

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra agroekologie

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecně zemědělský obor



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Produkční schopnost a specifika pěstování vybraných
energetických rostlin

Vedoucí diplomové práce:
prof. Ing. Jan Moudrý CSc.

Autor:
Adam Dvořák

2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Produkční schopnost a specifika pěstování vybraných energetických rostlin vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Táboře 20. 4. 2008

.....

Adam Dvořák

Poděkování:

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. Janu Moudrému CSc. za vedení této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům katedry rostlinné výroby a pracovníkům sekce ekologického zemědělství katedry agroekologie za cenné rady a podněty při zpracování mé diplomové práce.

Abstrakt:

Zemědělská výroba nastoupila nový směr, kdy kromě pěstování plodin pro výrobu potravin se stále více rozšiřuje pěstování rostlin pro energetické využití. Diplomová práce Produkční schopnost a specifika pěstování vybraných energetických plodin se zabývá posouzením vhodnosti vybraných energetických rostlin pro méně úrodné a antropogenně poškozené půdy. Jsou zde charakterizovány energetické rostliny vybrané pro pokusy a jejich specifické vlastnosti z hlediska požadavků na prostředí a agrotechniku. Dále je uváděno hodnocení růstových schopností, zdravotního stavu vybraných druhů energetických rostlin během vegetace a produkční schopnosti v relaci k době sklizně. V diplomové práci je řešeno i hodnocení klíčivosti, vzcházivosti a počátečního růstu vybraných druhů na antropogenních půdách.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje energie, energetické plodiny, fytomasa, kukuřice, tritikale, trávy.

Agriculture started the new way, instead of the food crops is increased growing of energy crops. Thesis „Production potencial and specificity of energy plant growing“ deals with evaluation of suitability of selected energy crops in field trials and their needs of soil, clima and agrotechnology. The growth ability, health were evaluated during vegetation period and production potencial in harvest time in choosed group of energy crops. The thesis content also the seed quality, field germination and initial growth evaluated in conditions of anthropogenic soils.

Keywords: renewable energy sources, energy crops, phytomass, maize, triticale, grasses.

OBSAH:

1. Úvod.....	7
2. Literární přehled.....	10
2.1. Vymezení pojmu biomasa.....	10
2.2. Způsoby využití biomasy k energetickým účelům.....	10
2.3. Výběr stanoviště pro pěstování energetických plodin.....	11
2.4. Zdroje biomasy.....	12
2.5. Kukuřice jako energetická rostlina.....	15
2.5.1. Charakteristika rostliny.....	15
2.5.2. Nároky na prostředí.....	17
2.5.3. Agrotechnika kukuřice.....	19
2.5.4. Sklizeň a posklizňová úprava.....	23
2.5.5. Využití kukuřice ve fytoenergetice.....	24
2.6. Tritikale jako energetická rostlina.....	26
2.6.1. Charakteristika rostliny.....	26
2.6.2. Nároky na prostředí.....	27
2.6.3. Agrotechnika tritikale.....	27
2.6.4. Sklizeň a posklizňová úprava.....	29
2.6.5. Využití tritikale ve fytoenergetice.....	30
2.7. Trávy jako energetické rostliny.....	33
2.7.1. Srha říznačka.....	33
2.7.2. Ovsík vyvýšený.....	34
2.7.2.1. Agrotechnika ovsíku vyvýšeného.....	35
2.7.2.2. Sklizeň ovsíku vyvýšeného.....	36
2.7.3. Chrastice rákosovitá.....	36
2.7.3.1. Charakteristika rostliny.....	36
2.7.3.2. Nároky na prostředí.....	36
2.7.3.3. Agrotechnika chrastice rákosovité.....	37
2.7.3.4. Využití chrastice rákosovité ve fytoenergetice.....	37
2.8. Antropogenně poškozené půdy.....	38
2.8.1. Postupy biologické rekultivace.....	38
2.8.2. Rekultivace složišť popele.....	39

2.8.3. Možnosti využití biomasy rostlin pěstovaných na antropogenních půdách.....	41
2.8.4. Ekologické aspekty pěstování energetických rostlin na antropogenních půdách.....	41
3. Cíl práce.....	43
4. Materiál a metody.....	44
4.1. Charakteristika vybraných energetických rostlin.....	44
4.2. Charakteristika pokusných stanovišť.....	44
4.3. Založení pokusu.....	45
4.3.1. Kukuřice.....	45
4.3.2. Triticale.....	46
4.3.3. Trávy.....	47
4.4. Zkouška klíčivosti a vzcházivosti vybraných plodin na antropogenních půdách.....	47
5. Výsledky a diskuse.....	48
5.1 Souhrnný přehled literárních údajů o požadavcích vybraných rostlin na prostředí a agrotechniku.....	48
5.1.1. Kukuřice.....	48
5.1.2. Triticale.....	52
5.1.3. Trávy.....	54
5.2 Výsledky výnosových parametrů u daných plodin.....	58
5.3 Stanovení klíčivosti a vzcházivosti vybraných plodin na antropogenních půdách.....	62
6. Závěr.....	66
7. Přehled použité literatury.....	67
PŘÍLOHY.....	71

1. Úvod

Spotřeba energie ve světě stále roste. Od 17. století se zvýšil počet obyvatel na zemi více než dvanáctkrát (z 0,5 mld. na 6,1 mld.) a podle World Energy Council (WEC) se zvyšuje o 80 mil. za rok. Do roku 2020 očekává WEC další roční přírůstek spotřeby energie o 5,5 mld. t CE (uhelný ekvivalent $1 \text{ t CE} = 7 \cdot 10^6 \text{ kcal} = 29,281 \cdot 10^9 \text{ J} = 29,281 \text{ GJ}$). Většina energie je získána z neobnovitelných zdrojů - jaderné reakce a fosilních paliv.

Lidé umí využívat oheň již více než 400 tisíc let. Teprve v posledních 250 letech byly obnovitelné zdroje energie postupně nahrazovány fosilními palivy. V období průmyslového rozvoje v posledních dvou stoletích došlo k intenzivnímu využívání fosilních paliv, což vede k navyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Spálením 1 kg černého uhlí vzniká 2,56 kg CO₂, spálením 1 kg motorové nafty se uvolní 3,12 kg CO₂ a spálením 1 m³ zemního plynu 2,75 kg CO₂. Česká republika při těžbě uhlí ve výši cca 55 – 60 mil. tun ročně, má využitelné zásoby na 30 – 40 let. Vlastní ropa a zemní plyn kryjí sotva 1 % potřeby. Dnešní skutečné plýtvání energetickými zdroji jde nejen na účet budoucích generací, ale i na úkor životního prostředí současné generace.

Český venkov byl historicky vždy energeticky téměř soběstačný. Po 1. a hlavně po 2. světové válce byla lidská a potahová síla postupně nahrazována stroji poháněnými ropnými palivy nebo elektřinou. Dřevo a stébelniny jako zdroj tepla byly nahrazovány levným hnědým uhlím. Naše vesnice se tak za inverzí v zimním období zahalovaly a mnohdy nadále zahalují do dýmu.

Česká republika patří k několika málo státům, které mohou stále ještě využívat své nesmírné přírodní bohatství tj. zásob fosilních paliv – relativně levného uhlí a nejsou tak zcela závislé na dovozu. Z toho důvodu se výrazně zpomaluje rozvoj obnovitelných energií. Nemáme sice významné zásoby ropy nebo zemního plynu, ale přes intenzivní těžbu v posledních 40 letech, nám zůstává v zemi ještě polovina původního množství uhelných zásob, ovšem již mnohem obtížněji těžitelných. Podíl uhelných paliv na zajišťování energetických potřeb státu klesl z původních 80 % na asi 55 %. Uplatnila se jaderná energetika a podstatně vzrostl dovoz ušlechtilých paliv – ropy a zemního plynu. Spotřeba energie však stále roste. S ohledem na světovém trhu fosilních paliv nelze předpokládat další razantnější zvyšování tohoto dovozu. Stejně tak se musí počítat

s postupným útlumem těžby uhlí a růstem jeho ceny. Vedle nezbytných radikálních úspor je třeba přistoupit k účinným opatřením, která by zlepšila využívání obnovitelných zdrojů energie.

Lze předvídat, že nárůst spotřeby energie bude perspektivně pokračovat nejen v průmyslově vyspělých zemích, ale dojde i ke zvyšování spotřeby energie v rozvojových zemích (v současnosti je asi 80 % světové spotřeby energie využíváno asi 30 % obyvatel ve vyspělých zemích). Energetika v současné době prochází obdobím velkých změn. Zaváděním trhu s energií ve většině průmyslových států vyžaduje zajištění dostatku energie pro udržení požadovaného růstu a pokroku. Technická a ekonomická kritéria jsou prvořadá, uplatňují se ve volbě technologie zdroje, avšak ekonomická kritéria začínají převládat nad technickými kritérii. Zvyšují se nároky na ochranu životního prostředí. Do popředí se dostává hrozba skleníkového efektu, k němuž významnou měrou přispívá CO₂ a další plyny (metan, oxidy dusíku, freony, ozón, termoemise). Zvyšující se koncentrace těchto plynů v atmosféře omezuje vyzařování nahromaděného tepla zpět do vesmíru, což může mít vliv na globální oteplování a změny klimatu. Lidstvo si stále více uvědomuje, že tradiční primární zdroje energie začínají být omezenější a především dražší a při rychlém rozvoji spotřeby energie je vhodné hledat její další možné zdroje.

V současné době se celosvětově hledá náhrada za fosilní energetické zdroje, jejichž zásoby se snižují. Stále větší význam proto nabývají obnovitelné zdroje energie. Zemědělství se tak stává nejdůležitějším producentem významného obnovitelného zdroje energie, kterým je biomasa. Její význam nespočívá jen v získání nového zdroje energie, ale pěstování biomasy přispívá k omezení skleníkového efektu, umožňuje efektivní využití půdy v méně příznivých oblastech, na půdách náchylných k erozi snižuje toto riziko, podílí se na rázu krajiny a v neposlední řadě má i významné sociální aspekty, neboť přispívá k vytvoření nových pracovních příležitostí.

Důraz na využívání biomasy jako zdroje energie klade i Evropská komise ve svém sdělení Akční plán pro biomasu. Členské státy mají značný potenciál k pěstování a využití biomasy, aniž by byla zásadně ovlivněna vnitřní produkce potravin v EU. Celosvětově se biomasa podílí průměrně 66 % na bilanci obnovitelných zdrojů energie.

V rámci restrukturalizace zemědělství v EU se předpokládá postupné snižování potravinářské produkce i v České republice. Jednak z důvodu vytváření nadprodukce potravinářských komodit, ale také z toho důvodu, že se část zemědělsky obdělávané půdy v ČR nachází v méně příznivých oblastech a intenzivní zemědělská výroba

v těchto podmínkách dosahuje nízké ekonomické efektivity, pokud je zaměřena pouze na potravinářské komodity. Tuto půdu bude vhodné využívat k produkci biomasy určené k energetickému využití

Při spalování rostlinné fytohmoty rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavýšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO₂ a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života rostlinné biomasy je asi deset let a podzemní části rostlin obvykle zadržují přeměněný CO₂ mnohem déle (jako kořeny nebo jako půdní organická hmota), představuje pěstování rostlinné fytohmoty významné vázání oxidu uhličitého z atmosféry.

V České republice představuje podíl současného využití obnovitelných zdrojů energie 2,1 % celkové potřeby energie. V roce 2005 je uvažováno s podílem 3,2 % včetně velkých vodních elektráren a do roku 2010 by ČR měla docílit podílu OZE 4 - 6 %. Strategický cíl EU podle Bílé knihy o obnovitelných zdrojích energie z roku 1997 je 12 % podíl na celkové spotřebě energie.

2. Literární přehled

2.1. Vymezení pojmu biomasa

ANONYM (2005) uvádí, že biomasou je biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu.

Biomasa je definována jako substance biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni PASTOREK A KOL. (2004)

Biomasa zahrnuje veškeré přírodní produkty, které jsou výsledkem fotosyntézy, schopného zachytit 1 - 3 % dopadající sluneční energie MOUDRÝ, STRAŠIL (1998).

Podle PETŘÍKOVÉ (2005) je biomasa veškerá organická hmota rostlinného a živočišného původu. Biomasa, která je pouze rostlinného původu, se nazývá fytomasa.

HAVLÍČKOVÁ (2005) pojmem biomasa rozumí hmotu všech organismů na zemi. Zahrnuje tedy, jak jejich tělesné schránky, tak i živé nebo neživé produkty jejich činnosti (obaly, exkrementy, semena, dřevo).

2.2. Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Způsob využití biomasy k energetickým účelům je do značné míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Velmi důležitým parametrem je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokkými procesy (obsah sušiny je menší než 50 %) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50 %). Z principiálního hlediska lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy a přípravy biomasy pro energetické využití PASTOREK A KOL. (2004):

a) termochemická přeměna biomasy (suché procesy pro energetické využití biomasy):

- spalování
- zplyňování
- pyrolýza

b) biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy pro energetické využití biomasy):

- alkoholové kvašení
- metanové kvašení

c) fyzikální a chemická přeměna biomasy:

- mechanicky (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí apod.)
- chemicky (esterifikace surových bioolejů)

d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (např. při kompostování, aerobním čištění odpadních vod, anaerobní fermentaci pevných organických odpadů apod.).

NOSKIEVIČ A KOL. (1996) uvádí tyto možnosti energetického využití fytomasy:

a) spalování, pyrolýza (teplo)

b) zplyňování (metan, čpavek, dehet)

c) zkapalňování (olej)

d) esterifikace

e) anaerobní digesce (bioplyn)

f) alkoholové kvašení

g) kompostování

ŠNOBL A KOL. (2004) popisuje tyto formy využití:

- biomasa ke spalování
- cukernaté a škrobnaté plodiny pro výrobu etanolu
- olejniny pro výrobu paliv a maziv
- biomasa k výrobě bioplynu

2.3. Výběr stanoviště pro pěstování energetických plodin

KOLEKTIV AUTORŮ (2006) uvádí, že v současnosti leží v ČR ladem asi 0,5 mil. ha půdy a očekává se, že z hlediska produkce potravin nebude možné dlouhodobě využívat více než 1 mil. ha (z celkové rozlohy více než 3 mil. ha orné půdy). Z hlediska udržitelného rozvoje je však nezbytné s touto půdou nadále dobře hospodařit. Jednou z významných možností je pěstování energetických plodin. V horizontu 30 let lze využít až 1,5 mil ha, tj. asi 35 % výměry zemědělské půdy v ČR, v souladu s osevními postupy.

Energetickou biomasu je možno pěstovat nejenom na přebytečné půdě, ale také na různým způsobem zdevastované půdě, na půdě v oblastech s vysokou imisní zátěží, s ohledem na nebezpečí kontaminace produkce škodlivými látkami, všude tam, kde je

ekonomika tržních plodin neefektivní a také v oblastech, kde je nutné výrazné snížení vstupů chemie MOUDRÝ, STRAŠIL (1998).

Podle různých studií se pohybuje ekonomicky využitelný potenciál biomasy (bez vynaložení mimořádných investic) v ČR kolem 10 mil. t suché hmoty/rok, tj. při průměrné výhřevnosti 16 GJ/ts.h, a to odpovídá asi 158 MJ/rok, což je zhruba 9,14 % hrubé spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR CITYPLAN (1999).

2.4. Zdroje biomasy

Energetickou biomasu můžeme rozdělit do pěti základních skupin PASTOREK A KOL. (2004):

1. fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy
2. fytomasa olejnatých plodin
3. fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru
4. organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu
5. směsi různých organických odpadů.

Pro získávání energie se využívá:

a) Biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu: cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina (pro výrobu etylalkoholu), olejniny (z nich nejvýznamnější je řepka olejná pro výrobu surových olejů a metylesterů), energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty a další stromové a keřovité dřeviny).

b) Biomasa odpadní

- § Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny: kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic.
- § Odpady z živočišné výroby: exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady mléčnic, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit
- § Komunální organické odpady z venkovských sídel: kaly z odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
- § Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob: odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozoven (odřezky, hobliny, piliny).

§ Lesní odpady (dendromasa): dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.

HAVLÍČKOVÁ (2007) rozděluje biomasu vhodnou pro výrobu energie následujícím způsobem:

- a) zbytková biomasa a recyklovaná biomasa z výrobků po ukončení jejich životnosti
- b) záměrně produkovaná biomasa

KOLEKTIV AUTORŮ (2002) rozděluje plodiny k energetickému a průmyslovému využití v našich podmínkách takto:

- a) jednoleté (obiloviny, řepka, alternativní olejniny aj.)
- b) víceleté a vytrvalé (ozdobnice čínská, křídlatka japonská aj.)
- c) rychle rostoucí dřeviny (topol, vrba aj.)

ŠNOBL A KOL. (2004) rozděluje biomasu z technologického hlediska takto:

1) Biomasa cíleně produkovaná:

- energetické plodiny lignocelulózoové (energetické dřeviny - vrby, topoly, olše, akáty)
- obiloviny (celé rostliny včetně zrna),
- travní porosty (miscanthus, rákos, chrastice, trvalé travní porosty, atd.)
- ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz, topolovka apod.)
- energetické plodiny olejnaté (řepka olejka, slunečnice, tykev olejná, len, lnička)
- energetické plodiny škrobnato-cukernaté (brambory, cukrovka, kukuřice, cukrová třtina)

2) Biomasa odpadní:

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny
- odpady z živočišné výroby (exkrementy, zbytky krmiv)
- komunální organické odpady
- organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob
- odpady z lesního hospodářství.

