky N neměly průkazný vliv na konečné výnosy fytomasy ozdobnice. Obdobně Himken a kol. (1997) udávají, že použité každoroční dávky N (0, 90, 180 kg/ha) neměly podstatný vliv na výnosy ozdobnice. Také Bischhoff, Emmerling (1995) konstatují, že stupňované hnojení N (0-450 kg/ha N) nemělo zřetelný vliv na výnosy fytomasy.

Sklizeň a posklizňové ošetření

Termín sklizně a sklizeň závisí na využití plodiny. Ozdobnice může být využita jako surovina pro energetické potřeby, stavební materiál, geotextilie, papír, obalový materiál, rostlinný substrát. Každá z těchto možností využití vyžaduje různý obsah vody, tvar, velikost a koexistenci výchozí suroviny. Ozdobnice je vysoká rostlina dosahující vysokých výnosů. I k těmto skutečnostem se musí při sklizni přihlížet. Sklizeň musí být provedena nejpozději do doby, než se nové výhony začnou objevovat, aby nedošlo k jejich poškození (vzcházení začíná na jaře v době, kdy teplota půdy je větší než 10 °C).

Jednofázovou sklizeň při velkovýrobním pěstování je možno provádět pojízdnými samohodnými rezačkami, se kterými se sklízí kukuřice, od listopadu do poloviny dubna. Lze použít také sklízecí rezačku a lis na balíky. Pro sklizeň ozdobnice se mohou použít také štěpkovače, které se používají při sklizni rychle rostoucích dřevin. Pokud je třeba sklízet celé stonky ozdobnice, potom je třeba speciálního stroje. Byl vyvinut speciální vazač (MLAG 140) napojený na traktor, který rostliny seká a váže do otepi.

Pokud jsou rostliny sklizeny příliš vlhké, je třeba je dosušet. Dosoušet lze přímo na poli pomocí slunce (toto je nejlevnější způsob), nebo umělým dosoušením studeným nebo temperovaným vzduchem. Dosoušení na poli má omezený časový termín a lze jej provádět podle počasí nejpozději do konce října.

Balíky by měly být ukládány tak, aby mezi nimi byly mezery, které by umožňovaly dobrou ventilaci. Stohy mohou být zakryty slámou, která vyplňuje štěrby mezi balíky a tak zabraňuje pronikání vlhkosti do spodních vrstev. V tomto případě je vlhká pouze vrchní vrstva balíků. Stoh lze zakrýt také plastem, jímž se obvykle zakrývá siláž. Stoh se suchou štepovanou ozdobnicí se pokrývá celý, balíky pouze na vrchu (z boku déšť neproniká hluboko). Ke skladování ozdobnice lze dále použít bramborárny, které jsou vhodné k dosoušení nebo stodoly na seno, které jsou většinou otevřené na stranách.

Výnosy

Výnosy ozdobnice jsou závislé na celé řadě faktorů. Jsou to půdně-klimatické podmínky stanoviště, vybraný klon, agrotechnická opatření včetně hustoty výsadby a hnojení, termín sklizně apod.

Prvním rokem ozdobnice vytváří více hmoty v půdě než nad jejím povrchem. Ozdobnice se v prvním roce (rok výsadby) většinou nesklízí, v druhém roce činí produkce fytomasy do 10 t/ha sušiny, ve třetím roce a dalších letech 15-25 t/ha sušiny, při intenzivním hospodaření i více než 30 t/ha sušiny. Ve většině případů je třeba, aby při sklizni byl co nejmenší obsah vody v rostlinách. Proto se doporučuje, aby porosty po přechodu prvních mrazů zůstaly na poli přes zimu. Proto převažuje sklizeň po zimě (únor, březen), neboť tak odpadnou problémy s případným dosoušením.

Obecně lze konstatovat, že výnosy fytomasy ozdobnice rostou od roku výsadby až do třetího resp. čtvrtého roku, kdy se výnosy ustálí a podle půdně-klimatických podmínek dosahují v dalších letech podobných hodnot. Během průběhu roku výnosy ozdobnice rostou od vzcházení až do období anteze a potom se postupně snižují.

