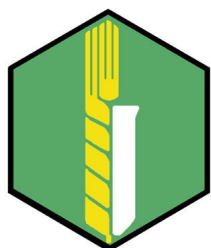




Sergej Ust'ak

**Možnosti pěstování mužáku prorostlého
Silphium perfoliatum L. pro výrobu bioplynu**

METODIKA PRO PRAXI



Výzkumný ústav
rostlinné výroby, v.v.i.

2012

Metodika vznikla za finanční podpory MZe ČR a je jedním z výstupů řešení projektu NAZV QH91170 „Nízkonákladové půdoochranné technologie pro produkci konzervované rostlinné biomasy jako suroviny pro výrobu bioplynu na základě pěstování pícnin“ a VZ MZE0002700604 „Trvale udržitelné systémy pěstování zemědělských plodin pro produkci kvalitních a bezpečných potravin, krmiv a surovin“ (po 50 %).

Metodika je určena pro zemědělce, zemědělské poradce, provozovatele bioplynových stanic a všechny zájemce o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie.

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM- České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - odborem environmentálním a ekologického zemědělství pod č. j. 7 / 2012.

Oponenti: 1) za státní správu: Ing. Jiří Jungr (MZe ČR)

2) za odbornou veřejnost: Ing. Petr Hutla, CSc. (VÚZT Praha)

Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2012

ISBN: 978-80-7427-099-4

Sergej Ust'ak

**Možnosti pěstování mužáku prorostlého
Silphium perfoliatum L. pro výrobu
bioplynu**

METODIKA PRO PRAXI

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2012

Možnosti pěstování mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* L. pro výrobu bioplynu

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, provozovatelům bioplynových stanic a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o perspektivní netradiční plodině – mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* L. Doposud komplexní metodika pěstování této plodiny v podmínkách ČR zpracována nebyla. Publikace poskytuje základní botanickou charakteristiku rostliny, specifikuje půdně-ekologické nároky rostliny na stanoviště, popisuje způsoby zakládání porostů, agrotechniku pěstování, hnojení, ochrany rostlin, sklizně a posklizňového ošetření za účelem následné konzervace silážováním a produkce bioplynu. Na závěr je uveden přehled výnosů biomasy a potenciální produkce bioplynu, zejména metanu, včetně jejich ekonomického hodnocení.

Klíčová slova: mužák prorostlý; vytrvalá bylina; plodina pro bioplyn; výtěžnost metanu; pěstitelské technologie; ekonomické hodnocení

Possibilities of cultivation of cup-plant *Silphium perfoliatum* L. for biogas production

The aim of the methodology is to provide farmers, agricultural advisors, providers of biogas stations and anyone interested in growing and processing of agricultural biomass as a renewable source of raw materials and energy the basic information about a prospective non-traditional crop – cup-plant *Silphium perfoliatum* L. Up to now, a comprehensive methodology for cultivation this crop in conditions of the Czech Republic is not processed. The publication provides basic botanical characteristics of the crop, specifies its soil and ecological habitat requirements, describes the agricultural technologies for seeding, cultivation, fertilization, plant protection, harvesting and post-harvest treatment and gives an overview of potential productivity and main utilization possibilities, especially for biogas.

Key words: cup-plant; perennial herb; biogas crop; methane yields; agricultural cultivation technologies; economic evaluation

O B S A H

I. CÍL METODIKY.....	4
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY.....	4
1. Úvod.....	4
2. Základní popis plodiny	5
3. Botanický popis plodiny.	6
4. Nároky na stanoviště.....	7
5. Optimální pěstitelské postupy a agrotechnika.	7
5.1. Předplodiny, krycí a následné plodiny	7
5.2. Nároky na stanoviště, příprava půdy a základní hnojení	8
5.3. Osevní postup	9
5.4. Ochrana.....	11
5.5. Sklizeň a posklizňové postupy	12
5.6. Potřeba živin a hnojení digestátem.....	13
6. Výnosy a kvalita rostlinné produkce	21
7. Ekonomika pěstování.....	24
8. Potenciál využití plodiny a možnosti uplatnění metodiky.....	27
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ.....	29
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY.....	29
V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	30
VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	31

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, provozovatelům bioplynových stanic a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o perspektivní netradiční plodině – mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* L. Doposud komplexní metodika popisující možnosti pěstování a využití této plodiny v podmínkách ČR zpracována nebyla. V úvodu metodika poskytuje základní botanickou charakteristiku rostliny a specifikuje půdně-ekologické nároky rostliny na stanoviště. Dále metodika popisuje ve formě příručky pro pěstitele technologické postupy pro zakládání porostů, agrotechniku pěstování, hnojení, ochranu rostlin, sklizeň a konzervaci silážováním pro výrobu bioplynu a poskytuje jejich ekonomické hodnocení. Na závěr dává přehled výnosového potenciálu a možností využití mužáku pro výrobu bioplynu, včetně podrobného ekonomického hodnocení.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY.

1. Úvod.

Snížení zastoupení víceletých pícnin v osevním sledu, které s ohledem na významný úbytek stavu hospodářských zvířat dosáhlo v posledních dvaceti letech stovek tisíc hektarů, nepříznivě ovlivňuje kvalitu zemědělské půdy. Dochází ke zvýšení eroze a zhutnění půdy, dále k degradaci půdní organické hmoty a k celkovému snížení půdní úrodnosti. Proto je aktuálním tématem pro české zemědělství uplatnění nových udržitelných technologií za účelem produkce a využití rostlinné biomasy pro nepotravinářské účely, které podporuje rozšíření pěstování nových netradičních plodin.

V poslední době se s ohledem na podporu obnovitelných zdrojů energie nejvíce rozvíjí pěstování zemědělských plodin za účelem výroby bioplynu. Největšího rozšíření pro tyto účely dosáhlo pěstování a využití kukuřice, která pokrývá cca $\frac{3}{4}$ potřeby produkce rostlinné biomasy pro bioplyn [4-5]. Kukuřice je vysokoprodukční plodinou, ale její pěstování vyžaduje uplatnění intenzivní agrotechniky, což v kombinaci s pomalým růstem v první půlce vegetačního období činí tuto plodinu erozně velmi

nebezpečnou. Proto má kukuřice v ČR s ohledem na obvykle vysokou členitost terénu významná omezení ve výběru vhodných ploch pro její pěstování.

Pro účinnou ochranu půd proti erozi a degradaci se nejvhodnější volbou jeví pěstování plodin vytrvalých, které nejenže snižují nebezpečí eroze půd, ale snižují rovněž celkové ekonomické náklady na jejich pěstování. Na základě dlouhodobého výzkumu autorského pracoviště byl pro výše popsané účely jako jednou z nejperspektivnějších plodin, označen mužák prorostlý *Silphium perfoliatum* L. Tuto netradiční pícevinu lze využít nejenom pro produkci krmiv, ale především jako surovinu vhodnou pro výrobu bioplynu. Jelikož se jedná o jednu z mála dlouhověkých plodin schopných růst na jednom stanovišti až 20-25 let, její pěstování může zajistit nejenom vysokou produkci technické fytomasy pro výrobu bioplynu, ale zabezpečit i efektivní zvýšení protierozní stability [1-3; 6-12].

2. Základní popis plodiny

Mužák prorostlý *Silphium perfoliatum* L. je víceletá bylina z čeledi rostlin hvězdicovitých (*Asteraceae*). Pochází ze severní Ameriky, kde se vyskytuje především v údolích řek a jezer. V Evropě se v přírodní flóře vyskytuje pouze jako zavlečená rostlina. Tato rostlina je příbuzná jedné z nejdůležitějších zemědělských plodin, a to slunečnici roční (*Helianthus annuus* L.). Na rozdíl od slunečnice, je mužák plodina vytrvalá a na jednom stanovišti ji lze pěstovat 20-25 let. Další důležitou vlastností je to, že tato plodina je vhodná pro pěstování v podmínkách mírného klimatického pásma. V bývalém Sovětském svazu byla zkoumána již ve 30. letech jako netradiční perspektivní krmná rostlina. V 70. - 80. letech se z Ruska dostala i do řady zemí střední Evropy, a to především do Polska a Německa. V té době ale z různých příčin rozsáhlého uplatnění nedosáhla. V současné době se v ČR pěstuje pouze v rámci polních pokusů. V Německu však v současné době se intenzivně rozšiřuje její pokusní pěstování jako velmi perspektivní energetické plodiny pro bioplyn. Po celém Německu bylo založeno cca 170 pokusných provozních ploch této plodiny. Mužák je rovněž poměrně hodně rozšířený jako netradiční krmná plodina v bývalých státech Sovětského svazu [1, 3; 7-9; 11-12].

Dle současných poznatků má mužák prorostlý rozsáhlý potenciál využití jako krmná, technická, medonosná a půdo-ochranná plodina [1-3; 8-9; 11-12]. Bohužel v českém a potažmo ve společném evropském seznamu registrovaných odrůd se žádná odrůda mužáku zatím nevyskytuje. Většinou se v pokusech a v praxi mírného klimatického pásma využívají kultivary mužáku prorostlého, které byly introdukovány z přírodní flóry a které sem byly zavlečeny buď z Ruska nebo ze severní Ameriky. Kultivary ruského původu jsou obvykle produktivnější a zimovzdornější, což je spojeno s desítkami let šlechtitelského výběru.

