

Návod k provádění pokusů s biouhlem



Úprava kusového dřevěného uhlí pro přidávání do půdy
Auroře,
v Hondurasu.
Foto J. Major



Polní pokus s biouhlem na poli kukuřice v
NY USA.
Foto C. Hyland

Julie Major, PhD
Extension Director for the International Biochar Initiative



www.biochar-international.org

Český překlad Vojtěch Klusák, odborná a jazyková revize Helena Vlačínová, duben 2010

English version of this document was reviewed by IBI's Science Advisory Committee. IBI and Julie Major are not responsible for any prejudice caused by the application of guidelines given in this manual. Figures and tables presented herein are not based on real data and are shown as fictitious examples only.

This translation was not reviewed by the author or IBI and any errors are the responsibility of the translator.

Anglická verze tohoto dokumentu byla zkontrolována Vědeckou komisí IBI. IBI a Julie Major nejsou odpovědní za žádnou újmu způsobenou použitím pokynů, které jsou v tomto návodu. Grafy a tabulky, které jsou zde uváděny, nejsou založeny na skutečných datech a jsou uváděny jen jako fiktivní příklady. Tento překlad nebyl kontrolován autorem nebo IBI a za případné chyby v textu odpovídá překladatel.

Informace o datu dokumentu:
verze 1.2, 15. dubna 2009

Obsah

Úvod.....	4
Předtím než začnete.....	4
Krok 1: Vytvoření hypotézy.....	5
Krok 2: Plánování a rozvržení pokusu.....	5
ZÁKLADNÍ PRINCIPY PRO NAVRHOVÁNÍ USPOŘÁDÁNÍ POLNÍCH TESTŮ	6
Princip č. 1: Kontrolní plochy (kontrolní pokus).....	6
Princip č. 2: Opakování.....	10
Princip č. 3: Náhodné uspořádání a obecně užívané prostorové rozvržení.....	12
Krok 3: Plánování měření a činností spojených s odebráním vzorků.....	14
MĚŘENÍ VÝTĚŽKU (ÚRODY).....	15
VZORKOVÁNÍ PŮDY.....	16
Krok 4: Provádění pokusu.....	17
Krok 5: Analyzování vzorků.....	20
Krok 6: Rozbor a prezentace výsledků.....	20
Krok 7: Šíření, sdílení výsledků	23
Registr pokusů s biouhlem IBI.....	24
Citovaná literatura.....	24

Rámečky

Poznámka 1: Rychlý test pro zjištění, zdali biouhel neobsahuje složky, které mohou být rostlinám škodlivé.....	8
Poznámka 2: Poznámka k pseudo-opakování (pseudo-replikaci).....	16
Poznámka 3: Nakládání s biouhlem a k jeho vpravení do půdy.....	19
Poznámka 4: Přidávání biouhlu do půdy (upraveno z Blackwell et al. 2009).....	19

Úvod

Bylo prokázáno, že biouhel je prospěšný pro růst a výnos plodin a že je slibným materiálem pro použití v zemědělství. Tak jako u každého prostředku ke zlepšení půdy je však třeba jeho účinnost prokázat u různých plodinových systémů, a také je ještě (2009) třeba stanovit optimální míru pro jeho použití. O testování biouhlu se také zajímá řada skupin a jednotlivců s různým zázemím. Proto Mezinárodní iniciativa pro biouhel (International Biochar Initiative, IBI) připravila tohoto průvodce, aby pomohla těm, kteří se zajímají o testování působení biouhlu v půdě, navrhnout a provádět solidní experimenty, jejichž výsledky mohou být zveřejňovány a mohou se z nich činit spolehlivé závěry.

Při postupu jednotlivými fázemi plánování se neváhejte podělit s ostatními a neváhejte se zeptat, když narazíte na princip, kterému nerozumíte. Kritickým krokem, který byste měli s někým probrat, je prostorové rozvržení experimentu. Jakmile máte experiment rozvržený, požádejte někoho, kdo má zkušenost s takovými pokusy a s analýzou jejich dat, aby vám vaši práci zkontroloval. Především je třeba se vyvarovat falešného (chybného) opakování (pseudoreplikace). Tato chyba, kterou je někdy obtížné odhalit, je vysvětlena v kroku 2. Pokud je opakování falešné, pak se o opakování nejedná a bez opakování je nemožné provést statistické vyhodnocení (zpracování) dat. V celém procesu provádění polních testů je zajištění správného rozvržení ve fázi navrhování experimentu klíčové. Dobře navržený, solidní experiment může poskytovat cenná data i po mnoho let.

Předtím než začnete

Před zahájením detailního plánování svých pokusů by jste si měli položit několik otázek:

- Komu chcete účinky biouhlu předvést? Odpověď bude určující pro výběr uspořádání, ve kterém budete provádět pokusy, ať už půjde o velkostatkáře, členy komunitních zahrad hospodařící na záhonu, pěstitele kávy, kteří jsou členy družstva, atp.
- Jaké finanční a lidské zdroje máte k dispozici? To bude určující pro to, jak velké pokusy můžete založit a jaký typ dat z nich můžete získat.
- Na čem plánujete pozorovat působení biouhlu? Pokud chcete sledovat zvýšení výtěžku díky lepší výživě rostlin, měli byste vybrat plodinu vhodnou pro vaše uspořádání a zároveň náročnou na živiny a také zkusit přidat biouhel do té nejchudší půdy, kterou máte: tam se biouhel může pochopitelně nejvíce projevit. Pokud vás zajímá schopnost zadržovat vlhkost, potřebujete pracovat s místem a/nebo s typem půdy, kde je vláha limitující pro produktivitu.
- Jak dlouho bude vaše experimentování trvat? Mějte na paměti, že schopnost mnoha typů biouhlu zadržovat živiny se s časem vyvíjí (Cheng 2006, 2008), takže je možné, že neuvídíte rozdíly ve sklizni první sezónu po použití biouhlu. Stalo se už totiž, že jedno přidání biouhlu bylo pro výživu rostlin prospěšné po dobu několika let, i když se první rok biouhel neprojevil.

Jakmile máte dobrou představu o tom, jaký druh pokusu chcete uskutečnit, jste připraveni začít plánovat do větší hloubky. Následující kroky vás provedou metodou (postupem), která má zajistit získání spolehlivého, reprodukovatelného souboru dat, umožňujícího statistické zpracování a jejich přesvědčivou a srozumitelnou prezentaci (vyvození jasných závěrů).

Krok 1: Vytvoření hypotézy

Tento krok se může zdát nepodstatný, ale přitom je důležitý, protože přesné definování hypotézy pro testování vám pomůže určit a shromáždit všechny informace, které potřebujete, abyste dospěli k patřičným závěrům.

Zde je několik příkladů hypotéz pro pokusy s biouhlem:

Příklad 1: (i) Přidání 5 % biouhlu do hrnkového substrátu (v květináči) způsobí za normální dobu do okamžiku vysazování zvětšení velikosti semenáčků palmy olejné a (ii) po vysazení se životaschopnost semenáčků zvýší.

Příklad 2: (i) Biouhel získaný jako vedlejší produkt při vaření v upraveném domácím sporáku použitý v domácí zahradě zlepší výnosy zahradních plodin a (ii) v domácnosti se utratí méně peněz za nakupování zeleniny na trhu, NEBO podíl zeleniny na jídelníčku obyvatel domácnosti (rodiny) se zvýší.

Příklad 3: Přidání 20 t/ha biouhlu do půdy okrajových (méně úrodných) polí na farmě komerčně produkující kukuřici umožní použít na těchto polích méně hnojiva.

Příklad 4: Přidání 20 t/ha biouhlu do půdy okrajových (méně úrodných) polí na farmě komerčně produkující kukuřici povede po 10 letech po přidání k měřitelnému zadržení uhlíku v množství 15 t/ha.

Jakmile jste si utvořili své hypotézy (předpoklady), můžete začít přemýšlet o tom, jak je ověřit.

Krok 2: Plánování a rozvržení pokusu

Co budete potřebovat? Příklady otázek, které bude potřeba zodpovědět:

1. Jaký biouhel použijete?

Kolik biouhlu je třeba? Kolik bude stát jeho získání a doprava? Biouhel může pocházet z široké palety přírodních materiálů a být připravený za různých pyrolýzních podmínek. Z těchto důvodů může mít výsledný biouhel různé vlastnosti, od prospěšných až po škodlivé. Například uhly bohaté na těžké organické látky nebo soli mohou rostliny poškodit nebo i usmrtit. Je důležité provést jednoduchý test klíčivosti, nebo test únikového chování s půdními kroužkovci (viz rámeček 1) abychom zjistili možnou toxicitu. Také pokud vyrábíme biouhel z materiálu majícího vysoký obsah křemíku, například z rýžových plev, je důležité zachovat pyrolýzní teplotu nízkou (< 550 °C), aby se snížila pravděpodobnost vzniku krystalů křemičitanů. Opakované vdechování krystalů křemičitanů způsobuje vážnou nemoc silikózu. IBI silně doporučuje obstarat si kvalifikovaný odborný (inženýrský) posudek před stavbou a používáním jakéhokoli druhu biouhlové výrobní jednotky. Pro více informací k práci s biouhlem viz rámeček 3 a 4.

