

BILANCE ORGANICKÝCH LÁTEK V ROSTLINNÉ VÝROBĚ

(The Balance of Organic Substances in the Crop Production)

Jan Klír

Crop Research Institute, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně, Czech Republic,
klir@vurv.cz

Abstract

Based on the available data on livestock numbers and the structure of cultivated crops, a model calculation of the organic matter balance was carried out at national level. In order to calculate the production of livestock manure, data on the representation of housing methods from agricultural surveys and legislative coefficients were used. The production of plant by-products was calculated on the basis of data on the average ratio of the by-product to the main product. For the calculations the freely available balance model of Crop Research Institute was used. The results were compared using the German balance calculation procedure. On the national average, the organic matter balance is satisfactory (1.36 t of organic matter per 1 ha), except for the unfavourable year 2018 (0.60 t of organic matter per 1 ha) when the straw production was low. However, problems may arise at regional level, particularly in arable farms.

Key words: organic matter; balance; soil fertility

Množství a kvalita půdní organické hmoty jsou základním faktorem půdní úrodnosti. Při přeměnách organických látek je nezastupitelná úloha půdních mikroorganismů. Rychlost mineralizačních procesů je ovlivněna i způsobem zpracování půdy a hnojením. V poslední době nabývá významu zvyšování teplot vzduchu a tedy i půdy, spojené se změnami klimatu. Část rozložených organických látek nahradí rostliny ještě v době růstu [1]. Jedná se o kořenové exudáty, uvolněná povrchová pletiva či odumírající kořenové vlášení. Povrch půdy pak obohatí organickými látkami i živinami zejména opad listů řepky. Další část organických látek se do půdy dostává po sklizni plodin ve formě kořenových zbytků, strniště, plev, pluch, klasových větven, prázdných šesulí apod., tedy neskliditelných posklizňových zbytků. Návrat organických látek do půdy působením rostlin se obtížně kvantifikuje, může se však jednat o desítky procent z celkového množství rostlinou asimilovaného uhlíku. Podobně obtížné je kvantifikovat i množství rozložených organických látek.

I když samotné minerální hnojení zvyšující výnosy příznivě ovlivňuje i přívod organických látek do půdy, většinou to nestačí pro plnou náhradu rozložených organických látek. Proto je nutné dodávat další organické látky ve statkových hnojivech, organických hnojivech, příp. upravených kalech. Statkovými hnojivy rostlinného původu jsou skliditelné rostlinné zbytky použité ke hnojení, tedy vedlejší produkty vznikající při pěstování rostlin (sláma, chrást, ...) i hlavní rostlinné produkty (plodiny na zelené hnojení).

Prakticky využitelným parametrem pro hodnocení péče o půdní úrodnost je tedy bilance organických látek. Na internetu jsou k dispozici různé nástroje a programy pro snadné bilancování organických látek na úrovni pozemků a osevních postupů [2, 3], zemědělských závodů nebo regionů [4].

Sledování toku organických látek je o to důležitější, že vzrůstá požadavek na pokrytí části energie z obnovitelných zdrojů (OZE). Na úrovni Evropské unie by mělo být do roku 2030 dosaženo minimálně 27% podílu OZE na hrubé spotřebě energie, což pravděpodobně přinese nutnost zvýšit produkci biomasy v lesích i na zemědělské půdě. Podle Akčního plánu pro biomasu v ČR na období 2012–2020 představuje zemědělská půda využitelná pro produkci energetické biomasy cca 1 120 tis. ha. Plán počítá i s potenciálním využitím více než 3 mil. t slámy, převážně obilné [5]. K energetickému využití je zatím využíváno 0,10 až 0,15 mil. tun slámy. Větší městské zdroje však lokálně spotřebují řádově tisíce až desítky tisíc tun paliva ročně [6]. Problém tedy může nastat v určitých regionech, zejména kde jsou kromě spaloven i bioplynové stanice (dále jen BPS). Z našich šetření v praxi [7] vychází, že sláma (a zelené hnojení) je v řadě závodů bez chovu zvířat nebo bez produkce hnoje hlavním zdrojem pro navrácení organických látek do půdy. Sláma je důležitá zvláště při používání kejdy a digestátu, neboť samotná aplikace těchto hnojiv např. v létě a na podzim může zvyšovat rychlost rozkladu organických látek v půdě [8].

