

# Cirkulární zemědělství v praxi

Marek Holba, Jakub Tobiáš, ASIO TECH, spol. s r.o. e-mail: holba@asio.cz

## Souhrn

Cirkulární ekonomika lze aplikovat i do zemědělských podmínek, kdy jako zdroj deficientního uhlíku v půdě lze využít alternativní zdroje, které jsou v současné době definovány jako odpady. Případová studie s aplikací odpadní kyselé syrovátky na zemědělskou půdu bude předmětem tohoto příspěvku.

## Summary

The circular economy can be applied to agricultural conditions, where alternative sources, currently defined as waste, can be used as a source of deficient soil carbon. A case study with the application of waste acid whey to agricultural land will be the subject of this paper.

**Klíčová slova:** cirkulární zemědělství, případové studie, kyselá syrovátka

**Keywords:** circular agronomics, case study, acid whey

## Úvod

Při výrobě mléka vzniká několik mléčných výrobků, které lze následně uplatnit v dalším potravinovém řetězci. Lze použít bílkovinné produkty, jako je kasein, kaseinát nebo sušené odstředěné mléko, ale ty jsou obecně příliš drahé na to, aby se daly použít do např. krmiva nebo jako půdní kondicionéry na půdě. Jiné produkty, především vedlejší produkty z výroby sýrů (sušená syrovátka, laktóza, syrovátkový bílkovinný koncentrát a syrovátkový permeát), však hrají důležitou roli v odvětví živočišné výroby a lze je použít jako krmivo pro mladá odstavená zvířata (jako mléčnou náhražku ve startovacích krmivech).

Kyselá syrovátka vzniká srážením kaseinu kyselinami při výrobě měkkých sýrů (např. žervé, cottage, mascarpone), používá se uměle přidaná kyselina citrónová či vinná, nebo při kysání mléka probiotickými bakteriemi přirozeně vzniklá kyselina mléčná. Syrovátka je špatně skladovatelná kapalina. V zimě je náchylná ke zmrznutí, v létě se může rychle zkazit. Kyselá tekutá syrovátka, která má nižší pH (kolem 4,0, ale obvykle nižší než 5), je při skladování stabilnější než sladká tekutá syrovátka (lze ji skladovat až týden, aniž by se znehodnotila), ale má nižší nutriční kvalitu (má vyšší obsah kyseliny mléčné a popela). Tekuté vedlejší produkty, jako je sladká nebo kyselá syrovátka, jsou méně nákladné než sušené vedlejší produkty, ale jejich nízká sušina (okolo 6-7%) omezuje vzdálenost, na kterou lze tyto materiály ekonomicky přepravovat.

Kyselá syrovátka je v současné době považována jako odpad a je povětšinou likvidována odvětvěním do proudu odpadních vod a následným vyčištěním na komunálních čistírnách odpadních vod. Existují ovšem i některé valorizační scénáře, které by mohly napomoci jejímu znovuvyužití neboť se jedná o materiál bohatý na uhlík a nutrienty. Tyto scénáře jsou již částečně prozkoumány a s úspěchem se využívá lyofilizace kyselé syrovátky a následné dosušení a využití jako potravinového doplňku např. pro sportovce. Další scénář zahrnuje např. její anaerobní zpracování v bioplynových stanicích nebo valorizaci ekonomicky zajímavých sloučenin, které jsou její součástí. Další možností je např. využívat kyselou syrovátku pro zkrmování dobytka. V našem projektu jsme se pokusili aplikovat kyselou syrovátku na pole, kde jsme se snažili dorovnat uhlíkový deficit v půdách a zároveň do půdy přinést makro- i mikronutrienty, které kyselá syrovátka obsahuje.

**Tab.1: Složení různých typů syrovátky**

Složení (%)	Sladká syrovátka	Kyselá syrovátka	Kaseinová syrovátka
Sušina (%)	6.20	5.70	6.10

<b>Laktóza (%)</b>	4.80	4.60	4.70
<b>Bílkoviny (%)</b>	0.75	0.30	0.50
<b>Tuky (%)</b>	0.05	< 0.01	< 0.01
<b>Popel (%)</b>	0.60	0.80	0.90
<b>pH</b>	6.1	4.6	4.4

## Materiál a metody

### Příprava kyselé syrovátky

Kyselou syrovátku jsme využívali přímo od producentů syrovátky, a to jak v sušině 6 nebo 18%. Zároveň jsme postavili nanofiltrační poloprovozní jednotku, která umožňovala případné zahuštění kyselé syrovátky na 18%. Syrovátka aplikovaná na pole měla vždy sušinu okolo 18%.