Některé biouhly, například ty vyrobené z hnoje a kostí, jsou hlavně složeny z popelovin (tzv. „vysoce mineralizované biouhly“), a proto mohou být pro plodiny zdrojem značného množství živin. Berte v potaz, že působení tohoto hnojiva bude pravděpodobně okamžité a krátkodobé, tak jako v případě syntetických hnojiv. Jinými slovy obsah uhlíku vysoce mineralizovaných biouhlů je nízký (< 10%), tudíž dlouhodobá schopnost zadržovat živiny bude pro dané množství materiálu

nižší. Také potenciál pro poutání uhlíku v půdě může být umenšený nízkým obsahem uhlíku v materiálu. O biouhlu, který budete používat, shromážděte maximum informací. Někteří výrobci inokulují (očkují, obohacují) své produkty mikroorganismy nebo přidávají živiny. Zjistěte, zdali byl produkt testovaný v půdě a zda jsou k dispozici výsledky testů.

2. Kde budete pokusy provádět?

Budete pracovat na více stanovištích? Kolik prostoru bude potřeba na každém místě? Po jak dlouhou dobu bude třeba, aby majitelé/správci pozemků půdu potřebnou na provádění pokusů poskytli? Jak jsou pokusné plochy zabezpečeny? Potřebujete speciální ochranu proti škůdcům nebo zvěři na některých nebo všech pokusných místech?

Na jedné straně mají data sebraná na více místech silnější vypovídací hodnotu (např. několik farem v povodí nebo zemědělské oblasti, nebo v kontrastních oblastech), na druhé straně velké projekty jsou náročnější na realizaci než ty malé a vyžadují více zdrojů pro uskutečnění pokusů, sběr dat a vzorků, analyzování vzorků, atd.

3. Kdo bude odpovědný za provedení pokusů?

Budete požadovat, aby se farmáři starali o pokusné pozemky tak jako obvykle? Budete pracovat na experimentální stanici, kde je k dispozici personál, který se o pokusy postará podle vašeho návodu? Budete potřebovat někoho najmout? Jsou lidé, které máte k dispozici pro vedení (provádění) experimentu dostatečně kvalifikovaní (proškolení) aby vykonávali potřebná měření konzistentně (vždy stejným způsobem) a přesně?

4. Co budete měřit?

Výtěžek úrody? Výšku plodiny? Kvalitu plodiny? Úrodnost půdy? Budete provádět měření vlastními silami? Budete posílat vzorky do laboratoře pro analýzu? Budete měřit množství vláhy v půdě? Budete potřebovat určit, jak se v půdě s časem mění množství biouhlu?

Nejkvalitnější ohodnocení plodnosti půdy a výživové (nutriční) hodnoty plodin poskytují specializované laboratoře a jejich zařízení je většinou dosti nákladné. To vše je třeba zvážit při rozhodování o počtu pokusných pozemků, počtu způsobů ošetření a počtu opakování. V současné době je zjištění množství biouhlu v půdě s přijatelnou přesností nákladné.

ZÁKLADNÍ PRINCIPY PRO NAVRHOVÁNÍ USPOŘÁDÁNÍ POLNÍCH TESTŮ

Princip č. 1: Kontrolní plochy (kontrolní pokus)

Kontrolní plochy jsou absolutně nezbytné při jakémkoli experimentu. Bez nich není možné vyvodit žádné závěry o působení čehokoli nového, s čím jste zkusili experimentovat. Kontrolní pokusy stanovují hodnotu, vůči které jsou ostatní pokusy srovnávány. Pro pozemky s kontrolními pokusy se často zvolí standardní ošetření a tento případ, kde je „vše při starém“, se například porovná s místem, kam byl přidán biouhel.

Pro jednoduchost, aby se minimalizoval počet způsobů ošetření, pokusných pozemků, vzorků k analýze atd., je možné srovnávat pouze dvě plochy: jednu kontrolní a druhou obohacenou o biouhel. V tomto případě JEDINÝM rozdílem bude přítomnost či nepřítomnost biouhlu. Pokud se liší více než jeden faktor, např. na rozdíl od kontrolního byla použita v hnojeném pozemku směs

biouhlu a kompostu, nebudete nejspíše schopní říci co bylo zodpovědné za jakýkoliv rozdíl ve výnosu: biouhel, kompost, nebo jde o součinnost (synergii) mezi oběma?

Je možné provádět i rozsáhlejší experimenty, které mají odpovědět na obecnější otázky, avšak stále musí být s pečlivostí zahrnut i platný kontrolní pokus pro srovnání. Vezmeme-li předcházející příklad, rozsáhlejší experiment zahrnující následující způsoby ošetření by umožnil vyzkoušet přínos několika přísadků do půdy:

Způsob ošetření	hnojivo	1. půdní doplněk	2. půdní doplněk
1	standardní NPK		
2	standardní NPK	10 tun uhlíku/ha ve formě biouhlu	
3	standardní NPK	10 tun uhlíku/ha ve formě kompostu	
4	standardní NPK	10 tun uhlíku/ha ve formě biouhlu	10 tun uhlíku/ha ve formě kompostu

Zde je možné srovnat působení kompostu s působením biouhlu a zároveň působení směsi obou (způsoby ošetření č.2 vs. č.3 vs. č.4), a všechny mohou být srovnány s plochou bez organického hnojiva (č.1). Pokud standardním (obvyklým) postupem je postup popsán pod číslem 3 tabulky, je možné postup v čísle 1 vypustit.

Poznámka 1: Rychlý test pro zjištění, zdali biouhel neobsahuje složky, které mohou být rostlinám škodlivé

Biouhel může být vyroben z široké palety surovin a za různých podmínek, čehož důsledkem je velká proměnlivost řady vlastností výsledného produktu. Ne každý biouhel, tak jak byl dodán či vyroben, je vhodný ke vpravení do půdy. Rychlé testy, například takové, jako jsou popsány níže, mohou ukázat na přítomnost toxických látek v biouhlu.

Test klíčivosti

Metodologie pro testy klíčivosti jsou široce dostupné. V podstatě je cílem určit, zda přidání biouhlu do půdy má vliv na klíčivost semen. Předpokládá se, že špatný vliv na klíčivost semen vypovídá o přítomnosti nežádoucích látek v biouhlu. Salát, locika salátová (*Lactuca sativa* L.) je vzhledem ke své citlivosti nejvíce doporučovaným druhem pro testování. Dalšími použitelnými druhy jsou ředkev (*Raphanus* L.) a jetel (*Trifolium* L.). Zde je doporučený postup:

Pokud je to možné, použijte půdu z místa, kde budou prováděny pokusy. Pokud nemáte půdu z pokusného místa, použijte jakoukoli půdu. Pamatujte však, že stejný druh půdy musí být použit jak pro nádobu se směsí půdy a biouhlu, tak pro kontrolní, srovnávací pokus v nádobě s půdou bez biouhlu.

1. Vezměte dvě nádoby miskovitého tvaru. Mohou to být plastová víka s poměrně vysokým okrajem, plastové či keramické talíře, apod.

2. Do jedné nádoby vložte dané množství půdy (k odměření postačí hrnek nebo něco podobného).

3. Do druhé nádoby odměřte stejné množství směsi stejné půdy s biouhlem. Směšovací poměr biouhlu může být spočten tak, aby odpovídal množství, které chcete použít na pole, nebo můžete připravit směs ½ na ½, pokud neplánujete použít biouhel rovnoměrně (ale například do sadebních jam). Každopádně pak budete mít stejný objem materiálu v obou nádobách.
4. V obou nádobách rozmístěte na povrch půdy stejné množství semen. Je třeba použít velké množství semen (20 a více v každé nádobě), jelikož mnoho semen nemusí vyklíčit za všech okolností, a je třeba zajistit aby byl vzorek reprezentativní.
5. Umístěte nádoby do míst, kde jsou dobré podmínky pro klíčení: normální pokojová teplota je nejdůležitější. Navlhčete půdu v obou nádobách a postarejte se aby nevyschla. Vysychání můžete zabránit vložení nádob do průhledného plastového sáčku.
6. Každý den zkontrolujte klíčení semen v nádobách. Jakmile je klíčení jasně patrné, spočítejte vyklíčená semena v obou nádobách. Nečekejte příliš dlouho, jelikož se rostlinky mohou začít proplétat a stěžovat tak počítání.
7. Srovnejte počet vyklíčených rostlinek v nádobách s uhlím a bez něj, abyste zjistili, zdali je tam rozdíl. Můžete test zopakovat, abyste se přesvědčili o výsledku. Ještě lepší by bylo mít od každého způsobu ošetření (půda s uhlím a bez něj) několik opakování, náhodně uspořádaných (např. v řadě v náhodném pořadí na okenním parapetu; pozn. překl.). Pro návod, jak plánovat opakování, viz **koncept 2, Opakování**. (pro zahrnutí náhodnosti viz princip 3, Náhodnost; pozn.překl.).