Výnosy ozdobnice (*M. x giganteus*) z našich polních pokusů sklizené na podzim uvádí tab. 3, 4. Stanoviště Praha-Ruzyně je 350 m.n.m. Průměrná roční teplota vzduchu je 8,2°C, průměrný celoroční úhrn srážek je 477 mm, půda jílovito-hlinitá s pH 6,57. Lukavec je 600 m.n.m. Průměrná roční teplota vzduchu je 6,8°C, průměrný celoroční úhrn srážek je 686 mm, půda písčito-hlinitá s pH 6,11.

Tab. 3. Výnosy sušiny ozdobnice (t/ha) sklizené na podzim na stanovišti v Praze-Ruzyni v závislosti na roku a hnojení N. Year and N fertilization effects on dry matter yields of miscanthus (t/ha) harvested in autumn at Prague-Ruzyně site.

Rok	Hnojení N				
	N0	N1	N2	N3	Průměr
1. rok	1.319	-	-	-	1.319
2. rok	7.165	5.554	8.867	4.094	6.420
3. rok	17.793	15.512	20.547	19.966	18.454
4. rok	21.997	23.117	25.333	21.617	23.016
5. rok	18.044	19.769	22.045	18.176	19.508
6. rok	30.069	30.462	30.879	32.625	31.009
7. rok	23.575	24.327	31.060	24.309	25.818
8. rok	20.467	25.398	26.593	27.275	24.933
9. rok	29.729	29.027	29.306	26.594	28.664
10. rok	14.703	14.959	18.536	19.248	16.862
Průměr 2-10	20.394	20.903	23.685	21.545	21.632
Průměr 4-10	22.655	23.866	26.250	24.463	24.259

Poznámky: N0=0 kg/ha, N1=50 kg/ha, N2=100 kg/ha, N3=150 kg/ha dusíku

Tab. 4. Výnosy sušiny ozdobnice (t/ha) sklizené na podzim na stanovišti v Lukavci v závislosti na roku a hnojení N. Year and N fertilization effects on dry matter yields of miscanthus (t/ha) harvested in autumn at Lukavec site.

Rok	Hnojení N				
	N0	N1	N2	N3	Průměr
1. rok	1.256	-	-	-	1.256
2. rok	4.538	4.042	4.440	5.132	4.538
3. rok	6.044	4.831	6.417	6.885	6.044
4. rok	18.680	21.935	21.935	18.342	20.223
5. rok	12.264	17.301	18.323	19.199	16.772
6. rok	15.928	24.174	27.342	29.165	24.152
7. rok	28.460	30.570	29.840	35.915	31.196
8. rok	23.800	18.270	20.400	22.180	21.163
9. rok	31.568	27.367	27.117	24.466	27.629
10. rok	30.358	26.072	29.730	31.641	29.450
Průměr 2-10	19.071	19.396	20.616	21.436	20.130
Průměr 4-10	23.008	23.670	24.955	25.844	24.369

Výnosy sušiny fytomasy dosáhly v průměru za 10-ti leté období při sklizni na podzim v Praze-Ruzyni 21,632 t/ha, v Lukavci 20,130 t/ha. Výnosy na obou stanovištích byly

podobné a dá se konstatovat, že v porovnání s Prahou-Ruzyní nižší teploty na stanovišti v Lukavci byly kompenzovány vyšším úhrnem srážek.

Podle Clifton-Brown a kol. (2001) výnosy *M. x giganteus* po zimě pěstovaném různých místech Evropy kolísaly při závlaze mezi 7 až 26 t sušiny ve třetím roce pěstování. Nejvyšší výnosy nezavlažovaných rostlin byly 15 až 19 t sušiny. V severní Evropě je horní hranice výnosů mezi 15 až 25 t sušiny na konci období růstu. Vyšší výnosy jsou zaznamenávány ve střední a jižní Evropě, kde hranice kolísá mezi 25 až 40 t sušiny na hektar za rok.

Termíny sklizně

Byla také sledována vhodnost sklizené fytomasy pro spalování, skladování a následné zpracování (briketizaci, peletizaci). Jedním z cílů bylo sledování vlivu termínu sklizně na výnosy, obsah vody a obsah prvků ve fytomase. U ozdobnice se s oddálením termínu sklizně snižoval výnos fytomasy, klesal obsah vody (tab. 5) a prvků ve fytomase (tab. 6).