3. Botanický popis plodiny.

Mužák prorostlý (viz foto č. 1-3) dosahuje v podmínkách mírného klimatického pásma Evropy výšky 220-340 cm. Stonky jsou přímé, silné, duté, ochmýřené, většinou čtyřhranné, ale mohou být šesti- až osmihranné, průměr ve spodní části 15-20 mm. Počet produktivních stonků se pohybuje mezi 6 - 12 kusy. Listy jsou tmavě zelené, sršavé, ozubené, velké, vejčité-kopinaté, okraje listové destičky jsou ozubené. Délka listů dosahuje 30 cm, šířka 13 až 15 cm, rozmístění listů je vstřícné. Horní listy jsou bez řapíků a sedí přímo na stonku, který jakoby prorůstá skrz listy, odkud pochází i druhový název plodiny – mužák prorostlý. Naproti tomu, spodní listy jsou umístěny na dlouhých řapících. Květy jsou drobné a shromážděné v mnohokvětém útvaru nazývaném úbor o průměru 3-6 cm. Na jednom stonku je obvykle umístěno 16-20 květních úborů. Úbor je složený z mnoha květů, a to jazykovitých a trubkovitých. Trubkovité jsou pravidelné s korunou trubkovitou a tvoří ve střední části úboru terč. Jazykovité květy jsou souměrné s korunou jazykovitou, výše rozšířenou v plochou, nápadnou ligulu (viz foto č. 3). Plodem je dvoukřídlá nažka světlehnědé barvy (viz foto č. 4). Hmotnost 1000 semen je 18-25 gramů. Kořenový systém je silný, dobře vyvinutý. V prvním roce po výsevu vytváří mužák především kořenový systém. V průběhu let se od sebe kořeny rozpadají a vytváří tak za 6 až 8 let 8 až 12 jednotlivých odnoží. Porosty mužáku jsou po 3-4 letech zahuštěny a potlačují většinu plevelů.

4. Nároky na stanoviště

Výsledky našeho výzkumu potvrzené konfrontací s literárními zdroji ze zahraničí [1-9; 11-12] svědčí, že mužák prorostlý je velmi perspektivní energetická plodina s řadou jedinečných vlastností. Je to vytrvalá plodina a vydrží při vhodné agrotechnice na stejném stanovišti až 20-25 let. První demonstrační parcelka této plodiny byla založena na stanici VÚRV, v.v.i. v Chomutově v roce 1992, tj. staří tohoto porostu je již 20 let a doposud je v dobrém vegetačním stavu. Je to ranná plodina velmi odolná vůči vymrzání, vyžaduje však dobré vlhkostní poměry. Z těchto důvodů jsou pro pěstování mužáku prorostlého vhodné podmínky mírného klimatického pásma. Plodina však nesnáší zastínění a vyžaduje slunné stanoviště, proto pro její pěstování raději volíme jižní nebo jihozápadní svahy. Svažitosť není na závadu, neboť ponecháním vyššího strniště (cca 10-12 cm) zvyšujeme odolnost pozemků vůči větrné a vodní erozi.

Při výběru vhodné lokality rozhodují ne tolik klimatické podmínky a nadmořská výška, neboť tato plodina je mrazuvzdorná a na teplo nenáročná, ale kvalita půdy, především její kyselost a obsah minerálních živin. Mužák vyžaduje téměř neutrální až mírně alkalické půdy. Limitujícími podmínkami pro pěstování je zamokření, neboť vysoká hladina půdní vody způsobuje uhnívání kořínků. Vůči suchu je docela odolný, nedostatek vody v půdě v průběhu vegetačního období však snižuje produktivitu porostů. Z hlediska agrochemických vlastností půd nepříznivě na růst mužáku působí vysoká kyselost nebo alkalita půd (pod pH 5,5 a nad 8,5) a nízký obsah fosforu (pod 50 mg/kg půdy ve výluhu Mehlicha III).

5. Optimální pěstitelské postupy a agrotechnika.

5.1. Předplodiny, krycí a následné plodiny

Mužák není náročný na předplodinu, není ho však vhodné vysévat na pozemcích, kde byly v předchozích letech aplikovány přípravky s účinnou látkou atrazine, trifluralin a chlorsulfuron. Krycí plodiny nejsou vhodné, neboť plodina je náročná na světelné podmínky, zejména v prvním roce vegetace. Nejvhodnějšími předplodinami jsou okopaniny, ozimé obiloviny nebo řepka. Při pěstování mužáku za účelem zúrodnění

půd považujeme za nejvhodnější následnou plodinu travní nebo jetelotravní směs. Cílem je založení trvalého travního porostu na dobu 3-5 let, který nejvíce zužitkuje a rozvine zúrodnitelný efekt předchozího pěstování mužáku větším nahromaděním organické hmoty v půdě, zvýšením její strukturnosti a biologické aktivity.

5.2. Nároky na stanoviště, příprava půdy a základní hnojení

Mužák prorostlý jako plodinu vytrvalou pěstujeme na orné půdě mimo osevní sled. Můžeme ho pěstovat i na málo využitelných pozemcích – erodovaných, kontaminovaných, degradovaných a půdách jinak postižených antropogenní činností, ale pouze za předpokladu vydatného organického hnojení. Tato plodina je vhodná i pro okrajové (marginální) oblasti, vyžaduje však teplé polohy, chráněné proti silným větrům. Roste skoro na jakékoliv půdě, ale samozřejmě čím je půda méně úrodná, tím jsou výnosy nižší. Nejvyšších výnosů dosáhneme na půdě dobré, s hlubokou orniční vrstvou a bohatou zásobou humusu a základních živin. Nevhodné jsou půdy zamokřené, extrémně kyselé a silně kamenité.

Na kyselých půdách s $\text{pH} < 5,5$ je nutno před založením porostu mužáku provést důkladné vápnění. Dle údajů ÚKZÚZ činí celková rozloha kyselých půd v ČR cca 15 %. Před zakládáním porostu na lehčích půdách použijeme dolomitický vápenec cca 2-2,5 t/ha, na těžších půdách lze použít i pálené vápno 1,5-2 t/ha. Přesnou dávku určíme na základě agrochemických rozborů. Po 4-6 letech v případě poklesu pH pod hodnotu 5,5 je nutné vápnění zopakovat.

Optimální postup předset'ové přípravy půdy zahrnuje podzimní středně hlubokou až hlubokou orbu. Důrazně se doporučuje spojit podzimní orbu s aplikací zvýšených dávek fosforu a zejména draslíku, a to P_2O_5 75 kg/ha a K_2O 300 kg/ha. Dávky hnojiv můžeme upřesnit na základě agrochemických rozborů půd. S ohledem na v podmínkách ČR běžnou dostačující zásobu draslíku (nad 170 mg K v 1 kg půdy ve výluhu Mehlicha III) a nízkou fosforu (pod 50 mg P v 1 kg půdy ve stejném výluhu) doporučujeme v takovém případě provést příslušnou korekci dávek. Pro podobné pozemky je vhodné snížit dávky draslíku na 150 kg K_2O a zvýšit dávky fosforu na 120 kg P_2O_5 na 1 ha. Velmi vhodná je i předběžná aplikace organických hnojiv nejlépe kompostové kvality (C_{ox}

min. 12,5 %, N_{tot} min. 0,6%) v dávce 40-60 t/ha. V případě současného použití organických a minerálních hnojiv volíme obvykle nižší dávky s odpočtem obsahu živin v použité dávce kompostu nebo organického hnojiva.

Jelikož mužák prorostlý je vytrvalá plodina s extrémně dlouholetým produkčním potenciálem, výběru vhodného pozemku věnujeme zvláštní pozornost. Jako většina vytrvalých plodin, vyžaduje mužák před setím důkladné odplevelení a pečlivé agrotechnické zpracování půdy. Rovněž v prvním roce vegetace vyžaduje mužák náročnější péči. Proto musí být půda k setí velice pečlivě připravena, což usnadní údržbu porostů. Optimální postup přípravy zahrnuje podzimní středně hlubokou až hlubokou orbu s pečlivým urovnáním povrchu smykováním a vláčením. Na vzešlé plevele před setím aplikujeme vhodné chemické přípravky totálního charakteru, jako jsou herbicidy typu Roundup a Touchdown v dávce cca 2-3 l/ha (dávku upřesníme dle návodu na konkrétní přípravek). Tři až čtyři týdny před setím (nebo sázením) doporučujeme převláčet pozemek lehkými branami nebo mělce prokypřit kombinátorem či rotavátorem.

