

# Úroda

1  
2022



**Téma:**  
Příprava půdy  
a setí jařin



- Vliv přivalení porostů po zasetí na vzcházivost sóji
- Rezistence odrůd pšenice ke rzi pšeničné
- Vyplatí se hnojení jarních obilnin?
- Nové odrůdy ovsa setého



# Určení stability kompostu pomocí blízké infračervené spektroskopie

**Souhrn:** Pro úspěšné uvádění kompostu na trh je velice důležité vyrábět kompost s konzistentní stabilitou a zralostí. Z těchto důvodů je potřeba využívat jednoduché metody, umožňující hodnocení rozložitelnosti a stability kompostů. Metoda hodnocení pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIRS) umožňuje rychlé simultánní určení chemických a fyzikálních vlastností organických materiálů. Pro hodnocení kompostů vyrobených v různých typech kompostáren, využívajících různé technologie kompostování a při různém surovinovém složení kompostovacích zákládek byl využit specifický NIRS model. Tento model je kombinací různých parametrů popisujících rozložitelnost a stabilitu kompostů během kompostovacího procesu, jako je respirometrický a fotometrický index, C/N, Solvita atd. Dosažené hodnoty ukázaly, že NIRS metoda může být využita jako jednoduché, rychlé a relativně levné řešení pro stanovení stability kompostů.

**Klíčová slova:** NIRS, stabilita kompostů, zralost kompostů

## Compost stability evaluation by the near-infrared spectroscopy (NIRS)

**Summary:** Producing compost with consistent stability and maturity is very important for compost launching on the market. Simple and effective method for determination of maturity and stability of compost is needed. Near infrared spectroscopy (NIRS) allows rapid simultaneous determination of chemical and physical properties of organic materials. The previously developed NIRS model in which NIR spectral data were combined with various parameters describing degradability and stability of composts during the composting process (respirometric, photometric, C/N extraction, Solvita using well known maturity test and chemical analyzes has been used). This model was used for analysis of compost samples from various composting sites with different technologies and with different composition of starting materials. The measurement revealed that NIRS method can be used as simple, fast, and cheap method for indication of compost stability.

**Keywords:** NIRS, compost stability, compost maturity

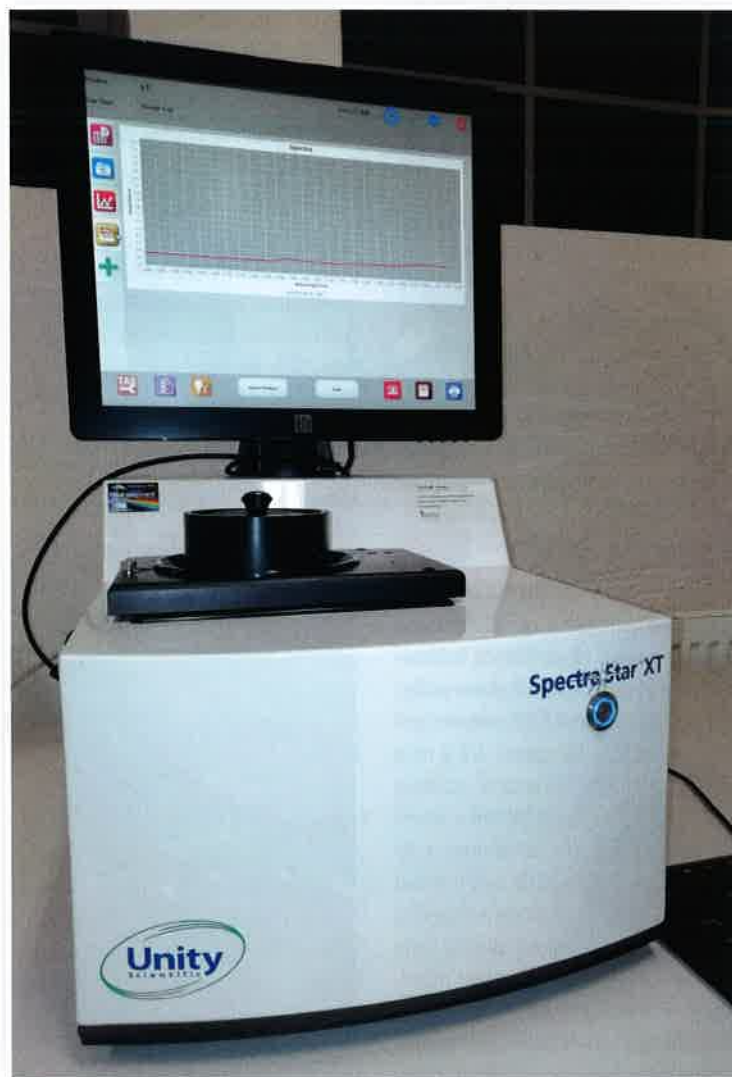
Kompostování je biologická přeměna biodegradabilních odpadů na relativně stabilní produkt – kompost, obsahující vysoký podíl humusu, živin a dalších důležitých prvků, pozitivně ovlivňující úrodnost půdy. Cílem kompostování je za řízených technologických podmínek vytvořit stabilní kompost, který může být bez dalšího ošetřování skladován a použit jako hnojivo pro zlepšení kvality půdy. Ke splnění těchto požadavků je nutné, aby vyrobený kompost vykazoval dostatečné známky stability a zralosti.