Fytomasa ozdobnice není ani koncem listopadu vhodná pro okamžité spalování nebo uskladnění, což je hlavně zapříčiněno vysokým obsahem vody. Při podzimních termínech sklizně je třeba sklizenou fytomasu dosušet, neboť má v průměru kolem 50 % vody (tab. 5). Jarní termín je vhodnější. Z výsledků je patrné, že obsah vody se snižuje se stářím rostlin a je ovlivněn (pokud jsou rostliny sklizeny až na jaře) také zimními mrazy, které rostliny vysuší.

Ztráty fytomasy a vlhkost při sklizni ozdobnice v různých termínech sklizně v polních pokusech VÚRV uvádí tab. 5. Z těchto výsledků vyplývá, že během zimního období došlo ke ztrátám výnosu sušiny fytomasy ozdobnice v průměru za dané období o 25 %.

Snížení výnosů fytomasy v porovnání s podzimním termínem sklizně je vyváženo zvýšenou kvalitou paliva (z hlediska technického a tvorby emisí). Při jarním termínu sklizně byl zjištěn nižší obsah prvků při porovnání s podzimním termínem sklizně (tab. 6), což je také výhodné pro samotný proces spalování. Při sklizni na jaře odpadne dosoušení, které je ekonomicky relativně nákladné.

Tab. 5. Výnosy čerstvé hmoty (č.h.), sušiny fytomasy (t/ha) a vlhkost při sklizni (%) ozdobnice v různých termínech na stanovišti v Ruzyni (průměr let 1996-2001). Yields of fresh matter (č.h), dry matter of phytomass (t/ha) and moisture content (%) of miscanthus in various terms of harvest at Prague-Ruzyně site (average of 1996-2001).

I termín ⁺			II termín ⁺⁺			III termín ⁺⁺⁺		
Výnos		Vlhkost	Výnos		Vlhkost	Výnos		Vlhkost
č.h.	sušina		č.h.	sušina		č.h.	sušina	
44,44	16,00	64,0	31,00	15,50	50,0	15,25	11,70	24,0

Poznámky: ⁺ v době největšího nárůstu fytomasy

⁺⁺ na podzim

⁺⁺⁺ brzy na jaře

Tab. 6. Obsah prvků v rostlinách ozdobnice v různých termínech sklizně. Elements content in plants of miscanthus in various terms of harvest.

Termín sklizně	Obsah prvků v % sušiny					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Podzim	0,876	0,086	0,631	0,358	0,103	0,122
Jaro	0,829	0,079	0,292	0,228	0,086	0,043
Průměr	0,853	0,083	0,462	0,293	0,095	0,083

Emisní a energetické vlastnosti paliva získaného z ozdobnice.

Obsah prvků v rostlinách je jedním z důležitých faktorů nejen pro stanovení obsahu živin výnosy, ale také z hlediska spalování fytohmoty. Pro spalování je výhodný co nejmenší obsah N ve fytohmotě (tvoří se méně N_{ox}), pokud je malý obsah S a Cl (snižuje se možnost koroze spalovacího zařízení), je-li také nízký obsah K, Mg, apod. (snižuje se teplota tání popela).

Byl sledován také energetický obsah fytohmoty ozdobnice. Energetický obsah se příliš nemění vlivem termínu sklizně, hnojením, stanovištěm (Stražil, 2007). Energetický obsah je hlavně závislý na obsahu vody ve fytohmotě. Z tab. 7 je patrné, že energetický obsah při spalování je silně závislý na vlhkosti fytohmoty. Při vlhkosti 50 % je energetická hodnota pouze 9,97 GJ/t. Při vlhkosti 18 % vhodné pro přímé spalování ve většině kotlů s nižším výkonem je spalné teplo 16,21 GJ/t, což je více než u hnědého uhlí horší kvality používaného v našich tepelných elektrárnách.

Tab. 7. Vliv termínu sklizně na obsah vody (%) a energetický obsah (MJ/kg) u ozdobnice (průměrné hodnoty). The influence terms of harvest on water content (%) and energy content (MJ/kg) in plants of miscanthus ((average values).

