



**AGRONOMICKÉ ANALÝZY ZAMERANÉ  
NA ROZBOR PÔDY A PESTOVANIE VHODNÝCH  
ENERGETICKÝCH PLODÍN NA NEVYUŽÍVANEJ  
PÔDE V OKRESE TREBIŠOV**



**NIBIO**  
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI



Projekt GII00101

## **SINBIO - Sustainable Innovation In Bioenergy**

*Spoluprácou k  
spoločným hodnotám*

*Biomasa – naša  
energetická budúcnosť*

© CREST/Január 2016  
CREST – CENTER FOR RENE  
Trieda SNP 53,  
97401, Banská Bystrica

Projekt je financovaný z grantu Nórskeho kráľovstva prostredníctvom Nórskeho finančného  
mechanizmu

Spolufinancované zo štátneho rozpočtu Slovenskej republiky

**[www.eeagrants.sk](http://www.eeagrants.sk)**

## OBSAH

1. Základná analýza pôdy - rozboru pôdných vzoriek a ich interpretácia.	4
1.1. Dusík .....	4
1.2. Fosfor.....	5
1.3. Draslík.....	6
1.4. Vápnik.....	8
1.5. Horčík .....	8
1.6. Pôdna reakcia.....	9
1.7. Organická hmota v pôde – pôdny humus .....	10
1.8. Zrnitostné zloženie pôdy .....	11
1.9. Obsah metodík rozboru vzoriek pôdy .....	11
1.10. Výsledky rozboru vzoriek pôdy v Trebišove .....	16
2. Analýza vhodnosti pestovania energetických plodín na vybraných parcelách v okrese Trebišov.....	18
2.1. Najdôležitejšie zásady a požiadavky pre pestovanie energetických plodín a drevín .....	18
2.2. Všeobecný postup pri pestovaní rýchlo rastúcich drevín .....	19
2.3. Pestovanie rýchlorastúcej vrby košíkárskej ( <i>Salix viminalis</i> ) ....	23
2.4. Pestovanie agáta bieleho ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) .....	26
2.5. Pestovanie topoľa ( <i>Populus spp.</i> ) .....	29
2.5. Pestovanie Oxytree .....	32
3. Posúdenie energetickej výťažnosti vybraných druhov energetických rastlín .....	36
3.1. Vybrané vlastnosti topoľa.....	36
3.2. Vybrané vlastnosti Oxytree .....	37

## 1. Základná analýza pôdy - rozbery pôdných vzoriek a ich interpretácia

Produkcia biomasy agroekosystému patrí medzi najstaršie a najjednoduchšie merateľné kvantitatívne parametre, ktoré v sebe integrujú charakteristiku mnohých vlastností týchto systémov. Pri analýzach tvorby úrod poľných plodín sa produkčné faktory obyčajne rozdeľujú do troch základných skupín: rast určujúce, rast limitujúce a rast redukujúce. Produkčná úroveň poľných plodín dosiahnutá iba pri pôsobení rast určujúcich faktorov sa označuje ako úroda potenciálna; pri spoločnom pôsobení rast určujúcich a rast limitujúcich faktorov ako úroda teoretická a pri pôsobení všetkých troch skupín produkčných faktorov ako úroda hospodárska – aktuálna. Medzi rast určujúce faktory zaraďujeme tie, ktoré určujú potenciálnu intenzitu rastu a nastávajú pri dostatočnej zásobenosti plodiny vodou, živinami pri dokonalej ochrane porastu pred škodlivými činiteľmi. Situácia, pri ktorej je dosahovaná potenciálna intenzita rastu sa vyskytuje len veľmi zriedkavo. Rast limitujúce faktory sú tvorené abiotickými zdrojmi ako sú voda a živiny, ktoré pri suboptimálnej zásobenosti limitujú rast plodiny. Riadenie rast limitujúcich faktorov spočíva v optimalizácii výživy a hnojenia plodín v spojení s optimalizáciou vodného, vzdušného a iných režimov v pôde. Tieto opatrenia sú súčasťou pestovateľských technológií jednotlivých plodín. Rast redukujúce faktory redukujú teoretickú intenzitu rastu na aktuálnu úroveň. Majú charakter biotický (buriny, choroby, škodcovia) i abiotický (meteorologické vplyvy, imisie – znečistenie pôdy, vzduchu a vody). Obmedzovanie nepriaznivého vplyvu týchto faktorov je uskutočňované predovšetkým v rámci opatrení zameraných na ochranu rastlín.

Okrem produkčných charakteristík systému je potrebné vidieť aj to, čo sa deje so základnými prírodnými zdrojmi v systéme a všeobecne s prostredím. Ak systém vykazuje v priebehu dlhšieho časového úseku priaznivý trend v reláciách medzi vstupmi a výstupmi, ale popri tom nastáva napr. trvalý pokles obsahu organickej hmoty alebo zásob prijateľných živín v pôde, nemôžeme ho považovať za trvalo udržateľný.

Indikátory trvalej udržateľnosti, vzťahované k systému na úrovni určitého pozemku, vychádzajú z dôležitých fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy. Medzi fyzikálne charakteristiky patria bežné vlastnosti pôdneho prostredia: objemová hmotnosť, štruktúra pôdy, poľná vodná kapacita, vlhkosť a teplota pôdy. Z chemických indikátorov sa stanovuje predovšetkým: obsah a kvalita organickej hmoty, kvalita pôdnej vody, pH a obsah prijateľných živín. Biologické indikátory hodnotia mikrobiálnu biomasu a jej aktivitu, respiráciu pôdy, potenciálne mineralizovateľný dusík atď. Veľmi často je výber základných vlastností ekosystému, ktoré slúžia ako indikátory trvalo udržateľného poľnohospodárstva, komplikovaný množstvom biologických, chemických a fyzikálnych faktorov, ich meniacich sa interakcií v čase priestore a intenzite.

### 1.1. Dusík

Zabezpečenie optimálnej výživy rastlín dusíkom je jedným z najobtiažnejších činností rastlinnej výroby napriek tomu, že dusík je jedným z najrozšírenejších prvkov v prírode. Jeho potreba k zabezpečeniu trvale vysokých a kvalitných úrod je pomerne vysoká. Dusík je významnou zložkou bielkovín, aminokyselín, enzýmov, je súčasťou chlorofylovej štruktúry a mnohých ďalších zlúčenín. Dusík a jeho kolobeh má veľký význam pre poľnohospodársku výrobu. Rastliny

prijímajú dusík v anorganickej forme. Prijatý dusík s ďalšími živinami vytvára rastlinné bielkoviny a dusík takouto syntézou prechádza do organickej formy. Organické látky v pôde podliehajú rôznym procesom rozkladu, tým sa organický dusík postupne mení na anorganický a znovu sa vracia do východiskových pozícií.

V štruktúre premien a pohybu dusíka v pôde majú najvýznamnejšie postavenie najmä procesy mineralizácie dusíka a následná tvorba dusičnanov – nitrifikácia. V rozhodujúcej miere ovplyvňujú prirodzený potenciál dusíka v pôde pri formovaní výšky a kvality úrod pestovaných plodín a súčasne sú aj prekursorom obávaných ekologických prejavov dusíka v prírode. Sú tiež najdôležitejšími mechanizmami pri premenách a formovaní produkčnej činnosti, ale aj škodlivosti dusíka z hnojív a z iných zdrojov. Od nich primárne závisí potreba hnojenia pôd dusíkom a hranica kritického zaťaženia pôd dusíkatými hnojivami.

Podľa súčasných poznatkov celkový obsah dusíka v pôde sa skladá z anorganického (minerálneho) a organického dusíka. Anorganický podiel dusíka predstavuje len okolo 1-2 % a je reprezentovaný najmä dusičnanovými ( $\text{NO}_3^-$ ), amónnymi ( $\text{NH}_4^+$ ) a dusitanovými ( $\text{NO}_2^-$ ) iónmi. Organický podiel v pôde tvorí podstatnú časť z celkového dusíka v pôde a jeho podiel predstavuje 98-99 %. Pri nedostatku dusíka sa výrazne znižuje intenzita delenia buniek a tvorba chlorofylu, čo sa prejaví v spomalení rastu a zmenšovaní rozmerov jednotlivých rastlinných orgánov. Deficit dusíka sa v poľných podmienkach prejavuje až po prechode rastlín z výživy zo semena na výživu prostredníctvom koreňov. Pri nadbytku dusíka rastliny produkujú relatívne viac vegetatívnej hmoty. Listy sú tmavozelené, veľké. Neskoršie nastupuje intenzívna generatívna fáza, plody sú slabšie vyfarbené, rastliny majú nižší obsah vitamínu C, sacharidov, oleja a vyšší obsah dusičnanov.

Rýchlosť mineralizácie organicky viazaného dusíka je podmienená pomerom C : N. Pri pomere C : N okolo 20 – 25 : 1 sú procesy rozkladu alebo syntézy organických látok v približnej rovnováhe. Pri nižšom pomere sa zvyšuje mineralizácia a uvoľňuje sa amónny dusík. Zvyšovaním tohto pomeru dochádza k imobilizácii dusíka v pôde. V rôznych pôdnych typoch môže byť tento pomer rozdielny.

Hlavným sledovaným ukazovateľom dusíka v pôde je anorganický dusík ( $N_{an}$ ). Aj keď ho je v pôde len okolo 2 % z celkového množstva dusíka, práve tento tvorí mobilizovateľné zdroje využívané rastlinami. Obsah anorganického dusíka v pôde determinujú pôdne a klimatické podmienky stanovišťa, vegetačný pokryv, spôsob exploatácie pôdy, aplikácia hnojív, existencia priemyslu, resp. celá antropogénna činnosť vplývajúca na intenzitu uvoľňovania a viazania  $N_{an}$  z a do organických zlúčenín. Do ornej pôdy sa dusík dostáva z pozberových zvyškov, zo zeleného hnojenia, organického hnojenia, priemyselných hnojív, z amónnych a dusičnanových solí, nachádzajúcich sa v zrážkovej vode.

## 1.2. Fosfor

Fosfor plní v rastlinách veľmi dôležitú a nezastupiteľnú funkciu v mnohých fyziologických procesoch: fotosyntéza, dýchanie, metabolizmus cukrov, tukov, bielkovín a pri ďalších premenách. Môžeme povedať, že má osobitú a špecifickú postavenie medzi biogénnymi prvkami vo výžive rastlín. Vytvára celý rad dôležitých a svojou fyziologickou funkciou nenahraditeľných organických fosforečných zlúčenín. Fosforečné metabolizmy plnia úlohu východiskových metabolitov a intermediantov syntézy hospodársky významných zásobných látok, akými sú bielkoviny, sacharidy a tuky. Fosfor vytvára makroergické väzby

a zlúčeniny bohaté na metabolickú energiu, ktoré sú zdrojom a donorom energie pre zabezpečenie všetkých syntetických procesov.

Celkový obsah fosforu v pôde je nízky a mení sa v závislosti od pôdneho typu. V našich podmienkach sa jeho obsah pohybuje od 0,02 do 0,2 %. K miernym zmenám dochádza prostredníctvom obrábania pôdy, ktoré vyvoláva intenzívnejšiu mineralizáciu organických zlúčenín a tým zvýšenie jeho prijateľného obsahu, avšak obsah celkového fosforu sa znižuje.

Príznaky nedostatku fosforu na rastlinách nie sú tak výrazné a možno povedať, že sú dosť špecifické. Nedostatok fosforu spomaľuje rast nadzemných orgánov i koreňov. Listy sú malé a odumierajú. Spomaľovanie rastu listov spôsobuje charakteristické tmavozelené a olivovozelené sfarbenie listov. Nedostatok fosforu brzdí generatívny vývoj, redukuje kvitnutie, zvyšuje sterilitu kvetov s následným znížením úrody plodov a semien. Fosforečné hnojivá obsahujú fosfor vo forme rastlinám priamo prístupnej, alebo poskytujúcej živiny až po svojom rozklade. Vyrábajú sa prevažne z fosfátov s výnimkou hnojív získaných pri spracovávaní železnej rudy (rôzne druhy múčok). Fosfáty sa pri výrobe hnojív rôzne spracovávajú, čím získavame hnojivá s rôznou rozpustnosťou fosforu v pôdnom roztoku.

**Kritériá hodnotenia výsledkov chemických rozborov poľnohospodárskych pôd podľa Vyhlášky č. 338/2005 Z. z.**

Obsah / pôda	Fosfor (mg.kg <sup>-1</sup> )		
	ľahká	stredná	ťažká
nízky	do 60	do 50	do 40
vyhovujúci	61 – 95	51 – 85	41 – 70
dobrý	96 – 145	86 – 125	71 – 100
vysoký	146 – 200	126 – 165	101 – 135
veľmi vysoký	nad 200	nad 165	nad 135

### 1.3. Draslík

Draslík je živina, ktorú potrebujú všetky rastliny vo väčšom množstve, a to dokonca viac ako dusík. Ovplyvňuje metabolizmus cukrov, dusíka, aktivizuje rozličné enzýmy, koordinuje osmotický tlak v bunkách. Draslík sa v prvkovej forme v prírode nevyskytuje, ale jeho zlúčeniny sú veľmi rozšírené. Tvorí súčasť kremičitanov, chloridov, síranov, fosforečnanov, uhličitanov, atď. Obsah draslíka v pôde závisí od obsahu draslíka v pôdotvornej hornine a následne zrnitostného zloženia pôdy. Piesková frakcia obsahuje len 0,7 %, ílová frakcia až 4,1 % draslíka. Celkový obsah draslíka v našich pôdach oproti ostatným živinám je vysoký a v priemere sa pohybuje od 0,2 do 0,3 %.

Zdrojom draslíka sú aj atmosférické zrážky. Zrážkovou činnosťou sa do pôd dostane aj 10 – 20 kg K.ha<sup>-1</sup> a porovnateľné množstvá vstupujú do pôdy suchou depozíciou. Draslík sa v pôde delí na vodorozpustný, výmenný, nevýmenný. Výmenný draslík je dobre prístupný pre rastliny, nepodlieha rýchlemu vyplavovaniu. Draslík organicky viazaný v pôde predstavuje len veľmi malý podiel z celkového draslíka. Obsah draslíka v rastlinách sa pohybuje v rozmedzí 0,2 – 7,5 %. Jeho obsah závisí od rastovej fázy rastliny, konkrétneho orgánu a od druhu rastliny. Koncentrácia draslíka sa počas vegetácie znižuje, ale jeho absolútne množstvo sa zvyšuje. Draslík sa nachádza vo všetkých pletivách rastliny. Považuje sa za prvok dobre pohyblivý v rastline, a preto v prípade jeho nedostatku sa ľahko premiestňuje zo starších orgánov do mladších, čím dochádza k jeho reutilizácii. Odber draslíka rastlinami na jednotku produkcie v porovnaní

s odberom fosforu je zvyčajne tri až päťnásobne vyšší a zhruba porovnateľný s odberom dusíka.

Zdrojom draslíka na výrobu draselných hnojív sú ložiská draselných solí. Nízko percentné hnojivá sú vlastne rozomleté surové draselné soli. Hnojivá s vyšším obsahom draslíka sa vyrábajú prekryštalizovaním draselných solí. Draselné hnojivá rozdeľujeme na chloridové a síranové.