Materiál a metody

Na základě dostupných údajů byl proveden modelový výpočet bilance organických látek na celostátní úrovni. Pokud se jedná o plochu započitatelné zemědělské půdy, již několik let existuje shoda mezi MZe a ČSÚ o výměře zemědělsky využívané půdy, která dosahuje v posledních letech 3,5 mil. ha zemědělské půdy (z.p.), z toho 2,5 mil ha orné půdy (o.p.).

Dalšími zdroji pro výpočty byly údaje o stavu hospodářských zvířat a struktuře pěstovaných plodin [9]. Pro výpočet produkce statkových hnojiv živočišného původu bylo využito údajů o zastoupení způsobů ustájení ze šetření v zemědělské praxi [7] a koeficientů z platné vyhlášky [10]. Pro odhad spotřeby statkových hnojiv a produkce digestátu bylo využito údajů ze studie ÚZEI k využití statkových hnojiv jako vstupu do bioplynových stanic [11], kde je uveden i odhad produkce digestátu, ve výši 8,4 mil. tun. Spotřeba kompostů a upravených kalů byla odvozena z údajů v dalších literárních zdrojích [12, 13].

Produkce vedlejších rostlinných produktů byla vypočtena na základě údajů o průměrné hodnotě poměru vedlejšího a hlavního produktu z metodiky [14], s přihlédnutím k propadu produkce slámy v roce 2018 [7] a z údajů o využití slámy pro energetické účely [6]. Pro výpočty bylo využito volně dostupného bilančního modelu VÚRV [4], sestaveného na základě postupu vytvořeného ve VÚRV [15] a inovovaného pro současné podmínky hospodaření.

K porovnání výsledků bylo využito německého postupu výpočtu bilance [16], jež byl v minulém programovacím období v SRN povinný pro žadatele o dotace.

Výsledky a diskuse

Stavy hospodářských zvířat se v posledních letech stabilizovaly. Zvýšily se počty krav bez tržní produkce mléka (mezi roky 2015 a 2019 o 10,9 %) a slepic (o 20,4 %). Naopak poklesly stavy dojených krav (o 3,2 %) a prasnic (o 5,6 %).

I. Stavy hospodářských zvířat k 1. dubnu [9], přepočet na dobytčí jednotky (DJ) a průměrná hustota hospodářských zvířat na 1 ha využívané zemědělské půdy (z.p.)

Hospodářská zvířata	2015	2016	2017	2018	2019
Skot, z toho	1 407 132	1 415 658	1 421 242	1 415 770	1 418 106
krávy dojené	376 144	372 510	369 802	365 448	364 263
krávy ostatní	203 958	211 237	216 095	221 874	226 255
Prasata, z toho	1 559 648	1 609 945	1 490 775	1 557 218	1 544 084
prasnice	96 274	97 092	91 114	92 220	90 889
Ovce	231 694	218 493	217 141	218 915	213 068
Kozy	26 765	26 548	28 174	30 316	29 210
Koně, osli atd.	33 716	32 133	35 036	35 673	37 390
Drůbež, z toho	22 508 192	21 313 958	21 494 347	23 572 784	22 979 360
slepice	6 297 189	6 116 213	6 835 746	7 989 588	7 581 659
<i>Dobytčí jednotky</i>	<i>1 656 026</i>	<i>1 660 138</i>	<i>1 670 960</i>	<i>1 684 981</i>	<i>1 674 124</i>
<i>DJ/ha z.p.</i>	<i>0,47</i>	<i>0,47</i>	<i>0,48</i>	<i>0,48</i>	<i>0,48</i>

Produkce statkových a organických hnojiv je stabilní, s meziročními výkyvy -0,5 až +0,7 % od průměru 2015–2019, který byl tedy použit pro další výpočty.