Tabulka č. 1.: Energetická výtěžnost energetických rostlin (MOUDRÝ, STRAŠIL 1996)

Plodina	Průměrný výnos (t.ha ⁻¹)	Energetický obsah (MJ.kg ⁻¹)	Energetická výtěžnost (GJ. ha ⁻¹)
Konopí	10,52	18,060	190,0
Hyso	10,66	17,657	188,2
Čirok zrnový	5,78	17,633	101,2
Čirok cukrový	11,48	17,588	201,9
Křídlatka	20,43	19,444	397,2
Slunečnice	8,31	16,700	138,8
Len (sláma)	4,78	18,580	88,8
Koriandr	5,14	18,882	97,0
Řepka ozimá (sláma)	4,74	17,484	82,8
Lnička	4,71	18,840	88,9
Miscanthus	15,00	17,887	268,3

Tabulka č. 2.: Energetická výtěžnost energetických rostlin (UŠŤÁK 2000)

Rostlina	Spalné teplo s popelovinami (MJ.kg ⁻¹)	Výnos suché hmoty (t.ha ⁻¹)	Energetická výtěžnost (GJ. ha ⁻¹)
<i>Kulturní málo rozšířené plodiny:</i>			
Konopí seté	18,1	11,5	208
Čirok zrnový	17,6	9,8	173
Čirok cukrový	17,8	10,2	182
Čirok Hyso	17,7	16,6	294
Lnička setá	18,8	3,2	59
<i>Netradiční plodiny</i>			
Křídlatka	19,4	48,6	943
Šťovík krmný	17,8	18,8	335
Sléz Meljuka	17,5	8,5	149

Sléz kadeřavý	17,6	8,8	156
Topolovka růžová	17,6	14,2	250
Mužák prorostlý	18,9	17,3	327
Bělotrn	19,6	14,8	290
Boryt	18,5	10,8	200
Komonice bílá	19,9	14,6	291
Rákos	17,7	13,2	234
<i>Plevelné rostliny na ladem ležících půdách</i>			
Lebeda rozkladitá	17,5	16,4	287
Vratič obecný	18,1	12,9	233

2.5. Kukuřice jako energetická rostlina

2.5.1. Charakteristika rostliny

Kukuřice je rostlina jednoletá, jednoděložná, jednodomá, různopohlavní a cizosprašná. Z botanického hlediska náleží do čeledi lipnicovitých. Podle typu fotosyntetického aparátu patří k rostlinám C₄ cyklu. Lze ji pěstovat i v chladnějších oblastech České republiky. Setkáváme se s ní od 40⁰ jižní šířky až po 56⁰ severní šířky ŠANTRUČEK A KOL. (2001).

Historie pěstování kukuřice jako hospodářské plodiny sahá do období delšího než 5600 let. Kukuřice pochází z Jižní a Střední Ameriky. Pěstovali ji Májové, Inkové a Aztékové. Do Evropy byla dovezena pravděpodobně roku 1493 PETR A KOL. (1997).

Kukuřice je rostlinou, která v krátkém vegetačním období vytváří značné množství ústrojné hmoty vysoké energetické hodnoty. To znamená, že její nadzemní asimilační orgány i kořenový systém mají velkou schopnost přijímat energii a živiny z prostředí a přeměňovat je v organickou hmotu VELICH A KOL. (1994).

Převládající složkou zrna kukuřice jsou glycidy. Z nich tvoří škrob 60 - 70 %, obsah N-látek je okolo 10 %, vlákniny 2 %, tuků 3 - 6 %, nejvíce v klíčku (cukrová kukuřice 8 - 9%). Z obilnin má kukuřice po ovsu druhý nejvyšší obsah tuků v semeni PULKRÁBEK A KOL. (2003). Biologicky aktivní látky, jako karoteny a vitamín E, zvyšují nutriční hodnotu kukuřice. Minerální látky jsou soustředěny v klíčku a jejich obsah je nejnižší ze všech obilovin DIVIŠ A KOL. (2000).

Tabulka č. 3.: Chemické složení zrna kukuřice DIVIŠ A KOL. (2000)

	Škrob (%)	Cukry (%)	Vláknina (%)	Bílkoviny (%)
Vosková zralost	71,8	3,22	1,7	11,61
technická zralost	71,6	3,07	7,1	11,59

Kukuřice se stále více využívá jako zdroj škrobu. 99 % světové produkce škrobu pochází ze čtyř zemědělských plodin (kukuřice, brambory, maniok a pšenice). To je způsobeno použitelností těchto rostlin v zemědělské velkovýrobě a ekonomických a technických důvodech (výťažnost škrobu, oddělování škrobu od proteinů). Ve střední Evropě je k výrobě škrobu převážně pěstována kukuřice, brambory a pšenice. Plodiny jako je kukuřice, brambory, pšenice a hrách se nově šlechtí, aby odrůdy poskytovaly vyšší produkci škrobu než běžné odrůdy MOUDRÝ, STRAŠIL (1996).

Tabulka č. 4.: Složení a charakteristika kukuřičných škrobů MOUDRÝ, STRAŠIL (1996)

Ukazatel	Kukuřice	Vosková kukuřice	Amylózni kukuřice
obsah škrobu (%)	75 - 86	-	-
velikost škrobových zrn (um)	3 - 26	3 - 26	zrna různě velká
průměr zrn (um)	15	15	-
obsah amylozy (% sušiny)	21	-	50 - 80

Kukuřičné klíčky se používají jako cenný zdroj oleje MOUDRÝ, STRAŠIL (1996). Je zdrojem přísad do plastických hmot, které jsou rychleji rozložitelné a tím šetří životní prostředí. Tvoří nejvíc biomasy na plošnou jednotku ze všech u nás pěstovaných polních plodin PETR A KOL. (1997).

Má společné znaky s obilovinami, ale také znaky, kterými se liší. Klíčí za optimálních tepelných a vlhkostních podmínek vzduchu a půdy. Rychlost růstu při

klíčení je závislá na příjmu vody. Nejnižší obsah vody v půdě, při kterém kořínek začíná růst je 57 % při teplotě 30 °C. Doba klíčení v polních podmínkách je 7 - 10 dní ŠANTRUČEK A KOL. (2007).

Kukuřice roste z počátku pomalu, dlouhou dobu zakořeňuje a tvoří první lístky. Při klíčení vytváří pouze jeden kořen, který se intenzivně rozvětňuje. Další svazčité kořeny vznikají z odnožovacích uzlů. Z nadzemního nodu se v další fázi růstu vytvářejí opěrné či vzdušné kořeny. Kukuřice odnožuje slabě, některé hybridy neodnožují vůbec. Kolem 50-60 dnů po výsevu začíná období intenzivního růstu biomasy. Maximální hodnoty dosahuje v období mléčné zralosti a v průběhu zrání. Obsah sušiny se zvyšuje v závislosti na klimatických podmínkách VELICH A KOL. (1994).

2.5.2. Nároky na prostředí

Pro dobrý vývoj a vysoké výnosy vyžaduje kukuřice harmonické působení všech vegetačních faktorů. Potřebuje hodně světla, rozvíjí se v podmínkách vysokých teplot, za vegetaci spotřebuje značné množství vody i minerálních živin a vytváří velkou plochu asimilačních orgánů VELICH A KOL. (1994).

Kukuřice využívá světlo velmi dobře. Na jeden ha půdy vytváří 20000 - 60000 m² asimilační plochy (LAI 2 - 6). Kukuřice má nároky nejen na určitou intenzitu osvětlení, ale i na délku osvětlení v dané vývojové fázi. Kratší světelný den sice urychluje kvetení, ale zároveň zmenšuje počet listů a výšku rostlin. Pro využití dopadajícího světla je důležité rozmístění rostlin v porostu.

Kukuřice je teplomilnou plodinou. V průběhu životního cyklu potřebuje od 1700 do 3120 °C. Pro úspěšné pěstování nestačí jen průměrná teplota kolem 13 °C, ale především její rozložení a co nejmenší kolísání. Minimální teplota pro klíčení je 8 -10 °C v závislosti na hloubce výsevu ŠANTRUČEK A KOL. (2001). Pro nasazení dostatečného počtu palic a jejich vývoj jsou důležité teploty v srpnu a počátkem září. Při 10 °C tvoří vegetativní orgány. Na tvorbu generativních orgánů a kvetení je třeba teplota 12 °C. Optimální teplota vzduchu pro rozvoj kořenového systému je 24 °C. Pro první fáze růstu jsou třeba teploty okolo 20 °C. PULKRÁBEK A KOL. (2003). Biologické optimum pro růst je 25 - 30 °C, kritické období je fenologická fáze kvetení lat - mléčná zralost. Při nedostatku vláhy způsobují teploty nad 30 °C horší opylení kukuřice. Teploty pod 10 °C naopak narušují životní procesy a zastavuje se růst. Při dlouhotrvajícím chladném počasí se narušuje tvorba chlorofylu a rostliny začínají

žloutnout. Dojde - li k zvýšení teplot, růst se obnoví, ale dojde k prodloužení vegetačního období a výnos se sníží. Při -2 až -3 °C nastává odumírání rostlin PETR A KOL. (1989). Teploty kolem 8 °C v době dozrávání zpomalují přeměnu cukru na škrob a snižuje se převod zásobních látek do palic PETR A KOL. (1997).

Nároky na vodu jsou velké. Kukuřice dobře využívá závlahu a účelně využívá srážky. Transpirační koeficient kolísá v rozpětí 240 - 370 g VELICH A KOL. (1994). ŠANTRUČEK A KOL. (2007) jej udávají v hodnotách 179 - 349 g. Podle půdních podmínek je kukuřice schopná čerpat vláhu až z hloubky 2,5 m. K vysoké produkci zrna potřebuje kukuřice dostatek vody zejména v období mezi metáním a mléčnou zralostí, to je v období intenzivního růstu. Krátké přísušky překonává dobře díky bohatě rozvinutému kořenovému systému a dobrému hospodaření s vláhou PULKRÁBEK A KOL. (2003). Velké množství vláhy kukuřice vyžaduje při vytváření kořenové soustavy, v období intenzivního růstu stébla a listů. Nadbytek vláhy a nedostatek vzduchu v půdě způsobuje světlé zbarvení listů a tvorbu zakrnělých palic. Má za následek také redukci kořenového systému. Nedostatek zpomaluje či až zastavuje růst a zasychání blizen VRZAL, NOVÁK (1995).

Kritické období ve vztahu k vláze u kukuřice nastává 15 dnů před metáním lat a 15 dní následujících po této fázi. Z rozdělení růstového cyklu zelené biomasy kritické období ve vztahu k vláze je v průběhu metání lat až po mléčnou zralost. KUDRNA (1957) sledoval kritické období ve vztahu k teplotě a vláze bioklimatickým kritériem (hodnota vnitřní energie soustavy $E_s > E_{rs}$). Prokázal, že výnosy kukuřice klesají při jakémkoliv porušení této rovnováhy pro danou etapu. Nejvyšší dosažené výnosy kukuřice jsou vázány převahou srážek nad teplotami, což připadá na období srpen - září PETR A KOL. (1997).

Kukuřice nemá zvláštní nároky na půdu. Příznivě reaguje na půdy hlinité, lehčí, hluboké, záhřevné s dostatkem humusu. Snáší půdy slabě kyselé a slabě zásadité VELICH A KOL. (1994). Nevhodné jsou pozemky v mrazových kotlinách, pozemky ohrožené erozí, s vysokou hladinou podzemní vody a s utuženým podorničím. ŠANTRUČEK A KOL. (2001) uvádí, že nevhodné jsou půdy těžké a chladné půdy, neboť neumožňují včasné setí. Nároky na půdu a stanoviště jsou tím vyšší, čím je pěstována v méně příznivých podmínkách.

2.5.3. Agrotechnika kukuřice

Osevní postup

Z hlediska zařazení plodin v osevním postupu se kukuřice řadí k okopaninám. Je zlepšující plodinou především pro obiloviny. Pro ozimé obiloviny jen tehdy, je-li čas na přípravu půdy a dodržení agrotechnického termínu setí DIVIŠ A KOL. (2000). Kukuřice nevyžaduje speciální předplodinu. Nejvhodnější předplodinou jsou jeteloviny, víceleté pícniny a okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Kukuřice se může pěstovat i v monokultuře PETR A KOL. (1997). Předpokladem však je vyšší intenzita hnojení a agrotechniky ŠANTRUČEK A KOL. (2001). Pěstování kukuřice v monokultuře vede k problémům se zaplevelením, proto se nedoporučuje zařazovat ji 5-6 let po sobě ani na úrodných půdách VRZAL, NOVÁK (1995). Nejčastěji se zařazuje po obilninách, nejlépe pšenici ŠANTRUČEK A KOL. (2007).

Výživa a hnojení

Kukuřice vytváří velké množství organické hmoty, nedostatečná výživa je proto příčinou nízkých výnosů. Odběr živin z půdy probíhá dlouhou dobu, až do voskové zralosti VELICH A KOL. (1994). Příznivě reaguje na živiny v tzv. „*staré půdní síle*“. Živiny je schopna čerpat i z hlubších půdních horizontů. Naopak na přímé hnojení nereaguje porost příliš výrazně. Na 1 t zrna průměrně odčerpá 25 kg N, 3,5 kg P a 16 kg K PULKRÁBEK A KOL. (2003). Pro dosažení výnosu sušiny 10 - 12 t.ha a při minimálním podílu palic 40 % na celkovém výnosu, je třeba pozemek dobře zásobit všemi živinami. Na vyprodukování takového množství hmoty je nutné kukuřici dodat 120 - 180 kg N, 30 - 45 kg P a 80 - 160 kg K.ha⁻¹. Vyšší dávky hnojiv používáme v bramborářské výrobní oblasti a na půdách s nižší zásobou živin. Je vhodné, krýt větší část potřebných živin chlévským hnojem. Živiny dodané ve statkových hnojivech se uvolňují postupně v průběhu vegetace podle potřeby rostlin. Tento způsob hnojení je především významný na půdách s nižší sorpční schopností, kde zásobní hnojení průmyslovými hnojivy je často spojeno se značnými ztrátami živin vyplavením do podzemních vod ŠANTRUČEK A KOL. (2001). Často používáme kejdu, která může být aplikována na jaře po zasetí i při meziřádkové kultivaci PULKRÁBEK A KOL. (2003).

Jednorázová aplikace dusíkatých hnojiv před setím má za následek až 50 % ztráty na živinách a jejich následný nedostatek v období intenzivního nárůstu hmoty. Aplikace hnojiva pod patu (cca 50 mm vedle osiva a 50 mm pod úroveň osiva) do oblasti prvně se vyvíjejících kořenů. Jako hnojivo se nejlépe uplatňuje Amofos, který má velký obsah vodorozpuštěného fosforu. Tuhá statková hnojiva aplikujeme na podzim, tekutá v předjaří a dále jako meziřádkovou aplikaci do fáze pátého listu PETR A KOL. (1997).

Nedostatek fosforu a draslíku snižuje odolnost rostlin proti chladu, chorobám, suchu a poléhání. Špatné zásobení rostlin fosforem se nejvýrazněji projeví u mladých rostlin, hlavně před metáním. Listy jsou užší tmavě modrozeleně zbarvené a konce horních listů jsou červeno-purpurové. Palice jsou malé, zdeformované, často ohnuté VRZAL, NOVÁK (1995). Příjem fosforu rostlinami je snížen při nízkých teplotách, a proto se jeho nedostatek může projevit i na pozemcích středně zásobených fosforečnými hnojivy, zejména byla-li tato hnojiva aplikována na jaře. To neplatí při aplikaci fosforu pod patu. Účinnost tohoto hnojení se snižuje se zvyšující se zásobou fosforu v půdě. Dobře se uplatní fosforečná hnojiva dodaná na podzim spolu se statkovými hnojivy. Dobrá výživa fosforem se příznivě projeví na nasazení palic, jejich velikosti i vývoji. Draslík podporuje tvorbu cukrů, snižuje poléhavost rostlin a zlepšuje jejich odolnost ŠANTRUČEK A KOL. (2001). Největší požadavek na draslík je v období intenzivního růstu. Nejvhodnější je draslík a fosfor aplikovat předzásobně, částečné vyrovnání potřebného množství se provádí při předset'ové přípravě půdy VELICH A KOL. (1994).

Dusík v průmyslovém hnojivu je vhodné dodávat děleně, a to 2/3 dávky před setím 1/3 dávky ve fázi 5 - 6 listů. Touto dělenou dávkou snížíme ztráty dusíku do podzemních vod a vytvoříme příznivější podmínky pro příjem dusíku rostlinou, především v období tvorby zrna v palicích. Přihnojením v průběhu vegetace (na list) dochází k poškození rostlin popálením, ale rostliny kukuřice se s tímto poškozením velmi rychle vyrovnávají. Nejideálnější aplikace, jak tekutých statkových hnojiv, tak dusíku v průmyslových hnojivech je podlistová aplikace do meziřádků na povrch nebo do půdy PETR A KOL. (1989). Kukuřice má nejvyšší požadavky na dusík v období intenzivního růstu a tvorby palic, což je přibližně po 60 dnech od zasetí. Aplikaci celé dávky dusíku umožňují jen částečně půdy s výbornou sorpční kapacitou. Nedostatek dusíku se projevuje žlutozeleným zbarvením rostlin, pomalým růstem a tenkým stéblem. Dále dochází k předčasnému žloutnutí spodních listů. Nedostatek dusíku se projevuje zpravidla až po odkvětu. Palice jsou malé, nevyvinuté, méně ozrněné. Horší

zásobení dusíkem se více projevuje v suchém období a při nerovnoměrném rozdělení srážek. ŠANTRUČEK A KOL. (2007).

Vápník přijímá kukuřice méně, i když je jeho obsah v půdě značně vysoký. Ovlivňuje tvorbu a růst kořenů, především kořenového vlášení. Nedostatek se projevuje nepřímo a u kukuřice se s vizuálními projevy vápníku prakticky nesetkáme. Kukuřice nepatří k nejchoulostivějším rostlinám na kyselou půdní reakci. Podle půdního druhu se pro kukuřici doporučují tyto tyto hodnoty pH/KCl: lehká půda - 6,0, středně těžká - 6,5 a těžká půda - 7,0 VELICH A KOL. (1994).

Hořčík může být jedním z limitujících prvků. Dodává se zpravidla jednou za pět let. Při přehnojení hořčíkem může dojít k zvýšení podílu zrna na celkovém výnosu a rostliny lépe vzdorují chladu. Nedostatek hořčíku se projevuje omezením tvorby chlorofylu a zvýšením jeho rozkladu a červením zbarvením listů.

Bór zlepšuje nasazení palic a zvyšuje obsah karotenu v zrně. Jeho nedostatek zhoršuje vývoj samčího a samičího květenství. Nedostatek boro se v našich podmínkách vizuálně neprojevuje. Nedostatek síry se u kukuřice projevuje světlejším zbarvením mladých listů, u starších rostlin naopak červenofialovým zbarvením ŠANTRUČEK A KOL. (2001).

Zpracování půdy

Na přípravu půdy je kukuřice velmi náročná. Vyžaduje půdy hluboko zpracované PULKRÁBEK A KOL. (2003). U kukuřice je vhodné provést na podzim podrývání. Jeho cílem je zlepšit biologickou aktivitu půdy, zmenšuje se utužení, zlepšuje hospodaření s půdní vláhou. Podrývání se provádí na hloubku 0,45 - 0,5 m, jednou za pět let a je možné ho spojit se základním hnojením. Pokud se podrývání neprovádí, je vhodné provést podmítku, která má jednak plevelohubný účinek a jednak šetří vláhu. Odstup mezi podmínkou a následnou orbou má být minimálně čtrnáct dní. Další operací je střední nebo hluboká orba.

