

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta tropického zemědělství



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta tropického
zemědělství**

**Zhodnocení efektivity použití alternativních pojzdových
ústrojí s ohledem na klimatické podmínky**

Bakalářská práce

Praha 2017

Vedoucí práce:

Ing. Patrik Prikner, Ph.D.

Vypracoval:

Vojtěch Míka

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s využitím uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne 21.4.2017

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Patriku Priknerovi, Ph.D. za trpělivost, kterou se mnou měl a neméně za jeho věnovaný čas. Poděkování patří i mé rodině, která za mnou vždy stála a v neposlední řadě též přátelům za podporu v mém úsilí.

Souhrn

Modernizace zemědělství, která je patrná po celém světě, přináší vyšší nároky na zemědělskou techniku. Díky tomu se zvyšují výnosy většiny pěstovaných plodin. Následkem intenzivního používání těžké zemědělské techniky je však vyšší riziko zhutnění půdy a tím snížení její úrodnosti. Použití vhodného pojezdového ústrojí v závislosti na půdních podmínkách může tento problém eliminovat. Cílem této bakalářské práce je představit moderní typy pojezdových ústrojí a jejich negativní vliv na utužení půdy v oblastech tropů a subtropů. Brazílie a Čína patří mezi nejvýznamnější producenty cukrové třtiny a sóji, které jsou označovány jako plodiny s vysokým výnosem. Redukování zhutnění půdy je pro tyto oblasti velmi důležitým faktorem.

Klíčová slova: zemědělská technika, pojezdové ústrojí, utužení půdy, světové zemědělství, zemědělská produkce

Abstract

The agriculture progressive systems throughout the world, brings higher demands on agricultural technology. This increases the yields of most crops grown; however, due to the intensive use of heavy agricultural technology, there is a higher risk of soil compaction and fertility reduction. Reasonable choice of expedient running gear in dependence on soil conditions can eliminate this problem. The aim of this bachelor thesis is to introduce modern types of running gear's systems and their negative effect on soil compaction in tropical and subtropical regions. Brazil and China are the most important producers of sugar cane and soya marked as high-yield crops. This elimination of soil compaction is a very important factor in these regions.

Keywords: agriculture machinery, running gear, soil compaction, world agriculture, agriculture production

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika	2
2.1	Cíl práce	2
2.2	Metodika.....	2
3	Pojezdové ústrojí	3
3.1	Pneumatiky	3
3.1.1	Diagonální pneumatiky	3
3.1.2	Radiální pneumatiky	4
3.1.3	Dvoumontáž kol.....	5
3.1.4	Nízkotlaké pneumatiky	5
3.2	Pásy	6
3.2.1	Ocelové pásy.....	7
3.2.2	Pryžové pásy	7
3.3	Síly přenášené z kola na půdu	8
4	Zhutnění půdy.....	10
4.1	Podložní zhutnění půdy	10
4.2	Zhutnění půdy v intenzivním zemědělství.....	11
4.2.1	Systém řízené dopravy (CTF).....	12
4.2.2	Modely pro stanovení velikosti zhutnění půdního profilu	14
5	Světové zemědělství	15
5.1	Extenzivní zemědělství.....	15
5.2	Intenzivní zemědělství.....	15
6	Zemědělské plodiny pěstované ve významných oblastech tropů	17
6.1	Sója (Glycine max).....	17
6.1.1	Pěstování a sklizeň sóji v Brazílii	18
6.1.2	Pěstování a sklizeň sóji v Číně.....	20
6.2	Cukrová třtina (Saccharum officinarum).....	21
6.2.1	Pěstování a sklizeň cukrové třtiny v Brazílii	22
6.2.2	Pěstování a sklizeň cukrové třtiny v Číně.....	24
7	Diskuse	26
8	Závěr.....	28
9	Použitá literatura.....	29
10	Seznam obrázků.....	36
11	Seznam tabulek a grafů.....	36

1 Úvod

Zemědělství ve světě se v poslední době čím dál více mechanizuje, což na jednu stranu přináší efektivnější a kvalitnější přípravu půdy a sklizeň plodin, na druhou stranu se zvyšuje riziko mechanického poškození půdy (Barbosa & Magalhães, 2015). Ve většině oblastí souvisí zvyšování výnosů plodin s velkými nároky na enormní výkonnost strojů, výkony motorů, celkovou hmotnost a především dobré trakční vlastnosti (Raper, 2005). V souvislosti s těmito fakty, je aktuální otázka utužení půd (Hakansson & Lipiec, 2000). Zhutnění půdy zvyšuje pevnost půdy a snižuje fyzickou úrodnost prostřednictvím horšího zadržování a zásobování vodou a živinami (Hamsa & Anderson, 2003; Horn & Smucker, 2005). Volba vhodného pojezdového ústrojí pro určité klimatické oblasti a lokální podmínky patří mezi významné faktory podílející se na efektivitě zemědělské produkce i s ohledem na ochranu půdního ekosystému (Keller & Arvidsson, 2004). V současnosti je k dispozici široké spektrum progresivních systémů pojezdových ústrojí, zahrnující kolové, polopásové a pásové koncepce podvozků, které tento problém mohou významně eliminovat (Keller *et al.*, 2002).

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce bylo zaměřením se na mechanizovanou produkci světově významných plodin v tropických a subtropických oblastech. Dílčím cílem této práce bylo vytvořit přehled pojezdových ústrojí používaných v zemědělství s přihlédnutím k možnému utužení půdy.

2.2 Metodika

Metodika této bakalářské práce byla založena na zpracování publikované vědecké literatury a dalších podkladů. Bakalářská práce byla psána jako literární rešerše a je založena na souhrnu informací zabývajících se pojezdovým ústrojím a jejím vztahem na zhutnění půdy, porovnání oblastí světového zemědělství a jejich významných plodin a také srovnání technické úrovně vozidel nejčastěji používaných na těchto územích. Informace byly čerpány především z vědeckých portálů Science Direct a Web of Knowledge.

3 Pojezdové ústrojí

Jedním z nejdůležitějších součástí zemědělských a obecně všech vozidel je bezpochyby pojezdové ústrojí. To řadíme spolu s motorem a převodovkou k pohonným prvkům stroje. Tato kapitola seznamuje s některými typy jednotlivých ústrojí, jejich vlastnostmi a využití v praxi.

3.1 Pneumatiky

Pojezdové ústrojí zemědělské techniky je nejčastěji tvořeno koly s pneumatikami, jejichž hlavním úkolem je přenášet zatížení stroje na podložku, tlumit vibrace způsobené jízdou po nerovnostech a v neposlední řadě přenášet hnací a brzdící momenty od motoru a brzd do podložky. Důležitým rozhodnutím je správná volba pneumatik. Proto je potřeba brát v úvahu celkovou hmotnost, strukturu obdělávané půdy ale také poměr mezi jízdou po poli a na pozemní komunikaci.

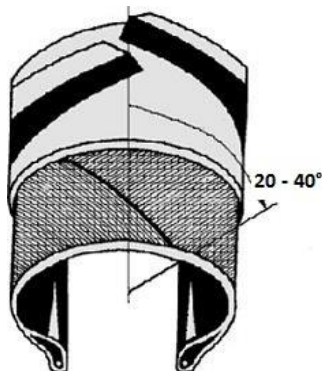
Samotná pneumatika se skládá z běhounu, bočnic, kostry a nárazníkové vrstvy. Vlastnosti pneumatiky nejvíce ovlivňuje konstrukce kostry. Klíčovými parametry jsou styčná plocha, nosnost a valivý odpor. Podle konstrukce kostry dělíme pneumatiky na diagonální a radiální.

3.1.1 Diagonální pneumatiky

Diagonální pneumatiky jsou složeny z nosné konstrukce, která má alespoň dvě vrstvy pogumovaných vláken. Vlákná kostry jsou kladena přes sebe křížem a jsou v úhlu 20° - 40° se střední rovinou pneumatiky (obrázek 1). Diagonální uložení vrstev vede při podélném trakčním pohybu k jejich nepatrnému rozšiřování a zužování v závislosti na namáhání. Tyto mikropohyby vyvolávají tření v místech, kde pryž obklopuje síť. Vlivem tření dochází k energetickým ztrátám ve formě vznikajícího tepla, což v dlouhodobém měřítku způsobuje zhoršení kvality pneumatiky a zkracuje její životnost.