**Kritériá hodnotenia výsledkov chemických rozborov poľnohospodárskych pôd podľa Vyhlášky č. 338/2005 Z. z.**

**Draslík (mg.kg<sup>-1</sup>)**

Obsah / pôda	ľahká	stredná	ťažká
nízky	do 90	do 130	do 170
vyhovujúci	91 – 150	131 – 200	171 – 260
dobrý	151 – 230	201 – 300	261 – 370
vysoký	231 – 350	301 – 400	371 – 500
veľmi vysoký	nad 350	nad 400	nad 500

Vstup do problematiky bilancie živín (N, P, K) v pôde

Podstata problematiky výživy a hnojenia rastlín v poľnohospodárstve je založená na princípe uzatvoreného kolobehu živín v systéme pôda – organické hnojivo – rastlina – prostredie s cieľom udržania, prípadne zlepšenia pôdnej úrodnosti pri maximálnom využívaní zásad racionálneho hospodárenia na pôde. Jedným zo základných predpokladov čo najlepšieho využitia produkčných schopností pestovaných odrôd poľnohospodárskych plodín je zabezpečenie optimálnej výživy jednotlivými živinami vo vyváženom, resp. harmonickom pomere k potrebám pestovaných plodín. Bilancia živín poskytuje základné informácie o tom, aké množstvo živín sa v rastlinnej výrobe získa, aké množstvo zo systému odchádza predajom produktov, koľko predstavujú straty živín v podniku a koľko zostáva na hnojenie. Aby neboli poľnohospodárske systémy vo vzťahu k agroekosystému koristnícke, je potrebné, aby bilancia živín v nich bola vyrovnaná.

Prejavujúci sa prípadný deficit živín v pôde v dôsledku väčšieho odberu jednotlivých živín ako jeho prísunu do pôdy, sa poľnohospodárstvo snaží riešiť nepriamymi opatreniami cez recykláciu živín v rámci prírodných kolobehov a len v nevyhnutných prípadoch sa používajú povolené priemyselné hnojivá. V prípade nevyrovnanej bilancie živín postupne dochádza k znižovaniu úrody, k zlepšovaniu kvalitatívnych parametrov dopestovanej produkcie a k celkovému znižovaniu pôdnej úrodnosti s dlhodobými následkami. Moderné poľnohospodárstvo na zmiernenie resp. na odstránenie negatívnej bilancie živín používa predovšetkým tieto nepriame opatrenia v sústave výživy a hnojenia rastlín: úprava fyzikálnych, chemických a biochemických vlastností pôdy, realizovanie vyváženého osevného postupu a zabezpečovanie vhodného systému obrábania pôdy v súlade s požiadavkami pestovaných plodín v konkrétnych pôdno-klimatických podmienkach. Najrôznejšie bilancie živín sú sledované už niekoľko desaťročí. Ich výsledky sú využívané v rôznych oblastiach poľnohospodárskeho a environmentálneho výskumu. V rámci sledovania toku živín sú bilančné prebytky považované za hlavnú položku strát živín, najmä dusíka. Zistené hodnoty predstavujú dôležité indikátory vzťahu medzi poľnohospodárstvom a životným prostredím, vrátane ich ekonomických aspektov. Pomocou bilancií je možné porovnávať hospodárenie so živinami medzi jednotlivými štátmi, regiónmi, poľnohospodárskymi podnikmi, spôsobmi hospodárenia a osevnými postupmi.

## 1.4. Vápnik

Vápnik je základným prvkom veľmi dôležitým pre zvyšovanie pôdnej úrodnosti. Ako najdôležitejší bázický kation rozhoduje o pôdnej reakcii a pufrovacej schopnosti pôd. Viazaný v sorpčnom komplexe a v soliach sa vymieňa za voľné  $H^+$  ióny, čím sa tlmí posun pôdnej reakcie. Vzhľadom na výrazný a mnohoraký vplyv vápnika na vlastnosti pôd možno vápnik i vápenaté hnojivá považovať za hnojivá udržiavajúce pôdy v priaznivých fyzikálno – chemických a biologických vlastnostiach, i keď vápnik je aj samostatnou a nevyhnutnou živinou pre rastliny. Z tohto pohľadu možno vápnik nazvať motorom pôdnej úrodnosti a ochrancom životného prostredia. Vápnik má špecifické postavenie medzi hlavnými živinami. Spočíva v tom, že v poľnej výrobe sa vápnikom ovplyvňuje stav pôdy, jej fyzikálne a chemické vlastnosti, ktoré majú úzky vzťah k pôdnej úrodnosti. Až potom uvažujeme o vápniku ako o živine.

Vápnik zlepšuje prevzdušnenie pôdy, zvyšuje sa jej biologická aktivita, sprístupňuje sa fosfor a molybdén. Negatívne pôsobí na prístupnosť mangánu, zinku, medi, železa, horčíka, bóru a slabý rast rastlín je spôsobený prebytkom vápnika. Vápnik v požadovanom pomere k ostatným živinám priaznivo ovplyvňuje aj príjem horčíka, pričom veľký význam z hľadiska výživy rastlín má pomer  $Mg : Ca$ . Ak je tento pomer v neprospech horčíka, rastliny pociťujú jeho nedostatok aj pri jeho dostatočnom obsahu v pôde. A vysoké koncentrácie horčíka zase retardujú príjem vápnika.

Celkový obsah vápnika sa pohybuje v značnom rozpätí v závislosti od typu pôd, a to od 0,15 do 6 %. Podstatná časť z tohto množstva je vo vode nerozpustných formách zlúčenín. Ročne sa vyplaví z pôdy 50 až 600 kg vápnika. $ha^{-1}$ , a preto je pravidelné používanie hnojív plne odôvodnené. Medzi vápenaté hnojivá z praktického hľadiska zaraďujeme aj tie, ktoré okrem vápnika obsahujú aj horčík. Rozdeľujeme ich na vlastné priemyselné vápenaté hnojivá a odpadové vápno z rozličných priemyselných odvetví.

## 1.5. Horčík

V pôde je pomerne značné množstvo horčíka, ale len malá časť je vo formách prístupných pre rastliny. Medzi jednotlivými formami horčíka v pôde sa ustanovuje rovnovážny stav, ktorý je v priebehu roka narúšaný hnojením, vápnením, odberom horčíka rastlinami, ďalším zvetrávaním materských hornín, vymývaním a podobne. Rastliny prijímajú horčík pomerne málo. Jeho celkový obsah v sušine rastlín často klesá pod 0,5 %. Horčík je zabudovaný v jadre molekuly chlorofylu, kde má obdobné postavenie, ako železo v krvnom farbive živočíchov. Je nepostrádateľný pre proces fotosyntézy. Horčík tým, že vytvára pevnejšie bunkové steny, zvyšuje odolnosť rastlín voči parazitom a hubám. Nedostatok horčíka býva vyvolaný vysokými dávkami draselných hnojív, ktoré zhoršujú v pôdach pomer  $K : Mg$ . Nedostatok horčíka sa vyskytuje tiež v pôdach s nízkym obsahom vápnika. Vstupy horčíka zrážkovou činnosťou do pôd Slovenska môžu byť významnejšie, ako vstupy hospodárskymi hnojivami. Miera významu je určená lokalitou.

Horečnatým hnojivám sa u nás nevenuje dostatočná pozornosť. Značná časť horčíka sa dostáva do pôdy vápenatými hnojivami. Sortiment látok, ktoré sa využívajú na hnojenie ako zdroj horčíka, je pomerne široký a v podstate sa rozdeľujú len podľa koncentrácie horčíka.



**Kritériá hodnotenia výsledkov chemických rozborov poľnohospodárskych pôd podľa Vyhlášky č. 338/2005 Z. z.**

Obsah / pôda	Horčík (mg.kg <sup>-1</sup> )		
	ľahká	stredná	ťažká
nízky	do 80	do 110	do 145
vyhovujúci	81 – 135	111 – 175	146 – 220
dobrý	136 – 200	176 – 255	221 – 340
vysoký	201 – 300	256 – 340	341 – 470
veľmi vysoký	nad 300	nad 340	nad 470

### 1.6. Pôdna reakcia

Pôdna reakcia je jednou z najdôležitejších vlastností pôdy, a jedným z prioritných ukazovateľov pôdnej úrodnosti. Taktiež ovplyvňuje chemické, fyzikálne, biologické vlastnosti pôdy či už priamo, alebo nepriamo. Okrem pôdy značne vplýva aj na výživu rastlín. Pôdna reakcia je vlastnosť pôdy, ktorá podlieha zmenám v závislosti od počasia, pestovanej rastliny, hnojenia, vápnenia a pod. Pôdna reakcia ovplyvňuje rozpustnosť zlúčenín biogénnych a stopových prvkov v pôde, ale aj iónov a zlúčenín toxicky pôsobiacich na rastliny.

Acidifikácia je proces okysľovania pôd. Najčastejšie používaným kritériom acidifikácie pôd je hodnota pôdnej reakcie. Pôdna reakcia je základnou agrochemickou vlastnosťou pôdy, ktorá výrazne ovplyvňuje rast a vývoj rastlín. Má tiež vplyv na rozpustnosť zlúčenín, mikrobiálnu aktivitu a rozptyľovanie ílu. Pôdna reakcia závisí od koncentrácie iónov H<sup>+</sup> a OH<sup>-</sup> v pôdnom roztoku. Ak v pôdnom roztoku prevládajú ióny OH<sup>-</sup> reakcia pôdy je zásaditá. Na tvorbe pH pôdy sa podieľa mnoho endogénnych a exogénnych faktorov. Medzi činitele, ktoré pôdnu reakciu ovplyvňujú, patria: voľné kyseliny a zásady, soli kyselín a zásad + stupeň ich disociácie a zloženie výmenných kationov v pôdnom sorpčnom komplexe.

Pôdna reakcia sa vyjadruje v pH jednotkách. Definícia pH podľa Sørensenova hovorí, že sa jedná o záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových (hydroxóniových) kationov. Vyjadruje sa v 14-člennej Sørensenovej stupnici od 0 do 14 a označuje sa symbolom pH (pondus hydrogenii).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Pôdna kyslosť môže byť aktívna alebo potenciálna. Potenciálnu pôdnu reakciu rozdeľujeme na výmennú a hydrolitickú. Pre výživu rastlín má podstatný význam pôdna kyslosť výmenná. Zahrňuje ióny H<sup>+</sup> z pôdneho roztoku, no taktiež aj ióny viazané v pôdnom sorpčnom komplexe. Pre vyhovujúcu úrodnosť pôdy je žiaduce, aby 20 % kationov v pôdnom sorpčnom komplexe boli kationy vodíka.

Pôdna reakcia kolíše v širokom rozmedzí. Veľmi nízke hodnoty pH (do 3,5) sa vyskytujú v kyslých močaristých pôdach. Černozeme majú pH od 5,8 do 7,8 a na pôdach s vysokým obsahom uhličitanov, sodíka a horčíka sa pH pohybuje od 8 vyššie. Kyslé pôdy sa vyskytujú v oblastiach s vysokými atmosférickými zrážkami. Tie spôsobujú vylúhovanie výmenných bázických a alkalických kationov (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) z povrchu pôdy. Pri veľmi kyslej pôdnej reakcii nastáva chemická fixácia fosforu, molybdénu, a naopak uvoľňovanie hliníka, vodíka, železa, mangánu, ktoré potom pôsobia toxicky a súčasne nastáva strata humusu. Celkovo sa zhoršujú fyzikálne vlastnosti pôdy, negatívny dopad to má aj na efektívnosť hnojenia.

**Zatriedenie pôd do jednotlivých skupín podľa hodnotenia pôdnej reakcie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške č. 338/2005 Z. z.**

Namerané pH	Pôdna reakcia
< 4,5	extrémne kyslá
4,6 – 5,0	silne kyslá
5,1 – 5,5	kyslá
5,6 – 6,5	slabo kyslá
6,6 – 7,2	neutrálna
7,3 – 7,7	alkalická
> 7,7	silne alkalická

Úprava pôdnej reakcie na našich pôdach je relatívne jednoduchá. Vykonáva sa vápnením pôd použitím vápenatých hnojív, prípadne iných materiálov, ktoré obsahujú účinný vápnik, prípadne horčík. Úlohou vápnenia je eliminovať negatívny vplyv pôdnej reakcie na vlastnosti pôdy, zúčastňovať sa na tvorbe úrod pestovaných plodín, znižovať mobilitu hliníka, zlepšovať fyzikálne vlastnosti pôdy. Vápnenie pôdy podľa stupňa kyslosti delíme na (1) udržiavacie, t.j. periodické vápnenie dávkami vápenatých hnojív, ktoré sú potrebné k udržiavaniu pH na žiaducej úrovni a (2) melioračné, pri ktorom ide o ozdravovacie vápnenie, ktoré sa používa pri veľmi kyslých pôdach, kde je to nevyhnutné pre zvýšenie úrodnosti pôdy.

Zmiernenie pôdnej kyslosti je však zložitý proces. Jej úplné odstránenie natrvalo je prakticky nemožné, pretože neustále dochádza k prirodzenému okysľovaniu pôdy zrážkami a ďalšími vplyvmi. Z tohto dôvodu je nevyhnutné vápnenie pôdy periodicky opakovať.

### 1.7. Organická hmota v pôde – pôdny humus

Neoddeliteľnou súčasťou pôd je organický podiel, ktorý výrazne ovplyvňuje pôdotvorný proces a formovanie pôdnych vlastností. Organický podiel pôdy je podstatne menší ako minerálny, jeho obsah v poľnohospodárskych pôdach len zriedka preyšuje 5% (najčastejšie 2-3%). Organická časť pôdy je v podstate zastúpená dvoma zložkami – živými rastlinnými a živočíšnymi organizmami a neživou organickou hmotou. Do pôdy sa dostáva ročne 5-10 t.ha<sup>-1</sup> rastlinných zvyškov (korene, strnisko, slama, kôrovie atď.). Hmotnosť biomasy mikroorganizmov sa pohybuje okolo 0,7-2,4 t.ha<sup>-1</sup>. Z celkového množstva organických látok v pôde pripadá na nehumifikovanú časť 10-15%. Nehumifikované organické zvyšky rastlín a iných organizmov podliehajú rozličným premenám a procesom rozkladu v pôde. Organická hmota v pôde plní nasledovné funkcie:

- zdroj živín pre pestované plodiny,
- zdroj energie pre pôdnu mikroflóru,
- zlepšuje fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy,
- zlepšuje vodný, vzdušný a tepelný režim,
- zvyšuje asanačnú a pufrovaciu schopnosť pôdy,
- znižuje straty živín z pôdy vyplavením,
- zvyšuje antifytopatogénny potenciál pôdy,
- posilňuje imunitný systém rastlín.

Základným predpokladom ochrany produkčného potenciálu pôd je starostlivosť o pôdnu organickú hmotu, ktorá patrí medzi rozhodujúce úrodotvorné faktory so

širokým spektrom vplyvov na fyzikálny, chemický, biologický a hygienický stav pôd. Z hľadiska ochrany pôdnej organickej hmoty je predovšetkým žiaduce, aby v dôsledku obhospodarovania pôd neklesal obsah organických látok v humusovom horizonte. Udržanie obsahu pôdnej organickej hmoty je podmienené rovnováhou medzi procesmi mineralizácie a humifikácie, pri ktorej zdroje čerstvých organických látok úplne kryjú ich straty z pôdy v dôsledku mineralizácie, ale aj erózných procesov. V podmienkach Slovenska sa však takýto rovnovážny stav môže vyskytnúť iba na najúrodnejších pôdach a aj tam len krátkodobo. Riešenie tejto problematiky nie je možné bez kvantifikácie zdrojov organických látok vstupujúcich do pôdy a rovnako strát organických látok z pôdy. Porovnaním týchto zdrojov a strát, teda bilanciou pôdnej organickej hmoty, možno zistiť stav hospodárenia s ňou, prípadne aj potrebu organického hnojenia, resp. dodávania organickej hmoty do pôdy. Bilancovanie pôdnej organickej hmoty a následné opatrenia na udržanie obsahu a kvality humusu v pôde sú základnou podmienkou prosperujúceho hospodárenia na pôde a trvalo udržateľného rozvoja vo využívaní pôdy a poľnohospodárskej krajiny.