5.3. Osevní postup

Optimální termíny setí mužáku jsou následující: na podzim – 3. dekáda října až 1. dekáda listopadu; na jaře - 2. až 3. dekáda dubna. Důležitou podmínkou při podzimním termínu výsevu je neproklíčení semen do začátku mrazů, čímž je v průběhu zimního období zajištěna potřebná stratifikace semen. Před osemem půdu připravíme do jemné drobtovité struktury s následným důkladným válcováním. Setí se provádí do širokých řádků (36 - 72 cm). Výsevek činí 8-12 kg/ha, při setí za účelem produkce osiva volíme širší řádky a nižší výsevky. HTS mužáku je 18 - 24 gramů, tj. v 1 gramu je cca 40 - 55 semen. Při setí na jaře vyžaduje osivo dvouměsíční stratifikaci (tj. vystavení semen teplotám v rozmezí 3-5 °C ve vlhkém prostředí za občasného promíchávání za účelem okysličení).

Výsev provádíme do hloubky cca 0,5-1 cm na těžkých půdách, 1-2 cm na půdách středně těžkých a 2-3 cm na půdách lehkých. Po setí je třeba provést další válení. Další ošetření porostů spočívá ve vláčení po

vzejití a jedno- až dvojnásobném meziřádkovém plečkování za účelem mechanického odstranění plevelů a kypření půdy.

Hlavními možnými příčinami špatného vzcházení mužáku mohou být nestratifikované osivo, špatně připravený povrch půdy, nedostatek vláhy pro klíčení a přežití nezesílených rostlin v prvních 2-3 týdnech po vzejití, špatný kontakt mezi půdou a semenem, příliš velká nebo nerovnoměrná hloubka setí apod. Hlavní primární příčinou těchto jevů je pomalý růst v počátečním období. Malé nezesílené rostlinky jsou více choulostivé k podmínkám růstu a ochraně. Právě proto se vyžaduje pečlivá příprava půdy a dodržení správné hloubky setí. Pro zabezpečení rovnoměrné hloubky setí, lepšího kontaktu semena s půdou a zlepšení zásobení klíčků rostlin vláhou doporučujeme půdu po setí uválet hladkými válci.

Při výskytu jednoděložných plevelů (pýr apod.) použijeme chemické ošetření jedním z vhodných herbicidů (např., Fusilade Super nebo Targa Super v dávce 1-1,5 l/ha nebo Gallant Super 1,5-2 l/ha). Podmínkou aplikace herbicidů je nárůst plevelů do výšky cca 5-15 cm, aby vznikla dostačující asimilační plocha pro dobrou akumulaci herbicidů do pletiv plevelných rostlin. Proti dvouděložným plevelům zatím vhodné prostředky nalezeny nebyly.

Před koncem vegetace na podzim porosty posečeme do výšky cca 10-15 cm. Pro maloplošné pěstování doporučujeme předpěstovat sazenice, nejlépe v zimním období. Na stanoviště vysazujeme rostlinky na jaře, když dorostou cca 10-15 cm. Kvetete teprve ve druhém roce.

V druhém roce a dalších letech vegetace začíná růst mužáku v jarním období, obvykle koncem dubna – začátkem května. Růstové fáze se liší podle podmínek pěstování a obvykle nastávají v následujících termínech: růst stonků - za 35 až 42 dnů od vzejití; tvorba pupat - 75 až 86 dnů; kvetení a opylení - 100 až 160 dnů; tvorba plodů - 120 až 180 dní; zrání plodů - 140-200 dní. Suma teplot, potřebných pro kvetení činí 1550 až 1650 °C, pro plnou zralost - 2500 až 2700 °C. Vegetace se nezastavuje, pokud průměrná teplota vzduchu neklesne pod 5 °C.

Od druhého roku života porostu mužáku spočívá její agrotechnické ošetření především ve vláčení kolmém k stávajícím řádkům a přihnojení, a to na začátku vegetace a po sklizni. V případě potřeby se uskutečňuje vhodná ochrana porostů proti plevelům, chorobám nebo škůdcům.

5.4. Ochrana

V prvním roce života jsou porosty mužáku jako i většiny ostatních vytrvalých vysokoprodukčních rostlin velice náročné na pravidelné odplevelení. Účinné odplevelení v prvním roce vegetace je základem úspěšného založení vytrvalého porostu. Pro tyto účely je vhodné kombinovat chemické postřiky a mechanické zásahy, především plečkování a kypření meziřádků. Klíčící rostliny jsou drobné, nerovnoměrné a objevují se za 1,5-2,5 týdny po výsevu. První dva měsíce rostou velice pomalu a jsou extrémně citlivé na ochranu proti plevelům. V tomto období při zanedbání péče o ochranu porostů může dojít až k úplnému vyhynutí jinak dobře naklíčených rostlin mužáku. Jedním z univerzálních podpůrných způsobů likvidace hustších plevelů u mladých porostů mužáku je sečení a mulčování plevelů vysokých 10-15 cm, které provádíme ve výšce 6-8 cm nad zemí.

Na pozemcích silně zaplevelených jednoděložnými plevely (zejména pýrem) provádíme likvidaci plevelů jedním z vhodných chemických postřiků (např. Fusilade Super nebo Targa Super v dávce 1-1,5 l/ha, nebo Gallant v dávce 1,5-2 l/ha). Minimálním požadavkem pro aplikaci je vývoj prvních 2 pravých listů trávovitých plevelů. Použijeme aplikační návod přípravku pro slunečnici.

V případě výskytu dvouděložných plevelů použijeme Lentagran, Basagran nebo Kerb 50W. Dobře účinkují především na následující spektrum plevelů: merlík bílý, kokoška pastuší tobolka, kopřiva žahavka, drchnička rolní, tetlucha kozí pysk, laskavec ohnutý, zemědým lékařský, pětour srstnatý, mléč zelinný, mléč drsný, lebeda rozkladitá, mák vlčí, starček obecný, lilek černý, hluchavky, ptačinec žabinec apod. Optimální fenologická fáze plevelů pro aplikaci těchto přípravků je vývoj 2–6 pravých listů. Abychom nepoškodili cílovou plodinu, postupujeme s velkou obezřetností a přesně dodržujeme aplikační návody jednotlivých přípravků pro slunečnici.

Proti působení chorob a škůdců je mužák velmi odolný a ochranu obvykle nevyžaduje. Pokud by se v tomto směru vyskytly nějaké problémy, musíme se obrátit za radou na odborné pracoviště (VÚRV, VÚPT apod.). V jednodušších případech (výskyt plísně nebo škůdců) aplikujeme běžné přípravky dle postupů pro ochranu jetelovin.

5.5. Sklizeň a posklizňové postupy

Termíny sečí a jejich počet se u porostů mužáku stanoví individuálně podle účelu rostlinné produkce a půdně-klimatických podmínek stanoviště. Obdobně jako i u ostatních vytrvalých bylin, sklizeň mužáku v suchém stavu na seno nebo po ukončení vegetace a využití pro přímé spalování není s ohledem na vysoký obsah dusíku a nízký obsah celulózy a hemicelulózy vhodná. Navíc, vegetační období u mužáku je obzvlášť dlouhé – obvykle delší než 200 dnů. Proto nejvhodnější je využití nadzemní fytomasy mužáku jako objemného krmiva nebo jako suroviny pro biozplynování.

Kvalita objemných krmiv je v první řadě závislá na jejich stravitelnosti (event. biozplynovatelnosti), která je zase závislá na biochemickém složení fytomasy. Stravitelnost a biozplynovatelnost pícejnin nejvýznamněji ovlivňuje obsah vlákniny, který se zvyšuje se stárnutím rostlin. Při vysoké užitkovosti skotu a ovcí má být obsah vlákniny v sušině celkové krmné dávky max. 15 %, v záchovné dávce max. 30 %. Mladé pícniny jsou dobře stravitelné a fermentovatelné. Stárnutím rostlin dochází k jejich lignifikaci a stravitelnost se rychle zhoršuje, i když se to projevuje u bylin v daleko menší míře nežli u trav. Z toho vyplývá, že kvalitu fytomasy lze významným způsobem ovlivnit stanovením vhodného termínu sklizně.

Dalšími podmínkami pro získání kvalitního krmiva nebo suroviny pro bioplyn z fytomasy mužáku je vhodné provedení operací sklizně a dopravy a zajištění optimálního procesu konzervace za účelem uskladnění. V tomto ohledu jsou nejdůležitějšími parametry, kromě biochemického složení, sušina fytomasy v době sklizně a délka řezanky. Pro silážování mužáku je vhodná sušina v rozmezí 24-32 % a délka řezanky 3-5 cm. Pro senážování potřebujeme nejdříve uskutečnit zavádání sklizené fytomasy na sušinu v rozmezí 35-55 % a potom nařezat na délku cca 5-8 cm.