Kompost je definován jako stabilizovaná, nepáchnoucí, hnědá až černá homogenní hmota, drobtovitá až hrudkovitá struktury, vzniká aerobním biologickým zráním biologicky rozložitelných surovin, bohatá na humusové látky a rostlinné živiny. Z této definice vyplývá, že základní charakteristikou kompostu je jeho stabilita. České normy neuvádí, jak by se stabilita měla měřit, a neudává ani, jakých hodnot by měla stabilita dosahovat.

## Stabilita kompostu

Biologická stabilita je míra, do které mohou látky organického původu podléhat biologickému rozkladu. Je charakterizována jako vlastnost organických materiálů málo ubý-

vat a zachovávat originální fyzikální a chemické vlastnosti. Biologická stabilita je jedním z kvalitativních znaků kompostů, produktů mechanicko-biologické úpravy zbytkových komunálních odpadů před uložením na skládky i jiných odpadů či materiálů organického původu. Zralost kompostů může být definována jako stav, za kterého je konečný produkt stabilní a proces rychlého rozkladu je dokončen, nebo jako stav, ve kterém může být produkt rozkladu využit v zahradnictví bez jakýchkoliv vedlejších účinků. Pojem zralost může být rovněž chápán v širším slova smyslu, jako stabilita – ukončení kompostovacího procesu. Zralost se dále definuje jako proces, kdy byly energie a živiny převedeny do stabilní organické hmoty. Zralost kompostu se vztahuje ke stupni rozložení fytotoxických substancí vznikajících při procesu kompostování, např.  $\text{NH}_3$  nebo organické kyseliny s krátkým řetězcem, a k rostlinné snášenlivosti kompostu. Definice zralosti kompostu vychází z plánovaného účelu použití, kterým je především aplikace zralého kompostu na půdy v oblastech s ochranou vod. Při určování zralosti nebo stability kompostu uvádí literatura různé metody, např. rychlost absorpce kyslíku, organický uhlík rozpustný ve vodě a poměr nitrátového



Spectra Star 1400 XT-3

Foto Martin Dědina

a amonného dusíku. Tyto metody zahrnují různé a částečně se také překrývající aspekty. Protože chemické výzkumy na mokré cestě jsou z části spojeny s velkými náklady a časovou náročností, byl vyvinut integrovaný index stability kompostu označovaný jako „body stability“, který spojuje různé metody a slouží jako referenční hodnoty modelu NIRS.

### Metoda blízké infračervené spektroskopie

Pro hodnocení stability kompostu – zralosti kompostu lze použít metodu blízké infračervené spektroskopie (Near-Infrared-Spectroscopy – NIRS). Tato nedestrukční metoda využívá absorpci záření v rozsahu 650–2600 nm, která proniká několik milimetrů do testovaného vzorku. V průběhu jednoho měření je možné současně získat hodnoty chemických a fyzikálních parametrů testovaných vzorků.

Cílem výzkumu bylo posouzení, zda může být blízká infračervená spektroskopie (NIRS) využita jako alternativní a rychlá metoda k určení stabi-

lity kompostu vyrobeného různými technologickými postupy. Kritickou prerekvizitou bylo použití vhodného referenčního parametru, který dobře popíše stabilitu kompostu a je také předvídatelný pomocí NIRS. Byl vyvinut sumarizační parametr pro stabilitu, který byl vypočten z obsahu rozpuštěného organického uhlíku (DOC), nitrátového dusíku ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), amonného dusíku ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), spotřeby kyslíku (pomocí metody Oxitop) a z indexu zralosti Solvita (pomocí Solvita testu) s individuálními parametry váženými pro účely výpočtu. V rámci projektu INTEKO byla tato metoda hodnocení uvedena do provozu na pracovišti ZERA v Náměšti nad Oslavou, které je vybaveno analyzátozem Spectra Star 1400 XT-3, spektrometrem pro měření v módu rotace vzorku pro parametry ve vlnových délkách 1400–2600 nm. Statistické výpočty jsou prováděny pomocí softwaru CAMO Unscrambler. Laboratoř je před vlastní analýzou vzorků dále vybavena sušárnou, kulovým mlýnem a přesnými laboratorními váhami.