Test únikového chování s půdními kroužkovci

Tento test je složitější, protože vyžaduje živé červy. Může být však citlivější než test klíčivosti semen rostlin. Běžným druhem, užívaným k tomuto testu je roupice bělavá, (*Enchytraeus albidus*). Používá se jako živé krmění pro akvariijní rybky a je k dostání v obchodech s akvaristickými potřebami nebo na internetu. Jako alternativa je použitelná žížala hnojní (*Eisenia foetida* a *Eisenia andrei*), známá též jako žížala kalifornská. Oba druhy jsou užívané ve vermikompostérech a jsou k dostání od různých dodavatelů.

Zde je návod postupu při testu:

1. Vezměte plochou nádobu, popsanou výše. V tomto případě by nejlepší byl kulatý obvod. Průměr 10cm je ideální.
2. Vystříhňte z lepenky, nebo z plastových desek tvar, který do misky zapadne až na dno a rozdělí ji na půl. Touto přepážkou se fyzicky rozdělí půda a směs půda/biouhel při přípravě pokusu a následně při jeho vyhodnocování.
3. Umístěte přepážku do nádoby. Pomocí pera nebo zvýrazňovače vyznačte pozici přepážky na krajích nádoby, aby jste ji mohli později vrátit na stejné místo. Do jedné poloviny vložte půdu, do druhé směs biouhel/půda. Viz instrukce č.1 až č.4 v předcházejícím návodu. Opět použijte stejný objem půdy na obou stranách přepážky. Půda na obou stranách by měla být stejně vlhká, ale ne prosáknutá. Vyvarujte se zalévání půdy po odstranění přepážky, mohlo by dojít k promíchávání obou stran.
4. Odstraňte překážku a umístěte 10 červů podél linie kde se nacházela přepážka.

5. Postavte nádobu na místo, kde je udržovaná pokojová teplota. Pro zamezení vysychání je možné nádobu pokrýt větraným víkem nebo plastovým sáčkem s otvory.

6. Po 48 hodinách umístíte přepážku do stejné pozice jako na začátku. Pečlivě prohlédněte půdu a spočítejte červy na obou stranách přepážky. Pokud se vyhnuli části nádoby s biouhlem, pak by neměl být tento produkt přidáván do půdy bez dalšího zkoumání. Opět opakování testu vícekrát a/nebo provádění testu v několika kopiích poskytne věrohodnější výsledky.



Žížala hnojní



Roupice bělavé

Poznámka: Standardizovanou metodologii pro tento test lze získat od „International Organization for Standardization“ (ISO 17512-1:2008) a může být stažena z internetu za poplatek.

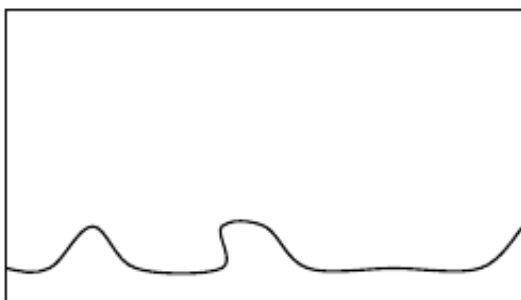
Způsob setí, ochrany proti plevelům a proti škůdcům musí být pro všechny pokusné pozemky stejný. V tomto případě první způsob ošetření slouží ke srovnání s testovaným působením biouhlu a kompostu. V ideálním případě, aby bylo srovnání co nejpřesnější, mělo by se snížit množství minerálních NPK (N-dusík, P-fosfor, K-draslík; pozn.překl.) o takové množství těchto látek, které je obsažené v biouhlu a kompostu v dostupné formě (ne o celkové množství NPK vč. forem nedostupných). Jinými slovy, každá testovaná plocha by měla ve výsledku dostat stejné množství dostupného N, P a K. K tomu je ale potřeba nechat biouhel či jiné přísady analyzovat, pokud k nim není taková informace k dispozici již od výrobce.

Pokus v našem příkladu je dost rozsáhlý, pokud jde o množství biouhlu a potřebné testovací plochy, a také z toho plynoucí počet měření a vzorků. Dovoluje však stanovit efekt dvou prostředků pro zlepšení půdy a zároveň stanovit efekt jejich směsi.

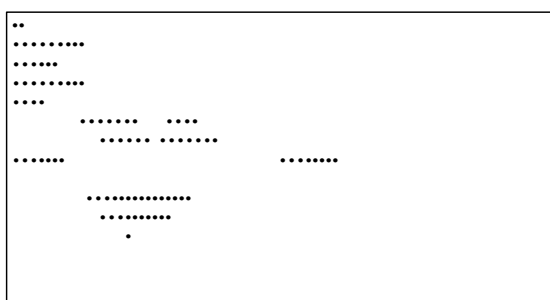
Jakmile máte jasno v tom, s jakým způsobem ošetření půdy chcete experimentovat, potřebujete se rozhodnout o prostorovém rozvržení experimentu, ať už půjde o pole, školku, skleník nebo laboratoř. Pro platné experimenty je nezbytné náhodné uspořádání spolu se správným (pravým) opakováním.

Princip č. 2: Opakování

Uvažujme dva opravdu základní příklady míst pro polní testy znázorněné na následujících mapkách:



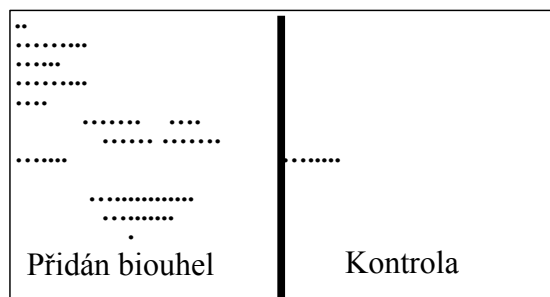
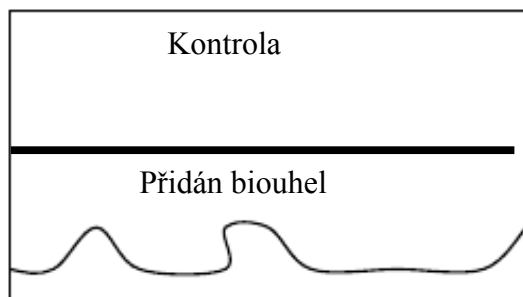
Dolní (jižní) část pole bývá po deštích velmi vlhká a vsakování vody trvá několik dní.



Zde tečky znázorňují semena plevele v půdě, což znamená, že zatížení plevem není na tomto pozemku rovnoměrné. To ovšem nemůžete vědět, pokud jste s tímto pozemkem dříve nepracovali a tuto skutečnost nezaznamenali.

Dané pokusné plochy nejsou homogenní s ohledem na činitele ovlivňující růst plodin. Navíc nejsou rozdíly na pohled patrné nebo kdykoliv přítomné. Jiné příklady nestejnorodosti jsou zastíněná místa ve skleníku, návětrné strany ve školkách, atd.

Co se stane, kdy uspořádáte své polní pokusy následujícím způsobem?

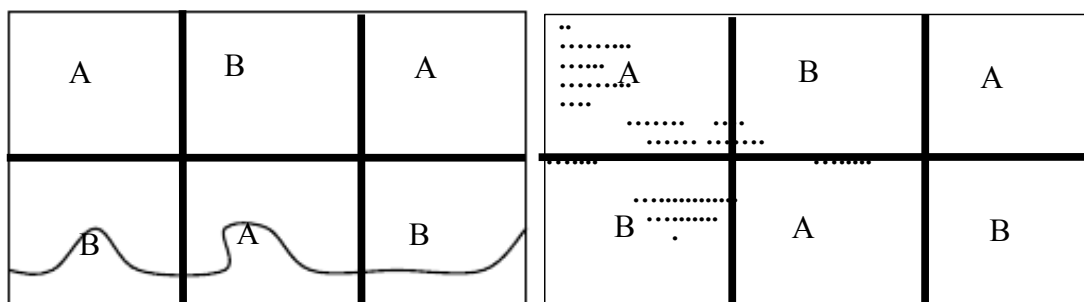


Toto uspořádání neposkytuje nezkrácené srovnání části kontrolní a části s biouhlem, protože činitele o kterých nevíme a s kterými nepočítáme (například nedostatky v odvodnění nebo vyšší zátěž plevy), postihují jednu část více než druhou. Pokud si nejste vědomi těchto matoucích činitelů (například pokud jste se nepodíleli na obhospodařování daného pole), mohli byste dojít k závěru, že biouhel úrodnost snižuje, třebaže ve skutečnosti jsou zde důvody jiné.