Při využití fytomasy mužáku na krmivo nebo za účelem produkce bioplynu sklízíme plodinu na zeleno při sušině cca 20-25 %. Je to obvykle ve stádiu nasazení poupat až kvetení. V případě jednorázové sklizně na bioplyn posouváme termín seče na konec kvetení – začátek dozrávání semen, kdy obsah sušiny dosahuje hodnot 24-30 % a jeho výnosy jsou nejvyšší. V našich přírodních podmínkách lze však většinou uskutečnit

v průběhu vegetace 2 seče, při zvláště dobrých podmínkách dokonce i 3 seče, přičemž výnosy jednotlivých sečí dosahují cca 20-40 tun zelené hmoty z 1 ha. Při dvousečné sklizni první seč uskutečníme o cca 15-20 dní dříve než při jednosečné sklizni, obvykle ve stádiu tvorby pupenů (nejpozději začátkem kvetení), a to na nižší strniště (cca 6-8 cm). Při druhé podzimní seči obvykle necháváme strniště vyšší (10-12 cm), zejména na svazích, a to za účelem snížení vodní a větrné eroze a zadržení sněhové pokrývky v průběhu mimovegetačního období. Je však nutné dbát na to, aby mezi poslední sečí a nástupem mrazu zbyl minimálně 1 měsíc na zotavení porostu za účelem dobrého přezimování. Při vícesečné sklizni je nutné alespoň jednou za 3-5 let nechat porost projít vegetační zralostí, tj. nechat porost vytvořit a alespoň částečně dozrát semena. Tímto zásahem pomůžeme významně prodloužit dlouhověkost porostů mužáku a snížit jeho vysílení častým sečením.

Mužák lze poměrně dobře silážovat a tím konzervovat na krmivo nebo surovinu pro produkci bioplynu. Ve srovnání s kukuřicí má však při silážování cca 1,5-2x větší ztráty organické sušiny, tj. cca 6-8 %. Proto pro snížení ztrát a zvýšení stability siláží je vhodné používat konzervanty, např. kyselinu mravenčí v dávce cca 5 l na 1 t siláže nebo biologické přípravky dle doporučení výrobců. Obzvláště vhodná je příprava siláže ze směsi mužáku a trav. Přídavek trávy zlepšuje silážovatelnost, krmnou hodnotu a následnou výtěžnost bioplynu. V tomto případě využití konzervantů není racionální.

V případě sklizně na zeleno pro produkční účely je vhodné posklizňové přihnojení, např., kejdou v dávce 10 tun/ha nebo NPK 30-45 kg na 1 ha. V případě použití biomasy na bioplyn je velmi výhodné zpětné využití neseparovaného digestátu z bioplynové stanice (BPS) pro závlahové hnojení. V případě sklizně biomasy mužáku po ukončení vegetace žádné dodatečné přihnojení neprovádíme. Podrobnosti o problematice hnojení porostů jsou uvedeny v další kapitole.

5.6. Potřeba živin a hnojení digestátem

Pěstování zemědělských plodin na zelenou hmotu v případě použití na bioplyn nebo krmivo je obvykle spojeno s větším odsunem základních živin. Roční odběr živin z pole odvezenou fytomasou spolu se zásobou

živin v půdě je základem pro stanovení tzv. kompenzačních dávek hnojení. Následující tabulka č. 1 obsahuje údaje o průměrném obsahu základních živin v nadzemní hmotě mužáku při sklizni v době květu a odběru živin z pole při průměrném výnosu sušiny 15 t/ha. Připomínáme, že tyto výnosy mohou být u mužáku i vyšší (do 20-25 tun sušiny z 1ha), ale na horších půdách a při extenzivní agrotechnice i nižší (pod 10 t/ha).

Tabulka 1. Průměrný obsah základních živin v nadzemní biomase mužáku sklizené v době květu a odběr živin z pole při výnosu 15 tun sušiny z 1 ha

Parametr	N	P	K	Ca	Mg	S
Obsah živin v % sušiny fytomasy	1,17	0,27	2,04	1,95	0,415	0,082
Odběr živin v kg/ha čistých živin	176	40,5	306	293	62,3	12,3

Hnojení věnujeme zvýšenou pozornost především při založení porostu, kdy hnojíme do zásoby, zejména fosforem (P) a draslíkem (K). Doporučujeme začínat přípravu v ročním předstihu a použít dle možnosti organická hnojiva. Při pěstování biomasy za účelem produkce bioplynu je nejvhodnější pro hnojení dusíkem (N) a ostatními živinami použití hnojivého odpadu z bioplynových stanic (BPS) neboli tzv. digestátu. Stanovené námi průměrné obsahy základních živin v digestátu zemědělských bioplynových stanic uvádí tab. č. 2. Pozor, v případě že se nejedná o zemědělskou BPS, musí být digestát registrovaný u ÚKZÚZ jako organické hnojivo.

Tabulka 2. Průměrný obsah základních živin v digestátu zemědělských bioplynových stanic ($n = 16$)

Substrát	Sušina %	Reakce pH/H ₂ O	Celkový obsah živin v %						Org. látky %	Popel %
			N	P	K	Ca	Mg	S		
digestát – sušina	100	8,50	4,5	1,1	7,50	3,20	0,90	0,11	70	30
digestát – pův. hmota	8,00	8,50	0,36	0,09	0,60	0,26	0,07	0,01	5,6	2,4

Při využití organických hnojiv, zejména digestátů BPS v případě pěstování mužáku na bioplyn, provedeme odpovídající korekci (snížení) dávek minerálních hnojiv.

Na kyselých půdách s $\text{pH} < 5,5$ je nutno před založením porostu mužáku provést vápnění. Dle údajů ÚKZÚZ činí celková rozloha kyselých půd v ČR cca 15 %. Před zakládáním porostu na lehčích půdách použijeme dolomitický vápenec cca 2-2,5 t/ha, na těžších půdách lze použít i pálené vápno 1,5-2 t/ha. Po 3-5 letech v případě poklesu pH pod hodnotu 5,5 je nutno vápnění zopakovat, ale vždy v kombinaci s kultivací porostů diskovými branami nebo rotavátorem, která se provádí obvykle koncem léta nebo na začátku podzimu (nejpozději však do 1.10.) jednou za 2-3 roky za účelem provzdušnění kořenů a regeneraci porostů.

Při setí doporučujeme použít jako startovací prostředek kombinované hnojivo NPK v dávce 25-50 kg čistých živin na 1 ha.

Ze základních živin je nejdražší hnojení fosforem (P). Aplikace fosforečných hnojiv vyjde až 2-4x násobně draž ve srovnání s cenou aplikace potřebných dávek dusíku a draslíku, proto tomuto hnojení věnujeme nejvyšší pozornost. Aplikujeme libovolné hnojivo obsahující fosfor (většinou superfosfát), a to pouze při nízké a velmi nízké zásobě přístupného P (méně 50 mg/kg půdy dle rozborů Mehlich-III). Před setím hnojíme v dávce P_2O_5 90-120 kg/ha, tj. 500-670 kg/ha 18% superfosfátu. Průměrná cena této dávky hnojiva je v cenových relacích roku 2011 cca 3100-4200 Kč/ha. V dalších letech používáme poloviční dávky fosforečných hnojiv, tj. 45-60 kg P_2O_5 /ha nebo 250-330 kg/ha 18% superfosfátu. Jarní hnojení P lze kombinovat s hnojením N.

Při využití organických hnojiv (především digestátu v případě pěstování mužáku na bioplyn) provedeme odpovídající korekci dávek minerálních hnojiv. Při vyšším obsahu P v půdě hnojení fosforečnými hnojivy neprovádíme vůbec (můžeme použít pouze startovací dávku při setí v dávce 30-45 kg P_2O_5 /ha nebo 170-250 kg/ha 18% superfosfátu). Dle údajů ÚKZÚZ celková rozloha půd s velmi nízkou a nízkou zásobou fosforu činí v ČR v průměru 25 %, což znamená, že ve většině případů na fosforečných hnojivech můžeme významně ušetřit. Poslední výzkumy však prokázaly, že průměrná zásoba fosforu nad 50 mg/kg půdy je životně důležitá pro úspěšné založení porostů a dále pro jeho dlouhodobou udržitelnost a konkurenční schopnost vůči plevelům. Například, při setí můžeme vynechat dusíkaté hnojivo, ne však hnojivo fosforečné, zejména v případě jeho nízkého obsahu v půdě.