### Kalibrace a validace dat

Pro kalibraci a validaci dat bylo shromážděno celkem 481 vzorků kompostů odebraných na celkem 83 kompostárnách v Rakousku a v České republice. Celkem 310 vzorků, postupně v průběhu několika let odebraných na kompostárně města Vídeň a analyzovaných v rámci mezinárodního projektu Inteko ATCZ42, ve spolupráci mezi Bio Forschung Austria a Regionální agenturou ZERA v Náměšti nad Oslavou, sloužilo výhradně pro vytvoření kalibračního modelu stability kompostů (model C1). Kalibrační model byl průběžně sestavován a precizován při využití jedné z nejrozšířenějších kompostovacích technologií, tzn. v pásových hromadách na volné ploše s překopávacím kompostu. Na základě podrobného sledování vstupních parametrů kompostovacích zakládek (např. sezónní odlišnosti surovinové skladby zakládek, vstupní hodnoty C/N atd.), na základě podrobného sledování technologického procesu (např. počty překopávek, sledování množství použité závlahové vody, sledování

teploty a vlhkosti kompostovacího procesu, sledování tvorby metanu) byl vytvořen soubor hodnot popisujících kvalitu produkovaných kompostů – kalibrační model C1. Validační model C2 byl vytvořen na základě hodnot stability kompostů postupně odebíraných a analyzovaných v rámci řešení projektu NAZV QK1920177 ve spolupráci mezi VÚZT, v. v. i., a Regionální agenturou ZERA v Náměšti nad Oslavou, výhradně na kompostárnách v ČR. Jednalo se celkem o 171 vzorků pocházejících z různých typů kompostovacích technologií. Ve validačním modelu převažovaly kompostárny s technologií kompostování na volné ploše s překopávacím kompostu (60 % vzorků), kompostárny s nuceným provzdušňováním kompostovacích hromad (25 % vzorků), vermikompostování (7 % vzorků) a ostatní technologie jako např. kompostování ve vacích, případně provzdušňování hromad čelním nakladačem přestavovalo 8 % analyzovaných vzorků.

Vzorky se lišily nejen použitou technologií kompostování, ale i složením vstupního materiálu v důsledku sezónních vlivů, např. různé zastoupení zeleného odpadu, bioodpadu, dřeva, listí atd. a dobou kompostovacího procesu. V tab. 1 jsou uvedeny střední hodnoty a standardní odchylky obecných parametrů kompostů a parametrů stability kompostů, prezentující odlišnosti vlastností obou modelů odebraných vzorků kompostů. V tab. 2 jsou uvedeny střední hodnoty a směrodatné odchylky podle surovinové skladby kompostů pocházejících výhradně z ČR model C2. Upravené (usušené a rozemleté) vzorky vyrobených kompostů byly nejprve fyzikálně-chemicky analyzovány na pracovišti BFA pomocí konvenčních metod a následně oskenovány spektrometrem AOTF-NIR (rozsah vlnových délek 1200–2150 nm). K validaci dat byly provedeny vícerozměrné analýzy pomocí statistického programu Unscrambler. Analýza hlavních komponentů (PCA) provedená na spektrálních datech ukázala, že tendenční odlišnost vzorků odpovídá jejich původu. Kalibrační modely byly nejprve vyvinuty pro všechny vzorky společně (jeden

Tab. 1 – Střední hodnoty a standardní odchylky obecných parametrů kompostů a parametrů stability kompostů