**Obr.1: Poloprovoz na zahuštění syrovátky – výkon ca. 1 m<sup>3</sup>/h**



**Tab.2: Složení kyselé syrovátky na květináčové a polní testy**

<b>Složka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
<b>sušina</b>	%	18
<b>TC</b>	%	7.42
<b>TN</b>	%	0.23
<b>TH</b>	%	1.26
<b>TS</b>	%	0.02
<b>TP</b>	g/kg	1.95
<b>K</b>	g/kg	1.71
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	g/kg	0.24
<b>N-NO<sub>2</sub></b>	mg/l	< 10
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	mg/l	< 10

### Květináčové testy

Pro ověření hypotézy aplikace kyselé syrovátky na půdu byly provedeny květináčové testy se salátem *Lactuca sativa* a se zelím *Brassica oleracea convar. capitata var. Alba*. Testy byly provedeny v květináčích o objemu ca. 7 l půdy s ochrannou sítí proti hmyzu a proti slimákům. Byla použita běžná půda pro jihomoravský region, která byla přemístěna do květináčů v objemu  $6.0 \pm 0.1$  kg. Bylo použito celkem 11 květináčů celkem, kdy jeden z nich byl použit jako kontrolní vzorek. Do zbylých deseti byla následně po zakořenění pokusné rostliny nadávkována kyselá syrovátka v dávce 0.3 – 3 g TN/květináč s krokem 0.3 g TN. U půdy byla zároveň zjištěna její sorpční kapacita pro požadavky pravidelné závlivky. Dále byly na nejbližším hydrometeorologickém radaru zjišťovány srážkové úhrny neb rostliny byly umístěny venku v přirozeném prostředí a v příp. suchých období byly rostliny dozalévány.

**Obr.2: Ukázka květináčových testů**



### Polní testy

Polní testy jsou umístěny v terénu na ploše necelého 1 ha, kde probíhají ještě další testy v rámci projektu, např. zjišťování optimální dávky dusíku pro různé genotypy pšenice. Testy s různými dávkami kyselé syrovátky na pšenici jsme prováděli v roce 2020, nicméně testy nebyly z důvodu Covidu úspěšné a v roce 2021 byly zopakovány s kukuřicí (*Zea mays*). Hypotéza předpokládá zhodnocení různé dávky syrovátky pro růst kukuřice a zlepšení uhlíkové bilance v půdě. Byly zvoleny čtyři různé dávky kyselé syrovátky (40, 80, 120, 160 kg TN/ha), které byly čtyřikrát replikovány. Celkem tedy vzniklo 20 testovacích polygonů o rozměrech 10 x 3 m. Kukuřice byla seta v rozestupech 16 cm. Vzdálenost řádků byla 75 cm. Sklizeň kukuřice proběhne v říjnu 2021 a budou vyhodnocovány parametry: výnos, koncentrace uhlíku a dusíku.

### Výsledky a diskuze

Vývoj poloprovozní jednotky na zahušťování syrovátky byl prováděn nejprve na laboratorní jednotce, na které jsme zjišťovali optimální velikost pórů nanofiltrační membrány a vhodné provozní podmínky pro provoz poloprovozní jednotky. Zaměřovali jsme se zejména na vhodně předčištění před nanofiltrací. V praxi, pokud je aplikována nanofiltrační zahušťovací jednotka, tak se zpravidla na odstranění tuků aplikuje centrifugace. My jsme jako inovativní prvek zařadili nanovlákněné membrány s velikostí pórů 300-400 nm, které byly schopny odstranit tuky lépe než centrifugace a zároveň z kyselé syrovátky odstranit mléčný zákal způsobený především solemi Ca, Mg a fosforečnanů. Pomocí zahušťovací jednotky o výkonu 1 m<sup>3</sup>/h jsme byli schopni syrovátku kontinuálně zahušťovat na sušinu 17-18%. Obrázek poloprovozní zahušťovací jednotky je na Obrázku 1. K zahuštění syrovátky jsme přistoupili zejména z ekonomických důvodů pro zlevnění logistiky převozu zahuštěné syrovátky na pole. Běžná

syrovátka z provozních systémů má sušinu okolo 6% a při zahuštění nanofiltrací se dostáváme na trojnásobnou sušinu, čímž snižujeme logistické náklady na třetinu.