Abyste postihli tento problém, můžete rozdělit plochu do několika menších **pokusných jednotek**, kde každá obsahuje **kopii** ošetření určitým způsobem:

A=Kontrola

B=Přidán biouhel



Je vidět, že matoucí (rušiví) činitelé nyní ovlivňují plochy patřící oběma způsobům ošetření. To znamená, že i když jsou na pokusných místech matoucí činitelé (nerovnoměrnosti), o kterých ani nevíte a kteří ovlivňují výsledek pokusu, rozdělením prostoru do mnoha pokusných jednotek se snižuje vliv těchto jevů na výsledek srovnání jednotlivých způsobů ošetření.

Ve výše zmiňovaném příkladu jsou 3 opakování pro každý způsob ošetření půdy. Toto je minimální počet umožňující provedení statistického vyhodnocení dat a umožňující vyvození závěrů přijatelných pro vědeckou komunitu. Více opakování je lepší, protože umožňuje lépe rozlišit malé, ale skutečné odlišnosti mezi jednotlivými způsoby ošetření, ale 3-4 opakování jsou používána často, aby se časové a finanční náklady udržely v rozumných mezích. Pro důležitou poznámku o tom, jak se vyhnout falešnému opakování (pseudoreplikaci) viz rámeček 2.



Nestejněměrná polní plocha: zde je růst kukuřice nerovnoměrný, protože dříve zalesněná oblast byla připravená pro pěstování plodin kácením a pálením původního porostu. Pálilo se jen na některých místech, což vedlo k ostrůvkovité distribuci popela. Popeloviny byly v tomto případě jediným hnojivem. (Foto: J.Major)

Opakování jsou různého druhu v závislosti na podobě experimentu: rostlina v květináči, řádek semenáčků, Petriho miska, atd.

Jakmile jste se rozhodli, kolik opakování a způsobů ošetření zahrnete do svého experimentu, můžete spočítat, kolik pokusných jednotek budete potřebovat. Například jednoduchý pokus se 2 způsoby ošetření a 3 opakováními bude vyžadovat $2 \times 3 = 6$ pokusných jednotek. Jakou rozlohu zabere celý experiment? Vynásobením plochy jednotky počtem jednotlivých pokusných jednotek zjistíte, jak velká musí být vaše pokusná plocha.

Rozměr jednotlivých pokusných jednotek je důležitý, protože má vliv na výpovědní hodnotu následných měření a určuje, kolik celkového prostoru a ostatních vkladů (investic, materiálu) bude potřeba. Rozměr závisí na typu pokusné rostliny. Rozloha $4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ bude například obsahovat několik set rostlin kukuřice, ale možná jen jeden ovocný strom. Vhodnou velikost je třeba promyslet vzhledem k zamýšlenému způsobu odebírání vzorků, což je podrobně diskutováno níže, v Kroku 3.

Opakování může být provedeno i ve velkých (v krajinných) rozměrech, kde jednotlivá pole na jednotlivých farmách jsou pokusnými jednotkami. Jelikož se dá předpokládat, že proměnlivost je v těchto rozměrech mnohem větší než v rámci jednoho pole, musí být počet opakování výrazně zvýšen, například 10 – 20 opakování pro jeden způsob ošetření, v závislosti na proměnlivosti. Takový experiment pak dovoluje činit závěry, které jsou platné pro mnohem větší zeměpisné oblasti.

Princip č. 3: Náhodné uspořádání a obecně užívané prostorové rozvržení

V ideálním případě by způsoby ošetření měly být přiřazeny jednotlivým pokusným jednotkám náhodně, aby se zamezilo vědomému či nevědomému ovlivnění výsledku ze strany osoby, která o rozvržení rozhoduje. Jako příklad uvažujme následující rozvržení pro rovnoměrně osvětlený skleníkový stůl (záhon):

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Stůl by rozdělen na tolik dílů, kolik vyžaduje experiment. Jsou 3 způsoby ošetření: A, B a C, ve 3 opakováních, což znamená celkem 9 jednotlivých pokusů (pokusných jednotek). Pro zajištění náhodnosti přiřazení způsobů ošetření k pokusným jednotkám můžete učinit následující:

Do tabulkového programu v počítači vyplňte sloupec následujícím způsobem:

A
A
A
B
B
B
C
C
C

Rozvržení skleníkového stolu (záhonu)

To jsou vaše tři způsoby ošetření opakované třikrát. Do vedlejšího sloupce zapište následující vzorec (v případě Microsoft Excel): = RAND() (u české verze Excel2002: NÁHČÍSLO()); pozn. překl.).

Program vytvoří (vygeneruje) náhodné číslo mezi 0 a 1, které zobrazí v dané buňce. Tým vzorec okopírujte do buněk dalších pokusů.

Pamatujte, že po jakékoli úpravě tabulky se náhodné hodnoty v políčkách změní. Když máte sadu náhodných čísel, můžete je „zmrazit“ (zafixovat) tím, že je okopírujete a vložíte „jen hodnoty“ (Edit>Paste special>Values) (u české verze Excel2002: Úpravy>Vložit jinak>Hodnoty; pozn.překl.) do těch samých buněk.

Potom můžete seřadit náhodná čísla a jejich příslušné způsoby ošetření podle velikosti (označte oba sloupce a pak vyberte Data>Sort (Data>Uspořádat)). Očíslujte nové pořadí od 1 do 9. Umístěním tohoto seznamu do rozvržení experimentu dostaneme následující:

A	0.444973
A	0.965135
A	0.798757
B	0.40432
B	0.730048
B	0.872744
C	0.183682
C	0.77423
C	0.383749
C	0.183682
C	0.383749
B	0.40432
A	0.444973
B	0.730048
C	0.77423
A	0.798757
B	0.872744
A	0.965135

1 trt C	2 trt C	3 trt B
4 trt A	5 trt B	6 trt C
7 trt A	8 trt B	9 trt A

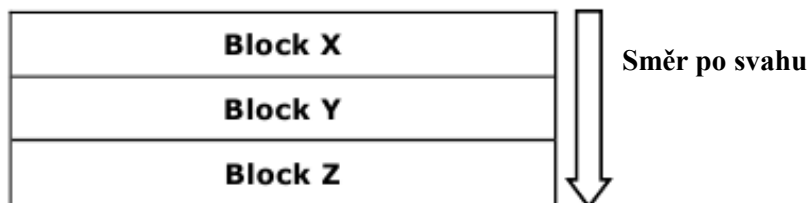
Toto se nazývá *zcela náhodné rozmístění*, zkracováno CRD (“Completely Randomized Design”). Je to způsob vhodný pro pokusné plochy, o kterých jsme přesvědčení, že jsou stejnorodé (uniformní). Takovým prostředím, které ovlivňujete téměř úplně, je například rovnoměrně osvětlený skleník.

Rozvržení experimentu na pracovním stole ve skleníku podle „zcela náhodného rozmístění“ (CRD „Completely Randomized Design“).

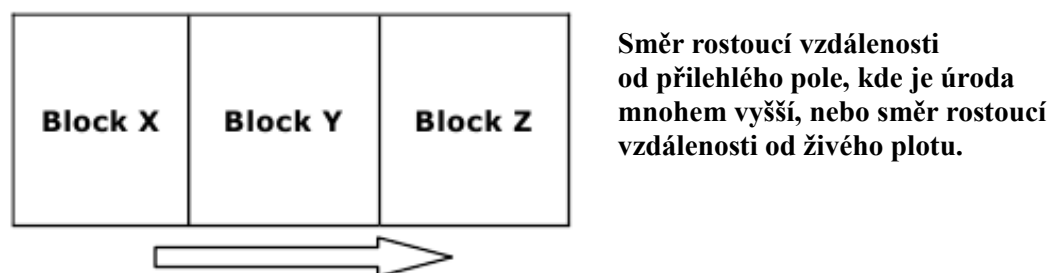
Polní podmínky mohou být mnohem pestřejší než kontrolované plochy ve skleníku. Při experimentování na poli se často a správně postupuje tak, že se nejdříve zvolí plocha požadované velikosti, která je co nejvyrovnanější, a rozdělí se do bloků (pásů). Každý blok představuje oddíl, který bude obsahovat od každého způsobu pokusného ošetření jedno opakování. Pokud to jde, bývají bloky navrhovány tak, aby byly kolmé ke gradientu nejvýznamnějšího činitele, který se v rámci pokusné plochy mění.