### **1.8. Zrnitostné zloženie pôdy**

Pevná fáza pôdy sa skladá z elementárnych častíc ako napr. zrn a granúl rôznej veľkosti, ktoré tvoria polydisperzný systém rôzneho mineralogického a chemického zloženia. Častice blízkych rozmerov nazývame frakciami. Množstvo častíc sa nachádza v pôde nie voľne od seba oddelených, ale vo forme rôznych zhlukov (hrudiek). Spájaním elementárnych častíc rôznymi tmeliacimi látkami dochádza k vytváraniu pôdnych agregátov. Polydisperznosť pôdy vyjadrujeme ako zrnitostné, mechanické, granulometrické alebo aj textúrne zloženie pôdy. Zrnitostné zloženie pôdy charakterizuje zastúpenie jednotlivých frakcií v pôdnej vzorke v hmotnostných percentách. Zrnitostná klasifikácia slúži na určenie pôdneho druhu. Pôdny druh je teda charakteristický určitým zastúpením pôdnych častíc podľa veľkosti.

Triedenie zemín a pôd podľa zrnitosti patrí medzi najstaršie klasifikačné systémy pôdy. Je založené na stanovení podielu frakcií rôznej veľkosti a posúdenie množstva jednej, alebo viacerých kategórií elementárnych častíc v pôdnej hmote. Takého triedenie pôd podľa zrnitostného zloženia pomáha určiť a vyčleniť pôdny druh ako pôda: piesočnatá, hlinito-piesočnatá, piesočnato-hlinitá, hlinitá, ílovito-hlinitá, hlinito-ílovitá, ílovitá a íl. Okrem samotnej zrnitosti má veľký vplyv na vyčleňovanie pôdnych druhov i obsah  $\text{CaCO}_3$  a humusu v pôde.

V poľnohospodárskej praxi sa zaužívalo zjednodušené triedenie pôdy podľa zrnitosti (textúry) na: ľahké, stredné a ťažké. Toto triedenie je odvodené od obtiažnosti a spracovateľnosti pôdy, ktoré výrazne závisí od zrnitosti a súvisí s technologickými vlastnosťami ako napr. súdržnosť, lepivosť, orbový odpor a pod. Ťažko spracovateľné sú najmä ílovité (ťažké) pôdy, a to ako za sucha tak i za vlhka. Dobré sa spracovávajú za každých vlhkostných podmienok piesočnaté až hlinitopiesočnaté (ľahké) pôdy. K stredným pôdam sa zaraďujú hlinité pôdy, v ktorých vyšší obsah prachových častíc pri určitej vlhkosti vytvára priaznivú drobivosť.

### **1.9. Obsah metodík rozboru vzoriek pôdy**

#### **Stanovenie celkového N v pôde aj v rastlinnom materiáli**

**Postup:**

Na stanovenie celkového N v pôde sa navažuje 2 g jemnozeme a na stanovenie N v rastlinnom materiáli navažujeme 0,5 g jemne homogenizovaného materiálu. Pridáme 20 ml kyseliny sírovej a katalyzátor. Vzorku spaľujeme do biela. Spálenú vzorku kvantitatívne preniesieme do destilačného prístroja, pridáme 50% Hydroxid sodný /100 ml aj viac na vytesnenie N/ a destilujeme do predlohy 2% kyseliny boritej /20 ml/, do ktorej pridáme zmiešaný indikátor /ružové sfarbenie/. Oddestilujeme asi 300 ml. Počas destilácie musí roztok zmeniť sfarbenie na zelené, ak nezmení, nevytesnil sa N. Roztok následne titrujeme 0,1 N kyselinou sírovou späť do ružového sfarbenia.

Roztoky:

Zmiešaný indikátor - A roztok navážime 0,15 g metylčervene a rozp. v 100 ml alkoholu  
- B roztok navážime 0,05 g metylénovej modrej a rozp. v 5 ml dest. vody

- 0.1 0.1 N Kyselina sírová – 2.8 ml kys. sírovej na objem 1000 ml vody,
- 0.2 ofaktorujeme na NaOH / metylčerveň do žltého sfarbenia
- 0.3 0.1 N NaOH – 4.2 g na objem 1000 ml, faktorujeme na kys. šťavelovú
- 0.4 /fenolftalein do ružového sfarbenia/
- 0.5 0.1 N Kyselina šťavelová – 6.3033 g na objem 1000 ml

Zmiešaný katalyzátor - síran draselný 100 g  
- síran meďnatý 10 g

Katalyzátor žíhame pri 150°C po dobu 1 hod. v termostate.

**Výpočet: % N =  $\frac{1.4 \times \text{spotr. } 0.1 \text{ N kys. sírovej} - \text{SP} \times f \text{ } 0.1 \text{ N Ks} \times 100}{\text{Navážka } 2 \text{ g} = 2000 \text{ mg} / 0.5 = 500 \text{ mg}}$**

**Výsledok je % N /x množstve/, ktorý násobíme x 10 000 = mg N/1000g**

#### **Stanovenie „P“ v pôde podľa Egnera /colorimeter/**

**Príprava výluhu:** Navážime 5 g jemnozeme /techn.váhy/ a zalejeme 250 ml zriedeného roztoku laktátu vápenatého, trepeme 2 hod. v 500 ml uzavretej, polyetylénovej nádobe. Po vytrepaní filtrujeme cez suchý filter /390/, prvý podiel vylejeme a pri zakalení filtrátu opakujeme filtrovanie do číra.

**Pracovný postup:** Z filtrátu odpipetujeme 25 ml /pri vyššom obsahu v pôde aj menej/ do 50 ml odmerky. Zriedime dest. vodou na 3/4 objem. Pridáme 1 ml molybdénanu amónneho a 0,5 ml chloridu cínateho. Doplníme po značku na objem /50ml/ a po 12 min. sa intenzita modrého sfarbenia meria na kolorimetri pri vlnovej dĺžke 666 nm.

#### **Príprava štandardov: Dihydrofosforečnan draselný /ZŠ/**

Navážime 0,10982 g / 500 ml a dostaneme základný štandard. Z toho odpipetujeme 50 ml /do 500 ml a to je pracovný štandard o obsahu 0,05 mg P /5 ug/ v 1 ml.

ml	Ex. Ug P	mg P
0,5	2,5	0,0025
1,0	5,0	0,005

a pod. pipetujeme celú škálu meraných štandardov pridáme 25 ml vylúhovacieho zriedeného roztoku a doplníme na 3/4 objemu, 1 ml molybdénan amónny a 0,5 ml chlorid cínatý a doplníme na objem 50 ml /ako u vzorky postupujeme ďalej/.

*!Intenzita modrého zafarbenia sa po dlhšej dobe mení!*

Analýza sa vyhodnotí pomocou štandardnej kalibračnej krivky. Výsledok vyjadrujeme v mg P / 1000 g

### **Roztoky:**

1. Chloroform sa používa na stabilizáciu roztoku laktátu Ca.
2. 5 N roztok HCl, 440 ml HCl a 560 ml dest. vody do objemu 1000ml.
3. Laktát vápenatý sa 152 g rozpustí v 0,7 l vody zahriatej do varu, prileje sa 100 ml 5 ml HCl. Po ochladení roztok zriedime na objem 2000 ml a zakonzervujeme. Roztok uchováame v tmavej fľaši v chlade. Z tohto pripravíme zriedený. 1 objem konc. laktátu sa zriedi na 25 objemov /100ml...2500 ml/.
4. Molybdénan amónny navážime 50 g a rozpustíme asi pri 60°C v 500 ml dest. vody, v 2000 ml odmernej banke. Po ochladení pridáme 1000 ml koncentrovanej kyseliny sírovej a po ochladení doplníme na objem 2000 ml, uchováame v tmavej fľaši.
5. Chlorid cínatý navážime 1 g a rozpustíme v 40 ml HCl konc., po vychladnutí doplníme na objem 100 ml. /zarábame vždy tesne pred meraním/.

### **Stanovenie „K“ v pôde podľa Schachsablona**

Na technických váhach navážime 10 g jemnozeme do banky a pridáme 25 ml extrakčného činidla. Necháme vylúhovať 24 hodín, počas státia niekoľkokrát premiešame. Filtrujeme cez hustý filter /390/ a takto pripravená vzorka sa meria na AAS.

**Extrakčné činidlo:** 15,2 g šťavelan amónny a 61.6 g octan amónny rozpustíme asi v 200 ml horúcej dest. vode, po vychladnutí doplníme objem na 1000 ml.

### **Stanovenie uhličitanov v pôde**

Metódy na stanovenie uhličitanov v pôde sú založené na vázkovom alebo objemovom stanovení CO<sub>2</sub>, uvoľneného pri rozklade karbonátov kyselinou



Objemová metóda meraná na „Jankovom vápnomere“ na obsah karbonátov. Maximálne 5 % pri navážke 20 g zeminy. Pri väčšom obsahu berieme do práce menšie množstvo zeminy.

Výsledok sa prepočítava na 20 g zeminy.

**Pracovný postup:** Do rozkladacej banky dáme naváženú zeminu a banku uzavrieme gumovou zátkou, cez ktorú prechádza zúžená časť na zriedenú HCl / 1 : 3/ a ktorú vopred naplníme HCl. Po uzavretí rozkladacej banky otočíme kohútik tak, aby ľavá trubica bola spojená s rozkladnou bankou. Naklonením rozkladnej banky vylejeme HCl na zeminu a po dobu 10 min /a viac u vyšších obsahov/ trepeme na trepačke. Uvoľnený CO<sub>2</sub> tlačí na hladinu vody v ľavej trubici, ktorá v pravej stúpa.

Keď hladina vody prestane v ľavej trubici klesať, znamená to že rozklad karbonátov je ukončený. Odčítame na ľavom ramene obsah karbonátov v pôde. Potom vyrovnáme hladiny vody v trubiciach a dáme ďalšiu vzorku.

**Hodnotenie výsledkov:** podľa obsahu karbonátov v zemine

- bezkarbonátová                      menej ako 0,3 % CO<sub>2</sub>
- slabo karbonátová                 0,3 až 3,0 %
- karbonátová                         3,0 až 20 %
- silno karbonátová                 20 % až 60 %
- vápenaté zeminy                   nad 60 % CO<sub>2</sub>

### **Stanovenie pH v pôde**

Navážku 20 g pôdnej vzorky zalievame 50 ml 0,1 N roztoku KCl a trepeme na trepačke 1 hodinu. Potom meriame na okalibrovanom pH metri.

Na prípravu 0,1 N roztoku KCl navážime 7,455 g KCl, rozpustíme v redestilovanej vode a doplníme na objem 100 ml.

### **Stanovenie obsahu „humusu v pôde“ podľa Ťurina**

Navážka 0,3 g /alebo nižšia podľa obsahu humusu v pôde/ presne na analytických váhach a dáme do 250 ml Erlenmayerovej banky, zalejeme 10 ml kyselinou chrómsírovou. Dáme do vopred vyhriateho termostatu na 20 min. pri teplote 150°C. Súčasne robíme aj slepé pokusy /bez pôdy/. Vyberieme a do ochladnutej 0,4 N kys. chrómsírovej s pôdou pridáme dest. vodu do objemu 150 ml /ak roztok zozelená je obsah humusu vyšší, treba pridať kys. chromsírovú alebo znížiť navážku a opakovať postup/.Potom pridáme 2,5 ml kyseliny o-fosforečnej /85%/ a pár kvapiek indikátora difenylamínu. Roztok nadobudne hnedú farbu. Titrujeme do prvého zeleného sfarbenia, 0,1 N ofaktorovaným roztokom Mohrovej soli.

$$\text{Výpočet: } \% \text{ humusu} = \frac{a-b}{0,3 / 0,2; 0,1} \times 0,000517 \times f \times 100 \times 1,17$$

a – spotreba Mohrovej soli pri vzorke v ml

b – spotreba MS pri slepom pokuse

k – prepočítavací koeficient na humus 0,000517 /1 ml 0,1 N MS zodpovedá 0,000517 g humusu/

f – faktor MS

n – navážka pôdy v g

c – faktor = 1,17, ktorý sa používa ak nepoužívame katalyzátor pre úplnú oxidáciu vzorky

**% uhlíka C<sub>ox</sub> = % humusu x 0,5803**

#### **Roztoky:**

0,4 N kys. chrómsírová                 40 g dvojchrómanu draselného rozpustíme v 900 ml vody a pridáme 1000 ml konc. kyseliny sírovej. Po vychladnutí doplníme po značku na objem 2000 ml.

0,4 N Mohrova soľ                     40 g Mohrovej soli /síran železnato amónny/ rozpustíme v 300 ml vody a pridáme 20 ml konc. kys. sírovej a doplníme na objem 1000 ml.

Difenilamín                             0,5 g difenilamínu v 20 ml vody a pridáme 100 ml konc. kys. sírovej

0,1 N Manganistan draselný         na stanovenie faktoru Mohrovej soli /použiť týždeň, potom nový/, 3,1606 g Manganistanu draselného a doplníme na objem 1000 ml.

### Stanovenie faktora 0,1 N Manganistanu draselného

Napipetujeme 250 ml 0,1 N kyseliny šťaveľovej /6,304 g na objem 1000 ml/ do Erlenmayerovej banky, zahrejeme na 80 – 90°C, pridáme 10 ml kys. sírovú /zriedenú 1:4/ a za horúca titrujeme Manganistanom draselným do ružového sfarbenia.

### **Stanovenie zrnitostného zloženia pôdy**

#### **Príprava jemnozeme:**

Východiskovým materiálom pre zrnitostné rozbory je **jemnozeme I.**, čo je zemina, ktorá prejde cez sito s kruhovými otvormi o priemere 2 mm. Sú to teda agregáty a častice o priemere menšom než 2 mm. Častice väčšie ako 2 mm nazývame **skelet**. Ako **jemnozeme II.** nazývame frakciu častíc a agregátov menších ako 0,25 mm, túto používame pri niektorých chemických analýzach.

#### **Stanovenie skeletu v pôde:**

Skelet sú častice pôdy o priemere väčšom než 2 mm. Stanovuje sa celkový obsah skeletu, ktorý sa môže tiež ďalej triediť sadou sít na jednotlivé frakcie. Obsah skeletu sa uvádza väčšinou v hmotnostných percentách, alebo v  $\text{g.kg}^{-1}$  pôdy. Stanovuje sa mokrou cestou (premývaním vodou), čím sa odstraňuje prácnosť, namáhavosť a prašnosť.

**Potreby:** Sada sít s priemerom ôk 2 mm a viac, hliníkové hrnčeky, ostrý štetec, váhy, sušiareň. Pracuje sa pod vodovodom s výlevkou. **Pracovný postup:** Z pôvodnej vzorky /priemerná/ na vzduchu vysušenej sa odváži 500 – 1000 g /minimálne 250g/, tak aby navážka zodpovedala charakteru vzorky /veľkosť skeletu/. Odvážené množstvo vzorky sa premýva na site 2 mm s použitím ostrého štetca. Čistý skelet sa spláchne do hliníkového hrnčeka, vysuší pri 105°C do konštantnej hmotnosti a po ochladení sa zváži.