**Obr.3: Předčištění kyselé syrovátky pomocí nanovlákněné membrány**



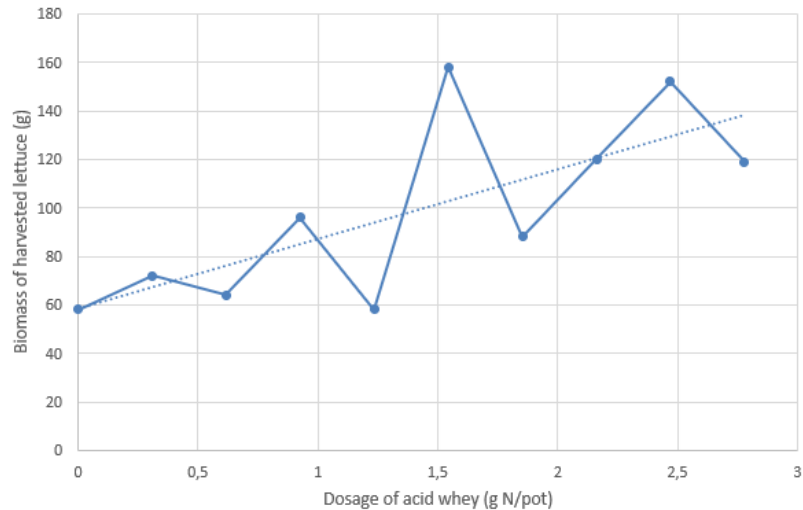
Květináčové testy sloužily ke zjištění optimální a maximální dávky kyselé syrovátky, která ještě nebude negativně ovlivňovat růst rostlin. Dle již ukončených testů se salátem bude minimální dávka, která ještě příznivě působí na růst salátu 2.7 g TN/květináč. V příštím roce budou testy zopakovány s vyššími dávkami. U ještě stále probíhajících testů s podzimním zelím bude dávka velice pravděpodobně nižší.

**Obr. 4: Progres růstu salátu během květináčových testů**



**Obr.5: Závislost množství vzrostlé biomasy salátu v závislosti na dávce kyselé syrovátky**





Zahuštěná syrovátka má viskózní charakter, nicméně je zde předpoklad, že půjde na pole rovnoměrně aplikovat stejně jako další zemědělské kapaliny typu herbicidů. V našem případě jsme přivezli na pole IBC kontejnery o objemu 1 m<sup>3</sup>, ze kterých jsme kyselou syrovátku přečerpávali do kýblů a aplikovali ručně na pole. Kyselá syrovátka byla aplikována na plodiny pouze jednou, ca. 5 – 6 týdnů po výsevu, kdy kukuřičné plodiny měly již okolo 5 – 6 listů. Po aplikaci syrovátky byl ještě aplikován herbicid. Růst plodin je pravidelně monitorován a fotodokumentován. Zároveň budou provedeny analýzy jak s kukuřicí, tak s půdou pro zjištění zlepšení uhlíkové bilance. Výsledky proto nejsou ještě v době prezentace výstupů známy.

**Obr.6: Záběry ze setí a aplikace kyselé syrovátky a monitoring růstu kukuřice**





## Závěry

V rámci projektu jsme identifikovali surovinu, které je v potravinářském průmyslu odpadem a snažíme se ověřit, zda-li je využitelná v zemědělství. Jedná se o kyselou syrovátku, kterou jsme pomocí fyzikálních procesů nejprve v laboratorním a posléze v poloprovozním měřítku upravili (odstranění tuků a zahuštění), aby byla v co nejekonomičtější formě aplikovatelná na pole jako půdní kondicionér dodávající půdě a rostlinám chybějící uhlík a makro- i mikronutrienty.

Se zahuštěnou kyselou syrovátkou posléze provádíme laboratorní testy, které mají prokázat její hnojivý a obecně prospěšný vliv pro růst rostlin a zlepšení kvality půdy. Testy jsou prováděny jak v malém měřítku pomocí květináčových testů, tak v poloprovozním měřítku formou polních testů. První výsledky aplikace jsou pozitivní a mohli jsme pozorovat se zvýšenou dávkou syrovátky i zvýšenou produkcí biomasy salátu. Polní testy na kukuřici byly zahájeny na jaře letošního roku a výsledky budou známy v listopadu/prosinci 2021.

## Poděkování

Testování bylo prováděné díky projektu Evropské Unie – Circular Agronomics (<https://www.circularagronomics.eu/>) v letech 2018 – 2023 s využitím finančních prostředků z rámcového programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizont 2020 na základě grantové dohody č. 773649.