Zde je několik příkladů:

Příklad 1:



Příklad 2:



Každý blok je následně rozdělen do tolika jednotek kolik je způsobů ošetření, které jsou do jednotlivých bloků rozmístěny náhodně, jak bylo popsáno výše, s tím rozdílem, že je proces opakován pro každý blok zvlášť.

Příklad 1:

Block X	B	A	C
Block Y	C	B	A
Block Z	B	C	A

Všimněte si, že každý způsob ošetření se objevuje jednou v horním, jednou ve středním a jednou ve spodním bloku.

Příklad 2:

Block X	Block Y	Block Z
A	B	C
B	C	A
C	A	B

Všimněte si, že každý způsob ošetření se objevuje jednou v bloku poblíž přílehlého pole, jednou ve středním a jednou ve vzdáleném bloku.

Tyto dva příklady představují „úplné bloky s náhodným rozmístěním“, (RDBD, “Randomized Complete Block Design”). („Úplné“ znamená, že každý z bloků obsahuje všechny způsoby ošetření, pozn. překl.)



Blokové randomizované rozmístění (RDBD) se čtyřmi různými dávkováními biouhlu jako způsoby ošetření. Všimněte si tří pokusů s vysokou dávkou biouhlu.
Foto: J. Major.

Krok 3: Plánování měření a činností spojených s odebráním vzorků

Může se stát, v závislosti na testované hypotéze, že bude třeba provést řadu měření a/nebo bude třeba odebrat řadu vzorků.

Toto by mělo být určeno co nejdříve, aby bylo možné věci naplánovat. Totiž zatímco odběr některých vzorků může být poměrně snadný a levný (např. vzorky rostlinné tkáně), tak naopak profesionální rozbor je často nákladný. Spočítejte si, kolik vzorků všech druhů byste měli odebrat a kolik bude stát jejich analýza, a podle toho se rozhodněte, zda vzorky vůbec odebrat budete. Třebaže je možné na pokusných plochách provádět širokou paletu měření, nastíníme zde, co je třeba vzít v úvahu pro základní součásti většiny pokusů: měření výtěžku a odebrání vzorků půdy.

MĚŘENÍ VÝTĚŽKU (ÚRODY)

Výtěžek bývá zpravidla měřen na více rostlinách, z jednoho nebo více míst uvnitř každé jednotlivé pokusné jednotky. To by nemělo být zaměňováno s opakováním pokusu. Měření se provádí na více rostlinách proto, aby se zahrnula jejich různorodost. Data pro jednotlivé rostliny uvnitř pokusné jednotky se zprůměrují do jedné hodnoty pro danou pokusnou jednotku. V případě, kdy pokusná jednotka obsahuje pouze jednu rostlinu, například ve školce při pokusu se stromky nebo palmami, mělo by být opakování provedeno více než 3×, aby umožnilo rozlišit rozdíly mezi jednotlivými způsoby ošetření půdy.

Pracujeme-li s polními plodinami či píceinami, kde na jednotlivých pokusných plochách rostou stovky rostlin, je možné měřit výnos z určité plochy (např. 2 čtverců velkých jeden metr čtvereční v porostu krmné luskoviny), nebo z dané délky řádku (např. 4× metr řádku kukuřice). Je nasnadě, že čím více rostlin zahrnete, tím lépe, ale na druhou stranu menší soubory rostlin vyžadují méně práce. Nezapomeňte na informace potřebné k přepočítání výnosu na plochu (např. počet rostlin na metr délky, počet rostlin na hektar pole, atd.)

Poznámka 2: Poznámka k pseudo-opakování (pseudo-replikaci)

Opakování je v dobře navržených experimentech klíčové. Poskytuje jistotu, že výsledky jsou dány činiteli, které jsou předmětem testování, a ne jinými náhodnými činiteli, jako v případě, když výběr plošky pro zkoumané ošetření padne na špatné místo na poli, nebo když se se stane obětí zvířete, které navštívuje pouze jednu část pozemku. Může se ale stát, že výzkumník, který chce navrhnout pokus s opakováním, padne do pastí falešného opakování (pseudoreplikace), což je pak to samé, jako by žádné opakování nebylo provedeno.

Zde je vysvětlení, co je falešné opakování (pseudoreplikace):

Někdy se může zdát, že pokus by se výrazně zjednodušil, kdyby se různé způsoby ošetření nedávaly na oddělené pokusné jednotky, roztroušeně jako ve výše uvedených příkladech.

Můžete se například rozhodnout přidat biouhel do jednoho pruhu pole, nebo do celé řady stromů v sadu, s další neošetřenou řadou nebo pruhem vedle, sloužícím jako kontrola. Toto vskutku věc zjednodušuje oproti vytváření několika čtverců s biouhlem, promíchaných se čtverci neošetřenými. „Opakování“ by se pak mohlo naplánovat jako volby několika stromů v sadové řadě či několika čtverců nebo délek v pásu kukuřice.

Problém s tímto uspořádáním je ilustrován příklady nehomogenních ploch v Principu č.2 výše. Platné statistické vyhodnocení se nedá provést na souboru dat z pokusů s nepravým opakováním. Pro platné opakování je třeba, aby jednotlivé pokusy (pokusné plochy) byly na sobě nezávislé. Pokud jsou všechna (falešná) opakování umístěna na jedné, spojitě ploše, kde byl použit určitý způsob ošetření, nejsou na sobě nezávislá a nejedná se o skutečné opakování.

Poloha čtverce nebo lineárního úseku může být zvolena systematicky (např. 2 m² uprostřed každé plochy) nebo náhodně (např. vhozením čtvercového rámu do pokusné plochy). Okraje pokusné plochy by měly být vynechány. U krajů je více pravděpodobné ovlivnění vedlejší plochou nebo podmínkami vně pokusu. Sklizenou biomasu může být v závislosti na pěstované plodině potřeba zvážít čerstvou a/nebo po usušení. Zajímají vás jen komerčně využitelné části rostliny nebo veškerá rostlinná biomasa? Z výše diskutovaného vyplývá nutnost ručního sběru. V případě malých ploch je vskutku velmi obtížné používat mechanizaci k přesnému měření výnosu. Větší plochy pro mechanizovanou sklizeň mohou být použity, pokud je k dispozici dostatečné množství biouhlu, aby se mohl navrhnout experiment

s opakováním na plochách tak velkých, aby se získala přijatelná přesnost v měření výnosu i pomocí přístrojů instalovaných na mechanizaci. Pro použití zemědělské techniky plné velikosti a zároveň pro umožnění ohodnocení jednotlivých pokusných ploch zvláště mohou být potřeba opravdu velké pokusné plochy.

VZORKOVÁNÍ PŮDY

Vzorkování půdy se může zdát jako snadná a jednoduchá záležitost, má-li to ale být provedeno správně (to jest reprezentativně), je třeba vzít v úvahu řadu věcí.

1. Kdy odebírat vzorky?

Pokud se jedná o experiment trvající déle než jednu vegetační sezónu, mělo by se každoroční vzorkování půdy provádět, pokud to jde, pokaždé ve stejnou dobu, jelikož se obsah (dostupnost, přítomnost) živin v půdě mění se zemědělskými i ostatními ročními cykly. Vzorkování těsně po sklizni a/nebo těsně před sázením je nejsnazší po praktické stránce. Může být krajně obtížné odebírat vzorky půdy, která je velmi vlhká, nebo velmi suchá, proto se vyhněte obdobím, kdy takové podmínky převažují.

2. Kde odebírat vzorky?

Půdní podmínky se mohou měnit na krátkou vzdálenost. Vždy byste měli nakopat (odebrat) vzorky z více než jednoho místa v rámci každého pokusného pozemku. Například uvnitř obilného pozemku o rozměrech 4 m × 5 m může být půda odebrána ze 3 až 5 míst. Tak jako při stanovování výtěžku úrody by i zde měly být okraje pokusného pozemku vynechány. Místa mohou být vybrána náhodně nebo pravidelně (např. 4 rohy dále od okrajů a střed), avšak stejným způsobem v každém jednotlivé experimentální jednotce. Vzorky z jednotlivých míst pak mohou být kombinovány způsobem popsáním níže.