Běhoun pneumatiky poskytuje kontakt na podložce. Na straně běhoun zapadá do ramene a připojí se na bočnici. Bočnice je vrstva, která chrání spodní konstrukci. Vysoká tuhost bočnic, která umožňuje přenášet velká zatížení a dobrá odolnost proti poškození, jsou největší výhody těchto pneumatik. Nevýhod je však více. Tou hlavní

je větší utužení zemědělských půd, dále horší tlumení vibrací při jízdě na zpevněných komunikacích a také nižší přenos trakční síly (Reimpell *et al.*, 2009)



Obrázek 1: Řez diagonální pneumatikou (Upraveno: Reimpell *et al.*, 2009)

3.1.2 Radiální pneumatiky

Vrstva radiální pneumatiky se skládá ze dvou patkových lanek spojených radiálně přes kostru – odtud název radiální pneumatiky. Vlákná vnitřní vrstvy kostry jsou kladena kolmo na podélnou osu a svírají úhel 10 - 30° (Bauer *et al.*, 2006). V bočnicích radiálních pneumatik jsou vlákna od sebe oddělena a jsou zapuštěna do pryže. Na koruně pneumatiky je síť složitější. Je složena z vláken kostry pokračujících z bočnice a kovových nárazníku. Tato síť je trojúhelníková. V bočnicích je smykové napětí mezi paralelními vlákny slabé a pryž je relativně tenká. Díky tomu nevzniká příliš velké tření ani teplo. Na koruně si trojúhelníková síť zachovává téměř úplně svůj tvar. Díky tomu je struktura neustále stabilní a při jízdě zůstává přitisknuta k povrchu. Vzhledem k těmto minimálním deformacím se prodlužuje životnost pneumatiky (Reimpell *et al.*, 2009).

Použitím těchto pneumatik je dosaženo větší kontaktní plochy s půdou, zlepši se přenos hnací síly a sníží se velikost prokluzu, stejně jako půdní zhutnění (Raper, 2005).

Na radiálních pneumatikách je možnost snížení provozního tlaku. V takovém případě je třeba rozlišit, zda je pneumatika hnací nebo hnaná, neboť u hnacích pneumatik vzniká riziko poškození patky pneumatik.



Obrázek 2: Řez radiální pneumatikou (Upraveno: Reimpell et al.,2009)

3.1.3 Dvoumontáž kol

Dvoumontáže kol se nejčastěji používají při přípravě půdy pro setí nebo při setí, aby se dosáhlo menšího utužení půdy. V praxi se dvoumontáže používají především na zadní nápravě, protože se traktor mírně odlehčí přední část, tím pádem není na přední kola kladeno tak velké zatížení jako na kola zadní. U strojů, které svým výkonem převyšují 300kW, se používají i trojmontáže. S takovým řešením se setkáme především v Austrálii či Americe. Nevýhodou je šířka samotného stroje a tím spojená jeho problematická přeprava.

3.1.4 Nízkotlaké pneumatiky

V dnešní době se používají převážně široko-profilové nízkotlaké pneumatiky, kterými se vybavují především sklízecí plodiny (Taylor *et al.*, 1976).

Pokusem, který prováděl Van den Akker *et al.* (1994), bylo zjištěno, že nízkotlaké pneumatiky mají lepší výsledky pro prevenci degradace půdy nadměrným zhutněním a rozmazáním půdy.

3.1.4.1 Tlak v pneumatikách

Tlak huštění je jedním z hlavních parametrů, ovlivňující práci pneumatik, obzvláště trakční vlastnosti (Lyasko, 2010). Se zvyšujícím se tlakem huštění se snižuje plocha otisku, tím vzrůstá tlak na půdu, především v oblasti středu pneumatiky. Opačným způsobem se projevuje huštění na nižší tlak než 80 kPa, kdy je vyšší tlak na okrajích pneumatiky a je tedy soustředěn v menší ploše (Mohsenimanesh & Ward, 2010).

Při nízkém huštění pneumatik je tedy žádoucí dosažení rovnoměrného rozložení tlaku v ploše styku pneumatiky s podložkou.

Pokud zemědělci nemají finanční prostředky na pořízení nízkotlakých pneumatik, dají se nahradit zdvojením kol, případně podhuštěných pneumatik, které lépe rozloží tlak na půdu. Tato možnost však připadá v úvahu pouze při jízdě po poli, nikoliv po vozovce.

3.2 Pásy

Pásy se staly alternativou pro zemědělce, kteří se snažili zvýšit tažnou účinnost svých vozidel a zároveň snížit zhutnění půdy na svých polích. Bylo prokázáno, že pásy mají vyšší tažnou účinnost než traktory s pohonem na dvě i na všechny čtyři kola (Domier *et al.*, 1971).

Obecně tedy platí, že pásy jsou lepší než kola, kvůli menšímu zhutnění půdy. Na druhou stranu podle Erbacha (1994) mohou mít škodlivé účinky, a to hned z několika důvodů:

- průměrný kontaktní tlak na půdu je sice nižší než u kolových ústrojí, ovšem působí po delší dobu;
- způsob uspořádání pojezdových a vodících kladek, a jejich nedostatečné předpětí může způsobit nerovnoměrné rozložení tlaků;
- vibrace od motoru a ostatních částí stroje jsou snadněji přenášené do půdy z pásů, kvůli nižšímu závěsnému efektu;

Pásy prokazatelně snižují prokluz v porovnání s pneumatikami, a to jak s jedním kolem, tak i s dvoumontáží. Dvojitá kola mají menší prokluz s porovnáním s jednoduchými, ale pouze na pevné půdě, na ornici se tyto rozdíly smazávají. Simulace půdního napětí ukázala vyšší zátěž pro dvojitá kola než u pásů v hloubce 15 cm a 30 cm. Velmi malý rozdíl potom v hloubce 50 cm (Arvidsson *et al.*, 2011).

3.2.1 Ocelové pásy

Pokus, který prováděli Marsili & Servadio (1995) se dvěma traktory, přičemž první z nich měl pásy gumové, zatímco druhý ocelové. Jejich výsledky pak ukázali, že traktor s ocelovými pásy je lepší než traktor s pásy gumovými. Ocelové pásy poskytují rovnoměrnější rozložení zatížení na půdu.

Použití ocelových pásů v zemědělství pokleslo od zavedení traktorů, které jsou poháněny na všechny čtyři kola. Ty mají výhodu ve vyšší rychlosti, lepší manévrovatelnosti stroje a především umožňují cestování na veřejných komunikacích. Ocelové pásy mají omezenou schopnost na komunikacích, protože vzhledem ke své konstrukci poškozují povrch vozovky. Nižší rychlost nemusíme ani zmiňovat (Marsili *et al.*, 1998).

3.2.2 Pryžové pásy

Pryžové pásy byly navrženy jako alternativa pro kola. Na vnější straně jsou opatřeny šipovým dezénem, který se liší podle pracovního povrchu. Uprostřed vnitřní strany jsou pryžové bloky. Ty zlepšují vedení pásu a snižují rizika možného příčného posuvu. Plocha pásů umožňuje snížit velikost středního kontaktního tlaku na 35 až 70 kPa. Hmotnost traktoru je na pás přenášena přes hnací kola, napínací kola a střední vodící kladky.

V současné době se používá dvou možností – se dvěma nebo se čtyřmi pásovými jednotkami. Traktor se čtyřmi pásovými jednotkami lépe kopíruje terén, díky výkyvnému zavěšení. Tím pádem se lépe přizpůsobuje povrchu a disponuje lepšími záběrovými vlastnostmi.



Legenda: 1 - hnací kolo, 2 - napínací kola, 3 - centrální nosník, 4 - středové vodící kladky, 5 - napínací mechanismus

Obrázek 3: Dva druhy pásových jednotek (Upraveno: Bauer *et al.*, 2006)

3.2.2.1 Pásové jednotky

Pásová jednotka se skládá z centrálního nosníku, hnacího a napínacího kola, středových napínacích kladek, napínacího mechanismu a z pásu (obrázek 3). Počet středových vodících kladek záleží na velikosti a na výrobních postupech. Většinou jsou na pásové jednotce dvě až čtyři. Středové vodící kladky přenáší hmotnost traktoru na pás a zabraňují jeho příčnému posunu. Hmotnost pásových jednotek je obecně vyšší než u kolových jednotek, a to až o 500 kg na jednotku. To znamená zvýšení hmotnosti traktoru a jeho zatížení na půdu. Je proto důležité uvážení potřeby těchto jednotek. Pokud mají být pásové jednotky namontované na konvenční traktory, měly by mít vysoký výkon ve vztahu k jeho hmotnosti, aby naplno využily svého potenciálu.

3.3 Síly přenášené z kola na půdu

Existují tři hlavní typy sil působících na půdu v průběhu průjezdu hnaného kola. Jsou to síly působící směrem dolů v důsledku dynamického zatížení na kolo, smykové napětí vyplývající z kroutícího momentu působícího kolem osy a vlivy na vibrace přenášené z motoru přes tělo pneumatiky. Při průjezdu kol traktorů a kombajnů působí na půdu všechny tři výše popsané typy sil. Kola vlečeného zařízení budou obecně vykonávat pouze dynamické zatížení na půdu.