Po uschnutí brázd na jaře provedeme smykování a vláčením půdu udržujeme v kyprém a bezplevelném stavu. Mezi zahájením jarních prací a osevem bývá rozdíl asi 4 - 5 týdnů, který se využije k intenzivnímu hubení plevelů VELICH A KOL. (1994). Půda se kypří do hloubky 50 - 60mm těžkými nebo rotačními branami. Současné mechanizační prostředky umožňují minimalizaci zásahů pomocí kombinátorů VRZAL,

NOVÁK (1995). Počet kypření v rámci předseťové přípravy se řídí konkrétními podmínkami, zejména výskytem plevelů.

Ochranu porostů proti plevelům je možno provádět chemicky nebo mechanicky. Mezi výhody mechanického ošetření patří likvidace plevelů, provzdušnění půdy a vytvoření příznivých podmínek pro růst rostlin PETR A KOL. (1997). Pro mechanickou kultivaci je nutné zakládat porosty způsobem, který umožňuje snadnou kultivaci, tj. výsev souběžně s nejdelší částí pozemku. Chemický způsob ochrany včetně dávek, výběru herbicidů a termínu aplikace se řídí listinou povolených přípravků. Příprava seťového lůžka má zajistit co nejrychlejší prohrátí půdy. V některých srážkově a půdně příznivých oblastech se provádí příprava půdy pouze diskováním (technologie bezorebného přímého setí) ŠANTRUČEK A KOL. (2007).

Založení porostu

Základem je použití kvalitního osiva s vysokou biologickou hodnotou VELICH A KOL. (1994). Osivo kukuřice má mít tyto semenářské hodnoty:

- čistota: min. 99 % I třída, 98 % II třída
- klíčivost: min. 95 % I třída, 88 % II třída
- chladový test: ověřuje vhodnost osiva pro setí do chladné půdy, pro tyto účely by jeho hodnota měla být min. 95% PETR A KOL. (1989).

Vysévá se při teplotě půdy 6 - 8 °C ŠANTRUČEK A KOL. (2001) dle oblastí. V teplejších oblastech ve druhé dekádě dubna, v řepařské výrobní oblasti 25. 4 - 10. 5. a v bramborářské výrobní oblasti od 5 - 15. 5. VELICH A KOL. (1994). Mezi termínem setí a vzejitím porostu nemá být delší doba než 12 dní. V České republice by setí mělo být ukončeno do 10. května. Setí je důležitou operací. Porost kukuřice nemá možnost eliminovat chyby setí. To se provádí stroji na přesný výsev PETR A KOL. (1997). Hloubka setí je různá dle půdního typu. Na lehčích půdách 100 - 120 mm, na hlinitých 80 - 100 mm a na těžkých 60 - 80 mm VRZAL, NOVÁK (1995). Hloubka setí je závislá i na druhu osiva a době setí. Drobnosemenné osivo vyséváme 50 mm, velkosemenné 60 - 80 mm, osivo hydrofolizované a inkrustované 40 - 50 mm a pokud sejeme na konci agrotechnické lhůty, vyséváme mělce PETR A KOL. (1989).

Hustotu porostu nejvíce ovlivňují vláhové poměry stanoviště, čím vlhčí, tím větší je hustota. Vzdálenost řádků je dána použitou mechanizací při sklizni a to 0,7 - 0,75 m. Vzdálenost rostlin v řádcích je dána technologií pěstování, tj. počtem rostlin na ha (130

- 0,179 mm.). Větší vzdálenost rostlin v řádcích vytváří příznivější podmínky pro vyšší kvalitu sklizené hmoty ŠANTRUČEK A KOL. (2007). Na hektar se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti na hybridu pohybuje od 60 do 110 tisíc jedinců na 1 ha DIVIŠ A KOL. (2000). Výsevek se stanoví na základě ranosti hybridu a účelu pěstování. S přihlédnutím k redukci porostu při vzcházení a za vegetace se výsevek zvyšuje o 10-15, vyjíměčně 30 % PETR A KOL. (1997). Důležitá je znalost klíčivosti, ale hlavně vzcháživosti, která je v polních podmínkách o 10 - 15 % nižší VELICH A KOL. (1994).

Kukuřice roste v počátečním vývoji velmi pomalu, a proto kukuřice v tomto období nekonkuruje rychle rostoucím plevelům. V počátečních fázích růstu směřují kultivační opatření k potlačení plevelů PULKRÁBEK A KOL. (2003). Prvním zásahem po zasetí je válení. V suchých oblastech a za suchého jara je nutné na všech půdách. Ve vlhčích oblastech pouze na lehkých půdách. Na těžších půdách se válením zvyšuje tvorba půdního škraloupu, na svažitých pozemcích podporuje půdní erozi. Příznivě působí na růst rostlin plečkování, zejména na ulehých a těžkých půdách. Plečkování má být mělké, maximálně na hloubku výsevu. V případě druhého plečkování je nutné nechat širší ochranné pásy okolo řádků ŠANTRUČEK A KOL. (2001).

Ochrana a ošetření porostů

Jako efektivní a zároveň ekologické se jeví kombinovaný způsob ochrany proti plevelům. To znamená pásovou aplikaci herbicidu v řádcích a meziřádkovou kultivaci. Ochrana proti škůdcům spočívá zejména ve šlechtění na rezistenci. Vhodné je použití mořeného osiva proti chorobám a škůdcům PULKRÁBEK A KOL. (2003). Chemická ochrana je komplex opatření, která začínají na podzim a pokračují v jarním a letním období. Po zapojení porostu se snižuje nebezpečí zvýšené konkurence ze strany plevelů ŠANTRUČEK A KOL. (2007). V případě potřeby chemicky zasahujeme proti zavíječi kukuřičnému.

2.5.4. Sklizeň a posklizňová úprava

Kukuřice na zrno je fyziologicky zralá ke sklizni (žlutá zralost), když obsah sušiny v zrnu dosahuje hodnoty 60 - 62%. Zrno je tvrdé, lesklé, na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje ukončení ukládání živin. Sklizeň se provádí sklízecími mlátičkami, na

nichž se musí provést různé úpravy, např. montáž adaptéru pro odlamování palic, montáž speciálního koše pro výmlat (pevnost, velké otvory), snížení otáček bubnu (13 - 17m.s⁻¹) aj. Optimální vlhkost je do 30 %. Při vyšší vlhkosti se začíná zvyšovat procento ztrát a poškození zrna a snižuje se výkonnost mlátičky. Vlhkost zrna by neměla překročit 40 % VRZAL, NOVÁK (1995).

Zrno po sklizni se musí buď vysušit na standardní vlhkost (14 %) nebo se konzervuje při sklizňové vlhkosti. Sušení se provádí buď ohříváním vzduchem, nebo aktivním větráním. První způsob má výhodu v rychlosti, druhý v ekonomické nenáročnosti. Sušení celých palic se provádí zejména u osivové kukuřice a rovněž při využití na potravinářské účely. Další možností je konzervace bez přístupu vzduchu uvolňujícím se CO₂ (vhodné při vysokých koncentracích hospodářských zvířat) nebo chemická konzervace PULKRÁBEK A KOL. (2003).

Zrno se buď v čerstvém stavu konzervuje, nebo se podle potřeby suší. Každá z těchto technologií má sestavenou posklizňovou linku a jsou vypracované technologické normy PETR A KOL. (1997).

Na fytomasu se sklízí kuřice v mléčně voskové zralosti (obsah sušiny 27%) sklízecí řezačkou při délce řezanky 25-25mm. Sklizeň by měla být ukončena před příchodem prvních mrazíků. V příznivých podmínkách je možné sklízet kukuřici speciálními stroji dělenou sklizní a to technologií LKS - zpracování palic s listeny (50% sušiny) nebo CCM- zpracování palic bez listenů (60% sušiny). Kukuřici na zrno sklízíme sklízecí mlátičkou v plné zralosti KOLEKTIV AUTORŮ (2002).

2.5.5. Využití kukuřice ve fytoenergetice

Pěstování obilnin, jako jednoletých plodin k energetickým účelům má oproti jiným plodinám přednosti zvláště v tom, že technologie jejich pěstování se v zásadě neliší od běžných postupů, nevyžaduje větších investic, nevzniká časová prodleva do prvního výnosu a energetická bilance je výrazně pozitivní. Z uvedeného vyplývá, že pěstování obilnin je jedna z nejvhodnějších variant pro cílené pěstování energetických rostlin, které by navíc zlepšilo rajonizaci pěstování obilnin. Pro krmné a technické využití by se využívala obilní produkce marginálních oblastí, zatímco pěstování obilí k potravinářským a sladovnickým účelům by bylo rajonizováno do produkčních oblastí HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2005).

Při přímém tepelném využití obilnin záleží prvořadě na výnosu biomasy, méně na její kvalitě. Pro dosažení přiměřeného výnosu se nevyužívá dělené výživy porostů dusíkem (absence produkčního a pozdního přihnojení) a ušetří se i na pesticidech.

K významným vlastnostem obilnin z hlediska spalování patří nízká objemová hmotnost a jejich rychlá a energeticky nenáročná zplynovatelnost. Z toho důvodu se při jejich spalování tvoří dlouhé plameny, čemuž je nutné uzpůsobení spalovacího zařízení. Výhřevnost slámy a celých rostlin obilnin je v průměru o něco nižší než u hnědého uhlí a třikrát nižší než má topný olej. Pohybuje se od 12 do 15 MJ.kg⁻¹ v závislosti na sušině. Objemová hmotnost se pohybuje od 40 u řezané, přes 120 u balíkové, do 600 až 1 000 kg.m³ u briketovaných a paletovaných výrobků ŠNOBL (2004).

Pro energetické účely lze využívat kukuřičnou slámu při pěstování kukuřice na zrno. Tato sklizeň se provádí v plné zralosti, v době kdy je celá rostlina dobře vyschlá. Slámu kukuřice lze rozřezat na hrubou řezanku a využít ji pro přímé spalování, obdobně jako dřevní štěpku. Podobně je možné využít i kukuřičná vřetena po vyláčení zrna, která se v případě potřeby rozmělní na drobnější části OCHODEK A KOL (2006).

Tabulka č. 5.: Vliv vlhkosti biomasy kukuřice na výhřevnost a objemovou hmotnost (ŠNOBL 2004)

Plodina	Vlhkost (%)	Výhřevnost (MJ.kg ⁻¹)	Objemová hmotnost volně ložená (kg.m ⁻³)
Sláma kukuřice	10	14,40	100 (balíky)

Fytomasu kukuřice (i zbytkovou) i zrno lze využít k energetickým účelům. V USA jsou vřetena kukuřičných klasů potenciálně nejvýznamnějším bioenergetickým zdrojem, proto zde byl zahájen program obnovení používání vřeten kukuřičných palic k výrobě etanolu na celulozové bázi KOLEKTIV AUTORŮ (2002).

V USA se začínají vyrábět kelímky z kukuřice. Na první pohled nikdo nepozná rozdíl mezi plastovým a kukuřičným kelímkem, o původu vypovídá pouze papírová nálepka. Potup výroby je následující: Nejprve se z kukuřičných zrn extrahuje škrob a přemění se na dextrózu, která se nechá kvasit v kyselině mléčné. Pak se vyvaří voda a vznikne tak molekulární polymer. Konečným výsledkem jsou granule podobné platu, které mohou být vylisovány a vymodelovány do libovolného tvaru.

Celý proces trvá méně než týden. V porovnání s výrobou plastů se při tvorbě kelímků z kukuřice spotřebuje méně fosilních paliv a tím pádem do ovzduší není vypouštěno tolik skleníkových plynů.

Materiál z kukuřice je sice vysoce ekologický, ale má také jistá omezení. Při vysokých teplotách totiž taje, takže se jej nelze použít k uchování teplých pokrmů nebo ohřívat jídlo v mikrovlnné troubě. Nemůže se ani umýt v myčce na nádobí.

Výrobci spotřební elektroniky budou z plastů na bázi kukuřice vyrábět čelní panely domácích DVD přehrávačů a dalších produktů. Tento materiál je stejně pevný jako průmyslově používaný plast a je nehořlavý KOMÁREK (2004).

2.6. Tritikale jako energetická rostlina

2.6.1. Charakteristika rostliny

Tritikale je nový syntetický druh KŘEN A KOL. (1998). Křížence pšenice a žita vyšlechtil poprvé Wilson v roce 1876 v Anglii. Tento hybrid byl sterilní. Roku 1888 získal německý šlechtitel W. Rimpau plodný hybrid. Spojit skromnost a nenáročnost žita s vysokou výkonností a kvalitou pšenice se však nepodařilo.

Tento cíl se povedl až v roce 1982. Z 52 míst mezinárodních odrůdových pokusů rozmístěných po celé Zemi, se na prvním místě umístila odrůda triticales Lasko vyšlechtěná v Polsku. Tak vznikl nový obilní druh.

Nejpoužívanějším názvem je Triticale, zavedené v roce 1926 Tschermakem. Rodové jméno je Tritico-secale (Wittmack) Müntzing PETR A KOL. (1991). Název pochází z původních druhů, ze kterých bylo vyšlechtěno (Triticum - pšenice, Secale - žito) KŘEN A KOL. (1998).

Přednosti tritikale:

- vysoká výnosnost i v méně příznivých podmínkách
- tolerantnost k horší předplodině, k půdě s horším pH půdy, obsahem Al iontů a s menším obsahem mikroelementů
- malá náročnost na hnojení a ochranu proti chorobám a škůdcům
- u speciálních odrůd nejvhodnější produkce bioetanolu
- vhodný druh pro low input systémy a ekologické zemědělství
- vhodný obilní druh do CHKO a PHO vodních zdrojů

Tritikale dává nižší výnosy než pšenice, ale výnosovou stabilitu má srovnatelnou se žitem PETR A KOL. (1997). Vyznačuje se dobrým zdravotním stavem. Zrno tritikale má nápadně velkou obilku, u některých odrůd se svažtělým povrchem PULKRÁBEK A KOL. (2003). Tritikale se v našem státě pěstuje na zatím malých plochách a je využíváno především ke krmným účelům ŠTOLCOVÁ (1996). Vzhledem k vysoké enzymatické aktivitě bude využíváno k produkci bioetanolu, uvažuje se s produkcí na spalování, perspektivně k výrobě etanolu. V Evropě je nejvíce rozšířeno v Polsku (600 000 ha), Německu, Francii, Maďarsku a Rakousku DIVIŠ A KOL. (2000).

2.6.2. Nároky na prostředí

Na půdně-klimatické podmínky je méně náročné než pšenice ozimá, ale více než ozimé žito. Ve srovnání s ozimou pšenicí dává i v horších podmínkách stabilnější výnosy PETR A KOL. (1991). Vyniká svou tolerantností k horší předplodině a agroekologickým podmínkám a relativně dobrým zdravotním stavem PETR A KOL. (1989). Je velmi zimovzdorné, odolné proti nedostatku vláhy kromě doby klíčení či vzcházení DIVIŠ A KOL. (2000). Tritikale je tolerantní k nižšímu pH půdy. Je méně náročné k obsahu mikroelementů PETR A KOL. (1997). Je méně citlivé k průmyslovým emisím a spadům. Výhodou je i menší náročnost na intenzitu hnojení KŘEN A KOL. (1998).

2.6.3. Agrotechnika tritikale

Osevní postup

Nejvyšších výnosů tritikale dosahuje po zlepšujících předplodinách (olejninu, luskovinu, jetelovinu DIVIŠ A KOL. (2000). V oblastech, kde není nebezpečí výskytu plísně sněžné, je možné zařazení i po žitě PULKRÁBEK A KOL. (2003). Po pšenici trpí houbovými chorobami.

Výživa a hnojení

Základní dávky fosforečných a draselných hnojiv podle metodiky výživy rostlin se pohybují mezi pšenicí a žitem a jsou odvozené od obsahu živin v půdě a požadované

intenzity výnosu. Pohybují se v rozmezí 45 - 100 kg P₂O₅ a 80 - 120 kg K₂O na 1 ha ŠTOLCOVÁ (1996).

Rozdílnost je u hnojení dusíkem. Nejčastější rozpětí dávek je 80 - 120 kg N.ha⁻¹ nebo 90 - 140 kg N.ha⁻¹, maximálně 150 kg N.ha⁻¹ podle odrůdy, předplodiny a celkových podmínek místa pěstování. Nedoporučuje se podzimní předseťová dávka dusíku. Celková dávka se dělí na dvě téměř stejné dávky regenerační a produkční (aplikuje se na začátku sloupkování), nebo se dělí na dávky tři: regenerační (v odnožování), produkční (ve sloupkování) a pozdní (v metání). První dávka regeneračního hnojení se aplikuje v ledku vápenatém a druhá za 3 - 4 týdny v hnojivu DAM 390. Na produkční přihnojení se využívá DAM 390 a pro pozdní přihnojení se aplikuje ledek vápenatý PETR A KOL (1991). Regenerační dávka na jaře činí 30 - 40 kg N.ha⁻¹. Produkční přihnojení dusíkem se pohybuje zpravidla okolo 40 - 60 kg N.ha⁻¹ PULKRÁBEK A KOL. (2003).

Regenerační hnojení lze objektivizovat podle obsahu dusíku v půdě (N_{min}), u produkčního podle anorganických rozborů rostlin a u pozdního přihnojení podle rychlotestu na obsah nitrátů.

U tritikale se doporučuje pozdní přihnojení v době metání, které zvyšuje plnost a hmotnost obilek a zvyšuje obsah dusíkatých látek. Toto přihnojení je efektivní jen při dostatku vláhy a při kontrole listových a klasových chorob PETR A KOL. (1989).

Založení porostu

Příprava půdy pro ozimé tritikale je stejná jako pro ostatní druhy a řídí se podle předplodin. Tritikale příznivě reaguje na minimální zpracování půdy, tj. mělké kypření půdy do hloubky 8 - 10 cm, zejména po pozdě sklizených předplodinách. Vlastní seťové lůžko se připravuje do hloubky 6 - 7 cm vibračními či vířivými bránami v kombinaci s pýchovacím válcem a často v agregátu se secím strojem PETR A KOL. (1997). Na ulehlou půdu má podobné nároky jako žito. Příprava půdy ovlivňuje výnos tritikale více než předplodina DIVIŠ A KOL. (2000).