Plodina	Termín sklizně	Obsah vody	Energetický obsah
Ozdobnice čínská	1. termín	67	5,76
Ozdobnice čínská	2. termín	50	9,97
Ozdobnice čínská	3. termín	18	16,21
Ozdobnice čínská	suchý vzorek	0	18,23

Poznámky: 1 termín sklizně = odběr v době největšího nárůstu fytohmoty (srpen-září)

2 termín sklizně na podzim (listopad)

3 termín sklizně po zimním období (konec února, počátek března)

S ozdobnicí se ve většině projektů ze západní Evropy počítá hlavně pro energetické účely na výrobu tepla (přímé spalování nebo pyrolýza). V současné době lze ozdobnici, podobně jako další plodiny, přimíchávat do uhlí, se kterým je jí možno společně spalovat. Náhrada části uhlí vede ke snížení emisí CO_2 , NO_x , SO_x protože biomasa obsahuje malé množství dusíku a síry v porovnání s uhlím.

V tab. 8 je uvedeno porovnání spalování ozdobnice a obilné slámy. Průměrné emise pevných látek v kouři byly u ozdobnice 240 m^3 (10 % O_2), u slámy $550 \text{ mg/normál m}^3$ (10 % O_2). Spalování ozdobnice v kotli se ukazuje jako rovnoměrnější (stabilnější) a čistší než spalování pšeničné slámy pravděpodobně proto, že i přes větší hustotu jsou balíky pórovitější, což dává větší možnost průchodu vzduchu mezi silnými stébly při spalování. Teplota tavení ozdobnice byla v daném spalovacím zařízení 1090°C .

Tab. 8. Analýza spalování ozdobnice (*M. x giganteus*) a obilné slámy (Kirstensen, 1994) v dávkovacím mechanickém příkladacím zařízení. Analysis of combustion of miscanthus (*M. x giganteus*) and cereal straw in the dosing mechanical stoker.

Plodina	Tepelná hodnota (MJ/kg)	Popelo -viny (%)	Těkavé složky (%)	Síra (%)	Uhlík (%)	Vodík (%)	Dusík (%)	Tavicí proces popela ($^\circ\text{C}$)		
								tepl. měknutí	tepl. tavení	tepl. tečení
Ozdobnice	17,1-15,8	2,6	69,7	0,11	41,5	5,4	0,5	1020	1090	1120
Sláma obilnin	18,4-15,2	4,0	70,0	0,16	42,0	5,0	0,4	950	1050	1150

V tab. 9 jsou dále uvedeny vlastnosti popelů topných briket na bázi ozdobnice sklizené ve dvou termínech sklizně. Teplota tavení byla poměrně nízká. U topných briket, kde se

předpokládá průběžná obsluha kotle, nemusí být nízká teplota tavení na závadu, negativně se však zřejmě projeví při spalování topných pelet v automatických kotlích. Při použití ozdobnice pro výrobu pelet bude zřejmě vhodné tento materiál kombinovat s jinou fytoomasou, čímž bude dosaženo zvýšení teploty tavení popela.

Dále byly v laboratorní peci stanoveny emisní parametry vytvořených paliv z ozdobnice na vybraných spalovacích zařízeních (tab. 10). Pro porovnání byly vzaty jako standardní palivo dřevěné brikety z hoblin a pilin. Jedná se o komerční výrobek Turbohard (výrobce BIOMAC s.r.o.). Průměr briket je 90 mm, délka je 280 mm.

Tab. 9. Vlastnosti popelů topných briket na bázi ozdobnice sklizené ve dvou termínech sklizně z let 2007 a 2008 (Weger a kol. 2011). The characteristics of the ash of heating fuel briquettes made from miscanthus at two terms of harvest from the years 2007 and 2008 (Weger a kol. 2011).