		Hodnoty kompostů pocházejících z ČR (model C2)	Min./max. hodnoty ČR	Hodnoty kompostů pocházejících z Rakouska (model C1)	Min./max. hodnoty Rakousko
		n = 104		n = 310	
Obecné parametry kompostu	obsah vody (%)	39,8 (± 13,8)	6,55/75,31	45,2 (± 9,1)	12,8/67,1
	vodivost (mS/cm)	1,36 (± 0,74)	0,23/5,66	1,10 (± 1,12)	0,39/18,78
	obsah soli (g/l)	4,63 (± 1,99)	1,16/12,86	3,38 (± 3,85)	1,09/63,39
	pH (H <sub>2</sub> O)	8,3 (± 0,7)	6,25/9,32	8,5 (± 1,0)	1,44/9,45
	koeficient humusu	23 (± 21)	1/92	20 (± 18)	1/93
Parametry zralosti kompostu	NH <sub>4</sub> -N v CaCl <sub>2</sub> extrakt (mg/kg sušiny)	307 (± 1377)	< 5/10741	150 (± 376)	< 5/4116
	NO <sub>x</sub> -N v CaCl <sub>2</sub> extrakt (mg/kg sušiny)	428 (± 459)	<10/2257	134 (± 398)	<10/5113
	DOC ve vodném extraktu (mg/l)	938 (± 884)	197/8735	743 (± 3301)	113/2975
	spotřeba O <sub>2</sub> (mmolO <sub>2</sub> /kgO <sub>2</sub> /h)	14,6 (± 11,7)	1,72/58,20	14,8 (± 8,8)	1,33/48,21
	index SOLVITA	6 (± 1)	1/8	6 (± 1)	1/8
	body stability (NIRS)	6,78 (± 2,17)	2,00/11,25	6,71 (± 2,45)	0,40/13,06

Tab. 2 – Střední hodnoty a směrodatné odchylky podle surovinové skladby kompostů pocházejících z ČR model C2 (výsledky roku 2019 a 2020)

Parametry pro určení zralosti a stability	BRKO	BRKO + suroviny s vysokým obsahem N souhrn	BRKO + suroviny s vysokým obsahem N (40–60 %)	BRKO + suroviny s vysokým obsahem N (10–20 %)
	n = 45	n = 11	n = 7	n = 4
NH <sub>4</sub> -N v extraktu CaCl <sub>2</sub> (mg/kg sušiny)	336 (± 478)	506 (± 4123)	4970 (± 4412)	356 (± 124)
NO <sub>x</sub> -N v CaCl <sub>2</sub> extrakt (mg/kg sušiny)	320 (± 335)	506 (± 553)	462 (± 628)	557 (± 480)
N-minerální (mg/kg sušiny)	766 (± 485,5)	1600 (± 3972)	5010 (± 4164)	1014 (± 500)
Index zralosti NIRS	7,5 (± 1,7)	5,2 (± 4,5)	0 (± 2,6)	8,4 (± 2,8)



obecný model). Následně byly vzorky rozděleny do dvou skupin, rozdělených podle PCA výsledků. První submodel S1 se skládal zejména ze vzorků z kompostáren modelu C1 a druhý submodel S2 ze vzorků z kompostáren modelu C2 včetně několika vzorků z modelu C1. Výsledky obecného modelu vykazovaly shodu s korelačními koeficienty  $r(\text{cal}) = 0,89$  a  $r(\text{val}) = 0,82$  a průměrnou chybou předpovědi 1,24 (s hodnotami sumarizačního parametru pro zralost kompostu pohybujícími se od 0,5 do 12). Výsledky submodelu S1 byly významnější s  $r(\text{cal}) = 0,91$ ,  $r(\text{val}) = 0,89$  a průměrnou chybou odhadu 0,95. Submodel S2 vykazoval korelaci  $r(\text{cal}) = 0,89$ ,  $r(\text{val}) = 0,82$  a průměrnou chybou odhadu 1,36.

### Shrnutí

Cílem experimentů bylo ověření možnosti využití metody NIRS pro určení stability, a tím i kvality vyrobených kompostů pocházejících z různých kompostovacích technologií pouze na základě odebraných vzorků. Pro

tyto účely byl vytvořen kalibrační model C1 a validační model C2, dále rozdělený do několika submodelů. Model C2 se svojí variabilitou na základě odlišné technologie zpracování vstupní suroviny, pestrost surovinové skladby apod. více přibližuje odlišnostem v běžné kompostářské praxi. Podle hodnocení bodů stability NIRS bylo u kalibračního modelu C1 dosaženo hodnoty 6,71 ( $n = 310$ ). U tohoto modelu byly kromě podrobného sledování hodnot vstupních parametrů sledovány i hodnoty průběhu technologického zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Podle hodnocení bodů stability NIRS u validačního modelu C2 bylo dosaženo hodnoty 6,78 ( $n = 104$ ). U modelu C2 stejně jako u modelu C1 byla známa technologie kompostování, podrobnosti o průběhu zpracování biologicky rozložitelných kompostů. Hodnoty obou modelů se liší přibližně o 1 %. Výsledky obou modelů potvrzují biologickou různorodost procesů v závislosti na výše uvedených faktorech. Nicméně, již lze potvrdit, že metoda