Optimální doba setí je od 15. 9. do 10. 10. V příznivých podmínkách (lepší bramborářské oblasti) sejeme ve druhé polovině září až do 10. října, v méně příznivých podmínkách začínáme sít o týden dříve. Včasnější výsev není příliš rizikový. Setí po 20. 10. zvyšuje riziko vyzimování. Čím časnější je doba setí, tím nižší je výsevek. Nejčastější výsevky jsou 350 až 450 klíčivých zrn na 1 m². Výnos tritikale je založen

na produktivitě klasu (na počtu zrn v klasu a hmotnosti zrn) a proto porosty nesmí být přehoustlé. Na přehouštění porostu reaguje ze všech obilnin největší redukcí výnosových prvků, zejména při nevyvážené výživě DIVIŠ A KOL. (2000). Seje se do řádků 125 mm. Hloubka setí je 30 - 40 mm PULKRÁBEK A KOL. (2003). Osivo tritikale se moří proti plísni zakrslé.

Ochrana a ošetření porostů

U tritikale, stejně jako u ostatních ozimých obilnin kontroluje stav porostů během vegetace, abychom získali informace pro objektivní rozhodovací činnost a naplnili tak heslo „*kdo na pole chodí, tomu se rodí*“.

V případě dobrého zapojení porostu se tritikale vyznačuje velmi dobrou konkurenční schopností vůči plevelům. V celé řadě případů je však nutno aplikaci herbicidů provést. Volba herbicidů je podobná jako u žita či pšenice. U tritikale se však projevuje odrudová citlivost proti herbicidům ŠTOLCOVÁ (1996).

Předností tritikale je dobrá odolnost proto chorobám a škůdcům. Některé choroby se přesto musí důkladně kontrolovat a případně proti nim chemicky zasahovat. Zejména jde o plíseň sněžnou, septoriózy a choroby pat stébel. Proti plísni sněžné se bráníme produkcí osiva v nefusariózních oblastech a mořením osiva. Proto chorobám pat stébel se doporučují postřiky ke konci odnožování a na začátku sloupkování doporučenými přípravky. Výskyt chorob pat stébel je třeba kontrolovat již na podzim. Proti listovým a klasovým chorobám se postřik podporučuje až při výskytu chorob doporučenými přípravky.

V porostech tritikale škodí bzunka ječná a zelenuška žlutopasá. Ochrana proti nim je stejná, jako při jejich výskytu u ostatních obilnin PETR A KOL. (1989).

2.6.4. Sklizeň a posklizňová úprava

Tritikale má sklon k poléhání, a proto je třeba sledovat dobu zralosti a včas sklízet. Přímá sklizeň se provádí ve žluté zralosti podle velikosti obilek. Vzhledem k náchylnosti k porůstání je třeba s ohledem na počasí sklízet zrno vlhčí a posklizňově je dosoušet, což je vhodnější, než při přehánkovém počasí čekat na přijatelnou vlhkost zrna. Při tomto postupu je však větší výskyt scvrklých obilek. Rovněž sklon k otevírání klasu a výdrolu je mnohem větší než u odrud ozimého žita. Při posklizňové úpravě je

třeba šetrnosti, protože obilky se snadno zapaří a zatuchnou, a tím se sníží i jejich krmná hodnota PETR A KOL. (1991).

2.6.5. Využití tritikale ve fytoenergetice

Pěstování obilovin k energetickým účelům má oproti jiným plodinám své přednosti v tom, že výsev, ošetřování, hnojení, ochrana a sklizeň je zemědělcům dobře známá. Mohou začít produkovat biomasu pro energetické využití bez větších investic, protože obvykle vlastní potřebnou techniku. Půda zůstává stále k dispozici pro výrobu potravin, pěstování obilí se nechá začlenit do zažitého osevního postupu, nevznikají časové prostoje do prvního výnosu a energetická bilance je zřetelně pozitivní. Rozšíření využití obilovin pro nepotravinářské účely by umožnilo rajonizaci pěstování obilovin. Znamenalo by to pěstování potravinářských obilovin a sladovnického ječmene pouze v oblastech, které zaručují vysokou technologickou jakost dané komodity a v ostatních oblastech pěstovat obiloviny pro krmné a technické využití.

Ke sklizni jednoletých kultur, především obilovin, jsou k dispozici různé postupy, užívající běžnou techniku, která je právě k dispozici. Volba sklizňového postupu je závislá především na odběrateli.

Při přímém tepelném využití obilovin záleží především na výnosu biomasy, méně na kvalitě. Přestože by měla být zachována určitá úroveň, nemusí se uskutečnit produkční a kvalitativní přihnojení a ušetří se také při ochraně rostlin.

Při přímém tepelném využití obilnin záleží prvořadě na výnosu biomasy, méně na její kvalitě. Pro dosažení přiměřeného výnosu se nevyužívá dělené výživy porostů dusíkem (absence produkčního a pozdního přihnojení) a ušetří se i na pesticidech HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2005).

Pro sklizeň celých rostlin k získání směsi slámy a zrna se využívají běžné žací stroje. Posečená hmota na začátku žluté zralosti (DC 87, F 11.3) se ponechá doschnout na strništi a poté se sklízí pomocí samosběracích vozů nebo lisováním. Ztráty při tomto způsobu sklizně dosahují až 10 %. Při spalování biomasy obilnin je třeba zohlednit hnojivou hodnotu slámy. Podle propočtů je možno bez negativního vlivu na úrodnost půdy odejmout z koloběhu látek 25 – 33 % každoročně sklízené slámy pro průmyslové a energetické účely OCHODEK A KOL. (2006).

K významným vlastnostem obilnin z hlediska spalování patří nízká objemová hmotnost a jejich rychlá a energeticky nenáročná zplynovatelnost. Z toho důvodu se při

jejich spalování tvoří dlouhé plameny, čemuž je nutné uzpůsobení spalovacího zařízení. Výhřevnost slámy a celých rostlin obilnin je v průměru o něco nižší než u hnědého uhlí a třikrát nižší než má topný olej. Pohybuje se od 12 do 15 MJ.kg⁻¹ v závislosti na sušině. Objemová hmotnost se pohybuje od 40 u řezané, přes 120 u balíkové, do 600 až 1 000 kg.m³ u briketovaných a paletovaných výrobků ŠNOBL A KOL. (2004). Pro produkci biomasy ke spalování je všeobecně tritikale a žito vhodnější než pšenice. Proto lze zejména do marginálních oblastí doporučit pěstování žita a tritikale a do úrodných produkčních oblastí směřovat pěstování potravinářských obilovin.

Ozimé žito a tritikale jsou vhodnými obilovinami pro produkci biomasy spalováním. Při vstupech redukovaných na 2 dávky hnojení dusíkem lze dosáhnout výnosů 11-13 t/ha sušiny biomasy (rozdíly ve spalném teple slámy i zrna jsou malé). Optimální výnos nadzemní biomasy u tritikale 13,18 t/ha byl dosažen při 120 kg N/ha HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2005).

Tabulka č. 6.: Topenářské vlastnosti tritikale (HAVLÍČKOVÁ A KOL. 2005)

Druhy vzorků	Obsah (%)		Spalné teplo (MJ.kg ⁻¹)		Výhřevnost vzorku (MJ.kg ⁻¹)
	sušiny	vody	sušiny	vzorku	
Tritikale klasy	87,05	12,95	15,17	15,37	14,11
Tritikale sláma	91,48	8,52	16,5	16,78	15,58

Pozn. výhřevnost vzorku = spalné teplo vzorku – teplo na odpaření vody ve vzorku a vody vzniklé spálením 5 % vodíku ve vzorku.

Výroba bioetanolu z obilovin je významnou součástí využití rostlinné produkce k nepotravinářským účelům. V posledních letech se mnoho institucí a organizací v České republice věnuje výběru odrůd obilnin k produkci bioetanolu, a to zejména s ohledem na obsah škrobu a výnos zrna. Ten významně ovlivňuje celkovou produkci škrobu z hektaru. Vzhledem k tomu, že pěstování obilnin pro produkci bioetanolu bude situováno zejména do méně příznivých agroekologických podmínek, je třeba se orientovat na druhy a odrůdy, které i v těchto podmínkách dosahují uspokojivých výnosů.

Při výběru vhodných odrůd obilnin pro produkci bioetanolu byla a je věnována pozornost zejména pšenici. Tritikale bylo doposud z tohoto pohledu spíše opomíjeno, přestože je pro produkci bioetanolu velmi vhodnou obilninou.

Tritikale se již dříve projevilo jako nejvhodnější obilní druh k produkci bioetanolu. U některých odrůd (Lasko, Alamo) se dosahuje přes 44 litrů ze 100 kg sušiny obilí. Velkou výhodou přitom je vlastní enzymová aktivita, kdy není třeba přidávat cizí enzymy. Jde však o odrůdy speciálně vyšlechtěné pro tento užitkový směr PETR A KOL. (1997).

Tritikale se vyznačuje v porovnání s jinými obilními druhy mnoha přednostmi. Spočívají zejména ve vysokém produkčním potenciálu i v méně příznivých agroekologických podmínkách. Dále se cení stabilita výnosu a možnost zařazení po horší předplodině. Snáší kyselější půdy, byla zjištěna též střední citlivost až tolerantnost k obsahu Al^{3+} iontů. Neméně významnou vlastností tritikale je menší náročnost na hnojení a dobrý zdravotní stav, takže spotřeba hnojiv a pesticidů patří k nejnižším ze všech ozimých plodin. Rozšíření ploch tritikale ve světě a zejména v zemích EU je podmíněno právě uvedenými vlastnostmi a možnostmi využití ke krmným účelům a k produkci bioetanolu.

Pěstování obilnin pro produkci bioetanolu v chladnějších oblastech s vyšší nadmořskou výškou má nesporný vliv na kvalitu zrna – v těchto oblastech dosahují obilniny obecně nižšího obsahu bílkovin a vyššího obsahu škrobu, což je právě pro produkci bioetanolu žádoucí.

Těžiště pěstování tritikale k produkci bioetanolu by mělo být v méně příznivých agroekologických podmínkách, tedy v obilnářské a bramborářské oblasti. Neobejdeme se však bez určité úrovně intenzity pěstování. Největší energetické vstupy představují dávky průmyslových hnojiv, zejména dusíkatých (přibližně 60 až 80 kg N/ha). Další významný energetický vstup představuje použití pesticidů. Zde je možné hledat úspory v integrované ochraně a např. i v pěstování směsí vhodných odrůd. Doba setí nemá být předčasná, protože se zvyšuje riziko výskytu chorob a podzimní zapevelení. Spodní hranice doporučeného výsevu umožní vyniknout vlastnostem moderních odrůd – produkčnímu potenciálu klasu.

Výsledky pokusů a praktické zkušenosti svědčí o vhodnosti pěstování tritikale v méně příznivých podmínkách pro produkci bioetanolu. Pěstitelský systém by se měl blížit integrované technologii. To však bude vyžadovat celostní přístup zemědělského podniku. Výrazná specializace jen na rostlinnou produkci, resp. na produkci obilí k lihovarnickým účelům, by přinesla značnou koncentraci ploch jedné plodiny, a tím vyšší výskyt chorob, škůdců a potřebu intenzivní chemické ochrany a hnojení. To by

negativně ovlivnilo oceňované vlastnosti tritikale a celkové cíle a pojetí tohoto programu směřujícího k trvale udržitelnému zemědělství PETR (2007).

2.7. Trávy jako energetické rostliny

Využití travních druhů pro energetiku má mnoho výhod. Hlavní výhodou je ta, že lze vybrat trávy vytrvalé, nevyžadují každoroční zakládání porostů. Výhodou je také možnost volby sklizně tak, aby byla travní stébla co nejvíce suchá a nemusela se dodatečně dosušet. Čím jsou stébla pevnější, starší, tím jsou vhodnější pro přímé spalování. Mladé porosty jemných trav nejsou pro přímé spalování vhodné, protože mají vyšší obsah živin, zejména dusíku, což je nežádoucí z hlediska vzniku emisí při spalování. Obecně lze pro přímé spalování využívat traviny plně vyztřelé, vyschlé, kdy živiny z nadzemních částí rostliny jsou většinou zataženy do kořenového systému OCHODEK A KOL. (2006).

2.7.1. Srha říznačka

Srha říznačka patří do skupiny volně trsnatých trav. Do Čech byla introdukována již v 18. století. Řadí se mezi nejvýnosnější trávy se širokým uplatněním v nejrůznějších podmínkách VELICH A KOL (1994). Výborně reaguje na hnojení, zejména dusíkem. Plného výnosu dosahuje již ve 2 - 3 roce vegetace. V příznivých podmínkách (dostatek živin a vláhy) vydrží v porostu 6 - 10 let, ale po 5 roce vegetace její výnosnost klesá. Patří mezi agresivní trávy, což je podmíněno její raností, vysokým vzrůstem, rychlým obrůstáním, ale i délkou vegetační doby PULKRÁBEK A KOL. (2003). Na půdách s vyšším obsahem přístupných živin potlačuje ostatní druhy a stává se dominantním druhem ŠANTRUČEK A KOL. (2001).

Na jaře obrůstá jako jedna z nejranějších trav, metat začíná již v polovině května. Je nevyhraněně ozimá, proto v prvním roce setby většinou nemetá. Pokud se však první seč sklídí ještě před metáním, tvorba fertilních výhonků v druhé seči je četná. VRZAL, NOVÁK (1995).

V podmínkách České republiky je přizpůsobivá, ale v subalpínském pásmu již neroste. Při své ranosti bývá často poškozena jarními mrazíky, velmi rychle však regeneruje. Hlavním výnosovým faktorem je dusík, který dokáže výborně zhodnotit. Na

oligotrofních stanovištích neroste a při ročních dávkách dusíku pod 100 kg/ha má sníženou vitalitu, konkurenci i produkční schopnost PETR A KOL. (1989).

Nejlépe jí vyhovuje mezofytní stanoviště s dostatkem vláhy. Vláhový deficit snižuje výnosy i kvalitu srhy, protože se zvyšuje obsah ligninu a křemíku v píce. Déletrvajícím záplavy luk i v mimovegetační dobu srha snáší špatně. Disperzní složení půdy i půdní reakce nejsou pro uplatnění srhy rozhodující. Při extrémních půdních podmínkách v přírodních porostech roste jen ojediněle VELICH A KOL. (1994). Nejlepší půdy jsou vlhké, písčitohlinité až hlinité, humózní s pH 6, i když srha snáší i slabě kyselé půdy. Nevhodné jsou půdy těžké. Na půdách lehkých a vysychavých poskytuje nízké výnosy s horší kvalitou VRZAL, NOVÁK (1995).

Kvalita píce je do fáze metání výborná. Při dávce 100 kg.ha⁻¹.seč obsahuje kolem 10 % stravitelných dusíkatých látek a 25 % vlákniny. V době zakvétání dochází k prudkému poklesu stravitelných dusíkatých látek (5 %) a k nárůstu vlákniny (30 i více %). K získání kvalitní píce se má porost první seče srhy, která je nejvýnosnější, sklízet na počátku metání a její porosty mají být využity trojsečně. Dostatečné zajištění srhových porostů vláhou a vyšší úrovní dusíku zpomaluje zhoršení kvality píce stárnutím. Vysoký výnosový potenciál je podmíněn vysokým vzrůstem, rychlým obrůstáním, ale i délkou vegetační doby. Zajišťuje nejranější píci a současně obrůstá i dlouho do podzimu, kdy není poškozena mrazíky kolem -5 °C.

Velmi dobře snáší ušlapávání a častější sečení. Je tolerantní ke komprimaci drnu při pastvě a díky bohatému listovému aparátu se dobře uplatňuje i na zastíněných místech ŠANTRUČEK A KOL. (2007).

2.7.2. Ovsík vyvýšený

Ovsík vyvýšený je víceletá, vysoce vzrůstná tráva. Dorůstá až do výšky 150 cm. Jedná se o travu domácího původu. Vzhledem k vysokému hrubšímu stéblu středně poléhavému má předpoklady využití ve fytoenergetice pro přímé spalování nebo jako přísada do fermentoru při výrobě bioplynu. Plodonosná stébla dosahují výšky 120 - 150 cm. Trs je vzpřímený, mohutný, vystoupavý, středně hustý, vysoký 80 - 130 cm. Stéblo je hrubší, středně poléhavé se středním olistěním. Listy jsou široké, dlouhé, typicky převislé a řídce ochmýřené OCHODEK A KOL. (2006).

Stejně jako srha říznačka je ovsík volně trsnatou travou. Má obtížné semenářství i setbu, užší ekologickou amplitudu a je méně vytrvalý VELICH A KOL. (1994).

Mohutným kořenovým systémem čerpá vodu i z hlubších půdních vrstev. Je to tráva převážně jarního charakteru. Trpí holomrazy a plísni sněžnou, proto není vhodný do horších klimatických podmínek ŠANTRUČEK A KOL. (2001). Uplatní se na lehčích, sušších půdách s neutrální nebo slabě kyselou půdní reakcí. Nesnáší sešlapávání a spásání. Předností ovsíku je vynikající produkční schopnost a odolnost proti přísušku VELICH A KOL. (1994). Je vhodný k protieroznímu zatravnění svažitéch pozemků a náspů VRZAL, NOVÁK (1995).

2.7.2.1. Agrotechnika ovsíku vyvýšeného

Osevní postup

Nejlepší předplodina pro ovsík je okopanina hnojená hnojem. Minimálně 3 roky před setím nesmí být na témže pozemku jiná tráva na semeno. Izolační vzdálenost od jiných odrůd ovsíku je 100 m.

Výživa a hnojení

Hnojení draslíkem a fosforem se provádí podle násobenosti půdy v první dekádě září. Dusík se aplikuje v dávce 80 - 100 kg.ha⁻¹ v prvním a 90 - 110 kg.ha⁻¹ v druhém užitkovém roce. 40-50 kg dusíku aplikujeme v první dekádě září, zbývající dusík časně zjara. V případě dělení jarní dávky druhou dávku dusíku použít nejpozději do začátku sloupkování.

Založení porostu

Sejeme na jaře do vhodné krycí plodiny (např. pšenice jarní) s nižším výsevkem o 20 - 40 %, nejlépe secím strojem s kartáčovým výsevním ústrojím. Termín setí je co nejdříve zjara, maximálně do konce dubna. Šířka řádku je 20 - 25 cm, hloubka setí je 3 - 4 cm. Výsevek ovsíku se pohybuje v rozmezí 22 až 30 kg/ha.

2.7.2.2. Sklizeň ovsíku vyvýšeného

Sklizeň se provádí v první dekádě července, kdy semeno je vybarvené do šedohněda, při slabém poklepu vypadává a jde obtížně rozlousknout nehem. Výnos semene se pohybuje v rozmezí 0,3 - 0,6 (1) t/ha FRYDRYCH A KOL. (2002).