Výpočet:

$$A (\% \text{ Hmotn.}) = \frac{C \cdot 100}{N}$$

A - množstvo skeletu v hmotnostných percentách /%/

N - hmotnosť navážky vzorky /500 g/ prepočítaná na sušinu /g/

C - hmotnosť vysušeného skeletu /g/.

#### **Metódy stanovenia zrnitostného zloženia:**

Triedenie pôdnych častíc sa robí pre pedologické účely pomocou vody, v ktorej je vzorka pôdy rozptýlená (pôdna suspenzia). Využívajú sa pritom rozdielne rýchlosti pádu rôzne veľkých častíc pri sedimentačných (usadzovacích) metódach, alebo rozdielu vektorov proti sebe pôsobiacich, t.j. vektora sedimentácie častíc a vektora protismerne prúdiacej vody.

#### **Kopeckého vyplavovacia metóda**

**Princíp metódy:** Využíva rôzne rýchlosti vzostupného prúdu vody vo valcoch Kopeckého prístroja. Vzostupný prúd vody pôsobí proti smeru usadzovania častíc, unášané sú častice ktorých sedimentačná rýchlosť je menšia než rýchlosť protiprúdu vody a tak dochádza k ich roztriedeniu. Zariadenie sa skladá z troch sklenených valcov uchytených na stojane. Valce majú priemery 30; 56; 178 mm

s toleranciou:  $\pm 1$ ;  $\pm 2$ ;  $\pm 4$  mm. Prístrojom preteká 1 liter vody za 202 s. Potom rýchlosť vzostupného prúdu vody (od úzkeho po najširší valec) je 7; 2; 0,2  $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  a vyplavované sú častice o priemeroch  $<0,1$ ;  $<0,05$ ;  $<0,01$  mm, takže vo valci "A" zostáva IV. zrnitostná frakcia (2 - 0,1 mm), vo valci "B" III. zrnitostná frakcia (0,1-0,05 mm), vo valci "C" II. zrnitostná frakcia (0,05-0,01 mm) a I. frakcia ( $0 < 0,01$  mm) vyteká do odpadu.

### 1.10. Výsledky rozboru vzoriek pôdy v Trebišove

Z celkovej rozlohy 27 ha, ktorú zaberá 6 parciel bolo odobratých spolu 135 vzoriek pôdy (v priemere 20 vzoriek na jednu parcelu). Následne bol vykonaný výpočet priemeru za každú lokalitu. Výsledky dokumentuje tabuľka nižšie.

Por. číslo	N	P	K	Ca	Mg	pH/KCl	Humus (%)
	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$						
1.	1988	32,5	400	4090	768	5,30	3,86
2.	1699	65,0	450	3140	687	5,52	3,06
3.	2565	122,5	800	6030	789	6,71	5,39
4.	2132	470,0	1400	3610	417	5,93	4,99
5.	1627	107,5	450	3750	688	6,53	2,95
6.	1772	105,0	500	3600	661	6,50	3,52

Zo získaných výsledkov rozborov pôd zo sledovaných parciel lokalizovaných v okrese Trebišov, je možné konštatovať nasledovné skutočnosti.

Obsah a zdroje prístupného dusíka na jednotlivých parcelách sú závislé od mnohých podmienok stanovišta a sú v čase a priestore v rámci všetkých sledovaných živín najviac premenlivé. Výsledky poukazujú na fakt, že dusík nebude limitujúcim prvkom pri zakladaní porastov energetických rastlín a že bude možné jeho zásoby v priebehu rastu a vývoja týchto plodín adekvátne využívať aspoň v prvej fáze zberového cyklu.

Obsah prístupného fosforu kolíše v závislosti od stanovišta v značne širokom rozpätí. Je pravdepodobné, že na parcelách so vzorkami č. 1-3 môže byť práve fosfor živinou limitujúcou výšku a kvalitu produkcie drevnej biomasy, keďže zásoby tejto živiny sú na veľmi nízkej úrovni. Na druhej strane na parcele č. 4 sú zásoby fosforu veľmi vysoké, z čoho však vyplýva len fakt, že tejto živine na uvedenej parcele nebude potrebné zo strednodobého hľadiska venovať zvýšenú pozornosť. Na parcelách so vzorkami č. 5 a 6 je obsah fosforu dobrý a pri priaznivých podmienkach hospodárenia bude potrebné sledovať, či jeho obsah je z dlhodobého hľadiska stabilizovaný alebo sa nejakým smerom mení.

Obsah draslíka bol v každej analyzovanej vzorke na veľmi vysokej úrovni a teda je možné predpokladať, že z pohľadu zásobenosti pôd draslíkom pri racionálnom hospodárení nevzniknú problémy na žiadnej z parciel.

Prvky vápnik a horčík majú v pôde mnohé korelačné vzťahy a teda do významných procesov vystupujú spoločne. Čo sa týka ich odberu vyprodukovanou energetickou biomasou, ten býva značný. Na druhej strane je potrebné zdôrazniť, že pri moderných spaľovacích technológiách ich takmer 100 %-ný obsah zostáva v tzv. podroštovom popole. Za určitých podmienok je možné tento popol využiť ako doplnkový zdroj živín, a to okrem draslíka (z ktorým ako je už uvedené by aj tak nemali byť problémy), najmä vápnika a horčíka. Momentálne je obsah vápnika a horčíka v pôde dostatočný, ale toto sa



môže časom meniť a je potrebné tieto dva prvky monitorovať aj s ohľadom na hodnotu pôdnej reakcie, pre ktorú má obsah týchto prvkov tiež veľký význam. Pôdna reakcia na uvedených parcelách je na hranici medzi slabo kyslou až kyslou. Keďže väčšina pestovaných energetických rastlín svojimi nárokmi zasahuje aj do tohto spektra pH je potrebné len sledovať, aby sa hodnota pH neposunula už ďalej k silne kyslým, resp. extrémne kyslým hodnotám. Najjednoduchším riešením v tomto prípade je už uvedená, za určitých podmienok realizovateľná aplikácia čistého drevného podrošťového popola získaného spaľovaním chemicky neošetreného dreva.

Všeobecne plocha č. 4 z hľadiska väčšiny sledovaných parametrov je na najvyššej úrovni, a teda je na nej možné očakávať najvyššie úrody energetickej biomasy pri optimálnej úrovni ostatných parametrov. Na strane druhej je však možné očakávať aj najvyšší tlak burín, pre ktoré sú tieto podmienky tiež vyhovujúce a teda bude nutné sa zamerať na ich monitoring a reguláciu najmä v roku po založení plantáže a v rokoch po zbere biomasy.

Pozornosť pri realizácii ďalších výskumov bude potrebné zamerať na odčerpávanie živín, hnojenie a ostatné technológie súvisiace s produkciou a spracovaním biomasy.

## 2. Analýza vhodnosti pestovania energetických plodín na vybraných parcelách v okrese Trebišov

Biomasa z poľnohospodárstva má v súčasnej dobe veľký význam z hľadiska energetického využitia výroby elektrickej energie a tepla na vykurovanie budov. V porovnaní s ostatnými formami obnoviteľných zdrojov energie má využitie biomasy v okrese Trebišov vysoký podiel. Dôvodom je jeho poloha a štruktúra pôdneho fondu.

Uvedený okres sa vyznačuje prevažne rovinným povrchom s nížinami a spomedzi ostatných regiónov je najteplejší. Najúrodnejšie pôdy sa nachádzajú na juhu regiónu a pestujú sa tu prevažne obilniny. Oblasť je vhodná na pestovanie takmer všetkých druhov plodín mierneho podnebného pásma. Je to ideálne miesto pre pestovanie a využívanie poľnohospodárskej biomasy na energetické účely. Keďže región je naplno závislý od dodávky fosílnych palív, ktoré sú vyčerpateľné, je využívanie biomasy najvhodnejším riešením toho, aby sa región stal aspoň z časti energeticky sebestačným.

Na skúmanom území sa nachádzajú plochy vhodné na pestovanie aj rýchlorastúcich drevín. Z parametrov, ktoré sú rozhodujúce pri výbere rýchlorastúcich drevín vyberáme nasledujúce vlastnosti:

- dostupnosť,
- vhodnosť pre daný typ pôdy,
- vhodnosť podnebia,
- potenciálna produkcia (úroda biomasy).
- 

Z hľadiska pestovania drevín na devastovaných pôdach môžeme na základe vlastností, nárokov a tolerancie druhov odporúčať agát biely (*Robinia pseudoacacia*), vrbu košíkársku (*Salix viminalis*), **avšak najpotenciálnejšie dreviny predstavuje topol' biely (*Populus alba*) a tzv. Oxytree (kríženec druhov *Paulownia elongata* a *Paulownia fortunei*).**

Nižšie uvádzame všeobecné požiadavky na pestovanie energetických plodín (drevín). Neskôr v texte sa venujeme pestovaniu každému z vybraných 3 druhov drevín individuálne.

### 2.1. Najdôležitejšie zásady a požiadavky pre pestovanie energetických plodín a drevín

- Kvalita fytomasy (sušina, obsah sacharidov, oleja, spáliteľnosť, obsah škodlivín). Ide najmä o plodiny s vysokým obsahom cukrov alebo škrobu, olejov alebo tukov, na priame spaľovanie alebo výrobu bioplynu.
- Vysoké úrody s minimálnym kolísaním, efektívna konverzia slnečnej a fosílnnej energie do využívaného produktu.
- Minimálne problémy v pestovaní, nízke náklady.
- Dobré využívanie živín a vody, odolnosť voči suchu a nepriaznivým činiteľom.
- Plantáže energetických plodín a drevín nesmú byť zakladané na lesnej pôde.
- Plantáže energetických plodín a drevín by nemali výrazne narúšať krajinný ráz.
- Energetické plodiny a dreviny by sa mali vysádzať iba na plochách, ktoré už boli v minulosti poľnohospodársky využívané a obrábané.
- Plantáže energetických plodín nesmú mať negatívny vplyv na biodiverzitu územia. Aj keď biodiverzita plantáží energetických plodín môže byť vyššia v porovnaní s intenzívne využívanými poľnohospodárskymi plochami, výrazne

- zaostáva za biologickou rozmanitosťou prirodzených ekosytémov (najmä lesných).
- Pri pestovaní energetických plodín sa nesmú používať chemické priemyselné hnojivá. Vo všeobecnosti energetické plodiny vykazujú nižšiu potrebu hnojenia než konvenčné poľnohospodárske plodiny. V mnohých oblastiach sa namiesto priemyselných hnojív na hnojenie energetických plodín používajú kaly z čističiek odpadových vôd. Preto je z hygienických a zdravotných dôvodov dôležité sledovať kvalitu a samotné narábanie so splaškovými kalmi.
  - Pri zakladaní plantáží by mali byť prijaté opatrenia na predchádzanie a minimalizáciu premnoženia škodcov, chorôb, rizika požiarov a zavlčenia invazívnych druhov rastlín.
  - Pri pestovaní energetických plodín sa nesmú používať pesticídy. Musí byť uprednostnená integrovaná ochrana pred škodcami založená na prevencii a biologických metódach.
  - Je potrebné uprednostňovať zmiešané porasty pred monokultúrnymi plantážami. Odporúčajú sa pestovať také druhy energetických plodín a drevín, ktoré v prípade potreby umožnia rýchlu a jednoduchú zmenu využívania pôdy a prechod na pestovanie konvenčných poľnohospodárskych plodín (napr. Obilnín).
  - Žiadne druhy energetických plodín by nemali byť pestované vo veľkom rozsahu, pokiaľ testovanie alebo skúsenosti nepreukážu, že sú tieto druhy ekologicky dobre adaptované na miestne pomery, nie sú invazívne a nemajú významne negatívny ekologický dopad na okolité ekosystémy.
  - Plantáže energetických drevín musia byť pravidelne monitorované. Monitoring by mal byť primeraný rozsahu a rôznorodosti činností a musí obsahovať pravidelné hodnotenie vplyvov plantáží na lokalitu a jej okolie (napr. Prirodzená obnova, vplyvy na vodné zdroje a úrodnosť pôdy).
  - Geneticky modifikované plodiny a dreviny, ako aj invazívne a environmentálne nevhodné nepôvodné druhy by mali byť z pestovania vylúčené. Uprednostňované by naopak mali byť pôvodné druhy a druhy vhodné pre danú oblasť.
  - Energetické plodiny a dreviny zabezpečujú dostatočný prísun živín do pôdy a tak napomáhajú zvyšovať jej úrodnosť, bránia výraznejšej veternej a vodnej erózii, vyparovaniu vody a odnosu živín, stabilizujú odtok vody z územia a tým prispievajú k menšej eutrofizácii okolitých vodných plôch. Odporúča sa pestovanie takých plodín na pôdach nižšej kvality z hľadiska hospodárskeho významu.
  - Spôsob a miera ťažby a zberu energetických plodín a drevín, stavba umelých plošných a líniových prvkov a výber druhov drevín nesmú viesť k dlhodobej degradácii pôdy alebo mať nepriaznivé vplyvy na kvalitu vôd.

## 2.2. Všeobecný postup pri pestovaní rýchlo rastúcich drevín

### Určenie stanovišťa pre plantáže rýchlo rastúcich drevín (RRD)

Táto časť celého procesu je pre úspešnosť výsadby takmer najdôležitejšia. Veľkým problémom je vysoká zaburinenosť polí a lúk, ktoré je potrebné odstrániť alebo obmedziť už rok pred výsadbou. Je však potrebné zvážiť aj možnosť využitia mechanizácie pri zakladaní, ošetrovaní a zbere RRD z hľadiska únosnosti pôdy. Všeobecne sa traduje názor, že vodou menej zásobené a suché stanovište pre RRD nie sú vhodné. Posledné výsledky výskumu však tieto argumenty vyvracajú, nakoľko je len potrebné nájsť vhodné klony. Niektoré druhy znesú dočasné zaplavenie po dobu 50 – 60 dní. Pre niektoré klony vrb (*Salix alba*, *Salix*

*x rubens*) a jeľšu lepkavú (*Alnusglutinosa*) platí, že znesú ešte viacej vody ako topole, takže dobre znášajú podmocené stanovištia. Napr. topol' čierny (*Populus nigra*) a topol' Simonov (*Populus simonii*) a ich hybridy rastú lepšie ako ostatné klony topoľov na vysychavých stanovištiach, ako sú napr. antropogénne pôdy. Topole a vrbý sú prevažne svetlomilné druhy, stabilné zatienenie im nevyhovuje. Na takýchto miestach s nižšou sumou slnečného svitu, ako sú prudké severné svahy alebo úzke polia uprostred dospelého lesného porastu či hlbokého údolia, môžeme očakávať pomalší rast a nižšiu úrodu biomasy. Najvyššia nadmorská výška pre zakladanie produkčných výmladkových plantáží topoľov a vrbý zatiaľ vyhovuje okolo 650 m n. m. V prípade, ak je stanovište dané, je potrebné prispôbiť výber drevín pre plantáže daným stanovištným i pôdno-klimatickým podmienkam.