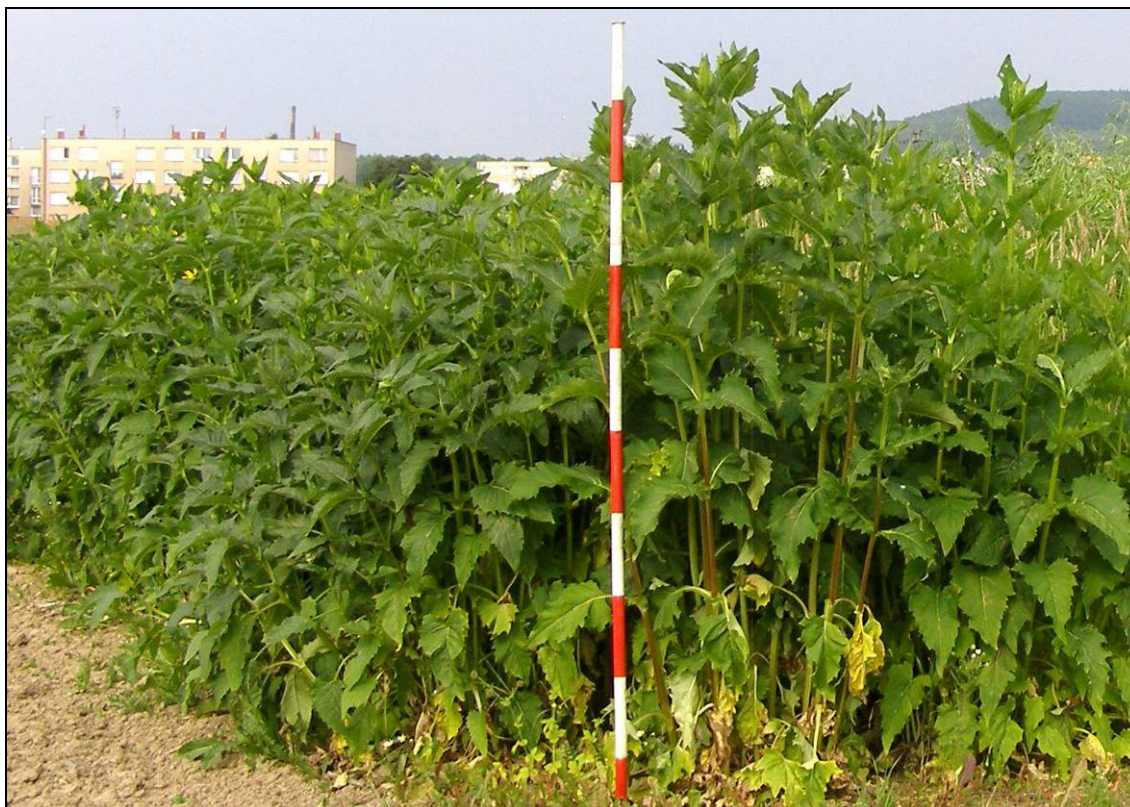


Foto 1. Víceletý porost mužáku prorostlého před květem



Foto 2. Víceletý porost mužáku prorostlého ve stádiu jarního obrůstání listů



Foto 3. Květ mužáku prorostlého v detailu



Foto 4. Semena mužáku prorostlého

Obdobným způsobem přistupujeme ke hnojení draslíkem (K). Aplikujeme libovolné hnojivo obsahující draslík (většinou draselná sůl – DS), a to pouze při nízké a velmi nízké zásobě přístupného K (méně 170 mg/kg půdy dle rozborů Mehlich-III).

Před založením porostů hnojíme v dávce 90-120 kg K₂O/ha, tj. 150-200 kg/ha 60% draselné soli (DS). Průměrná cena této dávky hnojiva je v cenových relacích roku 2011 cca 1800-2400 Kč/ha. Při údržbě již založených porostů používáme poloviční dávku 45-60 kg K₂O/ha. Jarní hnojení K lze kombinovat s hnojením N. Při využití organických hnojiv, zejména digestátů v případě pěstování mužáku na bioplyn, provedeme odpovídající korekci dávek minerálních hnojiv. Při vyšším obsahu K v půdě hnojení neprovádíme vůbec. Dle údajů ÚKZÚZ činí celková rozloha půd s velmi nízkou a nízkou zásobou draslíku v průměru 12 %, což znamená, že ve většině případů provádět udržovací hnojení draslíkem na porostech mužáku nepotřebujeme.

Jelikož mužák prorostlý pěstujeme především na biomasu, hnojení dusíkem má největší prioritu. Velmi doporučujeme každoroční aplikaci tzv. regeneračního hnojení na počátku obrůstání (březen až duben), a to v dávce 30-60 kg N/ha (LAV, LV), tj. 110-220 kg LAV 27,5%N volně loženého nebo 200-400 kg LV 15%N volně loženého na 1 ha. Místo minerálních hnojiv můžeme pro regenerační hnojení rovněž použít močůvku 15-30 m³/ha, aplikaci kejdy 7,5-15 m³/ha nebo digestátu zemědělské BPS 8-17 m³/ha. Ve všech případech je to ekvivalent cca 30-60 kg/ha N.

Následující tabulka č. 3 uvádí přísun základních živin a organických látek při těchto a hraniční dávce hnojení digestátem BPS, která odpovídá vyhlášce č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů, zejména vyhlášky č. 271/2009 Sb. Dle této novely organická hnojiva se sušinou nižší než 13 %, kam obvykle spadají neseparované digestáty BPS, lze aplikovat v maximální dávce 10 tun sušiny na 1 ha v průběhu 3 let. Z této tabulky je vidět, že využití digestátu BPS umožňuje významně ušetřit na aplikaci minerálních hnojiv.

Tabulka 3. Aplikační dávky živin při různých dávkách průměrného digestátu zemědělských bioplynových stanic

Dávka digestátu, t/ha	Celková dávka živin v kg/ha						Org. látky kg/ha	Popel kg/ha	Sušina kg/ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S			
14	50,4	28,9	101	50,9	16,2	1,4	784	336	1120
28	101	57,8	202	102	32,5	2,8	1568	672	2240
42	151	86,6	303	153	48,7	4,2	2352	1008	3360

Porovnání aplikačních dávek základních živin odpovídajících hraniční dávce průměrného digestátu zemědělských BPS (tj. 10 tun sušiny v součtu za 3 roky) s potřebou kompenzačního hnojení dle hodnot odčerpání živin s výnosem mužáku 15 tun sušiny z 1 ha ukazuje, že tento digestát nahrazuje větší část kompenzační potřeby hnojení základními živinami (viz tabulka č. 4). Například, hnojení digestátem v dávce 42 tun ročně (při průměrné 8% sušině) může více než z 90 % pokrýt potřebu v hnojení mužáku fosforem a více než z 80 % potřeby v hnojení dusíkem a draslíkem. Výsledky rovněž ukazují docela nízké pokrytí potřeby síry, vápníku a hořčíku (v rozmezí 30 - 45 %), což znamená potřebu doplňkového minerálního hnojení těmito prvky. Navíc, tento problém potřebuje dodatečný výzkum. Lze předpokládat, že zvýšení podílu mužáku v surovinové skladbě BPS na úkor kukuřice zvýší kompenzační podíl těchto prvků.

Tabulka 4. Poměr přísunu živin s digestátem BPS v hraniční dávce 10 tun sušiny za 3 roky a jejich odčerpání při výnosu 15 tun/ha sušiny nadzemní hmoty mužáku

Parametr	Množství základních živin v kg na 1 ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Čerpání s výnosem zelené hmoty mužáku 15 t/ha suš.	176	92,8	368	409	103	12
Přísun s hnojením digestátem (roční dávka 42 t/ha, suš. 8 %)	151	87	303	153	46	4
Rozdíl odběru a přísunu živin, kg/ha	-25	-6	-65	-256	-57	-8
<i>Podíl digestátu na celkové kompenzační potřebě živin, %</i>	<i>85,8</i>	<i>93,7</i>	<i>82,2</i>	<i>37,4</i>	<i>44,6</i>	<i>32,5</i>

Regenerační hnojení doporučujeme zopakovat po sklizni, zejména při pěstování na zeleno. Při letním hnojení vystačíme s polovičními dávkami dusíku ve srovnání s jarním hnojením. V případě že se z důvodů špatného počasí nepodařilo provést regenerační hnojení na jaře, můžeme v létě použít plnou jarní dávku hnojení. Rovněž tak musíme dávku dusíku zvýšit při vícenásobné sklizni na zeleno, neboť v tomto případě dochází k daleko většímu odčerpání živin než v případě sklizně dozrálého porostu na suchou hmotu. Musíme však dávat pozor na respektování nitrátové směrnice, zejména na ohrožených půdách. Od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení (obvykle 10.-11. měsíce podle typu hnojiva) je na orné půdě omezeno používání tekutých statkových hnojiv (do 80 kg N/ha) a minerálních dusíkatých hnojiv (do 40 kg N/ha). Celková roční dávka čistého N ve všech formách hnojiv nesmí překročit 170 kg/ha. U porostů mužáku neprovádíme obvykle hnojení dusíkem na podzim nebo po poslední seči.

Místo digestátu lze použít i kaly z čistíren odpadních vod (ČOV). Hnojení kaly se řídí vyhláškou MŽP ČR č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě ve znění pozdějších předpisů. Současně musíme respektovat veškeré požadavky nitrátové směrnice. Tato norma připouští použití max. 5 tun sušiny kalu na 1 ha v průběhu 3 po sobě následujících let, přičemž rozmetat lze kaly s minimální sušinou 18 %.

V následující tabulce č. 5 je uveden průměrný obsah mikroelementů v nadzemní biomase mužáku a pro srovnání i v kukuřici.