2.7.3. Chrastice rákosovitá

2.7.3.1. Charakteristika rostliny

Chrastice rákosovitá je rozšířená téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a v Severní Americe. U nás je cizosprašným autochtonním (původním) druhem, rozšířeným na celém území našeho státu, značně náročným na vláhu a živiny HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007). Patří mezi vytrvalé výběžkaté trávy. Je to mohutný (výška přes 2 metry), pozdní, vytrvalý druh VELICH A KOL. (1994). Stébla jsou ukončena jednostrannou latou, sterilní výhony jsou hustě olistěné. Listy jsou dlouhé a široké. Tvoří silné a dlouhé podzemní rhizomy, které se rozprostírají těsně pod povrchem půdy ŠANTRUČEK A KOL. (2001). Má mocný a do hloubky pronikající kořenový systém, který rostlinu zásobuje vodou. Je rozšířena na stanovištích s přebytkem vody. Snáší přechodné záplavy, ale i přísušky ŠANTRUČEK A KOL. (2007). Plodem je vejčitá nahá obilka 1,55 - 4 mm dlouhá a 1 mm široká. Hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo 0,8 g. Má perspektivu jako surovina pro výrobu buničiny (obsah celulózy 30 - 36 %, ligninu okolo 14 %) ŠNOBL A KOL. (2004).

2.7.3.2. Nároky na prostředí

V přirozených travních porostech se chrastice nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Je odolná vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Na půdní reakci není citlivá. Je přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem okolo pH 5. Po zakořenění jí nevádí ani delší přísušek. Holomrazy ani pozdní mrazíky jí nevádí. Dobře snáší i zaplavení nebo krátkodobé zastínění. Její předností je široká ekologická amplituda. Uplatňuje se na všech půdách i při přebytku nebo nedostatku vláhy. Vysokých výnosů je dosahováno v letech s vyšším srážkovým úhrnem a na půdách, kde se hranice spodní vody pohybuje

mezi 30 - 40 cm. Lesknice je velmi vytrvalá, ale po zasetí má pomalejší vývoj než ostatní trávy ŠANTRUČEK A KOL. (2007).

2.7.3.3. Agrotechnika chrastice rákosovité

Osevní postup

Chrastice v osevním postupu patří na nezaplevelený pozemek. Chrastice je nenáročná na předplodinu. Může se sít po všech předplodinách. Kvalitní předplodinou jsou luskoobilní směsky a obilniny, které následují po pícnině nebo po ozimé řepce.

Založení porostu

Porosty chrastice pro energetické využití se sejí do užších řádků na vzdálenost 12,5, (15) až 30 cm. Výsevek v čisté kultuře se pohybuje od 20 do 25 kg/ha. Dobře založené porosty vydrží několik let. Doporučují se však sklízet přes zimu nebo po zimě brzy na jaře před novým obrážením, kdy rostliny mají nízký obsah vody (12 - 20%). Porosty je možné každoročně nejlépe na jaře před vegetační sezónou přihnojovat. Většina plodin pro energetické účely se sklízí pouze jedenkrát do roka. Proto je dosahováno nižších výnosů KÁRA A KOL. (2005).

2.7.3.4 Využití chrastice rákosovité ve fytoenergetice

Pro průmyslové využití se šlechtí nové odrůdy, které se budou lišit vysokým poměrem stonků oproti listům, nízkým obsahem popele a prvků mezi které patří křemík, draslík a chlór. Chlór při spalování způsobuje korozi spalovacích zařízení a popel se při vysokém obsahu uvedených prvků a při nízkých teplotách taví a spéká HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007).

Chrastici je možné využít jako palivo přímo do vhodného kotle, nebo ji dále zpracovat lisováním do formy pelet či briket. Přímé spalování je vhodné ve velkých topeništích, kam je palivo dodáváno ve velkých balících. Při spalovacích zkouškách byla chrastice ve formě balíků užitá jako palivo v kotli na spalování slámy. Emise CO byly zjištěny v úrovni 1000 mg/m³ (při 11 % O₂). Limitní hodnota pro toto spalovací zařízení je 650 mg/m³. Koncentrace NO_x ve spalinách byly pod dovolenou hranicí.

Výhodou chřastice jako paliva je zvýšená teplota tání popela (1190 °C) oproti obilní slámě (860 °C). Tím se v mnohých případech dá zabránit spékání popela v topeništi KÁRA A KOL. (2005).

Průměrné výnosy sušiny jsou v rozmezí 4,5 - 9 t/ha. Spalné teplo sušiny celé plodiny je v průměru 17,52 GJ/t HAVLÍČKOVÁ A KOL. (2007).

2.8. Antropogenně poškozené půdy

V severočeské pánevní oblasti je těžbou uhlí a skrývkami narušeno území o rozloze asi 260 km². Další půda byla zdevastována složišti popelnatých odpadů v důsledku činnosti uhelných elektráren. Severní Čechy vykazují 2,5 více měrných emisí prašného spadu, 4 krát více SO₂, 3 krát více NO_x a 1,5 krát více C_xH_x než je průměr České republiky. Těmito hodnotami jsou Severní Čechy nejrozsáhleji poškozeným územím ve střední Evropě.

Provozování zemědělství v této oblasti bylo vždy složité. Zapojení zdejšího půdního fondu pro produkci potravin je také problematické. To se týká 10000 ha zrekultivovaných ploch a ploch, které budou rekultivovány v budoucnu. Současná agrární politika tyto oblasti předurčuje k útlumu zemědělské produkce a mimoprodukčnímu využívání půdy. Rozdělení využití půdního fondu se zachováním zemědělské výroby je však nezbytné pro obnovu ekologické stability krajiny a zachování venkovských obcí. Zrekultivované výsypky a složiště popelů a kontaminované půdy mohou být účelně využity k pěstování energetických a technických plodin PETŘÍKOVÁ A KOL. (1996)

2.8.1. Postupy biologické rekultivace

Výsypkové zeminy z povrchové těžby hnědého uhlí severočeské a sokolovské pánevní oblasti jsou většinou velmi těžké jílovité zeminy s obsahem 85 - 90 % jílovitých částic. Jejich biologická aktivita je výrazně omezena. Mají špatné fyzikální vlastnosti a špatně se obdělávají. Zásoba přijatelného K, Ca a Mg je dobrá. Aktivní kyselost (pH) je zpravidla optimální.

Při přímé rekultivaci výsypek (bez překrytí ornici nebo jinými substráty) lze vhodným systémem hnojení a vhodnými osevními postupy zajistit jejich

zproduktivnění. Je ale nutné počítat s tím, že z těžkých výsypkových zemin vzniknou obtížně obdělátné, i když úrodné těžké antropogenní půdy VÁŇA, USTJAK (2002).

Úspěch přímé biologické rekultivace výsypek spočívá v organickém hnojení. Nejrychlejší doplnění chybějících humusových látek je možné zajistit kompostem v dávce minimálně 50 a více t/ha. Toto opatření je ale nákladné. Příznivých výsledků v biologickém oživení výsypkových zemin a v tvorbě humusu bylo dosaženo hnojením kejdou v dávce 50 – 70 t/ha/rok. Nejlepší je kejda drůbeže a prasat. Kejda skotu se při aplikaci musí přihnojit fosforem. Výhodné je hnojení kejdou se zaoráním slámy. Zaorávka slámy je vhodnější než opakované pěstování plodin na zelené hnojení v průběhu jednoho roku. Pokud je zre kultivovaná výsypka určena k nepotravinářské produkci, je možné použít k organickému hnojení vhodné čistírenské kaly. Nejlepší jsou biologické i primární kaly z výroby papíru a celulózy, které obsahují cizorodé látky v minimálním množství VÁŇA (1999).

Osevní postup pro přímou rekultivaci výsypek by měl zahrnovat obilninu, luskoobilní směsku, olejinu, případně bob se zaoráním slamy a jako krycí plodinu vojtěšku, kterou je vhodné udržet v produkci nejméně čtyři užitkové roky a podle stavu porostu každý druhý rok přihnojit kejdou. Pěstované plodiny se využijí nepotravinářsky, vojtěšku lze pěstovat na semeno.

Po zaorání vojtěšky je možné zakládat plantáže trvalých energetických nebo průmyslových plodin nebo zavést osevní postup jednoletých energetických a průmyslových rostlin.

Při nepřímé rekultivaci výsypek se výsypka překrývá orniční zeminou. Převrstvení výsypky je třeba volit v takové výšce, aby bylo možné orniční zeminu proorat alespoň částečně s povrchovou vrstvou výsypky, tj. asi do 25 cm. Základem rekultivačního osevního postupu je intenzivní pěstování vojtěšky. Její hluboký kořenový systém přispívá k žádoucímu rychlejšímu propojení výsypkové zeminy s převrstvenou orniční zeminou. Překrytím ornice se výrazně zkrátí období biologické rekultivace výsypky PETŘÍKOVÁ A KOL. (1996).

2.8.2. Rekultivace složišť popele

Pro zemědělskou rekultivaci složišť popele se z obavy kontaminace potravních řetězců cizorodými látkami, zejména těžkými kovy doporučovalo převrstvení asi 50 cm vrstvou zeminy. Riziko kontaminace je zcela vyloučeno pěstováním rostlin pro

produkcí technické a energetické fytomasy. Rostlinám se na složišti popele dobře daří i při nižším převrstvení zeminy. Bylo prokázáno, že rekultivaci složiště lze provádět s minimální povázkou zeminy nebo po vyhnojení organickými hnojivy (100-200 t kejdy na ha za rok) lze rostliny pěstovat přímo v popelnatém substrátu.

Energetický popel uložený na složišti je z hlediska fyzikálních vlastností lehkou půdou s převahou prachových částic. Popele z různých složišť se agrochemickými vlastnostmi ani obsahem cizorodých látek od sebe příliš neliší VÁŇA, USTJAK (2002).

Intenzita složiště popele se řídí zásadou: čím nižší vrstvou zeminy je popel překryt, tím vyšší musí být intenzita hnojení. V počátečních letech rekultivace mají pro ozelenění a tvorbu výnosu význam zejména organická hnojiva.

Rekultivace bez povázky zeminou musí zabezpečit omezení prašnosti složiště. To se dosáhne navrstvením kejdy na povrch složiště a vytvořením rostlinného krytu po vyhnojení kejdou. Kejda se aplikuje v minimální dávce 100 t/ha při sušině kejdy cca 7 %. Pokud je sušina kejdy nižší, o to víc lze zvýšit její dávku.

Optimální způsob setí v prvních letech rekultivace je tzv. kejdosev - setí a současné hnojení kejdou. Nezkypržený povrch popele se vyhnojí kejdou v dávce 100 - 500 t/ha, uvláčí a oseje pomocí nižší dávky kejdy (asi 30 t/ha). Osivo se vysype do cisterny, čerpadlem se zhomogenizuje a rovnoměrně se rozprostře na zkypržený povrch popele. Pro rychlé ozelenění se volí rychle vzcházející rostlina, např. proso, pro dlouhotrvající vegetační kryt je třeba založit jetelotravní směs s krycí plodinou. Doporučuje se převrstvit povrch popele zeminou do hloubky 25 cm, aby bylo možné zeminu do popele proorat a vytvořit jednotnou orniční vrstvu. Zemina je většinou zásobárnou plevelů, které jsou při použití kejdy stimulovány ke klíčivosti, takže je nezbytné je zničit. Nejvhodnější způsob je po zkypržení povrchu nechat plevele vzejít a následně aplikovat herbicidy VÁŇA (1999).

Osevní postup při rekultivaci popelového složiště by měl zahrnovat plodiny na zelené hnojení a víceleté pícniny. Energetické a technické plodiny mohou být pěstovány až třetím rokem. Bude-li při rekultivaci antropogenní substrát zúrodněn vysokou dávkou stabilizované organické hmoty (komposty, vhodné čistírenské kaly, papírenské kaly), je možné energetické a průmyslové rostliny pěstovat již druhým rokem biologické rekultivace. Zejména se to týká vytrvalých porostů energetických rostlin a plantáží rychle rostoucích dřevin. Před výsadbou plantáží je důležité udržet pozemek v bezplevelném stavu. Na složištích popele je možné získat výnosy plodin obdobné výnosům na zemědělské půdě v dané lokalitě.

2.8.3. Možnosti využití biomasy rostlin pěstovaných na antropogenních půdách

Kromě technických plodin produkujících vlákna, celulózu a barviva je možné využít řadu plodin produkujících cukry, škroby a oleje. Jsou to plodiny, které je možné na zrekultivovaných půdách běžně pěstovat (obilniny, olejniny, brambory, cukrovka).

Technické využití biomasy je zpravidla v konkurenčních vztazích s petrochemickou výrobou. Výrobky z obnovitelných rostlinných surovin jsou ekologické, biodegradovatelné a příznivé pro životní prostředí. Technické využití biomasy pomáhá řešit využití nadbytečné půdy, poskytuje pracovní příležitosti a omezuje skleníkový efekt. V současné době je problém s uplatněním technicky využitelné biomasy na trhu. Vedlejší produkty technického využití biomasy je možné použít ve fytoenergetice.

2.8.4. Ekologické aspekty pěstování energetických rostlin na antropogenních půdách

Ekologické hodnocení posuzuje účinky ve vztahu k životnímu prostředí jednotlivých produktů ve všech cyklech výroby a užití. Při ekobalanci je důležitá volba srovnávací základny, kterou je konkurující výroba. Srovnávací základnou pro tuhé fytopalivo pro bioelektrárnu je hnědé uhlí, pro bionaftu motorová nafta apod. Toto srovnání je třeba provádět v podmínkách správně definovaného referenčního prostředí. Tím může být např. jiným způsobem využívaná antropogenní půda (zalesněná, zatravněná).

V ekobalanci hodnotíme zejména vliv pěstování biomasy na jednotlivé faktory životního prostředí (zátěž půdy agrochemikáliemi, vliv na spodní vody, erozi, fixace CO₂, únik N₂O z půdy, vliv na přirozené biotopy...). V hodnocení pokračujeme transportem a zpracováním biomasy, odpady při transformaci, ekologickými aspekty využití produkce a recyklaci užitého produktu. Ekobalanci provádíme i pro srovnávaný produkt. Součástí ekobalance by měla být energetická bilance a bilance skleníkových plynů.

Pro produkci technické a energetické biomasy je třeba podporovat produkční postupy umožňující snížení zemědělské ekologické zátěže. Produkce obnovitelných surovin by neměla rovněž konkurovat plochám potřebným pro ekologickou a krajinou stabilitu PETŘÍKOVÁ A KOL. (1996).

Půdy obsahující vyšší koncentraci těžkých kovů, zejména Pb, Co, Cr, Cu, Zn a Ni vznikají přirozeným způsobem na matečných horninách, které tyto prvky obsahují ve

zvýšené koncentraci nebo spadem tuhých či plyných emisí (Hg, Cu, Pb, Cd, Zn, Mn) v průmyslových oblastech.

Rostliny jsou většinou citlivé na těžké kovy v půdě. Přítomnost těžkých kovů u rostlin způsobuje poruchy dýchání, snížení aktivity fotosyntézy a růstu a inaktivaci enzymů.

Lokální nahromadění toxických sloučenin těžkých kovů v půdě omezuje výběr rostlin na ty, které takové půdy tolerují. V rezistentních druzích rostlin byla stanovena koncentrace těžkých kovů 0,5 až 8 gramů na kilogram v sušině fytomasy. Tato koncentrace je pro většinu ostatních rostlin toxická. Poddruhy nebo variety jsou rezistentnější než druh. Druhy s velkou genetickou variabilitou mohou vytvářet specializované ekotypy a ty jsou odolnější k těžkým kovům v půdě SLAVÍKOVÁ (1986).

Některé rostliny vázané na půdy s vyšší koncentrací těžkých kovů v půdě mohou být využity jako indikátory těchto půd. Tyto rostliny je možné využít při ozeleňování míst okolo dolů nebo v průmyslových oblastech, kde se těžké kovy v půdě vyskytují ve zvýšené koncentraci.

V současnosti se vypracovává metoda dekontaminace půdy zatížené těžkými kovy pěstováním energetických plodin. VÁŇA (1999) uvádí, že rozvoj fytoenergetiky je možné očekávat v pánevních oblastech, kde se nacházejí půdy kontaminované těžkými kovy.

Zjistilo se, že maximální odběrový faktor je u křídlatky. Mezi další plodiny, které je možné využít patří slunečnice, konopí, čirok, sudánská tráva a šťovík. Velmi dobře využitelné jsou i rychle rostoucí dřeviny VÁŇA, USTJAK (2002).

3. Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce bylo posouzení vhodnosti vybraných energetických rostlin pro méně úrodné a antropogenně poškozené půdy.

Dílčí cíle:

- Charakteristika energetických rostlin vybraných pro pokusy, specifické vlastnosti druhů z hlediska požadavků na prostředí a agrotechniku.
 - Hodnocení růstových schopností, zdravotního stavu vybraných druhů energetických rostlin během vegetace a produkční schopnosti v relaci k době sklizně (výnos sušiny biomasy).
 - Hodnocení klíčivosti, vzcházivosti a počátečního růstu vybraných druhů na antropogenních půdách.

4. Materiál a metody

4.1. Charakteristika vybraných energetických rostlin

Metodou je analýza literární rešerše a komparace specifických vlastností vybraných rostlinných druhů z hlediska požadavků na prostředí a agrotechniku. Na základě vyhodnocení dat byl vytvořen souhrnný přehled požadavků vybraných rostlin na prostředí a agrotechniku a metodika pro založení polních pokusů.

4.2. Charakteristika pokusných stanovišť

Pokusy byly založeny na 3 lokalitách: České Budějovice, Lukavec u Pacova a výsypka Sokolov.

1. České Budějovice (pokusný pozemek ZF JU)

Výrobní typ: Obilnářský

Nadmořská výška: 380 m. n. m.

Půdní typ: Kambizem pseudo-glejová

Půdní druh: Písčito-hlinitý

pH: 6,4

Klimatický Region: MT 4

Průměrná roční teplota vzduchu: 7,8 °C

Průměrný roční úhrn srážek: 620 mm

2. Lukavec u Pacova (pokusné stanoviště VÚRV)

Výrobní typ: Bramborářský

Nadmořská výška: 620 m. n. m.

Půdní typ: Kambizem

Půdní druh: Písčito-hlinitý

pH: 6,11

Průměrná roční teplota vzduchu: 6,8 °C

Průměrný roční úhrn srážek: 686 mm

3. Sokolov

Výrobní typ: Obilnářský

Nadmořská výška: 570 m. n. m.