Pokud roste plodina v řádcích, měli byste to vzít v úvahu, obzvláště pokud je hnojivo přidáváno podél těchto řádků. Například na všech pozemcích zvolit 3 místa pro vzorkování v řádcích a 2 uprostřed, mezi řádky.

3. Jak provádět vzorkování?

Pro odebírání vzorků půdy lze použít několik nástrojů. Pro tuto specifickou úlohu jsou dostupné různé vrtáky a trubicové vzorkovače, jádrovače, ale lžíce nebo lopatka mohou být použity rovněž. Důležité je zůstat důsledný v zachování postupu v používání jakéhokoliv nástroje. Například, pokud je používána lopata, je třeba ohlídat, aby bylo při každém vzorkování odebíráno stejné množství ze stejné hloubky a plochy. To je důležité, protože faktory, které chcete sledovat, se mohou s hloubkou prudce měnit. Některé vrtáky pro vzorkování půdy je třeba používat s opatrností, protože vršek vzorku může odpadnout a nemusí tak být zahrnutý. K tomu může dojít u „holandských“ vrtáků (angl.: Dutch auger), které jsou jinak vhodné pro vzorkování jílu.

Pro odběr bývá často volen povrch půdy (např. 10-20 cm), protože právě z této části většina plodin získává živiny. Je potřeba určit hloubku, ve které budete odebírat vzorky půdy, a tu pak dodržovat.

Pro rozbor je postačující použít pro každou pokusnou jednotku jeden směsný vzorek. Směsný vzorek získáte tak, že vložíte všechny vzorky odebrané z různých míst v rámci dané pokusné jednotky do nádoby (do kyblíku) a ručně je dobře promícháte a rozemnete hroudy. Potom může být odebrán směsný vzorek o váze řekněme 300 g, vložen do označeného plastového pytlíku, a zbytek půdy může být vysypán. Tím si zajistíte homogenní vzorek, který představuje (reprezentuje) celou

pokusnou jednotku. Pokud se chcete vyhnout chybám v označení, je dobré si popsat jednotlivé pytlíky před tím, než vyrazíte ven vzorky odebírat.

Jelikož se dá předpokládat, že biouhel má nižší hustotu než půda samotná, je vhodné v případě, že budete mít zájem zjistit změny v obsahu uhlíku v půdě po přidání biouhlu, odebrat vzorky pro zjištění objemové hmotnosti (hustoty) půdy. To vám pak totiž umožní přesně posoudit zásoby uhlíku v půdě. Při stanovení hustoty se většinou postupuje tak, že se půda nabírá do pevných válců, tzv. „patron“ (pro tento účel jsou přímo vyráběné hliníkové patrony) a následně se půda zcela vysuší. Po zvážení vysušené půdy (a odečtení váhy obalu) se zjištěná hmotnost vydělí objemem půdy, čímž se získá objemová hmotnost půdy.

4. Jak naložit se vzorky?

Některé rozborů půdy sice vyžadují vlhkou půdu (např. zjištění anorganického dusíku, půdních organismů), většina standardních rozborů však používá půdu vysušenou. Jelikož udržování půdy ve vlhkém stavu v pytlících může podporovat růst plísní a ovlivnit přirozené procesy spojené s úrodností, měla by půda být vysušena co nejdříve po odebrání vzorku. Suchá půda je také snazší a čistější pro manipulaci a zaslání do laboratoře. V zakrytém prostoru (abyste se vyhnuli znečištění vzorku například prachem) na prostorném stole rozprostřete každý vzorek na kus plastu nebo papíru a ponechte několik dnů, dokud nepůsobí půda na pohled i na pohmat suše. Je třeba si ohlídat, aby při sušení nedošlo k záměně označení vzorků. Je dobré si část některých vzorků uchovat (archivovat) a umožnit si tak zopakování rozborů nebo provedení jiného druhu analýzy později.

5. Doplnkové (nepovinné), ale důležité: vzorkování biouhlu v půdě

Velmi cenné informace se dají získat z biouhlu, který strávil nějaký čas v půdě na poli. V ideálním případě by se mohlo každoročně fyzicky oddělit od půdy několik stovek gramů částic (kousků) biouhlu. To může být pro velmi jemný biouhel nemožné. Pokud budete sbírat takové vzorky, vysušte je na vzduchu a uskladněte je na suchém místě ve skleněné nádobě a spojte se s IBI pro získání informací o tom, kam vzorky poslat.

(pozn.překl.: viz též ČSN ISO 11648 – 1,2: Statistická hlediska vzorkování hromadných materiálů; ČSN ISO 10381 – 6 : Kvalita půd – odběr vzorků)

Krok 4: Provádění pokusu

Ujistěte se, že máte reprezentativní vzorek svého biouhlového materiálu pro rozbor.

Pokud používáte biouhel z různých zdrojů, ujistěte se, že mícháte všechny materiály (druhy) dobře a že na všechny plochy dáváte shodný produkt. Pro získání reprezentativního vzorku proveďte odběry z různých míst hromady, nebo z více sudů či pytlů homogenního materiálu. Všechny odběry mohou být smíchány a utvořit tak jeden vzorek materiálu, který jste použili.

Všechny pokusné jednotky by měly být obhospodařovány shodně až na samotné způsoby ošetření, které jsou předmětem pokusu. Například pokud nejsou součástí pokusu, měly by být způsoby orby a ochrana proti plevelům, škůdcům a chorobám u všech pokusných jednotek shodné. Je důležité, aby ti, kteří provádějí polní práce, toto pochopili. Je vhodné vynechat označení jednotlivých způsobů ošetření (např. značkami v poli), může to pomoci snížit zaujatost při provádění polních prací. Například pokud máte zájem o to, aby některé způsoby ošetření dávaly lepší výsledky, nebo víte, že váš nadřízený to ocení, můžete být v pokušení přidat více pesticidů nebo hnojiva na plochy, u kterých byste rádi viděli zlepšení. Toho je možné se dopustit i podvědomě.

Poznámka 3: Nakládání s biouhlem a k jeho vpravení do půdy

Biouhel je velmi lehký a křehký materiál o nízké hustotě. Některý biouhel bývá jemně pomletý a i když není, obsahuje většinou podíl jemného prachu.

Je třeba dávat pozor při převozu biouhlu, protože u některých typů biouhlu může hrozit vznícení. To je důvodem, proč komerčně vyráběné produkty jsou často před transportem zvlhčovány (čímž se zvyšuje váha výrobku).

Při měření, převozu, použití a zapracovávání do půdy může být odváto značné množství materiálu. Je důležité vyvinout místní systémy výroby, skladování a dopravy biouhlu. Problém s prašností může být dodatečně omezen přidáním malého množství vody, smícháním s jílovou kaší, peletováním a granulováním, hrudkováním pomocí pojiva. Dobré zapracování do půdy sníží odnos vodou při prudkých deštích, případně větrnou erozi.



Převoz nezpracovaného, jemného biouhlu na pole, rozvrstvení a zapravení do půdy v St-François-Xavier-de-Brompton, Québec. Oba obrázky ukazují, jak je biouhel odnášen větrem. Fotografie publikovány se svolením Blue Leaf, Inc., www.blue-leaf.ca.

V případech, kdy jsou pokusy prováděny na několika místech a obstarávány různými lidmi, například farmáři, je komunikace zásadním předpokladem úspěchu. Pokud potřebujete, aby obstarávali pokus podle vašeho návodu, musíte se ujistit, že s tím souhlasí a že rozumí, co potřebujete. Buďte připraveni na dělání změn ve svých plánech: zemědělci řeší každodenně složité situace a mohou učinit rozhodnutí, která jste nepředvíдали.

Poznámka 4: Přidávání biouhlu do půdy (upraveno z Blackwell et al. 2009)

Biouhel může být přidáván spolu s dalšími složkami, jako jsou kompost, hnůj, nebo zbytky plodin, a nemusí být přidáván spolu s každou novou plodinou, aby se projevily v čase jeho přednosti. Biouhel bude pravděpodobně používán pro svou zemědělskou přínosnost (zvýšení výnosů), případně pro poutání uhlíku. Proto použití tohoto materiálu nesmí zvýšit náklady ani emise CO₂ nad přijatelnou mez.

Pro přidávání biouhlu do půdy přichází v úvahu několik způsobů. Za všech okolností je třeba dodržovat opatření proti větrné erozi a proti povrchovému odnosu vodou. Ztráty erozí jsou nežádoucí, protože představují ztrátu biouhlu a tento ztracený materiál není v půdě přítomen, aby vylepšil její plodnost a/nebo aby poutal uhlík v dané oblasti. Pro řadu z těchto postupů platí, že biouhel může být smíchán s dalšími půdními doplňky, jako jsou kompost, hnůj, posklizňové zbytky atd.