II. Průměrná roční spotřeba steliva, produkce a použití statkových hnojiv jako substrátu do BPS a k přímé aplikaci na z.p. (v mil. tun, za období 2015–2019)

Hosp. zvířata	Stelivo	Hnůj, drůbeží podestýlka			Kejda, sušený drůbeží trus		
		produkce	do BPS	aplikace	produkce	do BPS	aplikace
Skot	2,10	10,22	0,96	9,26	3,94	1,94	2,00
Prasata	0,09	0,44	0,01	0,43	2,37	1,49	0,88
Drůbež	0,03	0,24	0,02	0,22	0,05	0,00	0,05
Ostatní	0,05	0,23	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00
Celkem	2,27	11,12	0,99	10,13	6,36	3,43	2,93

Z hlediska přívodu organických látek do orné půdy bylo z údajů v tab. II (aplikace celkem) na základě odhadu odečteno u hnoje 5 % (0,46 mil. t) a u kejdy skotu a digestátu po 10 % (0,20 mil. t a 0,84 mil. t), pro aplikaci mimo ornou půdu (trvalé travní porosty a jiné kultury). Pro ornou půdu je tedy počítáno s aplikací 9,67 mil. t hnoje (vč. drůbeží podestýlky), 2,73 mil. t kejdy, příp. drůbežního trusu a 7,54 mil. t digestátu. Celková roční potřeba a tedy i sklizeň slámy ke stlaní, krmení a jiným účelům je odhadována na 2,60 mil. t, včetně ztrát.

Močůvka a technologické vody (celková produkce 2,92 mil. t), hnojůvka (odhad produkce je obtížný) ani výkaly a moč na pastvě (celkem 3,59 mil. t) nemají pro výpočet bilance organických látek na orné půdě praktický význam.

III. Průměrný obsah sušiny, organických látek, uhlíku a dusíku a z toho vypočítaný poměr C : N ve hnojivech a upravených kálech [8, 10]

Statková hnojiva, organická hnojiva a upravené kaly	Sušina	Org. látky	Uhlík	Dusík	Poměr C : N
	%	kg/t	kg/t	kg/t	
Statková hnojiva živočišného původu					
Hněj skotu	22,0	165	86	6,7	13
Hněj prasat	24,0	187	97	8,5	11
Hněj koňský	30,0	240	125	5,2	24
Hněj ovcí a koz	32,0	256	133	8,9	15
Močůvka skotu a hnojůvka	1,2	10	5	1,5	3
Močůvka prasat a hnojůvka	1,2	10	5	2,2	2
Kejda skotu	7,3	57	30	3,9	8
Kejda skotu – fugát	5,8	45	24	3,9	6
Kejda skotu – separát	21,0	164	85	4,2	20
Kejda prasat	5,3	42	22	4,3	5
Kejda prasat – fugát	3,4	27	14	4,1	3
Kejda prasat – separát	27,0	216	112	6,6	17
Drůbeží trus – uleželý	32,0	214	111	19,0	6
Drůbeží trus – sušený	73,0	460	239	35,0	7
Drůbeží trus s podestýlkou	42,0	302	157	20,4	8
Statková hnojiva rostlinného původu					
Sláma hustě setých obilnin	85,0	800	420	4–5	80–100
Sláma kukuřice na zrno	85,0	800	420	9	45
Sláma luskovin	85,0	800	420	10–15	28–40
Sláma olejnin	90,0	800	420	7–10	40–60
Řepný chrást	15,0	100	50	4	13
Plodina na zelené hnojení	15,0	100	50	2–5	10–25
Organická hnojiva					
Kompost	40,0	240	125	5,5	23
Digestát	5,8	44	23	5,3	4
Digestát – fugát	3,9	29	15	5,1	3
Digestát – separát, nebo tuhý digestát	23,0	196	102	6,8	15
Ostatní org. hnojiva, např. výpalky	35,0	228	118	10,5	11
Upravené kaly					
Upravený kal (ve 100% sušině)	100,0	600	312	37,0	8