Půdní typ: Antropogenní

Půdní druh: Jílovitý (skrývka)

pH: 6,0

Průměrná roční teplota vzduchu: 7.1 °C

Průměrný roční úhrn srážek: 650 mm

Tabulka č. 7.: Agrochemické rozborů půd

Stanoviště	pH (KCl)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Humus (%)
České Budějovice	6,23	190	113	123	1658	4,996
Lukavec u Pacova	6,47	110	291	118	-	1,80
Sokolov	6,0	100	170	111	-	-

4.3. Založení pokusu

4.3.1. Kukuřice

Charakteristika použitých hybridů:

Limagreen LG 2280: univerzální, plastický, dvouliniový středně raný hybrid. Nasazení palic je pravidelné. Hybrid je tolerantní vůči chladu a suchu.

KWS Atletico: středně raný hybrid s velmi vysokým vzrůstem. Tento hybrid má rychlý počáteční růst. Je odolný proti chladu.

Tabulka č. 8.: Agrotechnika u kukuřice

Opatření	Stanoviště		
	Lukavec u Pacova	České Budějovice	Sokolov
Termín setí	27. 4. 2007	4. 5. 2007	18. 5. 2007
Výsevek	100 000 zrn na ha	100 000 zrn na ha	100 000 zrn na ha
Hloubka setí	8 cm	8 cm	8 cm

Hnojení:

N - 150 kg.ha⁻¹

P - 40 kg č.ž..ha⁻¹

K - 50 kg č.ž..ha⁻¹

porosty byly preemergentně ošetřeny proti plevelům

u každého hybridu byla zvolena 4 opakování

velikost sklizňové plochy na parcelce: 15 m²

sklizeň a hodnocení produkce probíhalo ve třech termínech:

1. obsah sušiny 28 - 32 %

2. po prvních mrazech

3. na jaře

4.3.2. Tritikale

Odrůda: TICINO (stupeň množení C2)

Tabulka č. 9.: Agrotechnika u tritikale

Opatření	Stanoviště		
	Lukavec u Pacova	České Budějovice	Sokolov
Termín setí	6. 10. 2006	3. 10. 2006	4. 10. 2006
Výsevek	4 MKS/ha	4 MKS/ha	4 MKS/ha

Hloubka setí	4 cm	4 cm	4 cm
--------------	------	------	------

Hnojení N:

- 1) regenerační 15.3 2007 – LAV 27,5%N (45kg č.ž.)
- 2) produkční 26.4 2007 – Močovina (45kg č.ž.)

4.3.3. Trávy

Tabulka č. 10.: Založení porostu trav na stanovišti Lukavec u Pacova

Druh trávy	Termín setí	Výsevek	Osetá plocha
Srha říznačka	29. 3. 2007	1,15 kg	360 m ²
Ovsík vyvýšený	29. 3. 2007	1,3 kg	360 m ²
Chrastice rákosovitá	17. 4. 2007	1,3 kg	360 m ²

Ošetření porostů:

- likvidace plevelů: 22. 5. 2007 a 23. 5. 2007
- postřik proti plevelům: 1. 6. 2007, byl použit přípravek Mustang v dávce 0,135 l
- likvidace plevelů, sečení 2. 8. 2007
- Postřik proti plevelům: 22. 5. 2007, byly použity přípravky Granstar 75 WG v dávce 25 g a Dicopur 750 M v dávce 1 l.ha⁻¹
- 19. 6. provedena odplevelovací seč

4.4. Zkouška klíčivosti a vzházivosti vybraných plodin na antropogenních půdách

Zkoušky klíčivosti a vzházivosti byly založeny a vyhodnoceny podle státní normy na zkoušení osiva ČSN 46 0610.

5. Výsledky a diskuse

5.1 Souhrnný přehled literárních údajů o požadavcích vybraných rostlin na prostředí a agrotechniku

5.1.1 Kukuřice

Nároky na prostředí

Pro dobrý vývoj a vysoké výnosy vyžaduje kukuřice harmonické působení všech vegetačních faktorů. Potřebuje hodně světla, rozvíjí se v podmínkách vysokých teplot, za vegetaci spotřebuje značné množství vody i minerálních živin a vytváří velkou plochu asimilačních orgánů.

Kukuřice využívá světlo velmi dobře. Na jeden ha půdy vytváří 20000 - 60000 m² asimilační plochy (LAI 2 - 6). Kukuřice má nároky nejen na určitou intenzitu osvětlení, ale i na délku osvětlení v dané vývojové fázi. Kratší světelný den sice urychluje kvetení, ale zároveň zmenšuje počet listů a výšku rostlin. Pro využití dopadajícího světla je důležité rozmístění rostlin v porostu.

Kukuřice je teplomilnou plodinou. V průběhu životního cyklu potřebuje od 1700 do 3120 °C. Pro úspěšné pěstování nestačí jen průměrná teplota kolem 13 °C, ale především její rozložení a co nejmenší kolísání.

Nároky na vodu jsou velké. Kukuřice dobře využívá závlahu a účelně vodu využívá. Transpirační koeficient kolísá v rozpětí 179 - 349 g. Naopak VELICH A KOL (1994) jej udávají v hodnotách 240 - 370 g. Podle půdních podmínek je kukuřice schopná čerpat vláhu až z hloubky 2,5 m. K vysoké produkci zrna potřebuje kukuřice dostatek vody zejména v období mezi metáním a mléčnou zralostí, to je v období intenzivního růstu. Krátké přísušky překonává dobře díky bohatě rozvinutému kořenovému systému a dobrému hospodaření s vláhou. Velké množství vláhy kukuřice vyžaduje při vytváření kořenové soustavy, v období intenzivního růstu stébla a listů. Nadbytek vláhy a nedostatek vzduchu v půdě způsobuje světlé zbarvení listů a tvorbu zakrnělých palic. Má za následek také redukci kořenového systému. Nedostatek zpomaluje či až zastavuje růst a zasychání blizen.

Kukuřice nemá zvláštní nároky na půdu. Příznivě reaguje na půdy hlinité, lehčí, hluboké, záhřevné s dostatkem humusu. Snáší půdy slabě kyselé a slabě zásadité. Nevhodné jsou pozemky v mrazových kotlinách, pozemky ohrožené erozí, s vysokou hladinou podzemní vody a s utuženým podorničím. PULKRÁBEK A KOL (2003) uvádí, že nevhodné jsou půdy těžké a chladné půdy, neboť neumožňují včasné setí. Nároky na půdu a stanoviště jsou tím vyšší, čím je pěstována v méně příznivých podmínkách.

Agrotechnika kukuřice

Osevní postup

Z hlediska zařazení plodin v osevním postupu se kukuřice řadí k okopaninám. Je zlepšující plodinou především pro obiloviny. Pro ozimé obiloviny jen tehdy, je-li čas na přípravu půdy a dodržení agrotechnického termínu setí. Kukuřice nevyžaduje speciální předplodinu. Nejvhodnější předplodinou jsou jeteloviny, víceleté pícniny a okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Kukuřice se může pěstovat i v monokultuře.

Výživa a hnojení

Kukuřice vytváří velké množství organické hmoty, nedostatečná výživa je proto příčinou nízkých výnosů. Odběr živin z půdy probíhá dlouhou dobu, až do voskové zralosti. Příznivě reaguje na živiny v tzv. „*staré půdní síle*“. Živiny je schopna čerpat i z hlubších půdních horizontů. Naopak na přímé hnojení nereaguje porost příliš výrazně. Vyšší dávky hnojiv používáme v bramborářské výrobní oblasti a na půdách s nižší zásobou živin. Je vhodné, krýt větší část potřebných živin chlévským hnojem. Živiny dodané ve statkových hnojivech se uvolňují postupně v průběhu vegetace podle potřeby rostlin. Tento způsob hnojení je především významný na půdách s nižší sorpční schopností, kde zásobní hnojení průmyslovými hnojivy je často spojeno se značnými ztrátami živin vyplavením do podzemních vod. Jednorázová aplikace dusíkatých hnojiv před setím má za následek až 50 % ztráty na živinách a jejich následný nedostatek v období intenzivního nárůstu hmoty. Tuhá statková hnojiva aplikujeme na podzim, tekutá v předjaří a dále jako meziřádkovou aplikaci do fáze pátého listu.

Nedostatek fosforu a draslíku snižuje odolnost rostlin proti chladu, chorobám, suchu a poléhání. Špatné zásobení rostlin fosforem se nejvýrazněji projeví u mladých rostlin, hlavně před metáním. Listy jsou užší tmavě modrozeleně zbarvené a konce horních listů jsou červeno-purpurové. Palice jsou malé, zdeformované, často ohnuté. Příjem fosforu rostlinami je snížen při nízkých teplotách, a proto se jeho nedostatek může projevit i na pozemcích středně zásobených fosforečnými hnojivy, zejména byla-li tato hnojiva aplikována na jaře. Dobře se uplatní fosforečná hnojiva dodaná na podzim spolu se statkovými hnojivy. Dobrá výživa fosforem se příznivě projeví na nasazení palic, jejich velikosti i vývoji. Draslík podporuje tvorbu cukrů, snižuje poléhavost rostlin a zlepšuje jejich odolnost. Největší požadavek na draslík je v období intenzivního růstu. Nejvhodnější je draslík a fosfor aplikovat předzásobně, částečné vyrovnaní potřebného množství se provádí při předset'ové přípravě půdy.

Dusík v průmyslovém hnojivu je vhodné dodávat děleně, a to 2/3 dávky před setím 1/3 dávky ve fázi 5 - 6 listů. Touto dělenou dávkou snížíme ztráty dusíku do podzemních vod a vytvoříme příznivější podmínky pro příjem dusíku rostlinou, především v období tvorby zrna v palicích. Přihnojením v průběhu vegetace (na list) dochází k poškození rostlin popálením, ale rostliny kukuřice se s tímto poškozením velmi rychle vyrovnávají. Nejideálnější aplikace, jak tekutých statkových hnojiv, tak dusíku v průmyslových hnojivech je podlistová aplikace do mezířádků na povrch nebo do půdy. Kukuřice má nejvyšší požadavky na dusík v období intenzivního růstu a tvorby palic, což je přibližně po 60 dnech od zasetí. Aplikaci celé dávky dusíku umožňují jen částečně půdy s výbornou sorpční kapacitou. Nedostatek dusíku se projevuje žlutozeleným zbarvením rostlin, pomalým růstem a tenkým stéblem. Dále dochází k předčasnému žloutnutí spodních listů. Nedostatek dusíku se projevuje zpravidla až po odkvětu. Palice jsou malé, nevyvinuté, méně ozrněné. Horší zásobení dusíkem se více projevuje v suchém období a při nerovnoměrném rozdělení srážek.

Vápník přijímá kukuřice méně, i když je jeho obsah v půdě značně vysoký. Ovlivňuje tvorbu a růst kořenů, především kořenového vlášení. Nedostatek se projevuje nepřímo a u kukuřice se s vizuálními projevy vápníku prakticky nesetkáme. Kukuřice nepatří k nejchoulostivějším rostlinám na kyselou půdní reakci. Podle půdního druhu se pro kukuřici doporučují tyto hodnoty pH/KCl:lehká půda - 6,0, středně těžká - 6,5 a těžká půda - 7,0.

Hořčík může být jedním z limitujících prvků. Dodává se zpravidla jednou za pět let. Při přehnojení hořčíkem může dojít k zvýšení podílu zrna na celkovém výnosu a

rostliny lépe vzdorují chladu. Nedostatek hořčíku se projevuje omezením tvorby chlorofylu a zvýšením jeho rozkladu a červením zbarvením listů.

Bór zlepšuje nasazení palic a zvyšuje obsah karotenu v zrně. Jeho nedostatek zhoršuje vývoj samčího a samičího květenství. Nedostatek biu se v našich podmínkách vizuálně neprojevuje. Nedostatek síry se u kukuřice projevuje světlejším zbarvením mladých listů, u starších rostlin naopak červenofialovým zbarvením.

Založení porostu

Základem je použití kvalitního osiva s vysokou biologickou hodnotou.

Osivo kukuřice má mít tyto semenářské hodnoty:

- čistota: min. 99 % I třída, 98 % II třída
- klíčivost: min. 95 % I třída, 88 % II třída
- chladový test: ověřuje vhodnost osiva pro setí do chladné půdy, pro tyto účely by jeho hodnota měla být min. 95%.

Vysévá se při teplotě půdy 6 - 8 °C. Mezi termínem setí a vzejitím porostu nemá být delší doba než 12 dní. V České republice by setí mělo být ukončeno do 10. května. Setí je důležitou operací. Porost kukuřice nemá možnost eliminovat chyby setí. To se provádí stroji na přesný výsev. Hloubka setí je různá dle půdního typu. Na lehčích půdách 100 - 120 mm, na hlinitých 80 - 100 mm a na těžkých 60 - 80 mm.

Hustotu porostu nejvíce ovlivňují vláhové poměry stanoviště, čím vlhčí, tím větší je hustota. Vzdálenost řádků je dána použitou mechanizací při sklizni a to 0,7 - 0,75 m. Vzdálenost rostlin v řádcích je dána technologií pěstování, tj. počtem rostlin na ha (130 - 0,179 mm.). Větší vzdálenost rostlin v řádcích vytváří příznivější podmínky pro vyšší kvalitu sklizené hmoty. Na hektar se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti na hybridu pohybuje od 60 do 110 tisíc jedinců na 1 ha. Výsevek se stanoví na základě ranosti hybridu a účelu pěstování. S přihlédnutím k redukci porostu při vzcházení a za vegetace se výsevek zvyšuje o 10-15, výjimečně 30 %. Důležitá je znalost klíčivosti, ale hlavně vzcháživosti, která je v polních podmínkách o 10 - 15 % nižší.

Kukuřice roste v počátečním vývoji velmi pomalu, a proto kukuřice v tomto období nekonkuruje rychle rostoucím plevelům. V počátečních fázích růstu směřují kultivační opatření k potlačení plevelů. Prvním zásahem po zasetí je válení. V suchých oblastech a za suchého jara je nutné na všech půdách. Ve vlhčích oblastech pouze na lehkých

půdách. Na těžších půdách se válením zvyšuje tvorba půdního škraloupu, na svažitéch pozemcích podporuje půdní erozi. Příznivě působí na růst rostlin plečkování, zejména na ulehých a těžkých půdách. Plečkování má být mělké, maximálně na hloubku výsevu. V případě druhého plečkování je nutné nechat širší ochranné pásy okolo řádků.

5.1.2 Tritikale

Nároky na prostředí

Na půdně-klimatické podmínky je méně náročné než pšenice ozimá, ale více než ozimé žito. Ve srovnání s ozimou pšenicí dává i v horších podmínkách stabilnější výnosy. Vyniká svou tolerantností k horší předplodině a agroekologickým podmínkám a relativně dobrým zdravotním stavem. Je velmi zimovzdorné, odolné proti nedostatku vláhy kromě doby klíčení či vzcházení. Tritikale je tolerantní k nižšímu pH půdy. Je méně náročné k obsahu mikroelementů. Je méně citlivé k průmyslovým emisím a spadům. Výhodou je i menší náročnost na intenzitu hnojení.

Agrotechnika triticales

Osevní postup

Nejvyšších výnosů tritikale dosahuje po zlepšujících předplodinách (olejniny, luskoviny, jeteloviny. V oblastech, kde není nebezpečí výskytu plísňe sněžné, je možné zařazení i po žitě. Po pšenici trpí houbovými chorobami.

Výživa a hnojení

Základní dávky fosforečných a draselných hnojiv podle metodiky výživy rostlin se pohybují mezi pšenicí a žitem a jsou odvozené od obsahu živin v půdě a požadované intenzity výnosu. Pohybují se v rozmezí 45 - 100 kg P₂O₅ a 80 - 120 kg K₂O na 1 ha.

Rozdílnost je u hnojení dusíkem. Nejčastější rozpětí dávek je 80 - 120 kg N.ha⁻¹ nebo 90 - 140 kg N.ha⁻¹, maximálně 150 kg N.ha⁻¹ podle odrůdy, předplodiny a celkových podmínek místa pěstování. Nedoporučuje se podzimní předseťová dávka dusíku. Celková dávka se dělí na dvě téměř stejné dávky regenerační a produkční (aplikuje se na začátku sloupkování), nebo se dělí na dávky tři: regenerační (v odnožování),

produkční (ve sloupkování) a pozdní (v metání). První dávka regeneračního hnojení se aplikuje v ledku vápenatém a druhá za 3 - 4 týdny v hnojivu DAM 390. Na produkční přihnojení se využívá DAM 390 a pro pozdní přihnojení se aplikuje ledek vápenatý. Regenerační dávka na jaře činí 30 – 40kgN.ha⁻¹. Produkční přihnojení dusíkem se pohybuje zpravidla okolo 40 – 60kgN.ha⁻¹.

Regenerační hnojení lze objektivizovat podle obsahu dusíku v půdě (N_{\min}), u produkčního podle anorganických rozborů rostlin a u pozdního přihnojení podle rychlotestu na obsah nitrátů.

U tritikale se doporučuje pozdní přihnojení v době metání, které zvyšuje plnost a hmotnost obilek a zvyšuje obsah dusíkatých látek. Toto přihnojení je efektivní jen při dostatku vláhy a při kontrole listových a klasových chorob.

Založení porostu

Příprava půdy pro ozimé tritikale je stejná jako pro ostatní druhy a řídí se podle předplodin. Tritikale příznivě reaguje na minimální zpracování půdy, tj. mělké kypření půdy do hloubky 8 - 10 cm, zejména po pozdě sklízených předplodinách. Vlastní seťové lůžko se připravuje do hloubky 6 - 7 cm vibračními či vířivými bránami v kombinaci s pěchovacím válcem a často v agregátu se secím strojem. Na ulehlou půdu má podobné nároky jako žito. Příprava půdy ovlivňuje výnos tritikale více než předplodina. Optimální doba setí je od 15. 9. do 10. 10. V příznivých podmínkách (lepší bramborářské oblasti) sejeme ve druhé polovině září až do 10. října, v méně příznivých podmínkách začínáme sít o týden dříve. Včasnější výsev není příliš rizikový. Setí po 20. 10. zvyšuje riziko vyzimování. Čím časnější je doba setí, tím nižší je výsevek. Nejčastější výsevky jsou 350 až 450 klíčivých zrn na 1 m². Výnos tritikale je založen na produktivitě klasu (na počtu zrn v klasu a hmotnosti zrn) a proto porosty nesmí být přehoustlé. Na přehouštění porostu reaguje ze všech obilnin největší redukcí výnosových prvků, zejména při nevyvážené výživě. Seje se do řádků 125 mm. Hloubka setí je 30 - 40 mm. Osivo tritikale se moří proti plísni zakrslé.