Rovnoměrné promíchávání se svrchní vrstvou půdy

Biouhel se rozptýlí na celé pokusné ploše, obvykle po první přípravě půdy (např. okopávání, nebo diskování (podmítání)). Tato metoda může být použita před setím/sázením plodiny (založením porostu). Samotná aplikace může být provedena pomocí rozmetače vápna nebo jiných rozmetačů. Biouhel může být také přidáván jako tekutá kaše, případně smíchaný s kejdou. Po rozptýlení se zapravení provádí



například ručně nebo diskováním (podmítáním) nebo mělkou orbou. Nejvhodnější metoda bude záviset na půdních podmínkách a možnostech dané farmy. Rovnoměrné přidávání do půdy také přichází v úvahu při zakládání dostihové dráhy, golfových greenů, atletických stadionů a obecně při rekultivacích krajiny následujících po stavební činnosti. V tom případě je možné biouhel důkladně promíchat se zeminou a směsí zakrýt půdu. Rovnoměrné promíchávání biouhlu se svrchní vrstvou ornice je v současnosti nejrozšířenějším způsobem přidávání.

Rovnoměrné promíchání s ornici prováděné ručně, v Hondurasu.

Foto: J. Major

Přidávání do sadebních jam

V případě zakládání sadů nebo stromových či palmových plantáží je možné pro snížení erozních ztrát přidávat biouhel do jednotlivých sadebních jam.



Přidávání v pásech, vrstvení, podvrstvování

Vrstva biouhlu může být zapravena do různých hloubek, opět ručně nebo za pomoci techniky. Hluboké ukládání umožňuje důkladné překrytí biouhlu půdou a tím minimalizování možných pozdějších ztrát. Tento způsob přichází také v úvahu tehdy, když plodiny nebo stromy jsou již na místě. Okolo stromů může být utvořen kruhový pás biouhlu nebo kolem základny stromu může být uděláno několik děr a na jejich dno pak přidán biouhel.

Přidávání biouhlu v pásech v Západní Austrálii. Foto: P. Blackwell.



Povrchové hnojení

Povrchové hnojení, kdy biouhel je přidáván na půdní povrch, je také možnou volbou v případech, kdy porosty plodin už jsou založeny. Avšak tato metoda je nejvíce náchylná k erozním ztrátám. Míchání biouhlu s dalšími prostředky ke zlepšení půdy, výběr rovných ploch s hustým vegetačním pokryvem, mulčování, atd. jsou všechno cesty ke snížení možných ztrát. Mělké zaorání je v některých případech také možné.

Povrchové hnojení kompostem v sadu.

Biouhel může být přidáván obdobně.

Foto: M. Collins.

Krok 5: Analyzování vzorků

Zatímco pro stanovení některých vlastností půdy (jako například pH) jsou dostupné amatérské sady, spolehlivou analýzu úrodnosti půdy provádějí jen specializované laboratoře.

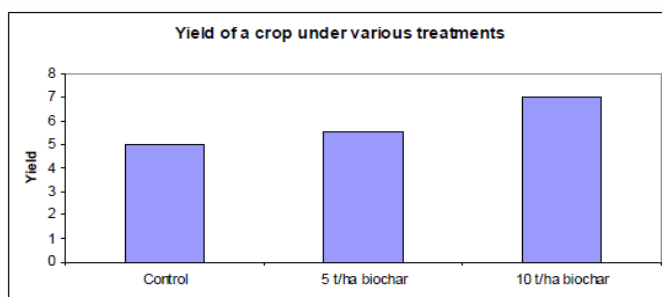
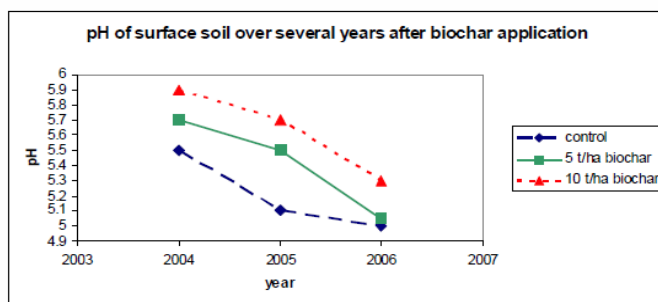
Laboratoř pro testování půdy nacházející se ve vašem regionu bude schopná provádět rozborů způsobem vhodným pro půdy ve vašem regionu. To je důležité, protože pro rozborů vlastností půdy je k dispozici několik metod, které dávají různé (ale zpravidla korelované) výsledky. Při hledání takové laboratoře můžete kontaktovat poradenské služby, univerzity se zemědělským zaměřením, zahradnictví (zahradnická centra) atd. Laboratoře mívají „online“ objednávkové formuláře a nabízejí sady rozborů .

Metody pro stanovení množství biouhlu v půdě jsou ve fázi vývoje a v současnosti není pro tento účel nabízen žádný rutinní postup na komerční bázi. Proto tato data ještě nejsou pro veřejnost dostupná. V současnosti je jednodušší analyzovat celkový obsah uhlíku v půdě a srovnat obsah uhlíku v půdě obohacené o biouhel s neobohacenou půdou. Tak zjistíme, kolik uhlíku v půdě nepochází z biouhlu. Musíte si dát pozor na to, kterou metodu pro stanovování celkového obsahu uhlíku zvolit, protože biouhel, jak známo, je velmi těžko rozložitelný a ne všechny analytické postupy jsou schopny jej postihnout.

Analýza známá jako stanovení organické hmoty pomocí ztráty žháním („loss on ignition“, LOI) je levná, ale neposkytne data o množství uhlíku pocházejícího z biouhlu. Metody známé jako „mokré chemické“ (to jest zahrnující kapalné chemikálie, které se přidávají do půdy), založené např. na oxidaci dichromanem, také nedokáží kvantifikovat množství uhlíku pocházejícího z biouhlu. Je třeba, abyste požadovali analýzu založenou na spalování v C/N analyzátoru. Pokud jste na pochybách, kontaktujte danou laboratoř a vysvětlete, co potřebujete.

Krok 6: Rozbor a prezentace výsledků

Jakmile máte data pohromadě, je na čase zjistit, jaké jsou výsledky celé vaší práce.



Jelikož máte 3 nebo více opakování každého způsobu ošetření, můžete spočítat průměrné hodnoty pro výnos, dostupný fosfor, pH, atd. pro každý způsob ošetření. Dobrý způsob pro předkládání výsledků je prostřednictvím grafů. Obrázky umožní ostatním rychle, na první pohled porozumět výsledkům. Následují příklady způsobů grafického zpracování dat:

Oba obrázky byly vyrobeny pomocí programu Excel; pomocí ostatních tabulkových programů se dají vyrobit podobné grafy.

Obrázky ukazují rozdíly mezi způsoby ošetření, které bývají někdy malé. S daty z dobře navrženého experimentu je možné říci, zda tyto rozdíly jsou skutečné (způsobené testovanými činiteli, např. biouhlem; pozn. překl.) nebo musí být přičítány náhodné rozmanitosti polních podmínek, rozmanitosti vnesené způsobem měření, atd. Statistická analýza je používána k tomu, aby se určila významnost rozdílů mezi jednotlivými způsoby ošetření, a k tomu je třeba dlouhých výpočtů nebo specializovaných počítačových programů. Pokud nejste s těmito metodami obeznámeni, měli byste hledat pomoc u někoho, kdo tomu rozumí. V mnoha případech, mimo vědecký svět, takové analýzy nejsou pro využití a šíření výsledků nutné. (Ale rozhodně zvýší věrohodnost výsledků; pozn. překl.)

Zde popíšeme nástroj, který vám umožní ilustrovat pomocí grafu míru variability ve vašich datech. Variabilita odpovídá rozptylu v hodnotách, které používáte pro výpočet průměru.