Statická zatížení působící na zadní kola traktorů jsou obecně v rozmezí 10–25 kN. Mohou ovšem být i mnohem vyšší (např. u přepravních strojů s přívěsy). Tyto informace o statickém zatížení strojů jsou pouze omezenou hodnotou (Soane & Ouwerkerk, 1994). Pokusem, který vedl Molari et al. (2012) v Itálii, kde srovnávali traktor New Holland T7060 se čtyřmi různými konfiguracemi pojezdových ústrojí (viz Tabulka 1; obrázek 4), dokazovali, který z podvozků má nejlepší výkonové vlastnosti. Výsledky ukázaly, že traktor plně pásově vybavený měl oproti polopásovému typu vyšší tažnou účinnost díky rovnoměrnějšímu rozložení dynamiky zatížení náprav. Polopásový typ se svými hodnotami prokluzu vykazoval oproti všem ostatním konfiguracím v pokusu, nižší dynamiku trakčního poměru. Kombinované rozložení zatížení náprav způsobilo nejednotné zhuštění půdy. Obecně lze říci, že pásové konfigurace měli menší vliv na utužení půdy přes vyšší hmotnost.

Tabulka 1: Hodnoty zkoumaných traktorů

Typ	Poháněná kola	Celková hmotnost (kg)	Zatížení na přední nápravě (%)	Šířka přední nápravy (mm)	Šířka zadní nápravy (mm)
A	4	8180	42	2334	2334
B	4	11320	54	2334	2334
C	2	11960	27	2334	3015
D	4	14100	40	2984	3015



Obrázek 4: čtyři různé konfigurace pojezdů u traktoru New Holland T7060 (upraveno: Molari et al., 2011)

4 Zhutnění půdy

Půdní zhutnění je proces zhušťování, během kterého se snižuje pórovitost a propustnost, zvyšuje se pevnost a je navozeno dalších mnoho změn ve struktuře a v různém chování půdy (Soane & Ouwerkerk, 1994). Obecně lze říci, že zhutnění půdy zahrnuje snížení objemu a deformaci zeminy způsobené člověkem. Jednou z příčin je intenzivní doprava, která často není správně přizpůsobena druhu půdy, její struktuře a obsahu vody (Koolen, 1994). Deformace v systému půda – pneumatika jsou závislé na zatížení kola, charakteristice kola, půdních mechanických vlastnostech (vztah mezi napětím a deformací pro objemový element) a vlastnostech systému, jako je například rychlost. Síla půdy je výrazně závislá na obsahu vody. Mokré půdy jsou ke zhutnění náchylnější než půdy suché. Zhutnění je způsobeno vysokým zatížením kola, tlakem na půdu z pneumatik a vysokou intenzitou dopravy strojů používaných pro ochranu rostlin a sklízecí operace, nikoliv pro setí. Tyto operace se pak nejvýrazněji projevují, jsou-li prováděny na mokré jílovité půdě nebo při vysokém nahuštění pneumatik – to je mezi 140 a 218 kPa (Botta *et al.*, 2004). Obecným pravidlem je zakázat provoz tehdy, je-li půda vlhčí než půdní kapacita, i když to nemusí odpovídat podmínkám v podloží (Chamen *et al.* 2015)

4.1 Podložní zhutnění půdy

Napětí vyvolané v půdě zatížené koly se snižuje s hloubkou. V případě, že je přízemní kontaktní tlak stejný, je snížení napětí rychlejší pod koly s malou kontaktní plochou (nízké zatížení), než pod koly s velkou kontaktní plochou (vysoké zatížení). V závislosti na vlastnostech půdy se namáhání může více či méně koncentrovat směrem dolů do půdy, případně do stran (Håkansson & Reeder, 1994). Olsen (1994), rozdělil půdu do tří zón podle přízemní kontaktní plochy na zónu horní, střední a hlubokou. Horní zóna je ta, ve které je vertikální stres téměř stejný jako přízemní kontaktní tlak. Střední zónu definuje poměrně vysoká míra snižování stresu, ovšem záleží jak na kontaktním tlaku, tak na zatížení kol. Hluboká zóna je pak zónou, kde se půdní stres snižuje velmi pomalu v závislosti na hloubce a téměř výhradně závisí na zatížení kola. Můžeme tedy shrnout, že při používání klasických farmových strojů je výskyt zhutnění v orniční vrstvě závislý zejména na kontaktnímu tlaku na půdu. V hlubokých podzemních vrstvách potom na zatížení kol stroje, případně přívěsu.

Výzkumy podložního zhutnění, které zhodnotil Håkansson (1994) vedly k několika závěrům týkajících se této problematiky.

1. V hlubokých vrstvách podloží závisí mechanické namáhání do značné míry na zatížení jednotlivých kol a náprav.
2. Provoz vozidel s vysokým zatížením ve vlhkých podmínkách způsobuje zhutnění do velké hloubky.
3. Na rozdíl od zhutnění orniční vrstvy, podložní zhutnění přetrvává desetiletí a může být i trvalé.
4. Podložní zhutnění obvykle vede k trvalému snížení výnosu plodin.
5. Hloubkovou orbou nelze zcela eliminovat podložní zhutnění. Naopak může ještě více uškodit a je finančně nákladné.
6. Při boji s hloubkovým utužením půdy se jako účinnější strategie jeví řádná prevence a ochrana než následné pokusy o jeho odstranění.

Alakukku (1998) zjistil, že změny vyvolané zhutňováním v podloží (0,25 m a níž) byly v jílovitých a hlinitých půdách měřitelné i po devíti letech od doby, kdy byly aplikovány provozní opatření.

4.2 Zhutnění půdy v intenzivním zemědělství

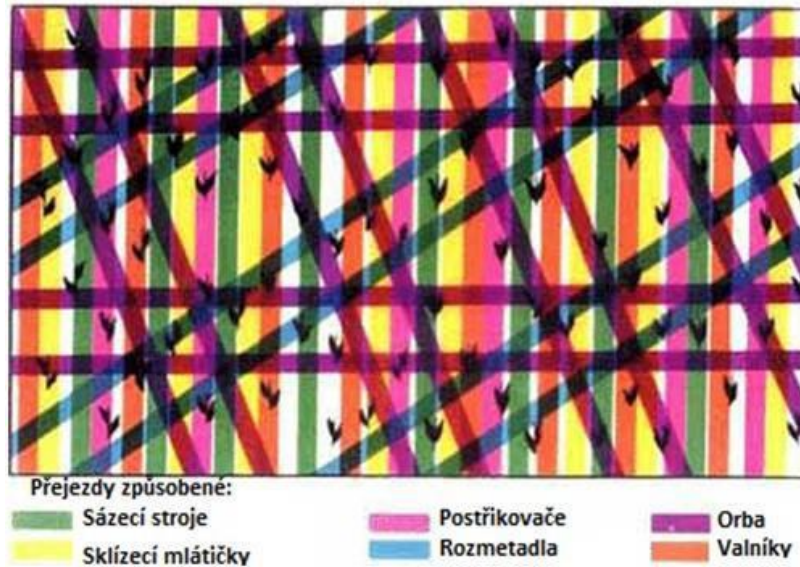
Intenzivní chov plodin a zvířat se rozšířil po celém světě a zahrnuje kratší střídání plodin a používání těžších strojů, které vedou ke zvýšení půdního zhutnění (Poesse, 1992). Rozsah zhutněné půdy na celém světě se odhaduje na 68 milionů hektarů a to pouze přičiněním automobilové dopravy samotné. V Evropě se pak odhady pohybují zhruba kolem 33 milionů ha (Akker & Canarache, 2001) S asi 4 miliony hektarů se pak počítá v pšeničném pásu západní Austrálie (Carder & Grasby, 1986). Podobné problémy byly zaznamenány téměř na každém kontinentu. Ačkoliv systémy hospodaření se významně zlepšily a vyrovnaly se s novými tlaky spojenými s intenzivním zemědělstvím, struktura mnohdy zdravé půdy se zhoršila do té míry, že výtěžky plodin byly sníženy (Hamsa & Anderson, 2004).

Ačkoliv zhutnění je považováno za jeden z nejvážnějších problémů pro životní prostředí způsobený konvenčním zemědělstvím (McGarry, 2001), jde o nejobtížněji rozpoznatelný typ degradace půdy, který lze lokalizovat a případně odstranit. Například na rozdíl od eroze nebo zasolení půdy, o jejichž přítomnosti svědčí silné důkazy o jejich povrchu půdy.

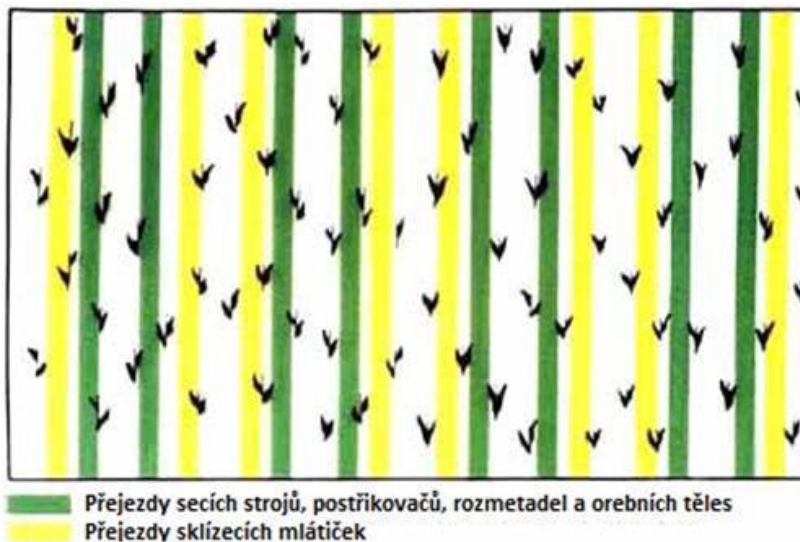
Mírný stupeň zhutnění ornice se může ukázat jako prospěšný pro některé typy půd, což naznačuje, že existuje optimální míra zhutnění pro růst plodin (Bouwman & Arts, 2000). Optimální míra zhutnění je důležitá zejména v systému řízené dopravy, kde jakýkoliv vedlejší zdroj může způsobit nevhodný stupeň zhutnění, následovaný výnosovými ztrátami (Rosolem & Takahashi, 1998).