### **Príprava pozemku pred sadením**

S prípravou pozemku sa začína obvykle rok pred výsadbou, tak aby boli podmienky pre výsadbu a rast drevín v prvých 2 – 3 mesiacoch po výsadbe optimálne. V našich podmienkach ide o maximálne obmedzenie rastu burín a optimalizáciu fyzikálnych vlastností pôdy pre zakorenenie drevín. Na zaburinených lokalitách je potrebné začať intenzívne odburinenie už 1,5 – 2 roky pred výsadbou v závislosti od prevažujúcich druhov burín a zvolenej technológie odburinenia. Použitie chemických prostriedkov pre veľkoplošné odburinenie pôd sa neodporúča z dôvodu ochrany prírody a tvorby rezíduí v pôde, ktoré môžu obmedziť rast RRD i niekoľko rokov po aplikácii.

Jesennú orbu a prípravu pôdy na dobre odburinenom pozemku je najlepšie vykonať tak, aby nebolo potrebné na jar pozemok vyrovnávať, ale len kypriť, prípadne vyrovnávať povrch smykovaním. Jarnou orbou dochádza k porušeniu prirodzenej kapilarity pôdy, čo môže v prípade prísušku spôsobiť silné preschnutie hornej vrstvy (15 – 20 cm) pôdy, do ktorej sa rezky vysádzajú. Hĺbka orby závisí od miestnych podmienok a stavu pozemku. Na ťažkých ílovitých pôdach je vhodné rok dopredu vykonať hlbokú orbu, aby sa zlepšilo prevzdušnenie pôd na niekoľko nasledujúcich rokov. Na dobre upravených pôdach stačí vykonať len kultiváciu a urovanie pozemku.

### **Zdroje, príprava a uskladnenie sadivového materiálu**

Nové výmladkové plantáže RRD sa zakladajú z rezkov dĺžky 20 – 30 cm, narezaných z jednoročných výhonkov. Menej častým spôsobom sadenia je horizontálne kladenie celých vetiev (2 – 4 m). Pri odporúčaných klonoch topoľov a vrb sa najčastejšie sadia rezky narezané z jednoročných prútov, ktoré sa odoberajú v špeciálnych každoročne orezávaných porastoch – matečniciach, najlepšie vo februári až v marci. Optimálna dĺžka rezu je 20 – 30 cm a priemer 0,5 – 2,5 cm. Dlhšie rezky sú vhodné pre oblasti s výskytom prísušky. Rezky do výsadby je potrebné skladovať vo vhodných skladovacích priestoroch (optimálna teplota 2 – 4°C). Skladovanie v miestnostiach s prievanom je nevhodné, lebo rezky viacerých klonov RRD v takýchto podmienkach rýchle vyschnú a znižuje sa tak schopnosť ich rašenia a zakorenenia.

Tesne pred výsadbou je vhodné rezky namočiť na 1 deň do vody, pokiaľ neboli skladované v optimálnych podmienkach. Toto opatrenie je nutné pre výsadby v obdobiach alebo oblastiach výskytu s jarným prísuškom.

### **Výsadba – termín a technológia**

Presné určenie doby výsadby závisí od miestnych pôdnych podmienok a priebehu počasia v jarných mesiacoch. Obvykle sú rezky topoľov a vrb sadené od polovice

marca do apríla, len čo pôdna vlhkosť dovolí prístup sadzačov alebo vysadzovacích strojov na plochu.

Spodná časť sadenice sa obyčajne zrezáva šikmo, aby nedošlo pri sadení k jej opačnému umiestneniu v pôde. V prípade manuálnej výsadby sa rezky ručne zapichujú zvislo alebo mierne šikmo do pripravenej pôdy. Rezky musia byť umiestnené takmer celé v pôde, môžu vyčnievať maximálne 3 cm nad povrchom.

### Schéma a tvar výsadby

V súčasnosti sa používajú dve schémy výsadby výmladkových plantáží:

- do jednotlivých riadkov v sponoch: 0,5 – 0,8 m x 1,5 – 2,5 m medzi jednoriadkami
- do dvojriadkov v sponoch: 0,5 – 0,7 m x 0,5 – 0,7 m a 1,5 – 3,0 m – medzi dvojriadkami

Pre matečnice je používaný takmer výhradne jednoriadkový spon: 0,5 – 0,7 m x 1,5 – 2,5 m. Dvojriadky, ktoré sa začali používať kvôli mechanizácii zberu, zmenšujú pri dobre odburinenom pozemku udržovanú plochu na minimum, čím šetria náklady na údržbu. Na zaburinených lokalitách sú náročnejšie na ručné alebo polomechanizované odburinenie vo vnútri dvojriadku a pre také lokality sú vhodnejšie jednoriadky.

Jednou z najdôležitejších otázok je aj orientácia a tvar plantáže i riadkov, ktorými výrazne ovplyvňujeme krajinný efekt a čiastočne ai úrodu plantáže či matečnice. Z hľadiska úrody je optimálny smer riadkov zo severu na juh. Dochádza tak v prvých rokoch k optimálnemu využitiu slnečnej energie. Z hľadiska ochrany proti vodnej erózii je samozrejme najlepšie sadiť riadky po vrstevnici. Z hľadiska ekonomickej efektivity a ergonomie mechanizácie plantáže je najvhodnejšie mať riadky čo najdlhšie.

### **Ošetrovanie v nasledujúcich rokoch po výsadbe**

Obmedzovanie rastu burín pred výsadbou a jeden až dva roky po výsadbe je kľúčovou operáciou pre úspešné založenie matečnic i produkčných plantáží. Koreňová konkurencia burín vedie k značnému spomaleniu rastu, takže prvý výrazný výškový prírastok sa objaví v 2. až 3. roku a prvý solídny zber biomasy je posunutý do 4. až 6. roku. Nadzemná konkurencia burín môže v kombinácii s inými nepriaznivými vplyvmi(sucho, pomalé odburinenie) dokonca spôsobiť zvýšenie strát v mladých výsadbách v prvom roku do takej miery, že je lepšie výsadbu zrušiť. Chemická ochrana proti burinám býva používaná len výnimočne. Vo vegetácii je aplikácia zložitá, pretože topole a vrby sú na ne citlivejšie ako bežné buriny. Postrek v kultúrach RRD musí byť vykonaný veľmi opatrne: s krytmi na rastlinách alebo stieraním pesticídu z knôtov knôtovej plečky.

Veľmi dobré opatrenie využiteľné v matečniciach a na menších plochách plantáží, je mulčovanie pokosenou rastlinnou hmotou, ktorá vytvára priaznivé vlhkostné podmienky, vo vrchnej vrstve pôdy a dáva k dispozícii RRD množstvo pohotových živín. Zo všetkých menovaných spôsobov obmedzenia burín možno hodnotiť ako ekologicky najvhodnejšie kosenie a vyžínanie, pretože najmenej narušuje pre pôdne organizmy potrebnú mikroklímu, čím dochádza k najväčšej akumulácii organickej hmoty a živín v pôde. Obmedzenie burín zároveň pôsobí ako ochrana pôdy proti novej erózii.

Hnojenie priemyselnými hnojivami sa odporúča len v odôvodnených prípadoch na stanovištiach chudobných na živiny – väčšina našich orných pôd je pre dreviny dostatočne zásobená živinami.

## Ochrana proti ohryzaniu zverou

U menších výsadiieb pod 1 ha môže ohryz a vytĺkanie zverou spôsobiť vážnejšie poškodenie výsadiieb predovšetkým v oblastiach s vysokým stavom srnčej a len vo výnimočných prípadoch zajacovitej zveri. U matečníc sa vyplatí celú výsadbu oplotiť.

Aplikáciu repelentov proti ohryzu je možné odporučiť, ale ich účinok zatiaľ nebol overený. V týchto oblastiach je možné preventívne voliť skladbu RRD tak, aby bola plantáž založená z drevín, ktoré ohryzom a vytĺkaním trpia menej.

### **Zber biomasy rýchlorastúcich drevín**

Výmladkové plantáže RRD sa zberajú v tzv. veľmi krátkej rubnej dobe, ktorá sa v našich podmienkach pohybuje medzi 3. až 6. rokom. Pokiaľ bude celková doba existencie plantáže 15 až 25 rokov, tak ako sa predpokladá, znamená to, že bude zberaná 4 – 8 krát. Podľa skúseností zo zahraničia sa neodporúča zberať v kratších cykloch, lebo sa tým zníži celková efektivita produkcie biomasy. Odporúčaný 3 – 4 ročný cyklus u nás je minimum, ktorý by z uvedených hľadísk nemal byť znižovaný. Skôr je možné uvažovať na niektorých lokalitách o variante predĺženia cyklu. Sem patria napr. mrazové kotliny, zamokrené pôdy, vyššie polohy a iné. Najvhodnejším obdobím pre zber RRD na štiepky sú zimné mesiace (december – marec), keď je obsah vody v pletivách najnižší a je možnosť využitia voľných pracovných síl a strojov. Zberať je vhodné, keď je pôda zamrznutá a mechanizácia nemá problémy s pohybom po teréne.

Matečnice sa zberajú každý rok, a to aj v prípade, že nie je odbyt. Cieľom je vypestovať kvalitné nevetvené prúty, ktoré sa dosiahnu práve každoročným zrezávaním. Pokiaľ by sa jednorôčné prúty nezrezávali, v ďalšom roku by začali tvoriť sekundárne vetvy, ktoré značne komplikujú a predražujú prípravu a manipuláciu s rezkami. Zber biomasy RRD sa môže vykonať spôsobmi: kosenie a snopovanie, kosenie a štiepkovanie, kosenie, štiepkovanie a peletovanie.

### **Sušenie a uskladnenie**

Obsah vody v biomase sa v praxi pohybuje v širokom rozmedzí 15 – 70 %. Drevná biomasa z výmladkových plantáží zberaná v zimnom období obsahuje 45 – 55 % vody. Výhrevnosť hmoty s obsahom vody významne klesá a preto je dôležité čerstvo zberanú biomasu dosušiť na vlhkosť 20 – 30 % a potom ju vhodne uskladniť. Vhodný postup sušenia sa volí podľa spôsobu zberu – či je čerstvá biomasa zberaná v celých kmeňoch alebo štiepkovaná.

### **Likvidácia plantáže**

Približne vo veku 15 – 25 rokov, keď výnos z produkčnej plantáže začne klesať pod úroveň ekonomickej rentability, je vhodné pristúpiť k zrušeniu plantáže. Stav pôdy po 15 – 25ročnom pestovaní RRD plantážovým spôsobom závisí od niekoľkých faktorov, z ktorých najdôležitejší je úrodnosť pôdy, spôsob a objem hnojenia plantáže. Vrátenie stanovišťa pôvodnému použitiu je dôležitou otázkou z hľadiska ochrany poľnohospodárskeho pôdneho fondu. Po poslednom zbere sú špeciálnymi frézami odstránené kmene, príp. časť koreňového systému RRD. Pokiaľ je to nutné, môže byť zvyšok koreňov rozrušený hlbokou orbou. Zvyšky koreňov v pôde slúžia ako drenáž a prevzdušňujú hlbšie vrstvy ornice.

### 2.3. Pestovanie rýchlorastúcej vrby košíkárskej (*Salix viminalis*)

Je jednou z najznámejších druhov rýchlorastúcich drevín. Kvôli vysokému obsahu salicil-alkoholu má dobrú výhrevnosť. Jej významnou vlastnosťou je, že dobre rastie aj na menej kvalitných, zamokrených a neobrábaných pôdach. Rastie rýchlo, preto môže byť palivovým zdrojom aj bez toho, aby sme museli vyklčovať lesy. Okrem toho zlepšuje pôdnu štruktúru, obohacuje pôdu o živiny. Je vhodná aj na čistenie odpadových vôd, je medonosnou rastlinou. Zberá sa v novembri až februári, preto sa dajú využívať poľnohospodárske stroje aj mimo sezóny nárazových poľnohospodárskych prác. Všeobecne sa vrby vyznačujú svojimi bio-remediačnými schopnosťami využiť metabolické činnosti živých organizmov pre odstránenie kontaminantov z prostredia. Z hľadiska ochrany životného prostredia je veľmi výhodné pestovanie vrb. Je ich totiž možné použiť na čistenie vôd v tzv. biologických čističkách. Na každom hektári je možné každý rok ekologicky zlikvidovať 10-20 ton odpadových vôd a kalov. Spojenie funkcie biologickej čističky a energetickej rastliny robí z vrb unikátny biologický druh.

#### Produkčná schopnosť

Vrba košíkárka (*Salix viminalis*) má niekoľko charakteristík, ktoré ju robia ideálnou pre SRWC (krátky rotačný cyklus zberu) zahrňujúc jej potenciál tvoriť veľké prírastky biomasy počas krátkeho obdobia: ľahké vegetatívne rozmnožovanie, vrba je charakterizovaná svojou širokou genetickou základňou a nenáročnosťou na pestovanie ako aj tvorbou nových výhonkov po zbere. Schopnosť vrby dosiahnuť vysoké prírastky biomasy počas niekoľkých rokov po výsadbe je daná jej schopnosťou rýchlo dosiahnuť maximálny ročný prírastok, ako aj jej tolerancie znášať veľkú hustotu sadeníc. Mnohé z týchto rysov sú charakteristické pre rastliny, ktoré sú adaptované na narušené životné prostredie. Počiatková hustota sadeníc a dĺžka rotačného cyklu zberu sú dva dôležité faktory ktoré ovplyvňujú ako dlho potrvá, kým sadenice dosiahnu vrchol ročného prírastku. Použitím geneticky neupraveného materiálu rastlín vrby s hustotou 14 000 – 18 000 sadeníc na hektár dosiahnu vrchol ročného prírastku do 3 až 5 rokov.

Produkčná schopnosť vrby v organizovaných porastoch v našich podmienkach dosiahla 11,4 – 12,8 t sušiny na 1 ha za rok, čo predstavuje 23 – 25 m<sup>3</sup> drevnej hmoty.

Pestovaním a genetickým upravovaním vrb na energetické účely sa zaoberali odborníci vo Švédsku a vo Veľkej Británii. Tento výskum vychádzal z množstva informácií ktoré boli dôležité pre produkciu biomasy a vytvorenia genetickej mapy pre potreby pestovania. Schopnosť vrby zvyšovať prírastok biomasy je značná a bude kľúčovým faktorom na zníženie nákladov na produkciu biomasy vrby.

#### Príprava výsadby – výber lokality

Výber vhodnej lokality na pestovanie energetickej vrby je najdôležitejším rozhodnutím, ktoré v budúcnosti môže výrazne ovplyvniť ekonomiku energetickej plantáže. Dizajn plantáže nesmie narúšať ráz krajiny. Na pestovanie energetickej vrby nie sú vhodné:

- piesočnaté a ílované pôdy
- pôdy s pH menším ako 5,5 a väčším ako 8,0
- pôdy s hĺbkou ornice menšou ako 35 cm
- trvalo zaplavené pozemky

### *Priemerné zrážky v lokalite a výška hladiny podzemnej vody*

Je všeobecne známe, že vrbu potrebuje k rastu dostatočné množstvo vody. Najlepšie rastie na miestach s aspoň 600 mm ročných zrážok. Nemenej dôležitá je tiež výška hladiny podzemnej vody. Je rozdielom nadmorskej výšky stanovišťa a hladiny podzemnej vody. Minimálna hĺbka podzemnej vody je jeden meter. Vrbu rastie i na pôdach, ktoré sú príliš mokré na pestovanie iných rastlín. Výsadba vrby ale nie je vhodná na neustále zatopených plochách – čo zabraňuje realizovať mechanizovaný zber.