Palivo	Rok	t_A °C	t_B °C	t_C °C
Brikety 2007 <i>miscanthus</i> -jarní sklizeň		720	780	1040
2008		710	770	1060
Brikety 2007 <i>miscanthus</i> - podzimní sklizeň		700	780	1050
2008		710	780	1040

Poznámky: t_A –teplota měknutí, t_B –teplota tavení, t_C – teplota tečení

Z měření emisí vyplývá, že kvalita průběhu hoření, která je charakterizovaná obsahem CO ve spalinách, je u briket z obou materiálů z různých termínů sklizně obdobná. Výrazně nižší jsou však emise NO_x . Při srovnání s emisemi dřevěných briket jsou tyto oproti emisím z ozdobnice nižší. Přesto však topné pelety z ozdobnice splňují emisní normy CO i NO_x .

Při spalování pelet z ozdobnice v kamnech KNP docházelo ke spékání popele. Průběh spalovacího procesu byl nestabilní, což se projevilo ve vysokém obsahu emisí CO. Rovněž při spalování pelet v automatickém kotli A 25 docházelo ke spékání popele. Jelikož konstrukce roštu umožňuje jeho částečné rozrušení a odstranění, nedošlo k úplnému přerušení provozu. Spalování však muselo být kontrolováno a není možný trvalý automatický provoz.

Hodnoty koncentrace NO_x byly při použití kotle A 25 výrazně vyšší při spalování pelet vytvořených z podzimní sklizně oproti peletám ze sklizně jarní (tab. 10). Opět je zde potvrzena závislost koncentrace emisí NO_x na obsahu dusíku v palivu a možnost ovlivnění tohoto parametru s přínosem pro ekologii.

Obecným závěrem při použití biopaliv vytvořených z ozdobnice, je nevhodnost tohoto paliva v těch případech, kdy je kritickou vlastností spékání popele vlivem jeho nízké teploty tavení, tj. při automatickém provozu. Řešením je zřejmě použití s jiným materiálem, ať již fytoomasou, nebo např. s uhelnými aditivami.

Tab. 10. Emisní parametry topných briket vytvořených z ozdobnice z různých termínů sklizně na vybraných spalovacích zařízeních. The emission parameters of fuel briquettes made from miscanthus from various terms of harvest on the selected combustion device.

Palivo	Spalovací zařízení	CO Mg/m ³	NO_x Mg/m ³
Ozdobnice - jarní sklizeň	KNP	2 791	83
Ozdobnice – podzimní sklizeň	KNP	2 702	128
Turbohard	KNP	1 905	67
Ozdobnice - jarní sklizeň	A 25	923	102
Ozdobnice – podzimní sklizeň	A 25	861	168
Turbohard	A 25	701	107

Likvidace porostu

Při konečné likvidaci porostu ozdobnice je možno použít jak chemických tak i mechanických způsobů. Chemická likvidace spočívá v použití herbicidu Roundup Bioaktiv nebo Rapid na nově rašící výhonky na jaře. Při chemickém způsobu rušení porostu se však mohou vyskytnout potíže při zakládání nové plodiny. Mechanické rušení porostu spočívá v rozbití a zničení oddenků půdní frézou nebo ve rozrušení rhizomů (rotačním kultivátorem) většinou na podzim, kde rhizomy jsou přes zimní období zničeny mrazem. Přežívající rostliny je možné na jaře následně likvidovat Roundupem. Při likvidaci porostu ozdobnice je ekonomicky výhodnější oddenky vyorat, prodat je nebo využít na založení nového porostu.

Vliv pěstování ozdobnice na půdu a krajinu

Pokud jde o vliv ozdobnice na půdu a krajinu, je možné konstatovat následující. U vytrvalých rostlin jako je ozdobnice, se půda kromě roku založení porostu nezpracovává. Navíc hustá soustava oddenků a kořenů zpevňuje půdu a prakticky celoroční pokryv půdy zabraňuje v následujících letech erozi půdy. Také opad listů a dalších částí rostlin působí jako mulč, který také zabraňuje erozi půdy a navíc brání růstu nežádoucích plevelů. Zavedením těchto rostlin se zlepší fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd včetně zvýšení jejich organické složky. Navíc existuje reálná možnost, že půda může být vrácena bez větších potíží původnímu užití pro výrobu plodin pro potravinářské účely.