4.2.1 Systém řízené dopravy (CTF)

Obecně lze říci, že podmínky, které jsou vhodné pro dobrý růst plodin, nejsou vhodné pro provoz strojních zařízení. Systém řízené dopravy je systémem produkce plodin, ve kterém jsou zóny pěstování a jízdní pruhy vozidel zřetelně a trvale od sebe odděleny. V tomto systému se předem určí jízdní pruhy, které nejsou dále nijak hloubkově obdělávány a jsou používány pro veškeré přejezdy strojů (Taylor, 1983). CTF udržuje zóny plodin nedotčené koly, zatímco utužené přejezdové koleje zlepšují účinnost strojů (Taylor, 1992). Taylor a Burt (1975), dělali pokus s pneumatikami a pásy v CTF systému, kde stroje byly provozovány při stejném zatížení i stejných půdních podmínkách. Pásy byly o polovinu užší než pneumatiky, ale dvojnásobně dlouhé. Tento pokus poukázal na to, že vrcholové svislé tlaky, měřené 20 cm pod středovou osou, byly téměř dvakrát vyšší při použití pneumatik než při použití pásů. Potvrdilo se také, že dlouhá úzká stopa pásů má lepší trakční vlastnosti a nabízí vyšší tažnou účinnost, což snižuje intenzitu zhutnění půdy a zvětšuje prostor pro pěstování plodin. Z ekonomického hlediska může řízená doprava snížit požadavky na výkon traktoru až o 50 % společně s nižší spotřebou paliva (Tullberg *et al.*, 2000).



Obrázek 5: Nekontrolované přejezdy zemědělských strojů (Upraveno: Soil Quality)



Obrázek 6: Přejezdy kontrolované podle systému řízené dopravy (Upraveno: Soil Quality)

Produktivita plodin závisí na dosažení rovnováhy mezi půdními podmínkami potřebnými pro růst plodin a podmínkami, které jsou vyžadovány pro provoz strojů. Rostliny vyžadují relativně volné podmínky s dobrou drobivostí půdy pro růst kořenů, dobrou aeraci a zásobování vodou. Strojní zařízení naopak vyžaduje ztuhlé podmínky pro lepší trakci (Lamers *et al.*, 1986). Produkce cukrové třtiny v Austrálii, podobně jako v mnoha dalších zemích, využívá formu kontrolovaného provozu. Nicméně v australském třtinovém průmyslu byl problém v konvenčním pěstování vzhledem k rozdílné rozteči mezi plodinami (1,5 m) a šířce kolejí zařízení (1,83 m).

Na mnoho plodin tak působilo mechanické poškození, protože přejezdy mohou být přímo na řádcích s rostlinami. (Braunack & Peatey, 1999). Kromě toho se sklizeň provádí jedinou sklízecí řezačkou, která nařezané stonky předává do traktoru se sběračem, který jede vedle ní. To znamená, že se sklízí pouze jedním směrem. Výsledkem pak je, že na každý meziřádek připadají nejméně dva přejezdy řezačky a dva traktoru. Dohromady to vytváří silný potenciál pro zhutnění půdy. Pokusem, který prováděli Braunack a McGarry (2006) bylo zjištěno, že se přijetím řízené dopravy zlepšily půdní podmínky – nižší objemová hmotnost půdy a vyšší nasycenost půdy ve srovnání s náhodným provozem. Pod řízenou dopravou byl také mírně vyšší výnos.

4.2.2 Modely pro stanovení velikosti zhutnění půdního profilu

Model zhutnění půdy *SOCOMO* (Soil Compaction Model) byl vyvinut pro výpočet, zda bude podloží nadměrně namáháno určitým zatížením kola. Tento model umožňuje vypočítat přípustné zatížení kola s přihlédnutím k velikosti pneumatik, tlaku huštění pneumatik v závislosti na půdním druhu, objemové hmotnosti a vlhkosti půdy (Akker, 2004). Model je založen na klasické teorii Boussinesqa (1885) popisující rozložení napětí v homogenní pevné hmotě v důsledku působení vnější síly. Model umí definovat očekávané napětí a pevnost půdy v každém bodě půdní hmoty. Dalším produktem byl model *SoilFlex* (Keller et al. 2007), který na rozdíl od předcházejícího modelu již umožňuje stanovit půdní deformaci v závislosti na velikosti kontaktního tlaku a napětí v půdě.

5 Světové zemědělství

Zemědělství je jedním z nejstarších způsobů obživy člověka a můžeme se s ním setkat ve většině části světa. Zejména během minulého století se díky mechanizaci, zavedení syntetických hnojiv, pesticidů a společně se šlechtěním plodin, zvýšila produktivita a rostlinná výroba se mohla přesunout i na dříve neobdělávané půdy.

Nynější zemědělská produkce je závislá na provozu vozidel. Bez možnosti sázení a sklizně pomocí zemědělských strojů, není možné fungování moderních výrobních postupů (Raper, 2005)

Zemědělské operace, jako je příprava půdy, doprava, čerpání vody, mlácení obilí, jsou příliš intenzivní na to, aby je mohla zajišťovat pouze lidská síla, na druhou stranu pletí nebo třeba třídění a sklizení ovoce, se bez lidské mysli a úsudku neobejdou (Binswanger, 1978).

5.1 Extenzivní zemědělství

Extenzivní zemědělství neboli hospodaření s nízkými vstupy (low-input), je považováno za způsob, jak vyřešit spoustu problémů, které jsou spojeny s intenzivním zemědělstvím. Hospodaření s nízkými vstupy je definováno jako zemědělský systém se snahou o snížení externích výrobních vstupů (nákupy hnojiv a pesticidů, snížení výrobních nákladů) jako prevence před znečištěním povrchových a podpovrchových vod a ke zvýšení krátkodobé i dlouhodobé ziskovosti farmy (Parr *et al.*, 1990).

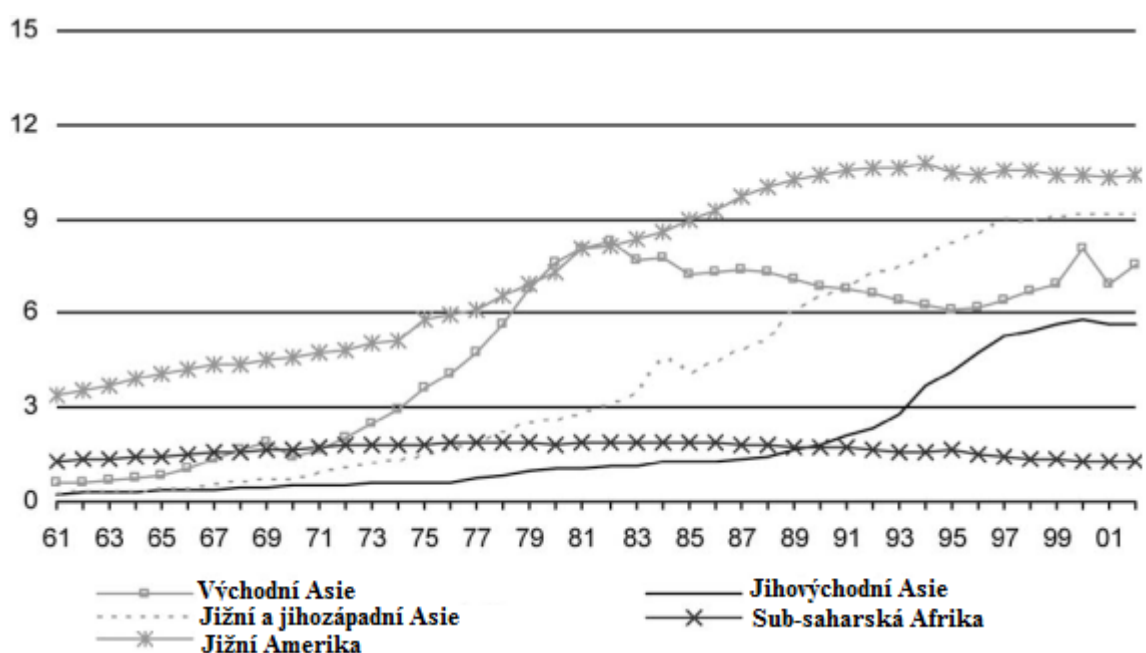
5.2 Intenzivní zemědělství

Intenzivní zemědělství, případně zemědělství s vysokými vstupy (high-input), je obvykle založeno na pěstování monokultur na velkých plochách, pomocí vysoce výnosných odrůd s vysokými vstupy hnojiv a ochranou před škůdci, onemocněním a plevele. Často bývá založeno na financovaných zavlažovacích systémech.