Tabulka 5. Průměrné obsahy mikroelementů dle jednotlivých plodin

Plodina	Průměrný obsah mikroelementů, mg/kg sušiny fytomasy							
	B	Fe	Mn	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
Kukuřice (K)	3,7	72	25	0,07	11,5	0,36	0,64	22,5
Mužák (M)	31,7	136,1	41,0	0,32	7,22	0,52	0,85	15,8
<i>Poměr M : K</i>	<i>8,6</i>	<i>1,9</i>	<i>1,6</i>	<i>4,6</i>	<i>0,6</i>	<i>1,4</i>	<i>1,3</i>	<i>0,7</i>

Z tabulky je vidět, že mužák má ve srovnání s kukuřicí výrazně vyšší nároky na uvedené mikroelementy s výjimkou Cu a Zn. Největší rozdíly jsou u čerpání B (cca 9x vyšší proti kukuřici), dále Co (cca 5x), Fe a Mn (cca 2x). Proto při přihnojení těmito mikroelementy můžeme očekávat

pozitivní výnosový efekt. Vynásobením hodnot obsahu číslem 10 obdržíme odběr jednotlivých mikroelementů v g/ha v případě průměrného výnosu 10 tun sušiny fytomasy mužáku z 1 ha. Tyto čísla lze považovat za orientační při stanovení kompenzační potřeby v hnojení mikroprvky (např., potřeba Fe je cca 1,36 kg/ha, Mn – 410 g/ha, B - 320 kg/ha, Zn 160 g/ha apod.).

6. Výnosy a kvalita rostlinné produkce

Jako krmná plodina vyniká mužák v určitých stádiích růstu dostatečně vysokou krmivářskou kvalitou (viz tab. č. 6). Díky vysokému výnosu nadzemní biomasy a hodnotnému chemickému složení, je mužák perspektivní vysokoprodukční krmnou plodinou a současně plodinou obzvlášť vhodnou pro výrobu bioplynu.

Tabulka 6. Základní výnosové a biochemické parametry biomasy - mužák prorostlý při první a druhé seči včetně hodnocení produkce metanu (pokusy VÚRV, 2011)

Parametr	První seč (kvetení - 18.5.11)	Druhá seč (růst stonku - 6.9.11)
Výnos zelené hmoty, t/ha	39,4	29,5
Obsah sušiny v %	17,5	12,8
Výnos sušiny, t/ha	6,89	3,78
Výnos organické sušiny, t/ha	6,32	3,50
Měrná produkce metanu, Nm ³ /t sušiny	268	279
Výnos metanu, Nm ³ z 1 ha	1847	1055
Surový protein, NL % sušiny	25,4	30,2
BNVL - bezdusíkaté látky výtažkové, % suš.	38,3	37,2
z toho cukry redukované, % suš.	6,18	5,77
Lipidy, % sušiny	2,55	3,34
Surová vláknina, % sušiny	25,6	21,8
Surový popel, % sušiny	8,21	7,44

Využití této plodiny pro bioplyn rovněž podporuje ten fakt, že mužák je jednou z nemnohých vysokoprodukčních bylin, které výborně a bezodkladně obrůstají po sečení, což umožňuje uskutečnění její

vícesečné sklizně na zelenou hmotu. Z ekonomických důvodů se obvykle omezujeme na 2 až 3 sklizně za rok.

Zdůvodnění je následující. Obecně se považuje, že pro produkci bioplynu jsou vhodnější mladší porosty, na druhou stranu mladší porosty obsahují málo sušiny a jsou proto náročnější na sklizeň a transport a jsou tak méně vhodné pro silážování. V případě sušiny nižší než 25 % jsou nezbytné dodatečné agrotechnické operace za účelem snížení obsahu vody (zavadání, obracení, sběr z řádků apod.). Nejpříznivějším z hlediska minimalizace výrobních nákladů je sklizeň a sběr „na stojato“ v době pro další zpracování na bioplyn maximálně přípustné sušiny. Při obsahu sušiny nad 40 % (u některých plodin i nad 30) dochází ke zhoršení procesů silážování a následné produkce bioplynu. Proto se musí volit vhodný kompromis mezi stářím porostu a tím i vyšších výnosů sušiny fytomasy na jedné straně a její kvalitou pro silážování a následné biozplynování na straně druhé.

Mužák již při první seči v době květu zabezpečuje v průměru 6 - 10 t/ha výnosu sušiny nadzemní hmoty, v průběhu druhé seče podle podmínek počasí dalších 4 - 8 t/ha sušiny fytomasy. Měrná produkce metanu je u této plodiny o trochu nižší ve srovnání s kukuřicí, a to o cca 8-12 %. Celkový výnos biomasy a zejména metanu ze dvou sečí je velmi vysoký (cca 3500 - 4500 normovaných m³ metanu z 1 ha), a v mnohých případech dosahuje nebo i překročuje hodnoty běžné u kukuřice pěstované ve stejných půdně-ekologických podmínkách. Většinou se jedná o oblasti s horšími podmínkami pro pěstování kukuřice. Jelikož se jedná o plodinu vytrvalou a tím i protierozně odolnou, může mužák velmi úspěšně nahradit kukuřici na svažitých a jinak erozně ohrožených půdách.

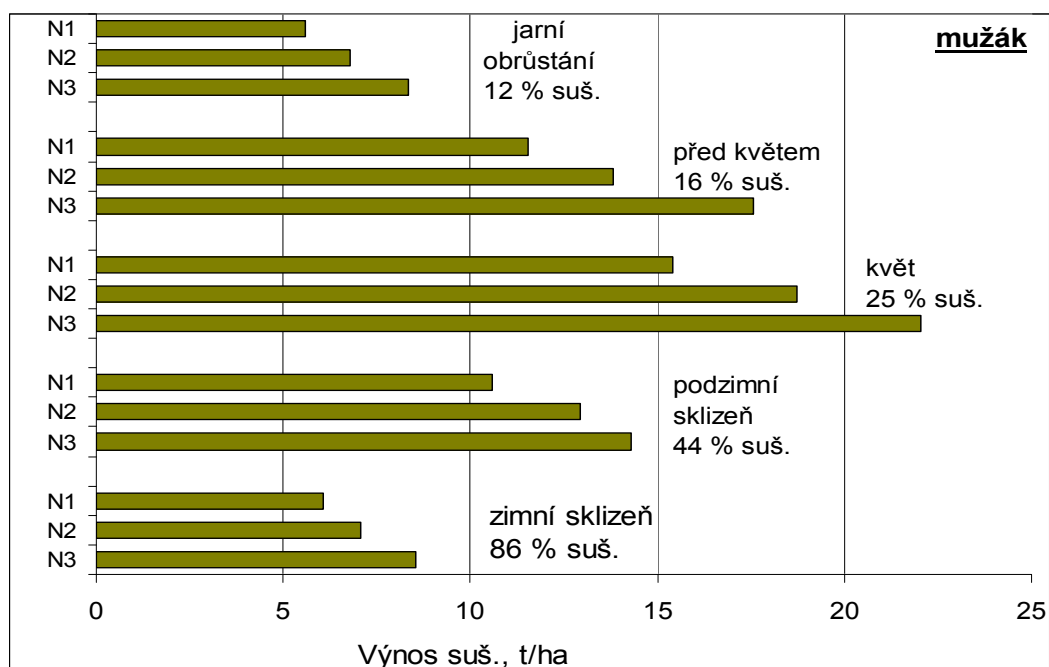
Chemické složení se výrazně mění v různých růstových fázích. V období seče nadzemní biomasy vykazuje při využití pro krmné účely mužák prorostlý optimální obsah i poměr výživných látek. Obsah vlákniny, minerálních látek a popele se stárnutím rostliny se zvyšuje, zatímco obsah BNVL, surového proteinu a lipidů se snižuje.

Ve fázích kvetení a tvorby plodů je struktura nadzemní biomasy následující: 50-60 % tvoří listy, 40-45 % - stonky a 3-6 % - generativní orgány. Na konci vegetačního období se podíl listů snižuje na 5-10 %, kdežto podíl stonků se zvyšuje na 80-90 % a plodů - na 4-8 %.

Graf č. 1 znázorňuje dynamiku růstu obsahu sušiny a celkového výnosu v průběhu stárnutí mužáku při třech různých dávkách hnojení (N1 – 50, N2 – 100 a N3 – 150 kg na 1 ha).

Musíme podotknout, že pokusy byly prováděny na málo úrodných půdách s nízkou zásobou humusu, fosforu a ostatních živin a navíc v oblasti dešťového stínu (Chomutov). Proto lze na lepších půdách očekávat i vyšších výnosů, i když musíme počítat s tím, že výnosy v provozní praxi jsou obvykle o cca 10-20 % nižší ve srovnání s přesnými parcelkovými pokusy.

Na základě uvedených výsledků lze jako optimální termín jednorázové sklizně z hlediska výnosu a obsahu sušiny (dle našich výsledků 26-32 %) odhadnout konec kvetení – začátek zrání semen.



Graf 1. Srovnání výnosů a obsahu sušiny nadzemní biomasy mužáku při různých termínech sklizně v tříletém průměru 2009-2011

Jsou zde dobře viditelné velké rozdíly mezi maximálním výnosem ve stádiích květu až zrání plodů a výrazně nižším při podzimní sklizni. Tak markantní rozdíly ve výnosech sušiny fytomasy v době květu a na podzim nelze podle našeho názoru vysvětlit pouze opadem listů a drobných větviček, ale očividně i fyzickým rozkladem a ztrátou části fytomasy ve stoncích rostlin v průběhu ukončení vegetace. Obdobné výsledky byly dosaženy v zahraničí, kde některé z autorů připisují tyto

ztráty tzv. fermentačním procesům mikrobiálního původu, probíhajícím v rostlinách.