Uvažujme následující příklad:

opakování	výtěžek		opakování	výtěžek
1	5		1	11
2	10		2	9
3	15		3	10
Průměr	10		Průměr	10

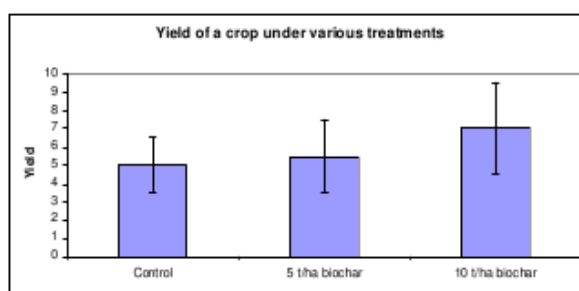
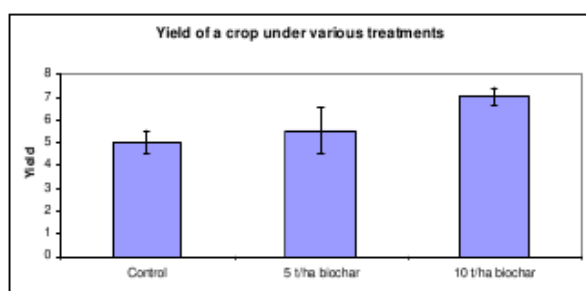
Je vidět, že data vlevo jsou rozdílnější než data vpravo, třebaže průměr je v obou případech 10. Když se srovnávají způsoby ošetření, jejichž jednotlivá opakování jsou velmi rozdílná, průměr sám o sobě může být zavádějící. Uvažujme následující:

ošetření	opakování	výtěžek	ošetření	opakování	výtěžek
kontrola	1	5	kontrola	1	11
kontrola	2	10	kontrola	2	9
kontrola	3	15	kontrola	3	10
	průměr	10		průměr	10
biouhel	1	20	biouhel	1	15
biouhel	2	15	biouhel	2	13
biouhel	3	10	biouhel	3	17
	průměr	15		průměr	15

Zatímco průměry jsou opět shodné pro stejné způsoby ošetření, podíváme-li se na data vlevo, můžeme zůstat na pochybách, zda je biouhel opravdu lepší než kontrola. Je první hodnota pro první opakování

v případě biouhlu opravdu správná? Pokud ne, pak třebaže průměr pro ošetření biouhlem by stále byl vyšší než pro kontrolní ošetření, všechna data by spadala do rozpětí dat získaných pro kontrolu. Příklad vpravo ukazuje data, která jsou mnohem více přesvědčivá. Jak se to dá vyjádřit graficky?

Představu o míře proměnlivosti dat umožní přidání úseček nejistoty. Čím delší je úsečka, tím jsou data proměnlivější, zaujímavější větší rozsah hodnot. Úsečka v podstatě vyznačuje rozpětí, ve kterém by se správná hodnota mohla nacházet. Čím je rozpětí širší, tím je pravděpodobnější, že se jeden sloupeček překryje s druhým (jinými slovy je pravděpodobnější, že se při dalším opakování pokusu pro jeden způsob ošetření naměří hodnota srovnatelná s hodnotou pro druhý způsob; pozn. překl.), což naznačuje, že rozdíly mezi oběma nejsou tak veliké. Když srovnáváme dva způsoby ošetření, u kterých se překrývají chybové úsečky, je na místě pochybovat o významnosti rozdílu mezi těmito způsoby ošetření. Tyto úsečky obecně představují standardní nejistotu průměru. Uvažujme následující příklady:



Je jasné, že u obrázku vlevo si můžeme být jistí, že 10 t/ha biouhlu způsobilo oproti kontrole vzrůst výtěžku, zatímco o působení množství 5 t/ha jsme si méně jistí. Z obrázku vpravo se zdá, že přidávání biouhlu vykazuje velmi variabilní výsledky, a je tedy těžké z takovýchto dat vyvozovat silné závěry.

Jak můžete v grafu vytvořit úsečky nejistot?

V programu Microsoft Excel následujte tento postup pro výpočet standardní nejistoty pro každý průměr příslušející každému způsobu ošetření:

V buňce, ve které chcete spočítat standardní nejistotu, napište následující vzorec:

=STDEV(vyberte oblast dat, která jste použili pro výpočet průměru)/SQRT(počet měření, většinou 3) (v české verzi programu

Excel2002: =STDEVA()/ODMOCNINA(); pozn. překl.). Jakmile máte hodnoty standardních nejistot ro všechny způsoby ošetření, udělejte graf s jednotlivými průměry. V grafu klikněte myší pravým tlačítkem na bod nebo sloupec a vyberte z nabídky "Format data series" („Formát datové řady“; pozn.překl.).

Následně vyberte "Y error bars" ([v matoucí zastaralé hantýrce se nejistoty označují jako „chyby“](#), jde ale jen o rozmezí, v němž by se chyba – tedy rozdíl údaje a skutečné hodnoty – měla s pravděpodobností 2/3 vyskytnout; pozn. překl.). Můžete potom vybrat styl úseček, který vám vyhovuje. V nabídce "error amount" („typ chybové hodnoty“; pozn. překl.), vyberte "custom" („vlastní“; pozn. překl.). Použijte nástroj pro výběr, umístěný napravo od každého okénka pro data a vyberte standardní nejistoty odpovídající souboru průměrů, které jste vynesli do grafu. Pro pozitivní i negativní úsečku zadejte stejnou hodnotu. To půjde nejnázve, pokud jsou standardní nejistoty v sloupci vedle průměrů.

Krok 7: Šíření, sdílení výsledků

Mnoho velmi zajímavých pokusů nikdy nedospěje do poslední a velmi důležité fáze, kterou je jejich zveřejnění. Podělíte-li se o své výsledky s ostatními, pomůžete jim v rozhodování o používání biouhlu a snad i šířit dál vaše výsledky pro zvýšení všeobecné úrovně znalostí.

V mnoha případech byly polní pokusy provedeny proto, aby o něčem přesvědčily, tudíž odhalování výsledků je samozřejmě důležité. Polní pokusy mohou znamenat mnoho práce a ponechání si výsledků pro sebe, uvnitř vaší organizace nebo pro určitou zájmovou skupinu zamezí využití plného potenciálu této práce.

V závislosti na tom, jaké byly na začátku, když jste se pouštěli do pokusu, vaše cíle, je možné využít několik cest pro sdílení vašich výsledků. Patří mezi ně zveřejnění zprávy na internetu, napsání článku pro zpravodaj zaměřený na vaše cílové publikum, přednesení výsledků na shromáždění, atd. IBI založila archiv pro dokumentování polních pokusů. Kdokoliv z vás je zván k tomu, aby se přihlásil do registru pokusů s biouhlem IBI, kde můžete uložit svoji zprávu v daném formátu, a umožnit tak široký přístup ke svým výsledkům.

Registr pokusů s biouhlem IBI

*Pro zapojení se do Registru polních pokusů IBI kontaktujte (anglicky) vedoucí pro poradenství: **Julie @ biochar-international.org***

Vezměte prosím na vědomí, že vstupem do Registru polních pokusů IBI dáváte souhlas s tím, že všechna data, která jste poskytli, budou volně přístupná pro veřejnost.

Formuláře pro Registr pokusů s biouhlem jsou zahrnuty do příloh k originálu tohoto návodu. V dohledné době IBI uveřejní tyto formuláře v elektronické podobě. Pro tuto chvíli využijte pro záznam dat z vašich polních pokusů tištěnou podobu. Neváhejte prosím využít formulářů pro své pokusy, ať už se k registru polních pokusů IBI připojíte či nepřipojíte.

Odpovědi na další otázky můžete nalézt v aktualizacích na stránkách IBI: www.biochar-international.org nebo můžete kontaktovat vedoucí pro poradenství Julii Major na adrese: julie @ biochar-international.org.

Poznámka překladatele:

Šest příloh, čili formuláře pro Registr pokusů najdete v původní anglické verzi tohoto návodu,

<http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI%20Biochar%20Trial%20Guide%20final.pdf>

nebo i samostatně jako:

http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI_Field_Trial_Registry_Project.pdf

Citovaná literatura

- Blackwell, P., Riethmuller, G. and Collins, M. 2009. Biochar Application to Soil. In: Lehmann, J. and Joseph, S. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. EarthScan, London.
- Cheng, C.H., J. Lehmann, and M. Engelhard. 2008. Natural oxidation of black carbon in soils: changes in molecular form and surface charge along a climosequence. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72:1598-1610.
- Cheng, C.H., J. Lehmann, J.E. Thies, S.D. Burton, and M.H. Engelhard. 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37:1477-1488.
- U.S. Environmental Protection Agency 1994, 'Using toxicity tests in ecological risk assessment', Publication #9345.0-05I, Eco-Update 2, 1-4.

Doporučené studijní materiály

- Rowell, D.L. 1994. Soil Science: Methods and Application. Prentice Hall, 350pp.
- Clewer, A.G. and D.H. Scarisbrick. 2001. Practical Statistics and Experimental Design for Plant and Crop Science. Wiley, 346pp.
- Van den Berg, H. Facilitating Scientific Method as follow-up for FFS graduates. FAO Programme for Community IPM in Asia. P.O. Box 22, Peradeniya, Sri Lanka. Available here: <http://www.communityipm.org/downloads.html#Training%20Materials>
- Oregon State University Extension Service. 2003. Soil sampling for home gardens and small acreages. Publication EC628. Available as <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/ec/ec628.pdf>.