Na intenzivně obdělávaných půdách v Asii a Latinské Americe proběhla významná úroveň mechanizace, zatímco v Africe, zejména v subsaharské Africe, je mechanizace na extrémně nízké úrovni. V roce 2002 bylo průměrné využití traktorů v Subsaharské Africe kolem 1,3 traktoru na 1000 hektarů obdělávané půdy, zatímco v Asii to bylo kolem 9,1 a v Jižní Americe dokonce 10,4 traktoru (viz graf 1). Použití traktorů

v Subsaharské Africe dosáhlo maxima v roce 1986, kdy na 1000 hektarů připadlo 1,9 traktoru. Od té doby se číslo snižuje (Pingali *et al.*, 1987).

Co se týče Asie, je potřeba rozlišovat mezi použitím traktorů a ručních fréz. Intenzivní výrobní systémy v oblastech s mokřadním pěstování rýže ve východní a jihovýchodní Asii přešly z pluhů tažených zvířaty k použití ručních fréz. Čtyřkolové traktory jsou většinou požívány na obdělání jiných plodin než rýže, především na suchých stanovištích, v Jižní Asii je naopak větší důraz kladen na čtyřkolové traktory (Pingali *et al.*, 1987).



Graf 1: Počet traktorů na 1000 ha orné půdy podle regionů (Upraveno: FAO, 2005)

6 Zemědělské plodiny pěstované ve významných oblastech tropů

Brazílie a Čína patří mezi světové velmoci v pěstování některých důležitých plodin. Velkou roli hraje rozloha těchto zemí, ale především klimatické podmínky, ve kterých se oba státy nacházejí.

Brazílie je největším světovým producentem kávy, kakaa, cukrové třtiny a pomerančů. Dále patří mezi jedny z nejvýznamnějších pěstitelů kaučuku, kukuřice a v neposlední řadě také sóji. Podle Rady (2013), je v poslední době zemědělsky nejvýznamnější část Brazílie tvořena územím zvané Cerrado. Cerrado je druhý největší biom ležící na brazilském území a náleží mu 23,9 % oblasti země. Má subhumidní tropické klima s výrazným střídáním mokrých a suchých období. Skládá se z tropických pastvin a savan. Největší podíl plodin pěstovaných v Cerradu na produkci země má bavlna (48,8 %), pomeranče (41,7 %), sójové boby (39,6 %) a cukrová třtina (32 %). Co se živočišné produkce týče, dominantní je především skot (37 %).

Čína je největším světovým producentem pšenice, rýže, bavlny, tabáku a konopí. V pěstování cukrové třtiny je na třetím místě, stejně jako v pěstování sóji. Pěstování cukrové třtiny je asi z 80 % lokalizováno v oblastech jižní a jihozápadní Číny, kam se postupně přesunuje z východních částí (FAO, 2014). S ohledem na skutečnost, že cukrová třtina a sója patří mezi vysoko-výnosové plodiny, je riziko poškození půdního ekosystému v těchto klimatických podmínkách největší.

6.1 Sója (*Glycine max*)

Sója je hustá volně větvená jednoletá luštěnina. Stonky a listy jsou pokryty trichomy. Lusky jsou 2-8 cm dlouhé a rostou ve skupinách po třech až pěti a každý obsahuje 2-4 semena. Existuje více než 10 000 odrůd. Sójové boby (*Glycine max*), patří mezi jednu z nejvíce ceněných plodin na světě, a to nejen jako olejnatá plodina a krmivo pro dobytek a akvakulturu, ale i jako dobrý zdroj bílkovin pro člověk a v neposlední řadě také jako biopalivo (Tadayoshi & Goldsmith, 2009). V roce 2007 byla celková plocha pěstované sóji 90,19 miliónů hektarů a celková produkce byla 220,5 miliónů tun (FAO, 2010). V první polovině roku 2017, byla světová plocha sóji 121,9 miliónů hektarů, a celková produkce 345,9 miliónů tun (USDA, 2017). Srážky, teplota a sluneční záření

a v neposlední řadě také kvalita půdy a půdní typ jsou důležité biofyzikální faktory, které ovlivňují výnosy sóji (Chomitz & Thomas, 2001).

Sója je připravena ke sklizni, když dosáhne plné zralosti a 90–100 % lusků má hnědou barvu. Mají-li zrna více než 13 % vlhkosti, musí být dosušovány na farmách nebo v družstvech, které sóju prodávají dále. Při vlhkosti nižší než 10 % podléhají sójové boby mechanickému rozdrčení (Molan, 2012). Sklizeň se provádí pomocí kombinovaných sklízecích mlátiček, které rostliny sekají asi 3 cm nad zemí a sóju vymlacují. Pro sklizeň je nejvhodnější použití kombajnu s úzkými lištami, díky kterým jsou menší ztráty při terénních nerovnostech.

6.1.1 Pěstování a sklizeň sóji v Brazílii

Brazílie má celkovou rozlohu 851 miliónů hektarů. Z toho 264 miliónů ha, což je 30 % celkové plochy, je klasifikováno jako zemědělská půda. V roce 2006 bylo přibližně 75 % zemědělských půd pastevních a zbylých 25 % tedy zhruba 64 milionů hektarů tvořilo ornou půdu. Sója pokrývá největší ornou plochu (34 milionů hektarů), následuje kukuřice (17 milionů ha) a poté cukrová třtina se 8,6 miliony hektarů. Fazole a rýže – jakožto základní brazilská plodina pokrývá pouze 1,6 milionu, respektive 2 miliony hektarů. (USDA, 2017). Sója, kukuřice a cukrová třtina, jakožto tři hlavní plodiny pěstované v Brazílii tvoří přes 81 % pěstebních oblastí (EMBRAPA, 2010). Mato Grosso je brazilský stát, na jehož území se nacházejí největší a technologicky nejpokročilejší intenzivní sójové plantáže v Brazílii. V roce 2012 byla rozloha sójových plantáží 7,8 milionu hektarů, což představuje 29 % celkové domácí produkce Brazílie (Mier & Cacho, 2015). V této oblasti jsou také nejstabilnější výnosy z důvodu pravidelnosti období dešťů, které začíná v říjnu, končí v dubnu a úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 2200–2400 mm za rok.

Rozšíření sóji začalo v jižních částech země a postupně se posouvá směrem na sever, což je často řízeno stěhováním výrobců. V současné době Brazílie produkuje sóju v oblastech, kde jsou srážky od 1400 mm do 2400 mm za rok, i když v mnohých oblastech je hlavní překážkou kvalita půdy. To se odráží ve výrobních nákladech a na výnosech (Rocha & Villalobos, 2013). Sklizeň probíhá od února do května.

Vzhledem k tomu, že v Brazílii se sója pěstuje na velkých plochách, které jsou v řádech tisíců hektarů na jednu farmu (například farma Campo Verde obhospodařuje plochy o rozloze 181 500 ha, na kterých pěstuje pouze sóju), je využíváno výkonných

sklízecích mlátiček s velkými žacími lištami (Helfand & Levine, 2004). Při sklizni sóji není potřeba pořizování speciálních strojů, stačí pouze důkladné seřízení mlátiček, to znamená snížení otáček bubnu na 400-500 za minutu a úprava mezer mezi bubnem a mláticím košem. Výhodné je i použití speciálních žacích lišt určených na sklizeň luštěnin. Jako příklad můžeme uvést sklízecí mlátičku Case IH 2388. S maximálním výkonem 242 kW, hmotností 13 600 kg a zásobníkem zrna s kapacitou 10 220 litrů se jedná o typ sklízečky, která je v oblastech Brazílie v dnešní době hojně používaná. Hlavice pro luštěniny jsou samozřejmostí. Základní velikost dodávaná výrobcem je 5,5 m. Nejčastěji se však můžeme setkat s hlavicemi o velikosti 30 stop (9,1 m), 35 stop (10,6 m), ale nejsou výjimečné ani hlavice o velikosti 40, potažmo 45 stop (12,2 m; 13,7 m). Modernější sklízečka Case IH Axial Flow 9240, vybavena pásovými jednotkami na přední nápravě nepatří mezi nejčastěji používané, vzhledem k tomu, že se tato sklízecí mlátička začala vyrábět v roce 2016, ale dá se předpokládat, že do budoucna by se tak mohlo stát. Obecně totiž stroje s polopásovým pojezdovým ústrojím lépe kopírují nerovnosti terénu a méně utužují půdu ve srovnání s kolovými stroji. S přihlédnutím k faktu, že kořeny sóji jsou na utužení půdy více náchylné (Arvidsson & Håkansson, 2014), je toto řešení pojezdového ústrojí vhodnější.