IV. Průměrný poměr vedlejšího produktu (VP) a hlavního produktu (HP)

Plodina	VP : HP	Plodina	VP : HP
Pšenice ozimá	0,80	Řepka *	2,20
Pšenice jarní	0,90	Slunečnice na semeno	1,80
Žito ozimé a jarní	1,00	Sója	1,00
Ječmen ozimý	0,70	Mák	2,80
Ječmen jarní	0,60	Hořčice na semeno	1,50
Oves	1,10	Len olejný na semeno	1,50
Tritikale	0,90	Kmín	2,80
Kukuřice na zrno	1,00	Brambory rané	0,30
Hrách setý na zrno	1,00	Brambory ostatní	0,20
Lupina na zrno	1,00	Cukrovka technická	0,40
Jeteloviny a trávy na semeno	8,00	Krmná řepa	0,40

* pro sklizeň slámy se použije koeficient 1,70 (rozdíl tvoří např. prázdné šesule)

Pro stanovení potřeby dodání organických látek do půdy je rozhodující struktura pěstovaných plodin (tab. V). Vychází se z předpokladu, že při pěstování silážní kukuřice, okopanin a zeleniny dochází k intenzivnějšímu rozkladu půdní organické hmoty a naopak přísun organických látek v neskliditelných posklizňových a kořenových zbytcích je nízký. Tyto plodiny tedy mají silně negativní vliv na bilanci půdní organické hmoty. U obilnin, luskovin a olejnin je rozklad půdní organické hmoty na nižší úrovni a organických látek se vrací více. Ale přesto to nestačí na pokrytí potřeby, výsledná bilance je tedy lehce záporná. Kladně vychází samozřejmě pěstování víceletých píceňin, z důvodů nízké intenzity rozkladu půdní organické hmoty a velkého množství rostlinných zbytků.

V. Zastoupení plodin na orné půdě

Rok	Skupina plodin *		
	1	2	3
2016	71,4%	19,1%	9,5%
2018	71,4%	18,2%	10,4%

* 1. zrniny, olejnin; 2. okopaniny, jednod. pícniny, zelenina; 3. vícel. pícniny, ost. plodiny, úhor

Výsledek bilance organických látek je uveden v tab. VI a VII. První tabulka ukazuje výsledek pro příznivý rok (2016), s obvyklými výnosy plodin. V druhé tabulce je zohledněn propad výnosů hlavního i vedlejšího produktu v roce s nepříznivými povětrnostními podmínkami (2018). Ze šetření v praxi vyplynulo, že i poměr vedlejšího a hlavního produktu (tab. IV) byl u slámy nižší, zhruba o 20 %. Model byl tedy dopracován pro možnost vložení vlastních údajů o sklizni slámy, např. podle počtu a průměrné hmotnosti balíků. Na základě korekce proti tabulkovému koeficientu se přepočte i množství slámy zapravené do půdy.

VI. Průměrný přívod organických látek do orné půdy (2016)

Hnojiva, upravené kaly	Přívod	Org. látky	Uhlík	Dusík	Poměr	Org. látky
	mil. t			C : N	t/ha	
Hnůj, drůb. podestýlka	9,67	1,654	0,860	0,066	13	0,66
Kejda, suš. drůbeží trus	2,73	0,176	0,092	0,012	8	0,07
Digestát	7,54	0,332	0,173	0,040	4	0,13
Kompost	0,10	0,024	0,012	0,001	23	0,01
Upravené kaly	0,04	0,025	0,013	0,002	8	0,01
Sláma obilnin	4,24	3,392	1,764	0,021	83	1,36
Sláma luskovin	0,08	0,068	0,035	0,001	33	0,03
Sláma olejnin	3,20	2,560	1,331	0,022	59	1,02
Chrást, nať	1,80	0,180	0,094	0,007	13	0,07
Zelené hnojení	1,00	0,100	0,052	0,003	17	0,04
Přívod celkem	30,41	8,510	4,425	0,175	25	3,40
Potřeba		4,525				1,81
Bilance		3,985				1,59