Zavedením ozdobnice dochází ke změně teplotních poměrů v půdě (odlišné prohřívání půdy na jaře a na podzim). Mezi ekologické důvody patří především příznivý vliv na strukturní stav půdy (především zvýšení v odostálosti půdních agregátů), zlepšení hospodaření s půdní vodou - zvýšení vododržnosti půdy, omezení neproduktivního výparu vody z půdy mulčem z rostlinných zbytků na povrchu půdy, redukce vodní a větrné eroze, omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku při dlouhodobém působení rostlin na jednom stanovišti, zlepšení stavu půdní organické hmoty (obsah a kvality půdního humusu), snížení výskytu plevelů (Hůla 2002; Weigel a kol. 1998).

Po orbě se organická hmota homogenizuje v celém půdním profilu. Po zavedení vytrvalých rostlin je nižší mineralizace, dochází ke zvýšené akumulaci organické hmoty hlavně ve formě humusotvorného transformujícího se materiálu, který tvoří povrchový mulč. Půda se svými vlastnostmi více přibližuje vlastnostem původního optimálního klimaxového stadia (Raus, Šabatka, 1999).

Vytrvalé rostliny, kam patří i ozdobnice, mohou mít mnohostranný pozitivní vliv na složky životního prostředí. Pěstováním nových rostlin se navíc zvýší biodiverzita zemědělské krajiny (Stražil, 2007a). Vytrvalé rostliny poskytují během vegetace nebo přes zimní období, pokud jsou až sklizeny na jaře, životní prostor a úkryt mnoha druhům ptáků, ale i dalším druhům větších či menších obratlovců i bezobratlým živočichům (Semere, Slater, 2007). Také krajina přes zimní období nevypadá tak pustá a vyklizená.

Pro zemědělskou praxi jsou významné především ekonomické dopady. Vytrvalé rostliny v porovnání s pěstováním jednoletých přinášejí zejména úspory práce a energie.

Energetické rostliny je možné pěstovat vedle ploch určených k uvedení do klidu, na plochách devastovaných a určených k rekultivaci, všude tam, kde je ekonomika nutričních plodin neefektivní a dále na území, kde je nutné výraznější snížení vstupů hnojiv a chemie (oblasti s regulovaným režimem hospodaření, PHP, CHKO aj.).

Z dovezených nových rostlinných druhů, pokud je budeme chtít pěstovat, je třeba vybírat takové, které nejsou agresivní vůči svému okolí a mají omezenou možnost se šířit dále do krajiny. Proto je zde nutné podotknout, že v CHKO a ZCHU lze pěstovat pouze původní druhy a se souhlasem ochrany přírody, ostatní druhy by měly být povoleny OP i v normální krajině (viz seznam energetických plodin VÚKOZ - www.vukoz.cz/index.php/sluzby/energeticke-plodiny).

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Na základě dlouhodobého (od r. 1994) polního pokusu s pěstováním ozdobnice ve VÚRV Praha-Ruzyně bylo vypracováno podle použité agrotechniky a dosažených výnosů fytomasy orientační modelové hodnocení ekonomické nákladovosti v daných stanovištních podmínkách (viz tab. 11).

Z uvedených nákladových položek zaujímá největší částku cena za sadbu ve výši 115 tisíc Kč, což z celkových přímých nákladů vynaložených při 10-ti letém pěstování činí téměř 60 %.

Tab. 11. Ozdobnice – výpočet variabilních nákladů za období pěstování (Stražil, 2009).
Miscanthus – the calculation of the variable costs for the period of cultivation (Stražil, 2009).