Obrázek 7: Sklízecí mlátičky Case IH2388 při sklizni sóji v Mato Grosso

(<http://en.mercopress.com/2013/07/31/brazil-s-next-soybean-crop-expected-to-increase-9-to-a-record-89.1-million-tons>)

6.1.2 Pěstování a sklizeň sóji v Číně

Zemědělsky obdělávaná plocha sóji v Číně v roce 2017 byla 7,2 milionů ha, celková produkce 12,9 milionů tun a průměrný výnos na jednotku plochy činil 1,79 t ha⁻¹ (USDA, 2017). Ve srovnání s hlavními pěstitelskými zeměmi jsou výnosy v Číně nízké. Hlavními důvody této skutečnosti je, že měřítko pěstování sóji zemědělci je menší než v jiných světových velmocích jako například Brazílie (tabulka 5), a z toho důvodu nebyly přijaty vyspělé kulturní praxe. Spolu s ekonomickým vývojem a zlepšením životní úrovně v oblasti, poptávka po sóje v Číně rychle roste a domácí produkce sóji nemůže splnit tyto požadavky. Proto je Čína nyní největším dovozcem sóji na světě (Qiu & Chang, 2010). V současné době přibližně 80 % spotřeby domácích sójových bobů pochází z dovozu, což představuje přibližně 57 % sójových bobů prodávaných na mezinárodním trhu. Sklizeň probíhá povětšinou od září do začátku října.

Jak se v Číně zvyšuje plocha pěstované sóji a tím i mechanizace sklizně, bylo zjištěno, že kromě dalších faktorů (počasí, houbové onemocnění, hmyz), má mechanizace velký podíl na vnitřním mechanickém poškození sójových bobů (Ning *et al.*, 2014). Poškozená semena způsobují zvýšení výrobních nákladů, protože poškození vážně ovlivňuje klíčivost a rychlost růstu. Z toho vyplývá, že výběr a použití vysoce kvalitních semen je základem k dosažení uspokojivého výtěžku (Sirisomboon *et al.*, 2009).

Tabulka 2: Porovnání dvou sklízecích mlátiček na sóju používaných v Číně

	Fotma 4L-1.0	Zoomlion 4LZ-7B
Rychlost	16 km/h	18 km/h
Šířka řezu	2562 mm	2750 mm
Výkon	48 kW	92 kW
Výška	2930 mm	3420 mm
Šířka	3180 mm	3000 mm
Délka	6210 mm	6600 mm
Hmotnost	3050 kg	5100 kg
Sběrná rychlost	0,5 – 1 kg/s	7 kg/s



Obrázek 8: Typická sklízecí mlátička určená na sklízení sóji v Číně (<http://resource.zoomlion-hm.com/images/201402/20140227151117866.jpg>)

6.2 Cukrová třtina (*Saccharum officinarum*)

Cukrová třtina je tropická vytrvalá tráva čeledi *Poaceae*. Je obvykle 3 – 5 metrů vysoká a má přibližně 5 cm v průměru. Průměrný výnos je 60 – 70 t/ha, záleží však na daných podmínkách a kvalitě pěstování. V některých oblastech mohou být výnosy až 180 t/ha a naopak i kolem 30 t/ha. Cukrová třtina se pěstuje v širokém rozsahu půd a podnebí a v ekonomických a sociálních podmínkách. Sahají od nerozvinutých oblastí založených na manuální práci a nízkých materiálových vstupech, které produkují nízké výtěžky, až po rozvinuté regiony, které jsou založené na mechanizovaném zemědělství a vyššími vstupy, což znamená i vyšší výnosy. Značná část světové úrody je stále sklížena ručně, na druhou stranu mechanická sklizeň je brána jako standard v zemích, kde se pěstuje i na hůře dostupných místech a ruční sklizeň je zde nemožná nebo ekonomicky nevýhodná (Moore, 2017).

Sklízecí mlátičky na cukrovou třtinu provádějí základní řez rostliny, podporují čištění cukrové třtiny působením ventilátorů a/nebo dmychadel a sekají stonky v průměru na patnácti až čtyřiceti centimetrové kusy. Uvnitř stroje prochází cukrová třtina různými fázemi. Od okamžiku základního řezu až k nakládce do přepravního prostředku.

Sklízecí stroj je při provozu umístěn v řadě cukrové třtiny a nejprve řeže horní ořezávač. Potom se oddělovače srazí a podavače třtinou zásobují základovou řezačku, která je tvořena dvěma rotujícími lopatkovými disky. Sběr a zvedání cukrové třtiny iniciuje výtahový váleček. Svazek je pak vodorovně posouván podávacími kladkami. Odřezkové špalky jsou uloženy ve výtahovém koši a primární odsavač odstraňuje nečistoty. Před uvolněním do přepravního prostředku jsou odřezy sekundárním extraktorem znovu čištěny (Narimoto *et al.*, 2015).

Mechanicky sklizená třtina má mnoho řezů, které stimulují třtinové dýchání a umožňují průnik infekcím. Ty přispívají k rychlému poklesu sacharózy a tím snižují kvalitu cukru. Oproti tomu ruční sklizeň se provádí na větší kusy, je tedy zapotřebí méně řezů a díky tomu jsou i minimální ztráty sacharózy. Pro mechanizovanou sklizeň mluví především rychlost zpracování, kdy čas mezi sklizní a přepravou na další zpracování je nižší a díky tomu jsou ztráty na cukernatost minimalizovány (Moore, 2017, Salassi *et al.* 2004).

6.2.1 Pěstování a sklizeň cukrové třtiny v Brazílii

Brazílie je největším světovým pěstitelem cukrové třtiny a v roce 2014 byla překonána hranice 650 milionů tun sklizených v tomto státu, což představuje 40 % celkové světové produkce (FAO, 2014). Na území státu São Paulo je pěstováno 56 % celkové produkce cukrové třtiny v Brazílii, což odpovídá 369 milionům tun sklizených v sezóně 2015/2016. V důsledku sociálních, enviromentálních a ekonomických požadavků se v současné době více než 85 % sklizňových prací provádí mechanicky. První úspěšná sklízecí mlátička byla v Brazílii vyrobena v roce 1973, výrobně převzata z Austrálie (Ripoli & Villanova, 1992). Od té doby se sklízecí mlátičky postupně zdokonalovaly, aby poskytly spolehlivý a praktický stroj vhodný pro potřeby zdejších zemědělců. Mezi nejčastěji používané stroje na sklizeň cukrové třtiny můžeme zařadit dva modely: Case 8800, John Deere 3520 (viz obrázek 8,9).



Obrázek 9: Case 8800 (http://www.meccagri.it/wordpress/wp-content/uploads/2015/06/A8000_zucchero_88.jpg)



Obrázek 10: Sklizeň cukrové třtiny sklízečkou John Deere 3520 (<http://www.hotelroomsearch.net/im/city/catal%C3%A3o-brazil-6.jpg>)

6.2.2 Pěstování a sklizeň cukrové třtiny v Číně

Čína je třetí největší producent na světě s přibližně 1,5 miliony hektary cukrové třtiny, především v jihovýchodních provinciích tohoto státu. Guangxi (1 000 000 ha) Yunnan (330 000 ha), Guangdong (130 000 ha) a Hainan (66 000 ha). Plocha cukrové třtiny se rychle rozšířila díky podporování čínskou vládou k výrobě cukru z cukrové třtiny namísto cukrové řepy (Wegener *et al.*, 2013). Sklízecí mlátičky v Číně jsou vzhledem k velikosti ploch cukrové třtiny menší konstrukce. Při maximálním výkonu 132 kW, váze 6800 kg a rozměrech 9340 mm (délka), 2100 mm (šířka) a 3630 mm (výška) je to jasně patrné. Průměrný výnos je uveden v tabulce 5.



Obrázek 11: Sklízecí mlátička na cukrovou třtinu (Zoomlion AS60) rozšířená v Číně (<http://dealer.agriculturemachinerybusiness.com/wp-content/uploads/2015/07/Sugarcane-Harvester-.jpg>)

Tabulka 3: technické parametry nepoužívanějších sklízecích mlátiček cukrové třtiny

	<u>Case 8800</u>	<u>Zoomlion AS60</u>	<u>John Deere 3520</u>
Maximální výkon	260 kW	132 kW	251 kW
Rychlost stroje – pásy	9 km/h	6,65 km/h	9 km/h
Rychlost stroje – kola	20 km/h	-	24,6 km/h
Hmotnost	18300 kg	7500 kg	14000 kg
Šířka pásů	457 mm	350 mm	457,2 mm
Výška stroje	6300 mm	3630 mm	6230 mm
Délka stroje	15840 mm	9730 mm	15140 mm
Šířka stroje	2450 mm	2200 mm	2480 mm
Počet válců	6 v řadě	6 v řadě	6 v řadě
Pneumatiky – přední	400/60 x 15,5 – 14 vrstev	-	14 x 17,5–10 vrstev
Pneumatiky – zadní	23,5 x 25–12 vrstev	-	23,5 x 25–20 vrstev