VII. Průměrný přívod organických látek do orné půdy (2018)

Hnojiva, upravené kaly	Přívod	Org. látky	Uhlík	Dusík	Poměr	Org. látky
	mil. t			C : N	t/ha o.p.	
Hnůj, drůb. podestýlka	9,67	1,654	0,860	0,066	13	0,66
Kejda, suš. drůbeží trus	2,73	0,176	0,092	0,012	8	0,07
Digestát	7,54	0,332	0,173	0,040	4	0,13
Kompost	0,10	0,024	0,012	0,001	23	0,01
Upravené kaly	0,04	0,025	0,013	0,002	8	0,01
Sláma obilnin	1,96	1,568	0,815	0,010	83	0,63
Sláma luskovin	0,06	0,050	0,026	0,001	33	0,02
Sláma olejnin	2,34	1,872	0,973	0,016	59	0,75
Chrást, nať	1,62	0,162	0,084	0,006	13	0,06
Zelené hnojení	1,00	0,100	0,052	0,003	17	0,04
Přívod celkem	27,07	5,962	3,100	0,157	20	2,38
Potřeba		4,450				1,78
Bilance		1,512				0,60

Hodnocení bilance organických látek (OL): při použití kvalitních statkových a organických hnojiv (hnůj, kompost) stačí kladná bilance; pokud se potřeba dodání organických látek plní převážně náhradními zdroji (sláma, zelené hnojení) je třeba dosáhnout hodnoty bilance alespoň +0,50 OL/ha. Podíl organických látek ze hnoje a kompostu na celkovém přívodu je v průměru ČR pouze 19 % (2016). V případě nedostatku hnoje jsou vhodné kombinace kejdy či digestátu se slámou a zeleným hnojením – tím se částečně eliminují nedostatky těchto zdrojů organických látek (nízká účinnost pro náhradu rozloženého humusu,

mineralizační vliv kejdy či digestátu při jejich samotné aplikaci). Velmi záleží i na způsobu hnojení, zejména slámou, která se v posledních letech rozkládá pomalu a ne vždy je nutné a vhodné na její podporu přidávat dusík [17].

V tab. VI a VII je pro orientaci vypočítán i průměrný poměr uhlíku ku dusíku u vstupních materiálech. V roce 2016 (příklad úrodného roku) byla průměrná hodnota poměru C : N na úrovni 25 : 1, což je považováno za optimální skladbu dodávaného substrátu pro potřeby mikroorganismů. Vzhledem k tomu, že se předpokládá „prodýchání“ 2/3 uhlíku, dojde ke snížení poměru C : N na hodnotu 8 : 1, což odpovídá poměru C : N v tělech mikroorganismů [18]. V případě nižšího přívodu slámy v roce 2018 se průměrný poměr C : N snížil na 20 : 1. Obecně se dá konstatovat, že v některých orných půdách se snižuje poměr C : N i hluboce pod 10 : 1. To lze dát do souvislosti s částečnou akumulací přebytku dusíku v půdě i používáním statkových a organických hnojiv s poměrem C : N okolo 5 : 1, např. digestát, rychlokomposty na bázi drůbežního trusu apod. [8]. Navíc, u hnoje skotu, zejména od dojených krav se vlivem zvyšující se intenzity chovu a kvality krmiv, ve spojitosti se sníženou spotřebou steliva poměr C : N snížil z dřívějších 20 : 1 na současných 13 : 1.

VIII. Porovnání bilance organických látek a bilance účinného uhlíku

Rok	Položky bilance	Org. látky	Uhlík t/ha orné půdy	Účinný uhlík*	Humifikační koeficient
2016	Přívod	3,40	1,77	0,481	27 %
	Potřeba	1,81	0,94	0,245	
	Bilance	1,59	0,83	0,236	
2018	Přívod	2,38	1,24	0,357	29 %
	Potřeba	1,78	0,93	0,239	
	Bilance	0,60	0,31	0,118	

* uhlík účinný pro náhradu rozloženého humusu (německý model)

Program porovnává dva modely pro výpočet bilance půdní organické hmoty – aktualizovaný model VÚRV [4] a německý model [16]. Oba postupy vychází z hodnocení vlivu pěstovaných plodin na rozklad půdní organické hmoty a na přísun organických látek v neskliditelných posklizňových a kořenových zbytcích. Česká metodika počítá bilanci organické hmoty v půdě v organických látkách, německá metodika stanoví potřebu pro náhradu rozložené části humusu (= humifikovaná část organické hmoty v půdě) a dodávku uvádí v uhlíku účinném pro reprodukci humusu. Tento uhlík tvoří jen část z celkového C, podle druhu a kvality statkových a organických hnojiv: 10–15 % (chrást, zelené hnojení), 20–25 % (sláma), 25–30 % (kejda, digestát, drůbeží trus), 35–40 % (hnůj, separát kejdy či digestátu), 45–50 % (kompost). Právě použití humifikačního koeficientu oba modely odlišuje, ale hodnoty lze vzájemně dopočítávat. Např. průměrný humifikační koeficient organických látek dodaných do půdy v ČR je 27–29 %.