Pracovní operace	Kč/ha
1. rok	
Herbicidní úprava (aplikace + herbicidy)	1 800
Zpracování půdy - orba	1 100
Hnojení (30 kg/ha P, 60 kg/ha K)	1 300
Příprava půdy před založením porostu	500
Sázení včetně sadby (10 000 sazenic/ha, cena sazenice 11,5 Kč, cena včetně rhizomu 4,5 Kč)	120 000 50 000
Ošetřování plodiny (plečkování, ošetření herbicidy)	1 200
Sklizeň včetně dopravy	-
2. rok	
Přihnojení (80 kg/ha N, 60 kg/ha K, 30 kg/ha P)	3 300
Sklizeň včetně dopravy (5 t) řezání+odvoz+uskladnění 1370+200	1 570
Uskladnění (750 Kč/ha)150 Kč/t	750
Lisování +odvoz balíků+uskladnění (250+30+150 Kč/t)	
3. rok	
Přihnojení	3 300
Sklizeň včetně dopravy (10 t) 1 470+400 Kč/ha	1 870
Uskladnění	1 500
4 - 9 (19) rok	
Přihnojení	3 300
Sklizeň včetně dopravy (12 t) 1 520+680 Kč/ha	2 200
Uskladnění	2 250
10 (20) rok	
Přihnojení	3 300
Sklizeň včetně dopravy (12 t) 1 520+680 Kč/ha	2 200
Uskladnění	2 350
Likvidace porostu:	
Vyorávka na podzim: dvouřádkový vyorávač	1 000
Chemický postřik (Roundup)	850
Celkové variabilní náklady (VN) za 10-ti leté období - sadba sazenice:	194 390 Kč/ha
Při založení z rhizomů:	124 390 Kč/ha
VN - průměr za 10-ti leté období včetně uskladnění sadba sazenice:	19 439 (Kč/ha)
Při založení z rhizomů :	12 439 (Kč/ha)
VN - průměr za 10-ti leté období včetně uskladnění sazenice:	1 620 Kč/t
VN - průměr za 10-ti leté období včetně uskladnění rhizomy:	1 037 Kč/t

Podle našich modelových výpočtů vycházejí přímé (variabilní) roční náklady (při započtení nákladů na sazenici 11,5 Kč/kus a průměrném ročním výnosu na jaře 12 t/ha sušiny) za 10-ti leté období na cca 19 439 Kč/ha (1 620 Kč/t sušiny) - tab. 11. Při započtení fixních nákladů ve výši 3 500 Kč/ha/rok celkové roční náklady při založení porostu ze sazenic v přepočtu

představují 22 939 Kč/ha a 1 912 Kč/t sušiny. Obdobně pokud budeme zakládat porost z rhizomů, potom přímé roční náklady představují za 10-ti leté období cca 12 439 Kč/ha (1 037 Kč/t) a při započtení fixních nákladů 3 500 Kč/ha/rok celkové roční náklady činí 15 939 Kč/ha a 1 328 Kč/t sušiny. Při výpočtu za 20-ti leté období se náklady sníží. Zde vycházení celkové náklady při založení porostu ze sazenic na 17 095 Kč/ha (1 425 Kč/t) a při založení porostu z rhizomů na 11 345 Kč/ha (945 Kč/t).

ZÁVĚRY

Při pěstování ozdobnice je možno, kromě mnoha již naznačených výhod, jako je dosahování každoročních vysokých výnosů sušiny fytohmoty, vysoce efektivní využívání vody, vysoce efektivní využívání dusíku, sklizeň běžně používanými sklizňovými mechanizmy apod., vytknout dvě její nevýhody. Zatím nejsou vyšlechtěny odrůdy, které by byly značně odolné proti vymrzání. Proto se může stát, že při krutých zimách a nedostatku sněhu může dojít v prvním roce po výsadbě k vymrznutí sazenic. Druhou nevýhodou jsou značné náklady na sadbu pocházející z tkáňových kultur. Doporučuje se zakládat porost ozdobnice založený z rhizomů, kde sadba vyjde cca 4x levněji.

Pro pěstování bez rizik nechtěného šíření rostlin do krajiny můžeme doporučit klon *M. x giganteus*. U tohoto klonu se oddenky příliš nerozrůstají, rostliny nejsou agresivní a v našich podmínkách se nevytvářejí zralá semena, která by se mohla nechtěně šířit do krajiny.

Na hnojení dusíkem není ozdobnice náročná. Podle půdně-klimatických podmínek a vybraného druhu ozdobnice většinou postačuje každoroční přihnojení dávkou 50 až 80 kg/ha. Lze doporučit jarní termín sklizně. Snížení výnosů fytohmoty v porovnání s podzimním termínem sklizně o 25 až 30 % je vyváжено zvýšenou kvalitou paliva (z hlediska technického a tvorby emisí). Při jarním termínu sklizně byl zjištěn nižší obsah většiny prvků při porovnání s podzimním termínem sklizně, což je také výhodné pro samotný proces spalování.