NIRS je vhodnou a efektivní metodou pro ověření stupně stability kompostu, která charakterizuje celý biologický aerobní proces kompostování. Dalším praktickým ověřováním hodnocených vzorků se dále budou zpřesňovat hodnoty indexu stability NIRS pro různé surovinové skladby kompostů, u kterých četnost provedených experimentů zatím není sice příliš vysoká, ale již v této četnosti sledování se potvrzuje predikce vlivu složení surovinové skladby na finální stabilitu kompostu. Jedná se zejména o biologicky rozložitelné komunální odpady s vysokým obsahem N, kde je dosahováno hodnoty v souhrnu 5,2 (v rozmezí 0–8,4), zatímco hodnota indexu zralosti NIRS pro biologicky rozložitelné komunální odpady dosahuje hodnoty 7,5. \*

*Príspevek byl připraven za finanční podpory projektu INTEKO ATCZ42 spolufinancovaném Evropským fondem pro regionální rozvoj v rámci INTERREG a projektem NAZV QK1920177 „Nástroje pro lepší využívání kompos-*

*tovacích zařízení s následným navýšením vyrobeného kompostu, aplikovaného na zemědělskou půdu“.*

**Oponentský posudek vypracovala Ing. Barbora Badalíková z Výzkumného ústavu pícninářského, spol. s r. o., Troubsko.**

Ing. Martin Dědina, Ph.D.<sup>3</sup>,

Dr. Ivoneta Diethart<sup>1</sup>,

Ing. Hejátková Květuše<sup>2</sup>,

Dr. Eva Erhart<sup>1</sup>,

Dr. Marion Bonell<sup>1</sup>,

Dr. Katrin Fuchs<sup>1</sup>,

Dr. Dieter Haas<sup>1</sup>,

Dr. Wilfried Hartl<sup>1</sup>,

Ing. Olga Křížová<sup>2</sup>,

Ing. Petr Plíva, CSc.<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Bio Forschung Austria, Vídeň,

Rakousko,

<sup>2</sup> ZERA – Zemědělská a ekologická

regionální agentura, z. s.,

Náměšť nad Oslavou,

<sup>3</sup> Výzkumný ústav zemědělské

techniky, v. v. i., Praha,

### Použitá literatura a zdroje

Abächerli F., Baier U., Berner F., Bosshard C., Fuchs J., Galli U., Gfeller H., Leuenberger R., Mayer J., Pfaffen P., Schleiss K., Trachsel D., Wellinger A. (2010): Švýcarská směrnice pro kvalitu 2010 odvětví pro kompost a produkty fermentace; komise inspektorů odvětví zpracování zelených produktů ve Švýcarsku

Chanyasak, V., & Kubota, H. (1981): Carbon/organic nitrogen ratio in water extract as measure of composting degradation. *J. Ferment. Technol.*, 59, 215-219

Hejátková, K., Křížová, O. (2018): Metodika testování zralosti kompostu – faktor ovlivňující využití živin obsažených v kompostu. Výzkumná zpráva z řešení smlouvy o dílo č. 235-2018-17221 mezi MZe ČR a Agenturou ZERA, z.s. 52 s.

Jiménez E. I. & Garcia V. P. (1989): Evaluation of city refuse compost maturity: a review; *El-sevier, Biological Wastes*; Volume 27, Issue 2, Pages 115-142

Mathur S.P. et al. (1991): *Composting processes: Bioconversion of waste materials to industrial products*. Elsevier, London, New York:147-186

Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení aerobní biologické aktivity – část 1: Rychlost příjmu kyslíku podle (FprEN 16087-1)

Veeken H. M., de Wilde V., Hamelers H.V:M, Moolenaar S.W and Postma R. (2003): OxiTop® measu-ring system1 for standardised determination of respiration rate and N-mineralisation rate of organic mater in waste material, compost and soil; Wageningen University & NMI

Wagner A. & Illmer P. (2004): *Kompostování – nové posouzení staré techniky*; Ber.nat.-med.Verein Innsbruck; Band 91: S. 293-321



Sušárna a kulový mlýn

Foto Martin Dědina