5.1.3. Trávy

Srha říznačka

V podmínkách České republiky je srha přizpůsobivá. Při své ranosti bývá často poškozena jarními mrazíky, velmi rychle však regeneruje. Hlavním výnosovým faktorem je dusík, který dokáže výborně zhodnotit. Na oligotrofních stanovištích neroste a při ročních dávkách dusíku pod 100 kg/ha má sníženou vitalitu, konkurenci i produkční schopnost.

Nejlépe jí vyhovuje mezofytní stanoviště s dostatkem vláhy. Vláhový deficit snižuje výnosy i kvalitu srhy, protože se zvyšuje obsah ligninu a křemíku v pící. Déletrvající záplavy luk i v mimovegetační dobu srha snáší špatně. Disperzní složení půdy i půdní reakce nejsou pro uplatnění srhy rozhodující. Nejlepší půdy jsou vlhké, písčitohlinité až hlinité, humózní s pH 6, i když srha snáší i slabě kyselé půdy. Nevhodné jsou půdy těžké.

Ovsík vyvýšený

Je to tráva převážně jarního charakteru. Trpí holomrazy a plísni sněžnou, proto není vhodný do horších klimatických podmínek. Uplatní se na lehčích, sušších půdách s neutrální nebo slabě kyselou půdní reakcí. Předností ovsíku je vynikající produkční schopnost a odolnost proti přísušku. Je vhodný k protieroznímu zatravnění svažitéch pozemků a náspů.

Agrotechnika ovsíku vyvýšeného

Osevní postup

Nejlepší předplodina pro ovsík je okopanina hnojená hnojem. Minimálně 3 roky před setím nesmí být na témže pozemku jiná tráva na semeno. Izolační vzdálenost od jiných odrůd ovsíku je 100 m.

Výživa a hnojení

Hnojení draslíkem a fosforem se provádí podle násobenosti půdy v první dekádě září. Dusík se aplikuje v dávce 80 - 100 kg.ha⁻¹ v prvním a 90 - 110 kg.ha⁻¹ v druhém užitkovém roce. 40-50 kg dusíku aplikujeme v první dekádě září, zbývající dusík časně zjara. V případě dělení jarní dávky druhou dávku dusíku použít nejpozději do začátku sloupkování.

Založení porostu

Sejeme na jaře do vhodné krycí plodiny (např. pšenice jarní) s nižším výsevkem o 20 - 40 %, nejlépe secím strojem s kartáčovým výsevním ústrojím. Termín setí je co nejdříve zjara, maximálně do konce dubna. Šířka řádku je 20 - 25 cm, hloubka setí je 3 - 4 cm. Výsevek ovsíku se pohybuje v rozmezí 22 až 30 kg/ha.

Chrastice rákosovitá

Nároky na prostředí

V přirozených travních porostech se chrastice nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Je odolná vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Na půdní reakci není citlivá. Je přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem okolo pH 5. Po zakořenění ji nevádí ani delší přísušek. Holomrazy ani pozdní mrazíky jí nevádí. Dobře snáší i zaplavení nebo krátkodobé zastínění. Její předností je široká ekologická amplituda. Uplatňuje se na všech půdách i při přebytku nebo nedostatku vláhy. Vysokých výnosů je dosahováno v letech s vyšším srážkovým úhrnem a na půdách, kde se hranice spodní vody pohybuje mezi 30 - 40 cm. Lesknice je velmi vytrvalá, ale po zasetí má pomalejší vývoj než ostatní trávy.

Agrotechnika chrastice rákosovité

Osevní postup

Chrastice v osevním postupu patří na nezaplevelený pozemek. Chrastice je nenáročná na předplodinu. Může se sít po všech předplodinách. Kvalitní předplodinou jsou luskoobilní směsky a obilniny, které následují po píceňce nebo po ozimé řepce.

Založení porostu

Porosty chrastice pro energetické využití se sejí do užších řádků na vzdálenost 12,5, (15) až 30 cm. Výsevek v čisté kultuře se pohybuje od 20 do 25 kg/ha. Dobře založené porosty vydrží několik let. Doporučují se však sklízet přes zimu nebo po zimě brzy na jaře před novým obrážením, kdy rostliny mají nízký obsah vody (12 – 20 %). Porosty je možné každoročně nejlépe na jaře před vegetační sezónou přihnojovat. Většina plodin pro energetické účely se sklízí pouze jedenkrát do roka. Proto je dosahováno nižších výnosů.

Tabulka č. 11.: Nároky na prostředí u vybraných plodin

Plodina	Teplota klíčení	Nároky na vláhu	Nároky na půdu	Nároky na živiny	Nároky na pH
Kukuřice	8-10 °C	velké	hlinité, lehčí, hluboké, záhřevné s dostatkem humusu	Příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré půdní síle“.	pH slabě kyselé až slabě zásadité
tritikale	-	odolné proti nedostatku vláhy	Na půdní podmínky je méně náročné než pšenice	Menší náročnost na intenzitu	Méně náročné

			ozimá, ale více než ozimé žito	hnojení	
Srha říznačka	-	Vyžaduje dostatek vláhy	vlhké, písčitohlinité až hlinité, humózní	Náročná na dusík	pH 6,
Ovsík vyvýšený	-	Není náročný	Půdy lehčí až střední	Není náročný	pH neutrální nebo slabě kyselé
Chrastice rákosovitá	-	značné	těžší půdy	značné	pH 4 - 7

Vhodnost pěstování obilnin v méně příznivých oblastech potvrzuje PETŘÍKOVÁ (2008), která tvrdí, že pro pěstování obilnin se může využít i půda méně úrodná, která neposkytne očekávané výnosy hlavních plodin. STRAŠIL, ŠIMON (2007) potvrzují, že na méně úrodných stanovištích nebude možné v blízké budoucnosti zajistit konkurenceschopnost pěstovaných plodin nejen s ohledem na výnos zrna, ale i na jeho kvalitu. Podle DIVIŠE A KOL. (2000) je tritikale vhodnou energetickou plodinou v marginálních oblastech.

Podle výsledků pokusů lze z trav navrhnout pro pěstování plodin v méně příznivých oblastech chrastici rákosovitou. Má vysoký výnos, je odolná proti špatným klimatickým podmínkám a vyniká odolností vůči chorobám a škůdcům. Srha říznačka ani ovsík vyvýšený nedosahují dostatečného výnosového potenciálu. Podle HOFBAUERA (2008) by roční výnos suché hmoty měl odpovídat zhruba 12 t/ha, aby pěstování bylo ekonomické.

Z hlediska nároků na prostředí má největší nároky kukuřice. Je velmi náročná jak z hlediska nároků na teplotu i vláhu. Kukuřice potřebuje souladné působení všech vegetačních faktorů. Na půdu nemá kukuřice zvláštní nároky. Kukuřice potřebuje vyváženou výživu, na to aby mohla vytvořit velké množství organické hmoty. Nároky na stanoviště jsou tím větší, čím více je pěstována v méně příznivých oblastech. Tritikale je oproti kukuřici prototypem plastického druhu. Tritikale není náročná na teplotu ani vláhu. Je ideální do vyšších oblastí kde pšenice ozimá není schopná poskytnout vysoké a stabilní výnosy. Navíc není náročná ani na intenzitu hnojení.

Z trav je nejnáročnější srha říznačka, která, ale patří k nejvýnosnějším travám a pokud její nároky uspokojíme, odmění se nám vysokým a kvalitním výnosem. Ovsík není vhodný do horších klimatických podmínek. Na půdně-klimatické podmínky není náročný. Naproti tomu chrastice rákosovitá je odolná proti drsným klimatickým podmínkám. Její předností je také široká ekologická amplituda.

5.2 Výsledky výnosových parametrů u daných plodin

Tab č. 12.: Souhrn výnosů kukuřice a tritikale na různých stanovištích. Průměrné výnosy sušiny fytomasy (t/ha^{-1}) a sušina fytomasy při sklizni (%).

Plodina	Termín sklizně	Stanoviště					
		Lukavec		České Budějovice		Sokolov	
		Sušina (%)	Výnos sušiny (t/ha^{-1})	Sušina (%)	Výnos sušiny (t/ha^{-1})	Sušina (%)	Výnos sušiny (t/ha^{-1})
Kukuřice							
Atletico	obsah	25	19,08	32	11,87	24	7,33
LG 2280	sušiny cca 30%	27	17,26	30	11,55	22	2,08
Atletico	po prvních	35	21,17	35	9,09	35	5,17
LG 2280	mrazech	36	16,13	27	8,74	41	4,18
Tritikale							
celá rostlina	zač. mléčné zralosti	44	12,42	46	13,48	60	13,20
zrno	plná zralost	90	5,05	86	5,60	82	2,71
sláma		88	8,58	85	8,87	82	5,52

Tab č. 13.: Souhrn výnosů trav. Průměrné výnosy sušiny fytomasy (t/ha^{-1}) a sušina fytomasy při sklizni (%).

Plodina	Termín sklizně	Stanoviště	
		Lukavec u Pacova	
		Sušina (%)	Výnos sušiny (t/ha^{-1})
Lesknice			
celá rostlina	před metáním	24	1,49
celá rostlina	po prvních mrazech	41	2,03
Ovsík			
celá rostlina	před metáním	27	2,39
celá rostlina	po prvních mrazech	35	4,15
Srha			
celá rostlina	před metáním	21	1,68
celá rostlina	po prvních mrazech	30	4,10

Výsledky výnosových parametrů u kukuřice na různých stanovištích při různých termínech sklizně:

Stanoviště České Budějovice:

Tabulka č. 14.: Výnos kukuřice v t/ha^{-1} u hybridu KWS ATLETICO:

1. termín 10. 9. 2007	2. termín 26. 10. 2007	3. termín 29. 2. 2008
1. opakování 42,8	1. opakování 37,9	1. opakování 9,64
2. opakování 36,5	2. opakování 32,1	2. opakování 9,64
3. opakování 34,2	3. opakování 30,8	3. opakování 10,00
4. opakování 35,1	4. opakování 31,2	4. opakování -
průměr všech opakování 37,2	průměr všech opakování 33,0	průměr všech opakování 9,76
výška rostlin 220 - 230 cm	-	-
sušina biomasy 31,9 %	sušina biomasy 35,0 %	sušina biomasy 80,0 %

Tabulka č. 15.: Výnos kukuřice v t.ha⁻¹ u hybridu Limagrain LG 2280:

1. termín 10. 9. 2007	2. termín 26. 10. 2007	3. termín 29. 2. 2008
1. opakování 33,4	1. opakování 28,9	1. opakování 9,28
2. opakování 27,9	2. opakování 25,4	2. opakování 10,28
3. opakování 28,6	3. opakování 26,1	3. opakování 8,71
4. opakování 29,7	4. opakování 26,9	4. opakování -
průměr všech opakování 29,8	průměr všech opakování 26,8	průměr všech opakování 9,42
výška rostlin 180 - 190 cm	-	-
sušina biomasy 30,5 %	sušina biomasy 32,6 %	sušina biomasy 75,0 %

Stanoviště Lukavec u Pacova:

Tabulka č. 16.: Výnos kukuřice v t.ha⁻¹ u hybridu KWS ATLETICO:

1. termín 8. 10. 2007	2. termín 31. 10. 2007	3. termín 3. 3. 2008
1. opakování 78,9	1. opakování 58,6	-
2. opakování 73,1	2. opakování 61,9	-
3. opakování 89,5	3. opakování 60,3	-
4. opakování 63,7	4. opakování 64,2	-
průměr všech opakování 76,3	průměr všech opakování 61,2	-
výška rostlin 200 - 250 cm	-	-
sušina biomasy 25,0 %	sušina biomasy 34,6 %	sušina biomasy 84,0 %

Tabulka č. 17.: Výnos kukuřice v t.ha⁻¹ u hybridu Limagrain LG 2280:

1. termín 8. 10. 2007	2. termín 31. 10. 2007	3. termín 3. 3. 2008
1. opakování 69,5	1. opakování 44,3	-
2. opakování 66,9	2. opakování 42,7	-
3. opakování 63,0	3. opakování 42,1	-
4. opakování 58,3	4. opakování 52,2	-
průměr všech opakování 64,4	průměr všech opakování 45,3	-

výška rostlin 165 - 195 cm	-	-
sušina biomasy 28,6 %	sušina biomasy 35,6 %	sušina biomasy 81,0 %

Stanoviště Sokolov:

Tabulka č. 18.: Výnos kukuřice v t.ha⁻¹ u hybridu KWS ATLETICO:

1. termín 5. 9. 2007
1. opakování 28,0
2. opakování 35,0
3. opakování 30,6
4. opakování 29,5
průměr všech opakování 30,8
výška rostlin 190 - 220 cm
sušina biomasy 23,8 %

Tabulka č. 19.: Výnos kukuřice v t.ha⁻¹ u hybridu Limagrain LG 2280:

1. termín 5. 9. 2007
1. opakování 12,0
2. opakování 9,6
3. opakování 9,6
4. opakování 6,6
průměr všech opakování 9,5
výška rostlin 160 - 170 cm
sušina biomasy 21,9 %

Při pěstování tritikale na pokusných stanovištích byly zjištěny průměrné výnosy u zrna 5,3 t/ha a 14t/ha u celé nadzemní hmoty. Tyto výnosy se pohybují nad dlouhodobým průměrem České republiky. To potvrzuje MATĚJKOVÁ A KOL. (2007), podle které se průměrné výnosy zrna tritikale pohybovali od 4,92 t/ha v roce 1991 do 3,52 t/ha v roce 2003.

Pěstováním kukuřičných hybridů na pokusných stanovištích nebyla prokázána pozitivní ekonomická výhodnost na využití ve fytoenergetice. Jak uvádí HOFBAUER (2008), spalování kukuřice je ekonomicky nerentabilní.

Porosty triticales byly na všech stanovištích založeny v agrotechnickém termínu při optimální vlhkosti půdy. Ihned po zasetí se dostavilo několik dešťových přeháněk, což vytvořilo vhodné podmínky pro klíčení a vzcházení. Určitým problémem byly na stanovišti České Budějovice časté nálety ptactva (havranů), avšak k výraznějšímu poškození nedošlo a mezerovitost porostu byla pouze ojedinělá. Navíc již v podzimním období začaly rostliny odnožovat, tudíž před zimním obdobím bylo možné porost hodnotit jako vyrovnaný a v optimální růstové fázi i vývojové etapě, dobře připraven k přezimování.

Průběh počasí během zimy (bez sněhové pokrývky) nebyl pro přezimování ideální, avšak z důvodu nadprůměrných teplot nedošlo k poškození porostu. Průběh počasí v následujících měsících lze hodnotit uspokojivě, na rozdíl od předcházejícího roku se tropické teploty v měsíci květnu nedostavily. Poměrně příznivé teploty i srážky v tomto měsíci daly základ optimálnímu počtu zrn v klase. Tvorbu zrna a zrání urychlily tropické teploty v měsíci červnu (sklizeň biomasy v mléčné zralosti ke konci měsíce června), avšak v měsíci červenci a počátkem srpna převládalo deštivější počasí a tak sklizeň zrna byla provedena v polovině měsíce srpna.

5.3 Stanovení klíčivosti a vzcháživosti vybraných plodin na antropogenních půdách

Klíčivost byla založena dne 14. 2. 2008 a vyhodnocena podle státní normy na zkoušení osiva. Tritikale bylo založeno 4*100 semen, u trav jsem použil 4*50 semen.

Tritikale vyhodnocení po 4 dnech:

1. klíčivost 94 %
2. klíčivost 93 %
3. klíčivost 96%
4. klíčivost 94 %

Triticale vyhodnocení po 7 dnech:

1. klíčivost 99 %
2. klíčivost 99 %
3. klíčivost 98%
4. klíčivost 99 %

Srha říznačka vyhodnocení po 7 dnech:

1. klíčilo 15 rostlin z 50
2. klíčilo 21 rostlin z 50

Srha říznačka vyhodnocení po 21 dnech:

1. klíčilo 43 rostlin z 50
2. klíčilo 47 rostlin z 50

Ovsík vyvýšený vyhodnocení po 6 dnech:

1. klíčilo 24 rostlin z 50
2. klíčilo 28 rostlin z 50

Ovsík vyvýšený vyhodnocení po 14 dnech:

1. klíčilo 42 rostlin z 50
2. klíčilo 45 rostlin z 50

Chrastice rákosovitá vyhodnocení po 5 dnech:

1. klíčilo 45 rostlin z 50
2. klíčilo 44 rostlin z 50

Chrastice rákosovitá vyhodnocení po 21 dnech:

1. klíčilo 50 rostlin z 50
2. klíčilo 49 rostlin z 50

Vzcházivost byla založena dne 14. 2. 2008 a vyhodnocena 28. 2. 2008. Pokusy byly založeny se zeminou ze školního pozemku a s antropogenně poškozenou zeminou ze Sokolova. U obou jsem použil dvě opakování. U triticales jsem použil 100 semen a u trav 50 semen.

Vzcházivost u tritikale na zemině ze školního pozemku:

1. vzešlo 92 rostlin ze 100
2. vzešlo 95 rostlin ze 100

Vzcházivost u tritikale na zemině ze Sokolova:

1. vzešlo 87 rostlin ze 100
2. vzešlo 83 rostlin ze 100

Vzcházivost u srhy říznačky na zemině ze školního pozemku:

1. vzešlo 40 rostlin z 50
2. vzešlo 43 rostlin z 50

Vzcházivost u srhy říznačky na zemině ze Sokolova:

1. vzešlo 23 rostlin z 50
2. vzešlo 36 rostlin z 50

Vzcházivost u ovsíku vyvýšeného na zemině ze školního pozemku:

1. vzešlo 35 rostlin z 50
2. vzešlo 38 rostlin z 50

Vzcházivost u ovsíku vyvýšeného na zemině ze Sokolova:

1. vzešlo 37 rostlin z 50
2. vzešlo 24 rostlin z 50

Vzcházivost u chrostice rákosovité na zemině ze školního pozemku:

1. vzešlo 40 rostlin z 50
2. vzešlo 38 rostlin z 50

Vzcházivost u chrostice rákosovité na zemině ze Sokolova:

1. vzešlo 35 rostlin z 50
2. vzešlo 27 rostlin z 50

Zkoumal jsem vliv dvou zemin (zemina ze školního pozemku a zemina z výsypky ze Sokolova) na vzcházivost. U všech zkoumaných plodin byla vzcházivost na zemině ze Sokolova horší než na zemině ze školního pozemku. Podle PETRA A KOL. (1997) tritikale příznivě reaguje na mělké kypření půdy, které na stanovišti Sokolov nebylo provedeno, a proto byla vzcházivost na této zemině horší. PULKRÁBEK A KOL. (2003) uvádí, že tritikale je tolerantnější k horším pěstitelským podmínkám než pšenice, má vysoký výnosový potenciál a vyznačuje se dobrým zdravotním stavem. Z tohoto důvodu nebyla vzcházivost na této zemině ještě horší. Jak píše DIVIŠ A KOL. (2000) příprava půdy ovlivňuje výnos tritikale více než předplodina

U trav nejsou výraznější rozdíly ve vzcházivosti na zemině ze Sokolova. PULKRÁBEK A KOL. (2003) píše: srha říznačka vyniká raností, vysokým vzrůstem, rychlým obrůstáním, ale i délkou vegetační doby. Na druhé straně podle VELICHA A KOL. (1994) vyžaduje dobré organizační schopnosti k zajištění včasné sklizně, zvláště v čistých srhových porostech. Tento autor dále uvádí, že za extrémních půdních podmínek roste srha jen ojedinele. Ovsík vyvýšený je podle ŠANTŮČKA (2007) nejvíce rozšířen v teplejších oblastech, kde má dominanci. Stejný autor, i VELICH A KOL. (1994) a PULKRÁBEK A KOL. (2003) uvádějí, že chrastice rákosovitá roste na loukách s přebytkem vody. To jsou důvody, proč vzcházivost trav je na obou substrátech přibližně stejná.