### *Prístupnosť lokality pre techniku*

Lokalita na pestovanie energetických drevín musí byť posudzovaná i z hľadiska dostupnosti pre mechanizáciu. Prístupové cesty musia byť dostatočne vybudované pre bežnú poľnohospodársku techniku pri výsadbe i pre techniku využívanú pri zbere. V závislosti od použitej techniky môže dosiahnuť vozidlo naložené mokrou štiepkou od 9 do 22 ton. V prípade svahov musíme výsadbu realizovať v smere sklonu. Pri sklonoch väčších ako 15 % vzniká nebezpečenstvo prevrátenia mechanizmov, predovšetkým pri zbere.

### **Výsadba**

Porasty sa vysádzajú v jarnom období odrezkami o dĺžke 20 cm a hrúbke 1 – 1,5 cm do sponu 60 x 70 cm (vzdialenosť v radoch a medzi radmi).

Vrbu sa sadí z odrezkov jedno, maximálne dvojročných výhonkov. Odrezky sa zbierajú v zimnom období z existujúcej výsadby, alebo škôlky sadeníc. Až do momentu výsadby ich musíme udržiavať vo vegetačnom pokoji. To sa dosiahne držaním odrezkov v chlade a primeranej vlhkosti. V chlade od -5°C až 0°C vydržia sadenice i niekoľko mesiacov. V chlade 0°C až +4°C vydržia sadenice niekoľko týždňov. Musíme zabezpečiť, aby sadenice počas uskladnenia nezačali klíčiť a tiež aby nevyschli. Počas výsadby alebo prevozu je dôležité nespôsobiť sadeniciam teplotný šok (napr. niekoľkohodinovým držaním sadeníc na priamom slnku). Sadenice treba pravidelne kontrolovať v súvislosti s výskytom plesní, prípadne sadenice preberať. Všetky tieto opatrenia zvyšujú životaschopnosť sadeníc v pôde a zvyšujú efektivitu výsadby.

### *Ručná výsadba*

Pri ručnej výsadbe si treba vytýčiť riadky, či už pomocou špagátov, alebo si vyrobiť značkovač s požadovaným rozstupom riadkov, a na pozemku vyznačiť linky pre sadenice. Ak je požadovaná rovnomerná hustota v riadku, treba urobiť značky v pravidelných intervaloch. Často sa však rozmiestnenie sadeníc v riadku robí odhadom. Výsadbu v takomto prípade realizujeme buď ručne zapichnutím sadenice do zeme, alebo pri tvrdšej pôde pomocou špeciálne upravených tenkých rýľov. Ručná výsadba je najkvalitnejšia, ale najnáročnejšia na ľudí a manažment. Sadenice musia byť v tvare 20 cm odrezkov.

### *Mechanizovaná výsadba*

Vo svete sa používa viacero rôznych spôsobov mechanizovanej výsadby. V prípade mechanizovanej výsadby sa vrbu sadí z 1 – 2,5 m dlhých prútov a sádzací stroj si sám odrezky seká, otvorí pôdu, sadenicu uloží do pôdy a pôdu zakryje. Mechanizovaná výsadba sa najčastejšie realizuje vo vyššie charakterizovanom sponeč.2.

### *Návrh sponu a cyklov zberu*



Spon (čiže vzdialenosti riadkov a sadeníc v riadkoch) výsadby energetickej vrby je daný spôsobom výsadby, spôsobom a cyklom zberu. Na výskumnej ploche v Kolíňanoch bol použitý spon č. 1. Tento spon je využívaný predovšetkým na menších parcelách pri každoročnom manuálnom zbere, alebo pri budovaní škôlky. Rovnomerný rozstup sadeníc zabezpečí rovnomerný prístup slnečného svitu, hustota motivuje rastliny k rastu skôr do výšky ako do hrúbky, takže prúty vrby sú vhodné na prípravu odrezkov sadeníc. Hustá výsadba kladie nároky na kvalitu pôdy a na každoročné prihnojenie. Tento spon je vhodný najmä pri jedno, alebo dvojročnom zbere. Výhodou 75 cm rozostupu riadkov je možnosť použiť stroje používané pri pestovaní kukurice na siláž (plečky, závesné sekačky). Hustotu v riadku treba v závislosti od lokálnych podmienok zvoliť tak, aby ani pri dvoch po sebe nasledujúcich dobrých rokoch neprišlo k zahusteniu a k prílišnému zhrubnutiu výhonkov. Systém je vo veľkej miere používaný v Poľsku pri jedno a dvojročných cykloch.

Okrem tohto uvedeného sponu sa používajú aj spony, kde riadky sú od seba vzdialené 50 cm, hustota predstavuje 40 000 sadeníc na hektár. Tento spon je používaný hlavne pri manuálnom zbere alebo pri budovaní škôlky. Tretí typ sponu je určený pre štvorročný cyklus za použitia špeciálnych zberných mechanizmov. Riadky sú od seba vzdialené 75 cm, každý tretí je vynechaný a hustota predstavuje 12-22 000 jedincov na hektár.

### **Návrh drevinového zloženia**

Na výsadbu energetických porastov sa celosvetovo využívajú rôzne druhy vrby a rôzne klony vytvárané krížením jednotlivých druhov. V súčasnosti je známych niekoľko desiatok druhov pochádzajúcich z rôznych častí sveta (Nemecko, Rusko, Poľsko, Anglicko, Škandinávia, USA). V každom regióne sa následne z týchto druhov vytvárajú klony maximálne prispôbosené miestnym podmienkam. Na Slovensku sa v súčasnosti využívajú hlavne klony vytvorené v Anglicku, Poľsku, Švédsku a Škandinávii. Pre energetické plantáže sú používané hlavne klony odrody *Salix viminalis* (vrba košíkarska), ktoré sa vyznačujú intenzívnym rastom, odolnosťou voči škodcom a chorobám, dobrou kvalitou dreva a vegetatívnym rozmnožovaním. Pri malých výsadbách – do veľkosti 10 hektárov – možno realizovať výsadbu z jedného klonu vrby. Pri väčších výsadbách sa odporúča miešať jednotlivé klony, čím sa zvýši odolnosť celej plantáže proti chorobám a škodcom.

### **Škodcovia a choroby**

Hrdza je jednou z najväznejších chorôb vrb spôsobená plesňami rodu *Melampsora*. Hrdza môže infikovať ako listy tak i kmeň vrby a vie sa veľmi rýchlo prispôbiť zmeneným podmienkam. Pokiaľ nie sú vykonané dostatočné opatrenia môže sa rozšíriť a infikovať celý porast. Výsadba porastu rovnakého druhu alebo klonu je veľmi náchylná na poškodenie hrdzou. Európske a Anglické pestovateľské programy, ktorých cieľom je aj identifikovať odrody, ktoré sú odolné voči chorobám a najmä voči hrdzi odporúčajú aby bolo vysadených na jednej ploche minimálne 5 rôznych odrôd a tona každej strane plochy. Použitie fungicídov nie je odporúčané kvôli ekonomickým, praktickým dôvodom a tiež z dôvodu ochrany životného prostredia.

Chrobáky rodu *Chrysomelides* predstavujú najnebezpečnejšie ohrozenie pre porasty vrb. Ich počet môže rapídne narásť hlavne na jar. Tak ako larvy tak aj samotné chrobáky sa živia listami čím spôsobujú značné poškodenie porastu. Vysadenie rôznych odrôd vrb je žiaduce pretože chrobáky uprednostňujú len

niektoré odrody. Ďalšími škodcami môžu byť zajace a vysoká zver. Ochrana pred ich poškodením sa vyžaduje hlavne v čase zakladania porastu.

### **Hnojenie a ošetrovanie porastu**

Na jar v roku výsadby je potrebné porast hnojiť fosforom dávkou  $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a začiatkom júna po zapojení porastu dusíkom v dávke  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Po výsadbe je potrebné porast viackrát plečkovať, prípadne ručne okopať, alebo chemicky ošetriť až do zapojenia rastlín, pretože počiatočný rast výhonkov vrby je pomalší ako rast buriny. V prvom roku podľa ošetrovania, zrážkových pomerov a hnojenia dorastá vrba do výšky 150 – 250 cm. V ďalších rokoch kultivovať už netreba, príp. len podľa potreby a aktuálneho stavu porastu. Hnojenie fosforom je podobné ako v prvom roku. Dávky dusíka by mali byť 90 – 120  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  s rozdelením na dve polovice. Jedna dávka sa aplikuje na jar, druhá koncom júna. Ako zdroj dusíka sa môžu aplikovať aj odpadové splašky, močovka a pod. V tom prípade už prihnojovať dusíkom netreba. Vo Švédsku v prevádzkových podmienkach slúžia takéto súvislé porasty ako čističky odpadových vôd. Hnojenie porastov je zakázané v prípade ak sa porast vyskytuje v ochrannom pásme 3, 4 alebo 5 stupňa. Legislatíva Slovenskej republiky nepovoľuje používanie chemických prípravkov a látok, toxických látok, silážnych štiav na ploche väčšej ako 2 ha. Mimo ochranné pásma hnojenie nie je zakázané ale z hľadiska ochrany životného prostredia je nežiaduce.

### **Zber porastu vrby a životnosť plantáže**

V prvých dvoch rokoch od výsadby vrba narastie až do výšky troch metrov. Zber na energetické účely prebieha v troj až štvorročných cykloch, za celú dobu pestovania zberáme päť až šesťkrát. Pri malých a výskumných plochách možno uvažovať o ručnom zbere, prípadne o rôznych ručných strojoch, napr. motorových pílach, krovino rezoch, avšak vo svete boli vyvinuté špeciálne stroje pre zber vrby z veľkých plôch. Vysadený porast má životnosť 25 rokov a pri dodržaní zásad pestovania sa zberá každé štyri roky (rubná zrelosť), čiže približne je realizovaných 6 zberov. Takýto porast je tvorený kmeňmi o hrúbke 3 – 5 cm, vysoký 500–600 cm, takmer bez postranného vetvenia. Z jedného koreňa vyrastá 2 – 6 kmeňov. Produkčná schopnosť vrby v takto organizovaných porastoch v našich podmienkach dosiahla 11,4 – 12,8 t sušiny na 1 ha za rok, čo predstavuje 23 – 25  $\text{m}^3$  drevnej hmoty.

## **2.4. Pestovanie agáta bieleho (*Robinia pseudoacacia*)**

Prvoradý význam majú porasty agáta bieleho pre včelárstvo. Agát zlepšuje štruktúru pôdy, pričom sám je málo náročný na pôdne podmienky. Má nízky obsah vody, preto je veľmi dobrou surovinou ako drevné palivo, ktoré má veľmi dobrú výhrevnosť. Má schopnosť viazať pôdny dusík a zlepšuje kvalitu pôdy. Má rozrastený konárový systém, preto má vysokú schopnosť brániť pôdnej erózii. Z hľadiska pestovania na energetické účely je jeho najväčšou prednosťou rýchly rast a významný prírastok drevnej hmoty v mladosti. Okrem rýchleho rastu má veľmi dobré regeneračné vlastnosti, po reze majú výhonky mohutný obnovovací rast.

Jeho pestovanie (výskum) je rozšírené najmä v Maďarsku. V súčasnosti tam majú k dispozícii 7 uznaných (rajonizovaných) odrôd a 2 perspektívne klony.

## **Produkčná schopnosť**

Dorastá do výšky 20 až 25 m a môže dosahovať produkciu 15 000 ks/ha. Pri súčasných cenových reláciách a ročnej produkcii sušiny min. 8 t.ha<sup>-1</sup> je zakladanie energetických porastov s agátom bielym rentabilné.

V našich podmienkach často tvorí rovnorodé porasty, zväčša na suchých piesočnatých pôdach, kde jeho mohutná koreňová sústava odčerpáva značné množstvo vlhky a živín, čo mu umožňuje obstáť v konkurencii s domácimi druhmi. K zachovaniu a rozširovaniu rovnorodých porastov agáta bieleho prispieva aj jeho pestovanie v tvare nízkeho lesa, kde jeho veľká a dlhotrvajúca pňová a koreňová výmladnosť, spojená s rýchlym rastom je jeho prednosťou v porovnaní s ostatnými drevinami. Pri opakovanej obnove vegetatívnym spôsobom vznikajú nekvalitné porasty netvárných jedincov.

## **Príprava výsadby – výber lokality**

Pestovanie intenzívnych porastov si vyžaduje klásť zvýšený dôraz na prípravu stanovišťa. Je to hlavne spojené s rozborom pôdy s dôrazom na pôdny typ a druh, vlhkostné pomery, obsah humusu a sklon terénu. Agát je síce drevina nenáročná na kvalitu pôdy, ale tomu potom zodpovedá aj objemový prírastok. Ak chceme dosahovať maximálnu produkciu dendromasy je potrebné zabezpečiť, aby sa plantáže zakladali na optimálnych stanovištiach, prípadne aby boli doplnené chýbajúce živiny hnojením.

Základom tejto technológie je odstránenie pňov z plochy pomocou radlice buldozéra a ich následné navŕšenie na depónium, alebo rigolačná orba. Nevýhodami takéhoto spôsobu odstraňovania pňov sú najmä narušenie, resp. odstránenie vrchnej humóznej vrstvy pri vytlačaní pňov a zarovnávaní terénu, strata produkčnej plochy vznikom depónií pňov, nevhodnosť použitia v inundačnom území a vysoká nákladovosť. Vhodnosť použitia je potrebné určiť na konkrétnej lokalite.

Biologicky, ekonomicky a časovo výhodnejším variantom celoplošnej prípravy pôdy v porovnaní s predchádzajúcou technológiou je odstránenie pňov pňovým vrtákom. Princíp odstránenia pňov spočíva v ich rozrušení frézovacími nožmi pňového vrtáka, ktorý na mieste pňa ponecháva len hrubú drevenú drť. Hrubšie korene je možné odstrániť vyčesávačom koreňov, po predchádzajúcom narušení pôdneho povrchu ťažkými diskovými bránami. Pred výsadbou sa plocha upraví diskovými bránami bežne používanými v poľnohospodárstve. Na plochách pripravených touto technológiou je možné použiť mechanizovanú výsadbu sadeníc. Tento technologický postup by bolo možné úspešne použiť pri obnove agátových porastov z koreňových výmladkov.

Veľké kamene musia byť odstránené, pretože spôsobujú problémy pri sadbe a taktiež počas zberu môžu poškodiť kombajn. Preoranie a skyprenie pôdy umožňuje ľahšiu rast koreňov. Pôda sa pripravuje ako pre obilniny, ale kultivuje sa do väčšej hĺbky. Zvyčajne je to orba do hĺbky 200 – 250 mm na jeseň, pred zimnými mrazmi s prekyprením stredne ťažkými bránami krátko pred sadbou. Je dôležité, aby pôda pred sadením nebola príliš vyschnutá.

Agát je schopný rásť v širokom rozpätí pôdnych a ekologických podmienok a vďaka jeho schopnosti viazať v pôde dusík dokáže osídľovať na živiny veľmi chudobné substráty, ktorých „spartánske“ podmienky vyhovujú len veľmi úzkej skupine drevín. Agát je schopný vysporiadať sa s priemernými ročnými teplotami v rozpätí 7,6 – 20,3°C, pričom optimálne podmienky pre svoj rast nachádza na

piesčitých až hlinito-ílovitých dobre prevzdušnených a priepustných pôdach vo vlhkých oblastiach. Uprednostňuje otvorené slnečné stanovištia, neznáša zatienenie. Agát biely rastie ako pôvodná drevina v oblastiach s vlhkou klímou, kde sú priemerné ročné zrážky od 1020 mm do 1525 mm, z čoho vo vegetačnom období (apríl až september) je 510-760 mm. Napriek tomu sa však agát rýchlo rozšíril aj do oveľa suchších oblastí v USA i vo svete. Nájdeme ho aj v takých krajinách ako je Izrael či Cyprus.