7 Diskuse

V Číně jsou plochy s cukrovou třtinou i se sójou menší než v Brazílii (viz tabulka 4,5). Jedním z důvodů jsou vládní zásahy na přerozdělování půdy, kdy na jednoho zemědělce v průměru připadne méně než 0,5 ha. Na druhou stranu vláda finančně podporuje pěstování důležitých plodin jako je právě cukrová třtina, dokonce předčila další cukernatou plodinu – cukrovou řepu. V posledních pěti letech Čína učinila řadu významných úspěchů v modernizaci zemědělské výroby. Mění se situace v zavlažování, kdy bylo více než 52 % zemědělské půdy uměle zavlažováno namísto závislosti na náhodě v podobě dešťů. Výrobní a technické vybavení se posunulo na novou úroveň, což naznačuje přechod čínského zemědělství, které po tisíciletí bylo do značné míry závislé na lidské a zvířecí síle, k vyšší mechanizaci v přípravě půdy, výsadby i sklizeň (Xu & Li, 2017). Vzhledem k těmto skutečnostem jsou zatím stroje na sklizeň cukrové třtiny i sóji výkonově i velikostně menší, ale má to své opodstatnění. Menší stroje jsou technicky méně složité, proto mají snazší údržbu, vzhledem k menším velikostem dokáží lépe pracovat na hůře přístupných plochách. Například sklízecí mlátička na cukrovou třtinu Zoomlion AS60 zmiňovaná výše, má podle údajů prodejce svahovou dostupnost do 20 %, což u konvenčně používaných splňují až speciální svahové, kdežto standardní mohou mají pouze 8 %. V neposlední řadě jde o cenovou dostupnost. Pořizovací cena nové sklízecí Zoomlion AS60 je 190 000 \$. Pro srovnání sklízecí Case 8800 hojně používaná v Brazílii může vyjít přibližně na 330 000 \$. Nevýhodou je nižší komfort pro řidiče, GPS systém a další. Čínská firma Zoomlion, která vznikla roku 1992, vyváží své sklízecí mlátičky do celého světa, hlavním vývozním trhem je blízký východ, Jižní Amerika, Afrika a jihovýchodní Asie.

Brazílie vyvinula rozsáhlý komerční zemědělský systém uznávaný po celém světě za svou roli v ekonomickém růstu země a stoupajícímu vývozu. Nicméně úspěch tohoto odvětví byl spojen s rozsáhlým ničením brazilských ekosystémů zejména Cerrado a Amazonský deštný prales, stejně jako degradací životního prostředí. Rozvoj zemědělství vede rovněž ke sjednocování pozemků (Martinelli *et al.*, 2010) a významně narůstá společenský zájem pěstování lukrativních plodin, mezi které patří cukrová třtina a sója. Pro tyto velké plantáže nelze jinak než využívat co největších strojů jednoduše proto, aby sklizeň byla co nejrychlejší a nedocházelo ke zbytečným ztrátám. V Brazílii na rozdíl od jiných států je sklízecí denní doba 14 hodin (Salassi *et al.*, 2009). Vzhledem k podmínkám pěstování cukrové třtiny, kdy je zapotřebí vyšších srážek, které

podporují růst rostliny, prodlužování stonků a tvorbu internodií a také vysokou vlhkost vzduchu (80-85 %). Během období zrání jsou však vysoké srážky nežádoucí, protože povzbuzují vegetativní růst a snižují cukernatost. Mělký kořenový systém zvyšuje náchylnost k suchu, čemuž přispívá i utužení půdy z důvodů snížení pórovitosti, rychlosti prosakování a horší kapacity skladování vody. Z těchto důvodů se sklízecí mlátičky vyrábí převážně s pásovým ústrojím (viz obrázek 9,10,11), které díky rozložení tlaku na větší plochu, působí lépe na půdu než podvozky kolové.

Tabulka 4: Porovnání pěstování sóji v Brazílii a Číně (USDA, 2017)

<u>Sója</u>		
	Brazílie	Čína
Produkce	111 mil t	12,9 mil t
Plocha	34 mil ha	7,2 mil ha
Výnos	3,26 t/ha	1,79 t/ha

Tabulka 5: Porovnání pěstování cukrové třtiny v Brazílii a Číně (USDA, 2017)

<u>Cukrová třtina</u>		
	Brazílie	Čína
Produkce	685 mil t	118 mil t
Plocha	8,6 mil ha	1,7 mil ha
Výnos	79,5 t/ha	68,3 t/ha

8 Závěr

Část literární rešerše byla zaměřena na vybraná pojezdová ústrojí, běžně používaná v zemědělství, tedy kola a pásy, zhodnocení jejich vlastností a vlivu na utužení půdy. Zjistilo se, že pásové zařízení má potenciál snížit zhutnění půdy, záleží však v jakých podmínkách je použito. Výhodou je rozložení tlaku stroje na celou délku pásu, tím se rozloží i tlak na půdu. V intenzivním zemědělství se jako další způsob eliminace škodlivého zhutnění používá systém řízené dopravy, který funguje na principu vyjetých kolejí, které se opakovaně využívají, tím nedochází k přejezdům přes plodiny a ty mají tak lepší půdní podmínky pro růst.

Hlavní část práce se zaměřila na srovnání pěstování dvou celosvětově významných plodin cukrové třtiny a sóji v zemích, které patří mezi největší producenty – Brazílii a Čínu. Porovnání systémů mechanizace používaných v těchto oblastech potvrzuje významný vliv výkonnostního potenciálu jednotlivých strojů. Vzhledem k tomu, že jsou větší plochy i výnosy sledovaných plodin v Brazílii, je pro tuto oblast výhodné využívat výkonnou moderní zemědělskou mechanizaci.

9 Použitá literatura

- Alakukku L. 1998. Subsoil loosening by mechanical and biological process. *Soil Tillage and Biology* 122, 136-143.
- Arvidsson J, Westlin H, Keller T, Gilbertsson M. 2011. Rubber track systems for conventional tractors – Effects on soil compaction and traction. *Soil & Tillage Research* 117, 103-109.
- Arvidsson J, Håkansson L. 2014. Response of different crops to soil compaction – short-term effects in Swedish field experiments. *Soil & Tillage Research* 73, 145-160.
- Barbosa LAP, Magalhães PSG. 2015. Tire tread pattern design trigger on the stress distribution over rigid surfaces and soil compaction. *Journal of Terramechanics* 58, 27-38.
- Bauer F, Sedlák P, Šmerda T. 2006. *Traktory*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 192p.
- Botta GF, Jorajuria D, Balbuena R, Rosatto H. 2004. Mechanical and cropping behavior of direct drilled soil under different traffic intensities: effect in soybean (*Glycine max L.*) yields. *Soil & Tillage Research* 78, 53-58.
- Boussinesq J. 1885. *Application des potentiels a l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastique*. Paris: Gauthier-Villars. 734p.
- Bouwman LA, Arts WBM. 2000. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Applied Soil Ecology* 14, p216.
- Braunack MV, McGarry D. 2006. Traffic control and tillage strategies for harvesting and planting of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in Australia. *Soil & Tillage Research* 89, 86-102.

Braunack MV, Peatey TC. 1999. Changes in soil physical properties after one pass of a sugarcane haulout unit. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39, 733-742.

Carder J, Grasby J. 1986. A framework for regional soil conservation treatments in the medium and low rainfall agricultural district. *Research Report* 86, p120.

Chamen WCT, Moxey AP, Towers W, Balana B, Hallet PD. 2015. Mitigating arable soil compaction: a review and analysis of available cost and benefit data. *Soil & Tillage Research* 24. 359-380.

Chomitz KM, Thomas TS. 2001. Geographic patterns of land use and land intensity in the Brazilian Amazon. *World bank policy research working paper* 2687.

Domier KW, Friesen OH, Townsend JS. 1971. Traction characteristics of two-wheel drive, four-wheel drive and crawler tractors. *American society of agricultural engineers* 14, 520-522.

Erbach DC, 1994. Benefits of track vehicles in crop production. Soane BD, van Ouwerkerk C, editors. *Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier Sciences B.V., p501-521.

EMBRAPA. 2010. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Cerrado brasileiro. Available at <http://www.cnpso.embrapa.br>: accessed 2017-03-18.

FAO. 1997. FAOSTAT: China. Available at <http://www.fao.org>: accessed 2017-04-19.

FAO. 2010. FAOSTAT: Soybean production. Available at <http://www.fao.org>: accessed 2017-03-08.

FAO. 2014. FAOSTAT: Sugar crops. Available at <http://www.fao.org>: accessed 2017-03-15.

Håkansson I. 1994. Subsoil compaction caused by heavy vehicles – a long-term threat to oil productivity. *Soil & Tillage Research* 29, 105-110.

Håkansson I, Lipiec J. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil & Tillage Research* 53, 71-85.

Håkansson I, Reeder RC. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load – extent, persistence and crop response. *Soil & Tillage Research* 29, 277-304.

Hamsa MA, Anderson WK. 2004. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research* 82, 121-145.

Horn R, Smucker A. 2005. Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. *Soil & Tillage Research* 82, 5-14.

Helfand SM, Levine ES. 2004. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics* 31, 241-249.