Oba modely tedy dávají stejné hodnocení, neboť pracují na podobném principu, pro jejich vytvoření bylo využito údajů z dlouhodobých polních pokusů a týmy jejich tvůrců v minulosti úspěšně spolupracovaly.

Součástí správného hospodaření na orné půdě je dosáhnout a udržovat optimální hladinu půdní organické hmoty a její vysokou kvalitu. K tomu je nezbytné mít spolehlivé postupy, jak optimální hladinu půdní organické hmoty stanovit a jaká kritéria kvality půdní organické hmoty mají být sledována. Nedostatek analytických dat a některé nedostatky bilančních metod vyvolávají potřebu hledat další, nové, analyticky nenáročné a pokud možno komplementární vlastnosti půdní organické hmoty, které by doplnily dosavadní znalosti [19].

Závěr

Byl proveden modelový výpočet bilance organických látek. V celostátním průměru bilance vychází uspokojivě, s výjimkou nepříznivého roku 2018. Na regionální úrovni však mohou vznikat problémy, zejména v zemědělských závodech bez chovu hospodářských zvířat a s prodejem slámy do spaloven.

Poděkování

Výsledek byl zpracován za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0418 a v rámci projektu TAČR TK02010056.

Literatura

- [1] J. Záhora, *et al.*, in *Reasonable Use of Fertilizers*, Vol. 21, CULS Prague, 2015
- [2] Organická hmota, <http://www.organickahmota.cz/>
- [3] Protierozní kalkulačka, <https://kalkulacka.vumop.cz/>
- [4] J. Klír, *Orientační bilance živin a organických látek... (SW)*, <https://www.vurv.cz>
- [5] *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020. MZe 2012.*
- [6] V. Kotecký, *Co se zbytkovou slámou z polí?*. Biom.cz [online], 2019, <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-se-zbytkovou-slamou-z-poli>
- [7] J. Klír, *et al.*, *Nitrátová směrnice – monitoring ...*, Zpráva pro MZe, VÚRV, Praha 2018.
- [8] J. Klír, *et al.*, *Postupy hospodaření pro efektivní využití dusíku...*, VÚRV, Praha 2018.
- [9] ČSÚ, <https://www.czso.cz/>
- [10] *Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.*
- [11] J. Nesňal, *et al.*, *Možnosti diverzifikace zemědělské výroby do výroby energie z OZE a příprava aktualizace Akčního plánu pro biomasu*, Zpráva TÚ 64, ÚZEI, 2018.
- [12] J. Klír *et M. Budňáková*, in *Reasonable Use of Fertilizers*, Vol. 21, CULS Prague, 2015
- [13] *Statistická ročenka životního prostředí České republiky*. CENIA, MŽP, 2018
- [14] J. Klír, *et al.*, *Rámcová metodika výživy rostlin (2. vydání)*, VÚRV, v.v.i., Praha 2008.
- [15] M. Škarda, in *Komplexní metodika výživy rostlin* (Ed.: J. Neuberg), 1990.
- [16] C. Engels, *et al.*, *Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen*, VDLUFA, Speyer, 2010, <https://www.vdlufa.de/Dokumente>
- [17] P. Růžek, *et al.*, *Aktuální téma: Zakládání porostů řepky do suché půdy*. https://www.vurv.cz/sites/File/2018_seti_repyk_do%20suche_pudy.pdf
- [18] M. Šimek. *Základy nauky o půdě, 3. Biologické procesy...*, JU, Č. Budějovice 2003
- [19] J. Kubát, *et al.*, *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách*, VÚRV, Praha 2008.