Z domácích i zahraničních výsledků výzkumu z mnoha zemí Evropy lze konstatovat, že tento rostlinný druh je velmi zajímavý z hlediska produkce rostlinných surovin. Výnosový potenciál ozdobnice předstihuje možnosti všech domácích druhů, včetně rychle rostoucích dřevin.

DEDIKACE

Tento příspěvek byl připraven za podpory projektu MZe ČR - RO0415.

LITERATURA

- Bischoff R., Emmerling R., 1995. Demands and performance of *Miscanthus sinensis* - five-year results at a dry site. Kongressband 1995 Garmisch-Partenkirchen. Vortrage zum Generalthema des 107. VDLUFA-Kongresses vom 18.-23.9.1994 in Garmisch-Partenkirchen: Grünland als Produktionsstandort und Landschaftselement: 241-244.
- Bullard M. J., Nixon P. M. I., Heath M. C., 1997. Quantifying the yield of *Miscanthus x giganteus* in the UK. Biomass and energy crops. Meeting of the Association of Applied Biologists, 7-8 April 1997, Royal Agricultural College, Cirencester, UK. Aspects of Applied Biology. No. 49, 199-206.
- Clifton-Brown J. C., Lewandowski I., Andersson B., Basch G., Christian D. G., Kjeldsen J. B., Jørgensen U., Mortensen J. V., Riche A. B., Schwarz K. U., Tayebi K., Teixeira F., 2001. Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe. *Agronomy Journal*. 93: 5, 1013-1019.
- Himken M., Lammel J., Neukirchen D., Czipionka-Krause U., Olf H. W., 1997. Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil*. 189: 1, 117-126.

- Hůla J., Procházková B., 2002. Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. Zemědělské informace ÚZPI, č. 3, 103 s.
- Kees D., 1993. Unkrautbekämpfung bei Miscanthus sinensis. In.: Tagungsband zum Fachgespräch Miscanthus. CARMEN, Rimpar: 88-89.
- Kristensen E.F., 1994. Harvesting technique and combustion of elephant grass (miscanthus sinensis „gigantheus“) in farm heating plants.“ In: European conference on biomass for energy, environment, agriculture and industry. Book of Abstracts from International Conference. Viena-Austria, October 1994: 184-185.
- Raus A., Šabatka J., 1999. Vliv půdoochranného zpracování půdy na půdní organickou hmotu. Úroda 47, 6: 16-17.
- Semere T., Slater F.M., 2007. Ground flora, mammal and bird species diversity in Miscanthus (Miscanthus x giganteus) and reed canary grass (Phalaris arundinacea) fields. Biomass and Bioenergy, Vol. 31, 1, 20-29.
- Stražil Z., 2007. Study of Miscanthus sinensis – source for energy utilization. Proceedings of the International Conference from 15th European Biomass Conference and Exhibition from Research to Market Deployment. Berlin, 7-11 May 2007: 824-827.
- Stražil Z. 2007a. Agro-ecological approaches when growing herbaceous energy plants and their effect on soil and the environment. (Agroekologické přístupy při pěstování energetických bylin a jejich vliv na půdu a životní prostředí). In: Proceedings from the scientific conference with international participation “The tree and flower – a part of life”, VÚKOZ Průhonice, 4. – 5. 9. 2007: 143-146.
- Stražil Z., 2009. Základy pěstování a možnosti využití ozdobnice (Miscanthus). Uplatněná metodika pro zemědělskou praxi. Ed.: VÚZT Praha, 48 s.
- Weger J., Stražil Z., Hutla P., 2011. Produkční a energetické vlastnosti ozdobnice (Miscanthus sp.) pěstované v podmínkách České republiky. (Production and energy characteristics of Miscanthus (Miscanthus sp.) grown in conditions of the Czech Republic). Acta Pruhonicensia 97: 13–26.
- Weigel A., Kubát J., Korschens M., Powlson D.S., Mercik S., 1998. Determination of the decomposable part of soil organic matter in arable soils. Arch. Acker. - Pfl.-Bau Bodenkunde, 43: 123-143.

Kontaktní adresa:
Ing. Zdeněk Stražil, CSc.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507
161 06 Praha 6 – Ruzyně
e-mail: strasil@vurv.cz