Keller T, Arvidsson J. 2004. Technical solutions to reduce the risk of subsoil compaction: effects of dual wheels, tandem wheels and tyre inflation pressure on stress propagation in soil. *Soil & Tillage Research* 79, 191-205.

Keller T, Trautner A, Arvidsson J. 2002. Stress distribution and soil displacement under a rubber-tracked and wheeled tractor during ploughing, both on-land and within furrows. *Soil & Tillage Research* 68, 39-47.

Keller T, Défossez P, Weisskopf P, Arvidsson J, Richard G. 2007. *Soilflex*: A model for prediction of soil stresses and soil compaction due to agricultural field traffic including a synthesis of analytical approaches. *Soil & Tillage Research* 93, 391-411.

Koolen AJ, 1994. Mechanics on soil compaction. Soane BD, van Ouwerkerk C, editors. *Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier Sciences B.V., p23-45.

Lamers JG, Perdock UD, Lumkes LM, Klouster JJ. 1986. Controlled traffic farming systems in the Netherlands. *Soil & Tillage Research* 8, 65-76.

Lyasko M. 2010. Multi-pass effect on off-road vehicle tractive performance. *Journal of Terramechanics* 47, 275-294.

Marsili A, Servadio P. 1996. Compaction effects of rubber or metal-tracked tractor passes on agricultural soils. *Soil & Tillage Research* 37, 37-45.

Marsili A, Servadio P, Pagliai M, Vignozzi N. 1998. Changes of some properties of clay soil following passage of rubber – and metal – tracked tractors. *Soil & Tillage Research* 49, 185-199.

Martinelli LA, Naylor R, Vitousek PM, Moutinho P. 2010. Agriculture in Brazil: impacts, costs and opportunities for a sustainable future. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2, 431-438.

McGarry D. 2001. Tillage and soil compaction. Garcia – Torres L, Benites J, Martinez – Vilela A, editors. *First world congress on conservation agriculture*. Madrid: Natural resource sciences, p281-291.

Mohsenimanesh A, Ward SM. 2010. Estimation of a three dimensional tyre footprint using dynamic soil-tyre contact pressure. *Journal of Terramechanics* 47, 415-421.

Molari G, Bellentani L, Guarnieri A, Walker M, Sedoni E. 2012. Performance of an agricultural tractor fitted with rubber tracks. *Biosystems Engineering* 111, 57-63.

Moore PH. 2016. Sugarcane and sugarbeet. Thomas B, Murphy DJ, Murray BG, editors. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. USA: Academic press, p273-280.

Narimoto LR, Camarotto JA, Alves JdC. 2015. The operation of mechanical sugarcane harvesters and the competence of operators: an ergonomic approach. *African Journal of Agricultural Research* 10, 1832-1839.

Ning X, Yang D, Gong Y, Han Ch, Liu D. 2014. Seed of soybean with internal mechanical damage feature and influence to it germination. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 7, 59-63.

Olsen HJ. 1994. Calculation of subsoil stresses. *Soil & Tillage Research* 29, 111-123.

Parr JF, Papendick RI, Youngberg G, Meyer RE. 1990. Sustainable agriculture in the United States. Edwards CA, Lal R, Madden P, Miller RH, House G, editors. *Sustainable in agricultural systems*. Florida: St. Lucie Press, p50-64.

Poesse GJ. 1992. Soil compaction and new traffic systems. Pellizzi G, Bodria L, Bosma AH, Cera M, Baerdemaeker J de, Jahns G, Knight AC, Patterson DE, Poesse GJ, Vitlox O, editors. *New Mechanization Systems to Reduce Agricultural Production Costs*. Brussel: Comission of the European Communities, p79-91.

Pingali PL, Bigot Y, Binswanger H. 1987. *Agricultural mechanization and the evolution of Faring systems in sub-Saharan Africa*. London and Baltimore: The Johns Hopkins university press. 250p.

Qiu LJ, Chang RZ. 2010. The origin and history of soybean. Singh G, editor. *The soybean: Botany, production and uses*. Cambridge: CABI North American Office, p1-24.

Rada N. 2013. Assesing Brazil's Cerrado agricultural miracle. *Food Policy* 38, 146-155.

Raper RL. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42, 259-280.

Reimpell J, Stoll H, Betzler J. 2009. Tyres and wheels. Crolla DA, editor. *Automotive engineering – Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*. Oxford, UK: Butterwoth - Heinemann, p292–323.

Ripolli TCC, Villanova NA. 1992. A colheita mecanizada da cana-de-açúcar: novos desafios, *Álcool e Subprodutos* 11, 28-31.

Rocha PJ, Villalobos VM. 2013. Comparative study of genetically modified and conventional soybean cultivation in Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay. San Jose: IICA. 85p.

Rosolem CA, Takahashi M. 1998. Soil compaction and soybean root growth. Box JE, editor. *Root demographics and their efficiencies in sustainable agriculture*. South Carolina, USA: Grasslands and Forest Ecosystems, p295-304.

Salassi ME, Garcia M, Breaux JB. 2004. Impact of sugarcane delivery schedule on product value at raw sugar factories. *Journal of Agribusiness* 22, 61-75.

Salassi ME, Barker FG, Deliberto MA. 2009. Optimal scheduling of sugarcane harvest and mill delivery. *Sugar cane international* 27, 87-94.

Siridomboon P, Yuki H, Munehiro T. 2009. Study on non destructive evaluation methods for defect pods for green soybean processing by near-infrared spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 93, 502-512.

Soane BD, van Ouwerkerk C. 1994. Soil compaction problems in world agriculture. Soane BD, van Ouwerkerk C, editors. *Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier Sciences B.V., p1-22.

Tadayoshi M, Goldsmith PD. 2009. World soybean production: Area harvested, yield and long-term projections. *International food and agribusiness management review* 12, 143-162.

Taylor JH. 1992. Reduction of traffic – induced soil compaction – special issue. *Soil & Tillage Research* 24, 301-302.

Taylor JH, Burt EC. 1975. Track and tire performance in agricultural soils. *Trans ASAE* 18(1), p3-6.

USDA. 2017. *World Agricultural Production*. Washington D.C. 27p.

Van den Akker JJH. 2004. SOCOMO: a soil compaction model to calculate soil stresses and the subsoil carrying capacity. *Soil & Tillage Research* 79, 113-127.

Van den Akker JJH, Canarache A. 2001. Two European concerted actions on subsoil compaction. *Landnutzung und Landentwicklung* 42, 15-22.

Wegener M, Ou Y, Yang D, Liu Q, Zheng D. 2014. Mechanising sugarcane harvesting in china: a review. *International Society of Sugar Cane Technologists* 28, 1-10.

Xu Y, Li J. 2017. *Agricultural and crop science in China: Innovation and sustainability*. *The Crop Journal* 5, 95-99.

10 Seznam obrázků

Obrázek 1: Řez diagonální pneumatikou (Upraveno: Reimpell et al., 2009).....	4
Obrázek 2: Řez radiální pneumatikou (Upraveno: Reimpell et al., 2009)	5
Obrázek 3: Dva druhy pásových jednotek (Upraveno: Bauer et al., 2006).....	7
Obrázek 4: čtyři různé konfigurace pojezdů u traktoru New Holland T7060 (upraveno: Molari et al., 2011)	9
Obrázek 5: Nekontrolované přejezdy zemědělských strojů (Upraveno: Soil Quality) ..	13
Obrázek 6: Přejezdy kontrolované podle systému řízené dopravy (Upraveno: Soil Quality).....	13
Obrázek 7: Sklízecí mlátičky Case IH2388 při sklizni sóji v Mato Grosso (http://en.mercopress.com/2013/07/31/brazil-s-next-soybean-crop-expected-to-increase-9-to-a-record-89.1-million-tons).....	19
Obrázek 8: Typická sklízecí mlátička určená na sklizení sóji v Číně	21
Obrázek 9: Case 8800 (http://www.meccagri.it/wordpress/wp-content/uploads/2015/06/A8000_zucchero_88.jpg).....	23
Obrázek 10: Sklizeň cukrové třtiny sklízečkou John Deere 3520 (http://www.hotelroomsearch.net/im/city/catal%C3%A3o-brazil-6.jpg).....	23
Obrázek 11: Sklízecí mlátička na cukrovou třtinu (Zoomlion AS60) rozšířená v Číně (http://dealer.agriculturemachinerybusiness.com/wp-content/uploads/2015/07/Sugarcane-Harvester-.jpg)	24

11 Seznam tabulek a grafů

Tabulka 1: Hodnoty zkoumaných traktorů	9
Tabulka 2: Porovnání dvou sklízecích mlátiček na sóju používaných v Číně	20
Tabulka 3: technické parametry nejpoužívanějších sklízecích mlátiček cukrové třtiny	25
Tabulka 4: Porovnání pěstování sóji v Brazílii a Číně (USDA, 2017).....	27
Tabulka 5: Porovnání pěstování cukrové třtiny v Brazílii a Číně (USDA, 2017).....	27
Graf 1: Počet traktorů na 1000 ha orné půdy podle regionů (Upraveno: FAO, 2005)....	16