Agát má vysoké nároky na svetlo a je jednou z výrazne svetlomilných drevín. Nerastie v nižších korunových vrstvách iných drevín. Sám má riedku korunu, ktorou prepúšťa pomerne veľké množstvo svetla na povrch pôdy. Agát vyžaduje prevzdušnenú pôdu, to znamená, že nemá rád pôdy s vysokým obsahom vody. Optimálne sa nad maximálnou hladinou podzemnej vody vyskytuje ešte 100 – 120 cm vrstva pôdneho profilu, t.j. ešte 50 – 60 cm vrstva pôdy, ktorá nie je ovplyvnená kapilárnym vztlánaním.

### **Výsadba**

Pri zakladaní agátových porastov tradičným spôsobom sa najčastejšie používa spon 2,4 × 1,0 m, kým pre intenzívny spôsob pestovania sa v súčasnosti riešia možnosti zväčšenia optimálnych sponov.

Šírka radov musí byť prispôbena ťažbovej metóde. Odstup 0,75 m medzi radmi a alternatívne 1,5 m medzi párami radov sa najviac hodí pre v súčasnosti používané stroje. S touto schémou pri rozstupe medzi odrezkami 0,6 m dosiahneme hustotu 15 000 kusov rastlín na hektár (pri 5-ročnej výrube).

Z výsledkov doterajších výskumov vyplýva, že z ekonomických dôvodov bude odôvodnené aplikovať relatívne širšie spony okrem iného aj z dôvodu, že tieto energetické porasty sa prevažne zakladajú na nevyužitých poľnohospodárskych pôdach kde v dôsledku zanedbávania potrebných agrotechnických opatrení sú stanovištné pomery najmä však pôdne podmienky v značnej miere zhoršené. Pre zlepšenie pôdnych pomerov v týchto podmienkach bude potrebné sústavne vykonávať celoplošnú kultiváciu pôdy. Pri zabezpečení uvedeného zásahu, vzhľadom na možnosti použitia potrebných mechanizačných prostriedkov bude žiaduce aplikovať širšie spony a to najmä medzi radmi vysadených stromov až okolo 2,0 – 2,5 m, čím sa zabezpečí optimálny rast ako aj vysoká produkcia dendromasy tohto druhu rýchlorastúcich drevín.

### **Škodcovia a choroby**

V domovine je náchylný na silné poškodenie dvoma hmyzími škodcami – drevokazným druhom *Megacyllenerobiniaea* v listoch mínujúcim druhom *Odontotadorsalis*. Na Slovensku, keďže je nepôvodný, prirodzených hmyzích škodcov nemá.

### **Hnojenie a ošetrovanie porastu**

Boj proti burinám je veľmi dôležitý. Najväčšie škody pri zakladaní plantáží sú spôsobené práve burinami. Pred sadením by mali byť buriny povzbudené kľičiť a potom sú regulované mechanicky pri kultivácii, alebo herbicídmi. Všeobecná prax je použiť herbicídy na jeseň a podľa potreby na jar krátko pred sadbou. Po sadbe je obvyklé aplikovať zvyškový herbicíd pred objavením sa buriny. Za predpokladu, že je povrch pôdy neporušený, je burina zničená už pri kľičení. Miestne je použitie herbicídov nutné opakovať, ale len kým sa neobjaví prvá zeleň. Po ťažbe burina agát často prerastie, ale ten je už dobre zakorenený a uprostred sezóny konkurenciu burín potlačí.

Keďže agát biely má vo všeobecnosti negatívny vplyv na znovu navrátené, obnovené a prírodné lesné ekosystémy, je veľmi dôležité zvládnuť metódy jeho kontroly. Tradičné metódy kontroly rastlinných spoločenstiev s dobre etablovanými cudzími inváznymi druhmi sú metódami bežne používanými na boj s burinou. Medzi netradične patria metódy chemickej, fyzikálnej (mechanickej) a biologickej kontroly problémových druhov. Aj napriek tomu, že potreba kontroly agáta má celosvetový charakter, doteraz nebola koncipovaná všeobecne akceptovateľná metóda jeho účinnej kontroly.

Vyžívanie a vypaľovanie sú jedinými momentálne známymi metódami účinnej kontroly šírenia mladých výhonov a trsov výmladkov. Ak chceme zničiť celý trs alebo celú skupinu, samotné zrezanie je nepostačujúce.

Lepší spôsob kontroly šírenia je aplikácia herbicídov na kmene. Herbicíd je následne transportovaný do koreňovej sústavy. V USA sa ako jedna z metód používa ručná aplikácia 6,25 % roztoku glykofosfátu (v pomere 15 dielov vody a 1 diel glykofosfátu) na pne zrezané nízko pri zemi v období od polovice júna do augusta. Silná koreňová a pňová výmladnosť z hustých trsov a skupín si môže v priebehu niekoľkých rokov vyžadovať opätovný zásah.

### **Zber porastu a životnosť plantáže**

Za predpokladu dodržania technologickej disciplíny je možné obnovovanie porastov z výmladkov opakovať v 1 – 30 ročných intervaloch 4 až 5 krát.

## **2.5. Pestovanie topoľa (*Populus spp.*)**

V súčasnosti sa topole v SR pestujú na približne 16 600 ha a táto problematika je predmetom intenzívneho lesníckeho výskumu. Je to síce pomerne malá výmera, avšak sú oblasti, v ktorých topole prevládajú vzhľadom na špecifické pôdne a klimatické podmienky.

Topoľové drevo má celý rad vhodných charakteristík, ktoré vytvárajú dobré príležitosti na jeho intenzívne využitie, čo sa týka strojového opracovania, lepenia a povrchovej úpravy. Medzi nevýhody topoľového dreva patrí znížená pevnosť v ohybe a tlaku a najmä výskyt skrytých chýb ako sú krivosť kmeňa, hrčovitosť, ťahové drevo a odlupčivosť. Toto samozrejme nemá vplyv na energetické využitie hmoty topoľov, ale iba pri spracovaní ich dendromasy v drevospracujúcom priemysle. Euroamerické klony majú obsah celulózy na takej úrovni, že jednoznačne možno povedať, že sú vhodné na chemické spracovanie v celulózovom a papierenskom priemysle.

### **Produkčná schopnosť**

Nížinné oblasti Slovenska sa vyznačujú vysokou produkčnou schopnosťou. Úlohou vlastníka resp. užívateľa pozemkov je využiť túto produkčnú schopnosť pri zabezpečení ostatných celospoločenských funkcií pôdy.

Pestovaním povolených (uznaných a registrovaných) topoľov sa bez zmeny plošnej výmery zvýšila za posledných 50 rokov produkcia topoľovej drevnej hmoty dvojnásobne a výťažnosť vzrástla z pôvodných 29 % na 97 %. Priemerný ročný hmotnostný prírastok sa na najproduktnejších pôdach pohybuje okolo 12 (až 14) t.ha<sup>-1</sup> v suchom stave. Opodstatnenosť pestovania topoľov s veľmi krátkou rubnou dobou je rentabilné za predpokladu, že ročný hmotnostný prírastok neklesne pod 8 t.ha<sup>-1</sup>.

## Zakladanie topoľových porastov

Samotné zakladanie topoľových kultúr je závislé od spôsobu pestovania, ktoré sa rozdeľuje do dvoch základných skupín:

### *1. Tradičný spôsob pestovania topoľov, resp. pestovanie v silvokultúrach*

#### **Príprava výsadby a výsadba**

Inundačné územia riek na dolnom toku bývajú pravidelne zaplavované. Dĺžka záplav sa pohybuje od 2 (5) dní až do 3 týždňov. V zátopovom území prebieha počas záplav proces sedimentácie a erózie. Sedimenty obsahujú vysoký podiel organickej zložky, čím je zabezpečené pravidelné hnojenie celej inundácie na prírodnej báze. Vzhľadom na špecifičnosť záplavového územia sa celoplošná príprava pôdy nevykonáva. Vitálny krovitý a bylinný podrast sa pred obnovou odstraňuje valivým sekáčom, ťažkými diskami, alebo buldozérskou radlicou. Jamy pred výsadbou sa vrtajú pomocou pôdnych vrtákov zavesených hydraulicky na traktor do hĺbky 60 až 80 cm. Na výsadbu sa používajú jednoročné (2,5 m), alebo dvojročné sadenice o minimálnej výške 3,0 m. Výsadba sa realizuje v sponoch 3 x 2, príp. 3 x 3 m.

### *2. Intenzívne spôsoby pestovania topoľov*

Intenzívne pestovanie sa zásadne používa na nezaplavovaných plochách. Na zaplavovaných územiach hrozí stále nebezpečenstvo erózie záplavovou vodou, takže je stále vysoké riziko odplavenia vrchnej, humóznej vrstvy pôdy. Z pôdnej stránky sú vhodné najmä pôdne typy fluvizem typická, pelická, šiernica a černozem. Pri sústavnom celoplošnom ošetrovaní pôdy je však možné aplikovať intenzívne spôsoby pestovania aj na ťažkých ílovito-hlinitých až ílovitých pôdach za predpokladu, že sa v pôdnom profile nevyskytujú nepriaznivo pôsobiace vrstvy (štrkové, glejové). Na základe súčasných poznatkov môžeme intenzívne spôsoby pestovania charakterizovať komplexom niektorých opatrení, akými sú:

- celoplošná príprava pôdy;
- výber, výsadba a pestovanie vysoko produkčných klonov topoľov;
- celoplošné mechanické spracovanie pôdy 1 – 3 krát počas vegetačného obdobia, podľa možnosti vo dvoch smeroch. Technologický postup sa aplikuje minimálne prvé tri roky po výsadbe.

#### **Príprava výsadby – výber lokality**

Pred samotným zakladaním topoľových kultúr intenzívnymi spôsobmi sa vykonáva celoplošná mechanická príprava pôdy, ktorá je podmienkou pri aplikácii uvedenej pestovateľskej technológii. Samotná príprava pôdy pritom pozostáva z odstránenia pniakov a burín, úpravy terénu a diskovania pôdy. K dispozícii je sústava rôznych mechanizmov, pričom niektoré operácie je možné vykonať naraz. Poznávame, že aplikáciou celoplošnej prípravy pôdy sa výrazne zlepšuje vodo-vzdušný režim v zóne koreňového systému a výrazne sa obmedzuje aktivita technických škodcov dreva.

V závislosti od produkčného cieľa sa uskutočňuje aj výber lokality. napr. technológia hĺbkovej sadzby (za účelom získania guľatinových sortimentov) sa bežne aplikuje v lesnej prevádzke. Nedostatok živín v sterilných piesčitých

a štrkových laviciach je kompenzovaný živinami z podzemnej vody, ktorá je silne mineralizovaná. Celý systém funguje na princípe hydroponie.

### **Výsadba**

Intenzívne spôsoby pestovania topoľov sa rozdeľujú v závislosti od hospodárskeho cieľa, dĺžky rubnej doby a veľkosti východiskového sponu na:

#### a) Lignikultúry

Lignikultúry predstavujú najvyšší stupeň intenzifikácie pestovania topoľov. Zameriavajú sa na dopestovanie výrezov zvláštnej akosti (I., II. trieda) pri rubnej dobe 15-20 rokov. Preto sa zakladajú do celoplošne pripravenej pôdy v definitívnom rubnom sponu, najmenej 6x6 m. Na výsadbu sa používajú silné odrastky (1/2, 2/2, 2/3) s dobre vyvinutým koreňovým systémom. Pri samotnom zalesňovaní platí zásada „zo zeme do zeme“.

#### b) Intenzívne topoľové kultúry

Na pestovanie v intenzívnych kultúrach sú vhodné tie isté klony, ktoré sa odporúčali v lignikultúrach.

Intenzívne topoľové kultúry sa zakladajú v stredných sponoch 4 x 4 až 5 x 5 m.. Pri pestovaní topoľov v intenzívnych kultúrach sa na stanovištiach s výrazným poklesom hladiny podzemnej vody aplikuje tzv. technológia hĺbkovej sadby. Pre uvedenú technológiu platia nasledovné zásady:

- optimálny východiskový spon je 4 x 4 m, na sterilných štrkoch sa aplikuje spon 5 x 5 m;
- na výsadbu sa môžu použiť len klony, ktoré majú tendenciu vytvárať tzv. totálny koreňový systém;
- faktorom minima je pôdny kyslík, maximálna hĺbka výsadby na štrkových pôdach je do 4 m hĺbky a hrubozrnných pieskoch do 3 m;
- výsadba sa realizuje na priemernú hladinu podzemnej vody počas vegetačného obdobia;
- na výsadbu sa používajú topoľové odrastky. Najlepšie sa osvedčili odrastky s 3-ročným koreňovým systémom a 2-ročnou nadzemnou časťou;
- celoplošná mechanická príprava a ošetrovanie pôdy sa nevykonáva.

Technológia hĺbkovej sadby sa bežne aplikuje v lesnej prevádzke. Nedostatok živín v sterilných piesčitých a štrkových laviciach je kompenzovaný živinami z podzemnej vody, ktorá je silne mineralizovaná. Celý systém funguje na princípe hydroponie.

#### c) Kultúry na produkciu vlákny a energetické porasty

Nakoľko, ide o kultúry na produkciu vlákny a energetickú štiepku, zakladajú sa na menej úrodných topoľových stanovištiach. Ako východiskový spon sa bežne aplikuje 3 x 3 m. Na výsadbu sa používajú 1-ročné kvalitné sadenice (optimálne 2,2 m), ktorá sa realizuje do celoplošne pripravenej pôdy.

### **Návrh drevinového zloženia**

Pre výber vhodných klonov topoľov platia kritériá, ktoré musí spĺňať každý klon zaradený medzi klony vhodné na pestovanie:

- intenzívne rastú ihneď po výsadbe;
- ľahko sa rozmnožujú zimnými osovými odrezkami;
- majú výbornú reprodukčnú schopnosť z pňových a koreňových výmladkov;

- vyznačujú sa znakmi rezistencie;
- podiel kôry na kmeni má byť čo najmenší;
- vytvárajú úzku, resp. stredne širokú korunu;
- majú širokú ekologickú amplitúdu.

Z rajonizovaných klonov topoľov sa na zakladanie energetických porastov najlepšie osvedčili klony „I-214“, „Gigant“, „Robusta“ a „Pannonia“. Ako perspektívne sa ukazujú niektoré balzamové topole resp. klony zo skupiny interamerických topoľov.

### **Škodcovia a choroby**

Vzhľadom na pravidelné škody zverou (ohryz, polom) sa bežne vykonáva individuálna ochrana. Najlepšie sa osvedčilo rákosové pletivo. V prvých 2 – 3 rokoch sa vykonáva vyžínanie. V uvedenom časovom období sa vykoná aj úprava korún, ktorou sa sleduje odstránenie dvojákov a tvarovanie koruny poškodenej jeleňou zverou. Prvý výchovný zásah má charakter negatívneho výberu a vykonáva sa medzi 7 – 10 rokom.

### **Hnojenie a ošetrovanie porastu**

V lignikultúre je každý kmeň cieľový a preto každému kmeňu treba venovať intenzívnu starostlivosť z pestovateľskej i ochranárskej stránky. So zreteľom na použitie rubných sponov sa prebierkové zásahy v lignikultúrach nevykonávajú.