V případě vícesečné sklizně první seč provedeme ve stádiu kvetení při sušině cca 22-26 %, druhou seč podle stavu obrůstání biomasy, nejlépe začátkem druhého kvetení.

7. Ekonomika pěstování

Celkové jednotkové náklady na pěstování a zpracování zemědělské biomasy jsou rozhodujícím ekonomickým faktorem pro volbu vhodných energetických plodin. Tyto náklady totiž určují jednotkovou cenu vypěstované biomasy jako biopaliva nebo suroviny pro výrobu biopaliv a v konečném výsledku i cenu získané energie nebo paliva. V současné době ještě neexistuje dostatek praktických zkušeností a ekonomických znalostí cíleného pěstování většiny energetických plodin. Proto jsme se rozhodli provést modelové výpočty použitelné jako standardy zemědělské výroby podle obdobného vzoru modelů pěstování hlavních zemědělských plodin. Ediční řada „Standardy zemědělských výrobních technologií“ je dobře známá a úspěšně využívaná českými zemědělci, poradci a úředníky.

Při rozhodování o pěstování zemědělských plodin na bioplyn jsou důležité nejenom hektarové výnosy fytomasy a ekvivalentní produkce metanu z 1 ha, ale rovněž hodnocení výrobních nákladů na jejich produkci, které mohou postavení jednotlivých plodin vylepšit nebo zhoršit. Tuto analýzu jsme provedli na základě modelování jednotlivých pěstebně-technologických operací a nákladů a v případě dostupnosti jejich porovnání s údaji z praxe nebo z jiných zdrojů.

Vzorem a zdrojem informací posloužily obecně uznávané modely, známé odborníkům jako Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu (viz <http://www.agronormativy.cz>). Vedoucím týmu autorského kolektivu těchto normativů je Prof. M. Kavka, DrSc., poslední aktualizace byla provedena v roce 2011. Dalším významným zdrojem pro modelování výrobních technologií jsou expertní systémy Výzkumného ústavu zemědělské techniky (VÚZT), zejména „Provozní náklady zemědělských strojů“ a „Technologie a ekonomie plodin“ (www.vuzt.cz, záložka expertní systémy). Sice ani jedna ze jmenovaných databází

neobsahuje přímo mužák, ale do značné míry lze použít údaje a postupy ohledně pěstování vysokoprodukčních plodin s ohledem na podobnost základních technologických postupů jejich pěstování a zpracování.

Na základě dostupných údajů z uvedených databází doplněných o výsledky vlastního výzkumu a údaji ze světové literatury byly sestaveny technologické karty pro pěstování mužáku na bioplyn s podrobným popisem jednotlivých operací a hodnocením jednotlivých výrobních nákladů, a to včetně silážování a zpětného odběru digestátu. Na základě analýzy těchto technologických karet bylo provedeno ekonomické hodnocení nákladovosti produkce fytomasy, jejího silážování a následné produkce metanu jako základní energetické složky bioplynu. Pro srovnání podobné modelování bylo provedeno i pro kukuřici na siláž pro bioplyn. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Výrobní náklady jsou pro kukuřici uvedeny ve dvou variantách, odpovídajících standardním a intenzivním technologickým postupům při jejich pěstování a lišících se především ve výnosech, ale i v nákladech. Jedná se o výnosy zprůměrované v rámci ČR. Rovněž pro mužák jsou uvedeny dvě varianty, ale zde se jedná především o jednosečné a dvousečné využití, které se rovněž liší ve výnosech a nákladech.

Při jednorázové sklizni se porost seče v době nejvyššího nárůstu nadzemní hmoty, který nastává obvykle koncem kvetení – začátkem tvorby semen. Při dvousečném využití se jednotlivé seče uskutečňují v ranějších stádiích vývoje rostlin, obvykle začátkem kvetení. Zvolená zemědělská plodina je vytrvalá a modelová kalkulace je provedena na období 10 let. Celkové náklady na základní přípravu půdy a založení porostu mužáku byly vypočítány na cca 38,5 tisíc Kč. Tyto náklady byly rozpočítány rovným dílem pro následujících 10 let pěstování.

Pro pěstování mužáku jako energetické plodiny lze získat dotační podporu v rámci dotačního titulu „Jednotná sazba na plochu“ neboli SAPS (např., v roce 2011 to bylo 4.686,50 Kč/ha z fondů EU). Je to v současné době jediný možný dotační titul pro pěstování zemědělských plodin včetně plodin energetických, i když jeho budoucnost není ani jistá ani známa. Jelikož se tyto sazby každý rok mění, nebyly do kalkulace zahrnuty a představují možné příjmy navíc.

Tabulka 7. Souhrnné hodnocení výrobních nákladů na pěstování mužáku na krmivo a bioplyn v přepočtu na výnos nadzemní biomasy a odpovídající potenciální produkci siláže a metanu jako hlavní energetické složky bioplynu

Hodnocené plodiny	Výnos fytomasy z 1 ha		Průměrná výťažnost CH ₄ , Nm ³ /t sušiny fytomasy	Průměrný výnos CH ₄ , Nm ³ /ha	Celk. náklady produkce fytomasy v přepočtu na 1 ha (Kč/ha za rok)		Celk. náklady v přepočtu na 1 t produkce fytomasy (Kč/t suš.)		Měrné náklady v přepočtu na výžitek metanu (Kč/Nm ³ CH ₄)		Prům. ztráty při silážování, % sušiny	Cena metanu ze siláže koreg. ztrátou suš. siláže (Kč/Nm ³ CH ₄)
	původní hmota (t)	sušina (t)			odběr na poli	včetně konzervace a uskladnění	odběr na poli	včetně konzervace a uskladnění	odběr na poli	včetně konzervace a uskladnění		
Kukuřice setá (stand. technol.)	40	12,8	282	3 610	21 380	23 797	1 670	1 859	5,92	6,59	4	6,87
Kukuřice setá (intenz. technol.)	55	17,6	282	4 963	24 587	27 367	1 397	1 555	4,95	5,51	4	5,74
Mužák prorostlý (jedna seč)	50	15	245	3675	11 651	14 044	777	936	3,17	3,82	10	4,25
Mužák prorostlý (dvě seče)	72	18	255	4590	15 723	20 165	874	1120	3,43	4,39	10	4,88

Poznámky:

1. V tabulce nejsou kalkulovány žádné dotace.
2. Celkové náklady na základní přípravu půdy a založení porostu mužáku byly vypočteny na cca 38,5 tisíc Kč (včetně ceny osiva). Životnost mužáku byla kalkulována na 16 let a náklady na založení byly rozpočítány parciálním dílem na jednotlivé roky.
3. Pro zjednodušení byl do nákladů započítán pouze podíl fixních nákladů za použité stroje, nikoliv ostatní fixní náklady (budovy, administrace, nájmy apod.), které odhadujeme v průměru ČR na cca 3,5-4,5 tis. Kč v přepočtu na 1 ha.

Tabulka souhrnně uvádí výsledky srovnání výrobních nákladů na produkci mužáku a referenční kukuřice na bioplyn, a to jak v přepočtu na sušinu fytomasy, tak i na ekvivalentní množství metanu zjištěné v průběhu předchozího výzkumu ve výše popsaných experimentech. Cenový ekvivalent nákladů na jednotku produkce a na 1 ha byl počítán ve dvou variantách – cena na poli a cena v silážním zařízení.

Z uvedených výsledků je vidět, že mužák sice má nižší výnosy a celkovou potenciální produkci metanu v přepočtu na 1 ha než referenční kukuřice, ale cenově tato produkce vychází výrazně levněji, a to jak v přepočtu na siláž, tak i na metan. Pro objektivnost byla dokonce provedena korekce měrných nákladů produkce siláže v přepočtu na metan (tj. cenu suroviny v metanu) na ztráty při silážování, které u mužáku jsou vyšší nežli u kukuřice a činí cca 10 % (viz poslední sloupce tabulky). Přesto cenové ekvivalenty nákladů na jednotku metanu jsou u mužáku výrazně nižší. Závěrem lze říct, že mužák má nižší výrobní náklady na jednotku produkce sušiny fytomasy a přepočteného výtěžku metanu ve všech sledovaných variantách. Na rozdíl od kukuřice má mužák jednu velmi důležitou výhodu, a to protierozní efekt při jeho pěstování. Proto je tato plodina obzvláště vhodná pro pěstování na bioplyn nebo na krmivo v oblastech a na půdách s méně příznivými půdně-klimatickými podmínkami, včetně erozně ohrožených pozemků.

8. Potenciál využití plodiny a možnosti uplatnění metodiky

Hlavní potenciál využití mužáku prorostlého v praxi je spojený především s možností jeho využití pro náhradu za kukuřici při pěstování na bioplyn pro tuto plodinu zakázaných nebo nevhodných pozemcích (např., svažité terén) nebo v méně příznivých oblastech. Na základě vlastních zkušeností a literárních údajů můžeme vyčlenit následující základní vlastnosti mužáku, které z něj činí perspektivní víceúčelovou plodinu vhodnou zejména pro produkci bioplynu:

1. Mužák má dobře vyvinutou kořenovou soustavu, díky čemuž je schopen zúrodnovat půdu - kypřit, provzdušňovat, zvyšovat její strukturu, čerpat zásobu živin z hloubky do horních vrstev půdy a tím zapojovat vyplavené živiny do biologického koloběhu látek apod. Je to

důležité jak z hlediska zúrodnění půd, tak i z hlediska ochrany vodních zdrojů proti znečištění agrochemikáliemi.