Parametry půdy ze Sokolova nejsou vhodné, proto porosty všech zkoumaných plodin v pokusu na této zemině byly řídké. Z hlediska dalšího výzkumu bych doporučil důkladnější studium fyzikálních a chemických vlastností obou půd s důrazem na zeminu ze Sokolova. Takto dosažené výsledky byly získány v laboratoři, výsledky nejsou ovlivněny stanovištěm.

6. Závěr

Z hlediska nároků na prostředí má ze zkoumaných energeticky využitelných rostlinných druhů největší nároky kukuřice. Kukuřice vyžaduje harmonické působení všech vegetačních faktorů.

Tritikale je oproti kukuřici plastickým druhem. Není náročné na teplotu ani vláhu. Je ideální do vyšších oblastí kde pšenice ozimá není schopná poskytnout vysoké a stabilní výnosy. Navíc není náročné ani na intenzitu hnojení.

Z trav je nejnáročnější srha říznačka, která, ale patří k nejvýnosnějším trávám a pokud její nároky uspokojíme, odmění se nám vysokým a kvalitním výnosem. Ovsík není vhodný do horších klimatických podmínek. Naproti tomu chrastice rákosovitá je odolná proti drsným klimatickým podmínkám. Její předností je také široká ekologická amplituda.

Prokázali jsme vliv vhodnosti stanovišť pro vybrané plodiny.

Na stanovišti Lukavec u Pacova (620 m.n.m) dosáhla největších výnosů u obou zkoušených hybridů kukuřice. U kukuřice je nejlepší termín sklizně pro využití ve fytoenergetice na jaře. V tomto termínu má kukuřice nejvyšší obsah sušiny a nejlépe se spaluje. Z trav byl nejvyšší výnos sušiny u ovsíku vyvýšeného. Nejvhodnější termín pro sklizeň trav pro spalování je po prvních mrazech. Obsah sušiny je téměř dvojnásobný.

Stanoviště České Budějovice se jeví jako nejvhodnější pro tritikale. Výnosy celé rostliny, zrna i slámy byly na tomto stanovišti nejvyšší.

Na stanovišti Sokolov byly u kukuřice i tritikale nejhorší výnosy sušiny nadzemní fytomasy. Porosty trav se vzhledem k velmi špatné vzcháživosti nedařilo na tomto stanovišti založit. Zkoumali jsme proto vliv antropogenní půdy (skrývky) z výsypky ze Sokolova na vzcháživost zkoumaných plodin. U všech druhů byla laboratorní vzcháživost na substrátu ze Sokolova horší než na ornici ze školního pokusného pozemku v Českých Budějovicích. Dosažené údaje o vzcháživosti byly získány v laboratoři, proto výsledky nejsou ovlivněny stanovištěm. Mezi zkoumanými druhy trav nejsou výraznější rozdíly v laboratorní vzcháživosti na zemině ze Sokolova. Z hlediska dalšího výzkumu bych doporučil důkladnější studium fyzikálních a chemických vlastností antropogenních skrývkových substrátů ze Sokolova. Doporučil bych věnovat tomuto stanovišti velkou pozornost a ověřovat pěstování dalších plodin, vhodných pro energetické účely.

7. Přehled použité literatury

1. Andert,D. a kol. Energetické využití pevné biomasy. Praha:Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2006. ISBN 80-86884-19-8.
2. Anonym. Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů [online]. 2005 [cit. 18. 2. 2008]. Dostupný na World Wide Web:
http://portal.gov.cz/wps/portal/s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/s.155/701?PC_8411_p=2&PC_8411_name=O%20PODPOŘE%20VYUŽÍVÁNÍ%20OBNOVITELNÝCH%20ZDROJŮ&PC_8411_l=180/2005&PC_8411_ps=10#10821.
3. Bavec,F.,Bavec,M. Organic production and use of alternative crops. Boca Raton:Tailor & Francis, 2007. ISBN 1-57444-617-7.
4. CityPlan s.r.o. Příručka pro regionální využití biomasy. Praha:Česká energetická agentura,1999.
5. Diviš,J. a kol.xPěstování rostlin. České Budějovice:Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,Zemědělská fakulta, 2000. ISBN 80-7040-456-6.
6. Frydrych,J. a kol. Energetické využití některých travních druhů. Praha:ÚZPI, 2002. ISBN 80-7271-093-1.
7. Havlíčková,K. a kol. Biomasa jako obnovitelný zdroj energie:ekonomické a energetické aspekty. Průhonice:Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, 2005. ISBN 80-85116-38-3.
8. Havlíčková,K. a kol. Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. České Budějovice:Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-85116-00-7.
9. Hofbauer,J. Možnosti energetického využití netradičních plodin. Energie 21. Století. 2. 1. 2008.roč. 1.č. 1.
10. Kára,J. a kol. Energetické rostliny technologie pro pěstování a využití. Praha:Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005. ISBN 80-86884-06-6.
11. Kolektiv autorů. Energetické plodiny. Praha:Profi Press,2006. ISBN 80-86726-13-4.

12. Kolektiv autorů. Databáze využití nepotravinářské zemědělské produkce [online].2004 [cit. 15.1.2008]. Dostupný na World Wide Web: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze>>.
13. Kolektiv autorů. Nepotravinářské využití fytomasy. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta a Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, 2006. ISBN 80-7040-857-X.
14. Kolektiv autorů. Obnovitelné zdroje energie. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1993. ISBN 80-7084-067-6.
15. Kolektiv autorů. Pěstování a využití energetických a průmyslových rostlin [online].2002 [cit. 20.1.2008]. Dostupný na World Wide Web: <<http://www.biom.cz/index.shtml?x=95505>>.ISSN:1801-2655.
16. Komárek, J. Ekologická kukuřice vytlačuje tradiční plasty: nejdřív kelímky, pak DVD [online].2004 [cit. 25.1.2008]. Dostupný na World Wide Web: http://technet.idnes.cz/sw_internet.asp?r=sw_internet&c=A040218_5252255_sw_internet.
17. Křen, J. Metodika pěstování ozimých obilnin. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž a Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-902545-2-7.
18. Matějková, Š. a kol. Pěstování a zastoupení odrůd tritikale v České republice. Úroda. 3. 1. 2007. č. 1.
19. Moudrý, J., Stražil, Z. Alternativní plodiny. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1996. ISBN 80-7040-198-2.
20. Moudrý, J., Stražil, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Hradec Králové: VH press, 1998.
21. Moudrý, J., Stražil, Z. Pěstování alternativních plodin. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1999. ISBN 80-7040-383-7.
22. Noskovič, P a kol. Biomasa a její energetické využití. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1996. ISBN 80-7078-367-2.
23. Ochodek, T. a kol. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. Ostrava: Vysoká škola báňská - technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1207-X.

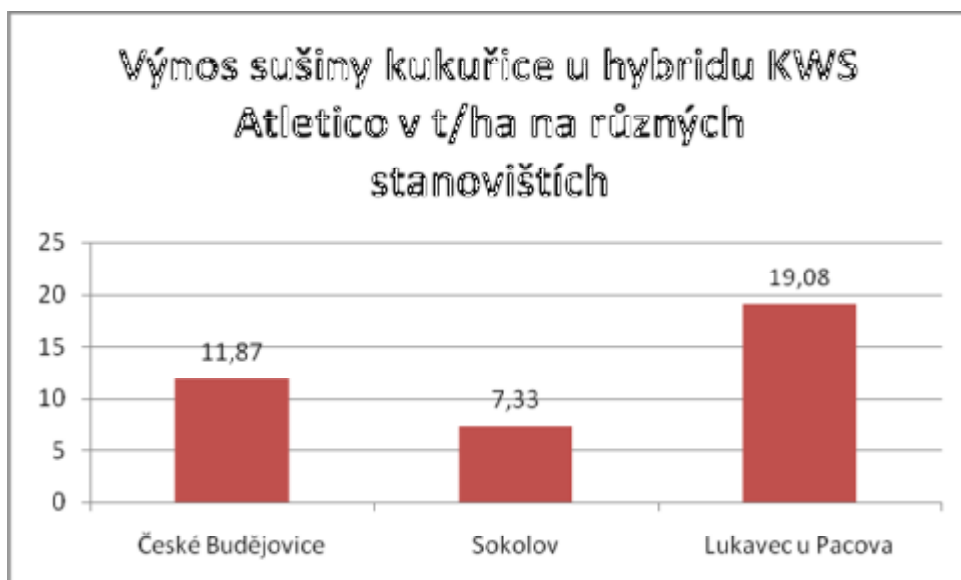
24. Pastorek,Z. a kol. Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha:FCC PUBLIC, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
25. Petr,J.a kol. Rostlinná výroba I. Praha:Agromická fakulta České zemědělské univerzity,1997. ISBN 80 - 213 - 0152 – X.
26. Petr,J. a kol. Rukověť agronoma. Praha:Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0062-4.
27. Petr,J. a kol.Tritikale.Praha:Vysoká škola zemědělská,1991.ISBN 80-213-0108-2.
28. Petr,J. Tritikale - opomíjená obilnina [online]. 2007 [cit. 2. 7. 2007].
Dostupný na World Wide Web: http://www.agroweb.cz/Tritikale-%E2%80%93-opomíjená-obilnina_s87x28389.html.
29. Petříková,V. Co je biomasa a jak je podporována. Zemědělský týdeník. 13. 3. 2008,ročník 11.,č. 7.
30. Petříková,V. a kol. Pěstování a využití technických a energetických plodin na rekultivovaných pozemcích. Praha:ÚZPI, 1996. ISSN 0231-9470.
31. Petříková,V. Pěstování rostlin pro energetické účely. Praha:Neoset, 2005. ISBN 80-239-5497-0.
32. Pulkrábek,J. a kol. Speciální fyto technika. Praha:Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-1020-0.
33. Slavíková,J. Ekologie rostlin. Praha:Státní pedagogické nakladatelství, 1986.
34. Součková,H. Nepotravinářské využití produkce v energetice in kolektiv autorů. Využití fytomasy pro energetické účely. České Budějovice:Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,Zemědělská fakulta a Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, Praha, 2005. ISBN 80-7040-833-2.
35. Stražil,Z.,Šimon,J. Potenciál rostlinné biomasy v zemědělství ČR a jeho možnosti využití v energetice. Agro magazín.2007,č.12.
36. Světlík,M. Trendy využití biomasy pro energetické účely in kolektiv autorů Nepotravinářské využití rostlinné produkce.České Budějovice:Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,Zemědělská fakulta, 2006. ISBN 80-7040-896-0.
37. Šantrůček,J. a kol. Encyklopedie pícninářství. Praha:Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 987-80-213-1605-8.
38. Šantrůček,J. a kol. Základy pícninářství. Praha:Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-213-0764-1.

39. Šnobl, J. a kol. Rostlinná výroba IV. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2004. ISBN 80-213-1153-3.
40. Štolcová, M. Základy pěstování tritikale. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe, 1996. ISBN 80-7105-123-3.
41. Ustjak, S. Netradiční rostliny perspektivní pro bioenergetické účely in Energetické a průmyslové rostliny VI. Chomutov: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2000. ISBN 80-238-5287-6.
42. Urban, J., Šarapatka, B. Ekologické zemědělství. Praha: Ministerstvo životního prostředí a PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, 2003. ISBN 80-7212-274-6.
43. Váňa, J. Obsahy těžkých kovů v půdě po dlouhodobém hnojení průmyslovými komposty. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 1999.
44. Váňa, J., Ustjak, S. Transfer těžkých kovů z půdy do energetických rostlin. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2002.
45. Velich, J. a kol. Pícninářství. Praha: Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80 - 213 - 0156 - 2.
46. Vrzal, J., Novák, D. Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1995. ISBN: 80-7105-097-0.

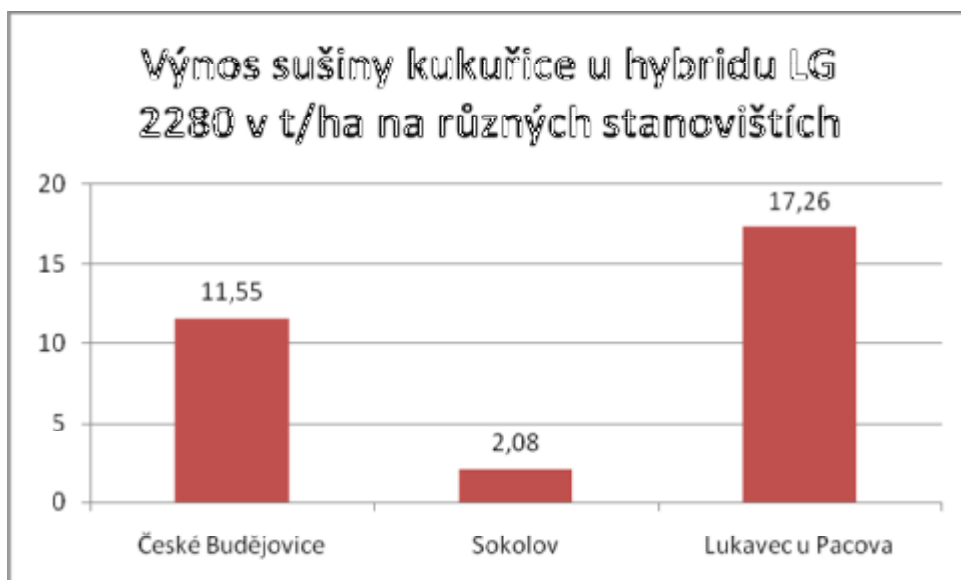
PŘÍLOHY:

PŘÍLOHA Č. 1.: GRAFY

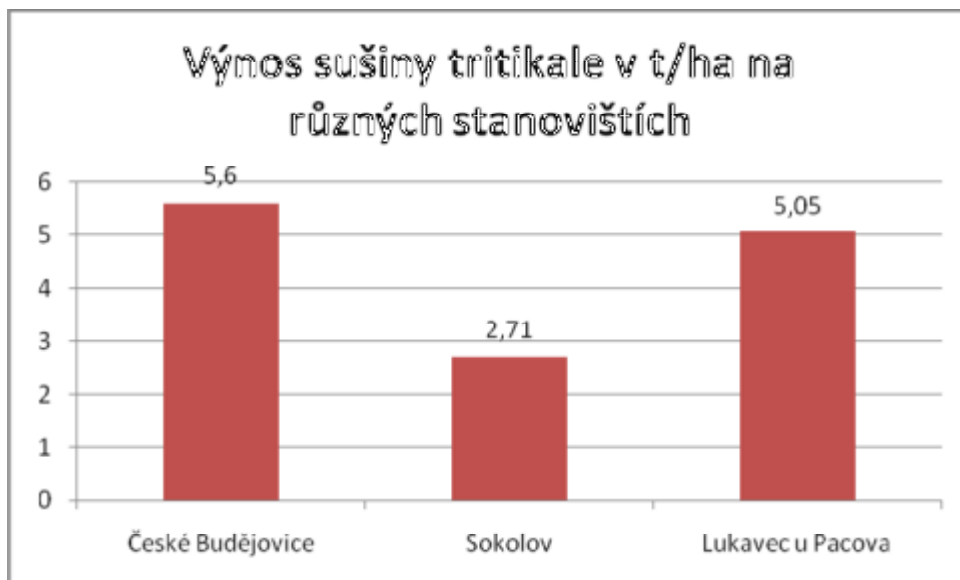
Graf č. 1.



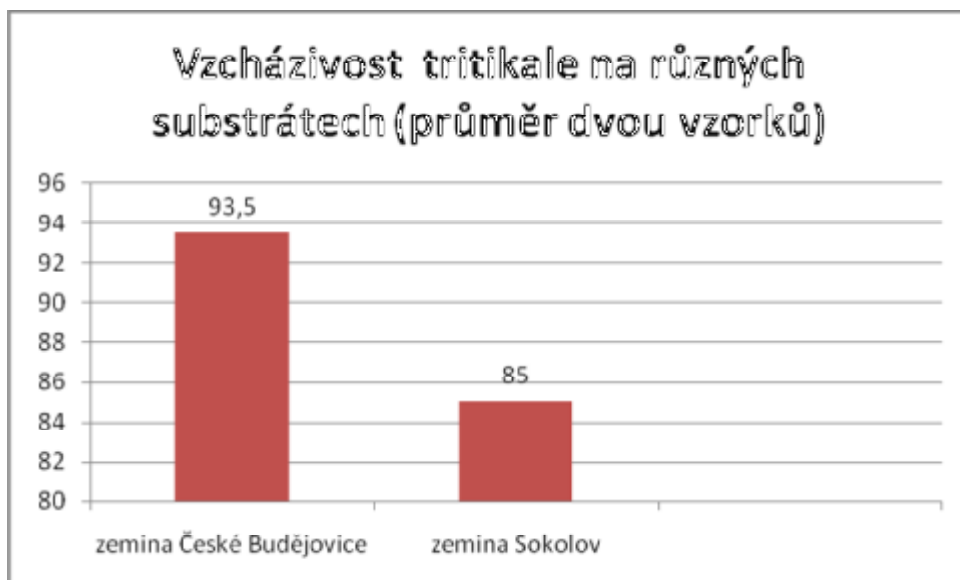
Graf č. 2.



Graf č. 3.



Graf č. 4.



PŘÍLOHA Č. 2.: FOTOGRAFIE

Energetická kukuřice na školním pozemku



Energetická kukuřice na školním pozemku



Stanovení klíčivosti v laboratorních podmínkách



Stanovení klíčivosti v laboratorních podmínkách



Stanovení vzcházivosti v laboratorních podmínkách



Stanovení vzcházivosti v laboratorních podmínkách