Pri intenzívnych topoľových kultúrach sa celoplošná mechanická kultivácia pôdy po výsadbe uskutočňuje po dobu 4 až 5 rokov. Na suchších lesných typoch v rámci skupiny lesných typov *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* sa pôda spracováva minimálne 10 rokov. V prvých rokoch treba zabezpečiť, aby sa pôda okopávala aj okolo jednotlivých stromčekov. So zreteľom na použitie stredných sponov sa v intenzívnych topoľových kultúrach uskutočňujú prebierky o sile 25, resp. 50 % z počtu stromov

Pri kultúrach na produkciu vlákny a paliva sa kultivácia pôdy vykonáva prvých štyri roky.

### **Zber porastu topoľa a životnosť plantáže**

Lignikultúry predstavujú najvyšší stupeň intenzifikácie pestovania topoľov. Zameriavajú sa na dopestovanie výrezov zvláštnej akosti (I., II. trieda) pri rubnej dobe 15-20 rokov.

Produkčným cieľom v intenzívnych topoľových kultúrach sú guľatinové sortimenty. Rubná doba sa pohybuje v medziach od 18 do 25 rokov, v závislosti od produkčnej schopnosti pôdy a rastu pestovaných klonov topoľov.

Pri kultúrach na produkciu vlákny a energetických porastov je produkčným cieľom vlákninové/energetické drevo. Rubná doba sa pohybuje v rozmedzí 10 až 15 rokov a závisí od úrodnosti pôdy a rastových vlastností pestovaných klonov topoľov.

## **2.5. Pestovanie Oxytree**

Oxytree je rýchlo rastúci listnatý strom s mimoriadnymi vlastnosťami. Podľa laboratórnych výsledkov má Oxytree, klon Paulownie (Clone In Vitro R 112) najlepšie vlastnosti medzi jej druhmi. Ide o veľmi trvanlivú a nie príliš náročnú rastlinu. Neohrozuje premnožením. Kvalitné drevo stromu je vyhľadávaným



priemyselným materiálom a má vysokú výhrevnú hodnotu. Navyše tento strom po výrube niekoľkokrát znovu narastie.

### **Produkčná schopnosť**

Podľa dostupných údajov má klon Oxytree už v 3. roku obvod kmeňa 80 - 85 cm a v 6. roku má dosahovať priemer kmeňa 35 cm a výšku 16 m. V priebehu 6-7 ročného rastového cyklu možno spracovať aj listy a konáre na biomasu a po ukončení rastu vyťažiť drevo, pričom tento cyklus je možné opakovať až 3-krát po dobu 20-tich rokov. Na 1 ha sa počíta s výsadbou okolo 620 jedincov, pokiaľ je cieľom produkcia stavebného dreva, pri produkcii na biomasu až s výsadbou 3 000 - 3 500 jedincov.

### **Príprava výsadby – výber lokality**

Oxytree je možné vysádzať od apríla do augusta, avšak ideálny čas je v mesiaci máj a jún. Preto by mala skoro v marci prebehnúť príprava pôdy, aby bolo možné uskutočniť odstraňovanie buriny nie neskôr ako 8 týždňov pred výsadbou.

Vhodná pôda pre výsadbu Oxytree má dobrú priepustnosť vody a je sypká, piesočnatá (v prípade ak je pôda tvrdá a hlinitá je maximálny prípustný podiel hliny do 30 %). Pri tvrdšej/hlinitej pôde sa pred výsadbou odporúča jej kultivácia, Hlbokým kyprením pôdy sa môže zlepšiť jej priepustnosť vody do hĺbk 70-80 cm, čím sa vytvorí priaznivejšie prostredie pre rozvoj koreňového systému. Tvrdosť sa dá zmierniť aj primiešaním materiálu s obsahom častíc väčšej veľkosti, na tento účel je vhodný aj hnoj a rôzne druhy kompostov. Na pozemku sa pred výsadbou odporúča odstrániť burinu, ktorá by mohla pohltiť vlhkosť a minerály potrebné na rast Oxytree.

Hladina podzemnej vody musí byť pod 2 m a do hĺbky 6 m nesmie byť prítomná vrstva štrku. Ideálne pH pôdy je medzi 5 a 8,9. Vhodná teplota pre rast Oxytree predstavuje škálu medzi -25 °C po 45 °C.

Oxytree potrebuje čo najviac slnečného svetla, preto nie je vhodné tieto stromy vysádzať na strmé severne orientované svahy, alebo v blízkosti iných plantáží, ktoré vrhajú veľký tieň.

### **Výsadba**

Spon pri výsadbe Oxytree závisí od cieľa produkcie. Pri ťažbe stavebného dreva sa odporúča spon 4x5m, pri využití dreva na biomasu spon 3x2m (tj. riadky musia byť od seba vzdialené 3 m a jednotlivé stromy v riadku 2m).

Ak je pôda hlinitá (ktorá zadržiava vlhkosť aj počas leta) je potrebné sadenice umiestniť do vopred pripravenej jamy a potom pôdny bal pokryť vrstvou zeme vysokou 5-7,5 cm. Pri viac piesčitej pôde je potrebné pôdny bal pokryť vrstvou zeme vysokou 10-12,5 cm.

Ihneď po výsadbe je potrebné poliať pôdu okolo sadeníc 3-5 L vody, avšak je potrebné zabezpečiť, aby listy a kmeň neprišiel do kontaktu s vodou

### **Škodcovia a choroby**

Ak plantáži hrozí poškodenie divokou zverou, je rozumné celú oblasť zabezpečiť oplotením, ak sa však očakávajú iba menšie divé zvieratá (napr. zajace) postačí

zabezpečiť iba jednotlivé sadenice. Informácie o iných škodcoch nie sú doposiaľ známe.

### **Hnojenie a ošetrovanie porastu**

V prípade, ak je objem prirodzených zrážok dostatočný, tj.viac ako 800 mm ročne Oxytree bude pekne rásť aj bez zavlažovania. V prípade ak je potrebné dodatočné zavlažovanie odporúčajú sa 3 metódy:

#### 1. vybudovanie kvapkového zavlažovacieho systému

Ak je použité kvapkové zavlažovanie do systému sa ľahko napoja aj hlavice dávkujúce močovku, čo zjednoduší hnojenie. Rastliny nesmú prísť do priameho kontaktu s vodou, zavlažovače musia byť umiestnené 50 cm od rastlín, alebo v prípade piesčitej pôdy by vzdialenosť mala byť 25 cm. Počas druhého roka, keď sa rozrastú korene, je potrebné inštalovať druhú zavlažovaciu hadicu pre každý rad a zabezpečiť, aby boli zavlažovače umiestnené v blízkosti stromov.

Použitím tejto metódy je frekvencia zavlažovania počas niekoľkých prvých mesiacov 2-3 krát za týždeň. Keď je koreňový systém rastliny dostatočne silný, je potrebné zvýšiť množstvo vody počas obdobia rastu a zároveň znížiť frekvenciu na 1-2 krát za týždeň.

#### 2. metóda umelých záplav

V mieste, kde sú vysadené stromy, musí byť vytvorený centrálny žľab a 2 ďalšie dodatočné po oboch stranách rastlín, ktorými môže tiecť voda. Od 2. roka je možné odstrániť dodatočné žľaby a zavlažovanie sa môže realizovať medzi riadkami. Ak je oblasť náchylná k zadržiavaniu vody, mali sa vytvoriť odtokové žliabky.

Pri použití metódy umelého zavlažovania by mala byť frekvencia zavlažovania prvé mesiace po výsadbe každých 7-15 dní v závislosti od množstva zrážok, teploty a drenážnej kapacity pôdy. Počas 2. Roka rastu by mala frekvencia zavlažovania byť každých 15-20 dní, lebo odvtedy je možné používať už väčšie množstvo vody na väčšej ploche (medzi riadkami).

#### 3. metóda manuálneho zavlažovania

Pri zavlažovaní sadeníc je dôležité zabezpečiť, aby vodná tryska neodplavila pôdu okolo koreňov.

Bez ohľadu na metódu je potrebné dohliadnuť, aby sa okolo sadeníc nevytvárali kaluže vody, zavlažovaná by mala byť iba pôda okolo sadeníc.

V počiatočnom období je obzvlášť dôležité odstraňovať burinu v okolí sadeníc. V období hneď po výsadbe sa odporúča odstraňovať burinu v okruhu 70 cm okolo sadeníc a tento proces pravidelne opakovať počas prvých 6 mesiacov. Počas ďalších rokov, stromy budú hádzať čoraz väčší tieň a odstraňovaniu buriny sa bude potrebné venovať menej. Odporúča sa taktiež každý rok nechať listy, ktoré na jeseň odpadnú na zemi, aby sa zlepšila kvalita a zloženie pôdy.

Oxytree dokáže rásť v pôde s nízkym obsahom živín, avšak na zabezpečenie veľkého výnosu sa odporúča počas prvých 9. mesiacov zvýšiť množstvo hnojiva úmerne k rastu stromov.

Na plantážach produkujúcich biomasu by sa mali orezávať iba najnižšie konáre, aby uľahčili pohyb strojov. Prerezávanie prvú jar po roku výsadby sa odporúča iba na plantážach so stavebným drevom, aby kmene boli rovné bez uzlov. Je potrebné odstrániť výhonky v prvom roku, skôr ako zdrevnatejú, aby neskôr na dreve nezostali kazy. Bočné konáre rastúce medzi kmeňom a listami treba odstrániť keď majú 10-20 cm. Je veľmi dôležité, aby neboli odstránené listy, ak sa tak stalo, mohlo by to poškodiť rastlinu a spomaliť jej vývoj.

Stromy je potrebné prerezávať na jar v rok nasledujúcom po roku výsadby. Miera rastu stromov, ktoré nie sú prerezané bude pomalšia. Pri prerezávaní je potrebné viesť rez šikmo, blízko pri zemi, teda približne 5 cm nad zemou. Touto metódou prerezávanie posilňuje koreňový systém stromu. Po prerezávaní sa objavia nové výhonky. V tejto fáze je potrebné vybrať tie najlepšie, ktoré majú byť ponechané (a vytvoria dospelý strom), všetky ostatné je potrebné odstrániť.

### **Zber porastu a životnosť plantáže**

Životnosť plantáže je cca. 20 rokov, pričom za toto obdobie je možné opakovať 3 cykly výsadby a ťažby dreva. Po ukončení plantážovania je potrebné plochu vyklčovať a vrátiť do využívania na pestovanie poľnohospodárskych plodín.

### 3. Posúdenie energetickej výťažnosti vybraných druhov energetických rastlín

Posledná kapitola štúdie je zameraná na vyhodnotenie vybraných vlastností, najperspektívnejších 2 druhov rýchlorastúcich drevín – topoľa a Oxytree. U týchto energetických rastlín boli stanovené nasledujúce parametre:

- úroda a produkcia hmoty z 1 ha v t,
- obsah sušiny,
- spalné teplo,
- výhrevnosť,
- obsah popola,
- obsah hlavných biogénnych prvkov,
- objemová hmotnosť.

#### 3.1. Vybrané vlastnosti topoľa

Topoľ a jeho rôzne klony predstavuje pomerne tradičnú rýchlo rastúcu, krátko až strednovekú drevinu s krehkým a mäkkým drevom. Vlastnosti topoľa sumarizujú tabuľky uvedené nižšie.

Parameter	Hodnota
<b>Úroda a produkcia hmoty</b>	12 - 18 t/ha, tj. 33,9-50,9 m <sup>3</sup> /ha (1666 stromov/ha)
<b>Obsah sušiny</b>	45-50% v dobe ťažby, po vysušení v prírodných podmienkach 80-85%
<b>Spalné teplo (teplota vznietenia)</b>	Od 300°C
<b>Výhrevnosť</b>	4751.9 kcal, resp. 19 882 kJ /1 kg suchej hmoty, pri vlhkosti 25% 12 300 KJ/kg,
<b>Obsah hlavných biogénnych prvkov</b>	25,6% lignín, 16,6% hemicelulóza, celulóza 42,2%
<b>Objemová hmotnosť</b>	400 kg/m <sup>3</sup> pri suchom dreve, 550 kg/pm pri 25% vlhkosti

Prvok (hybridný topoľ)	% podiel v suchej zložke
Uhlík (C)	48,45
Vodík (H)	5,85
Dusík (N)	0,47
Síra (S)	0,01
Kyslík (O)	43,69

Hlavné prvky v popole	% podiel v suchom popole
P	0,06
K	0,21
Na	0,01

Ca	0,56
Mg	0,04

### 3.2. Vybrané vlastnosti Oxytree

Oxytree má vysokú výhrevnú hodnotu, približujúcu sa k hodnote hnedého uhlia. 70% jedného stromu Oxytree tvorí jeho kmeň a zvyšných 30% predstavujú konáre, listy, kvetenstvo a plody. Priemer kmeňa ročného až dvojročného stromu má už vhodný rozmer pre výrobu piliera. Na iné priemyselné spracovanie je vhodný už od 3 roka, ale maximálny priemer kmeňa dosiahne vo svojom 6. roku, keď je najvýnosnejšia. Po výrube niekoľkokrát znovu narastie. Od druhého rastového cyklu rastie rýchlejšie, preto je možné ťažbu zopakovať v 10. roku. Bližšia charakteristika Oxytree je uvedená v tabuľkách nižšie.

Parameter	Hodnota
<b>Úroda a produkcia hmoty</b>	1 strom cca 0,350 – 0,375 m <sup>3</sup> /obdobie 3 r. Cca 3000 stromov/1 ha
<b>Obsah sušiny</b>	po spílení na voľnom vzduchu pri teplote 24 – 28°C do 60 dní obsah vody 2 – 3% (obsah sušiny 97-98%);
<b>Spalné teplo (teplota vznietenia)</b>	420 – 430°C
<b>Výhrevnosť</b>	4 669,5 kcal, resp. 19 520 kJ /1 kg suchej hmoty
<b>Obsah hlavných biogénnych prvkov</b>	45% lignínu, 25% celulózy, 25% hemicelulózy a 5% zvyšných látok - uhlíkatá hmota (neobsahuje zlúčeniny kremíka, živicu ani glej a zanecháva veľmi málo popola)
<b>Objemová hmotnosť</b>	čerstvé drevo - 700 – 900 kg/m <sup>3</sup> , po vysušení 300 – 350 kg/m <sup>3</sup> ;

Prvok	% podiel v suchom popole	% podiel vo vlhkom popole (vlhkosť – 20%)
Uhlík (C)	50,8	40,64
Vodík (H)	5,61	6,72
Dusík (N)	0,26	0,20
Síra (S)	0,001	0,000
Chlór (Cl)	0,01	0,01
Kyslík (O)	42,04	51,39
čistá výhrevnosť (NCV)	18,25	14,11

Hlavné prvky v popole (550 °C)	% podiel v suchom popole
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,95
MnO	0,04
CaO	11,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,96
K <sub>2</sub> O	22,74
MgO	3,10
Na <sub>2</sub> O	0,25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,02
SiO <sub>2</sub>	0,76

© CREST/Január 2016  
 CREST – CENTER FOR RENEWABLE SOURCES  
 Trieda SNP 53,  
 97401, Banská Bystrica

Projekt je financovaný z grantu Nórskeho kráľovstva prostredníctvom Nórskeho finančného mechanizmu

Spolufinancované zo štátneho rozpočtu Slovenskej republiky

[www.eeagrants.sk](http://www.eeagrants.sk)