2. Bohatě vyvinutý kořenový systém mužáku je vydatnou zásobárnou cenných živin a organických látek. Kořeny a posklizňové zbytky nadzemní biomasy mužáku jsou po zaorání velmi hodnotným materiálem pro tvorbu humusu a zúrodnění půdy.

3. Literární výsledky ze zahraničí zdůrazňují velký význam mužáku jako zdroje kvalitní píče, především ve formě siláže. Jsou uváděny výsledky významného efektu této plodiny na užitkovost hospodářských zvířat.

4. Kromě toho, že mužák je ceněným zdrojem píče a suroviny pro produkci bioplynu, je tato plodina současně vyhledávána jako vydatná medonosná rostlina s produkcí 100-250 kg medu z 1 ha.

5. Jelikož životnost porostu mužáku dosahuje 15-20 let, má plodina z tohoto hlediska dobré předpoklady jako půdoochranná rostlina. Ponecháním vysokého strniště (10-12 cm) na zimu napomáhá zvýšit zadržení sněhu a významně snížit působení vodní a větrné eroze.

6. Dle dosavadních zkušeností pěstování v ČR a v zahraničí se mužák vyznačuje vysokou odolností vůči chorobám a škůdcům.

Jelikož se mužák doposud v ČR velkoplošně nepěstoval, je těžké objektivně ohodnotit jeho nákladovost a ekonomickou efektivitu. Na základě potenciálně vysokých výnosů dosažených v průběhu maloparcelkových polních pokusů lze však předpokládat, že mužák jako vysokoprodukční vytrvalá plodina je schopna zajistit vysokou hospodářskou a ekonomickou efektivitu, o čemž svědčí i výsledky ekonomicko-technologického modelování provedeného ve srovnání s kukuřicí (viz předchozí kapitoly). Na základě těchto poznatků lze konstatovat, že jako nová introdukovaná plodina s vysokou energetickou výtěžností z 1 ha, potenciálně vysokou ekonomickou efektivitou a ekologickou stabilitou, zasluhuje mužák v plné míře provozní ověření a rozsáhlé zavedení do běžné zemědělské praxe. Doufáme, že úspěšnému zavedení této netradiční plodiny do zemědělské praxe napomůže i tato Metodika.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Dle poznatků autora nebyla dosud zpracována žádná metodika popisující možnosti pěstování a využití mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum L.* v podmínkách ČR. V předložené metodice jsou zahrnuty kromě vlastních poznatků nově získaných v průběhu řešení výzkumných projektů uvedených v dedikaci i údaje dostupné ze světové literatury. Na základě dosažených výsledků výzkumu v rámci řešení projektů NAZV QH91170 a VZ00027006 byla tato plodina ohodnocena jako nejvhodnější netradiční plodina pro pěstování na bioplyn. Metodika popisuje všestranné aspekty pěstování a využití mužáku prorostlého pro výrobu bioplynu včetně jeho ekonomického hodnocení. Rovněž je zdůrazněn význam pěstování této vysokoprodukční vytrvalé plodiny pro protierozní ochranu zemědělských půd.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena širokému okruhu uživatelů z oblasti rostlinné výroby a zpracování rostlinné produkce, především prvovýrobcům - pěstitelům energetických plodin, ale také potenciálním zpracovatelům a uživatelům zemědělské biomasy pro energetické účely, hlavně provozovatelům bioplynových stanic. Dále poslouží metodika jako zdroj znalostních informací pro zemědělské poradce a pro výuku na zemědělských školách. Smluvním uživatelem metodiky, který bude zajišťovat její transfer do zemědělské a výrobní praxe, je spolek CZ BIOM - České sdružení pro biomasu.

Dle podmínek MZe ČR bude tato metodika také dostupná všem zájemcům i v elektronické verzi na stránkách Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (www.vurv.cz).

V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

1. Arkhipenko, F. N. Larina, V. I. , 2011: Cup plant under conditions of Ukraine forest-steppe. [Russian] Kormoproizvodstvo; 2011. 2, p. 36-37.
2. Daniel, P. Rompf, R., 1994: Possibilities and limits in the utilization of *Silphium perfoliatum* as a fodder plant, renewable raw material and a landscape conservation-plant. *Agribiological Research*; 47: 3/4, 3, p. 45-353.
3. Emelin, V. A., 2010: Cultivation of cup plant as fodder crop in Belarus. [Russian] Kormoproizvodstvo; 2010. 11, p. 38-40.
4. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2009: Biogas – an introduction. OT Gülzow Hofplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen · Germany, 26 p.
5. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2012: Bioenergy in Germany: Facts and Figures. January 2012. OT Gülzow · Hofplatz 1 · 18276 Gülzow-Prüzen · Germany, 48 p.
6. Ramos, M. H.; Lehmkuhler, J. W.; Arp, S. C.; et al., 2006: Investigating *Silphium perfoliatum* (cup plant) silage for growing cattle. - in *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE* Vol.: 84/1, pp. 261-262.
7. Stepanov, A. F. Usenko, A. V. , 2009: Productivity of silphium depending on terms and height of cutting. [Russian] – in *Kormoproizvodstvo*; 8, p. 25-26.
8. Uteush, Y.A. and M.G. Lobas, 1996: Fodder Recourse of Ukrainian Flora, Ukraine, Kiyev, Naukova dumka, 220 p. (*in Ukrainian*).
9. Uteush, Y.A., 1991: New Potential Fodder Ccrops, Ukraine, Kiyev, Naukova dumka, 192 p. (*in Russian*).
10. Weger, J., Stupavský, V., 2011: Legislativa pro cíleně pěstované energetické rostliny a rychle rostoucí dřeviny s ohledem na ochranu přírody, půdy a nakládání se sadbou. *Biom.cz* [online]. 2011-12-21. ISSN: 1801-2655
11. Медведев П. Ф., Сметанникова А.И. Кормовые растения Европейской части СССР. - Л.: Колос, 1981. - 335 с. (*in Russian*)
12. Рахметов Д.Б. Фещенко В.П., 2006: Інтродукція рослин та біоекоконверсія землеробства Полісся . - Київ: видавництво фірма «ДРУК», 149 с. (*in Ukrainian*)

VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

1. Petříková, V., Váňa, J., Ustjak, S., 1996: Pěstování a využití technických a energetických plodin na rekultivovaných pozemcích. Metodiky pro zemědělskou praxi 17/1996, Praha, ÚZPI 1996, 24 s.
2. Ustjak, S., Kavka, M., 2003. Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých energetických plodin v podmínkách ČR. Energetické a průmyslové rostliny IX. CZ BIOM a VÚRV, Chomutov, pp. 26-34.
3. Ustjak S., Ustjaková M., 2004: Potential for agricultural biomass to produce bioenergy in the Czech Republic. *In: Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies, OECD 2004, Paris, France, pp. 229-240*
4. Ustjak S., Ustjaková M., 2004: Potential for agricultural biomass to produce bioenergy in the Czech Republic. *In: Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies, OECD 2004, Paris, France, pp. 229-240.*
5. Ustjak S., 2006: Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky.- *In: Sborník referátů z odborné konference "Energetické a průmyslové rostliny XI.", CZ Biom&VÚRV, 15.6.2006, Chomutov, p.118-133.*
6. Petříková V., Sladký V., Stražil Z., Šafařík M., Ustjak S., Váňa J., 2006: Energetické plodiny. Profi Press, Praha 2006, 127 s. ISBN 80-86726-13-4.
7. Ustjak, S., 2007. Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých konvenčních a netradičních energetických plodin v podmínkách ČR. Zemědělská technika a biomasa 2007. VÚZT, Praha-Ruzyně. pp. 188-192.
8. Ustjak, S. & Jambor, V. 2010. Non-traditional crops for biogas. In: Jambor, V., Jamborová, S., Vosynková, B., Procházka, P., Vosynková, D. & Kumprechtová, D. (eds.). 14th International Symposium Forage Conservation. Mendel University Brno, Brno. pp. 112-113.

PRO POZNÁMKY:

Autoři: Ing. Sergej Ust'ak, CSc.

Název: **Možnosti pěstování mužáku prorostlého
Silphium perfoliatum L. pro výrobu bioplynu**

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Redakce, sazba
a tisk: EnviBio - sdružení pro rozvoj technologií
trvale udržitelného života

Náklad: 250 ks

Počet stran: 31

Vyšlo v roce: 2012

Vydáno: bez jazykové úpravy

Fotografie: autora

Kontakt na autora: ustak@eto.vurv.cz

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2012

ISBN: 978-80-7427-099-4



Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
ve spolupráci s EnviBio - sdružení pro rozvoj
technologií trvale udržitelného života

2012