



Hnojení

– novodobý nástroj nebo odvěká součást zemědělství?

**MICHAL HEJCMAN
VILÉM PAVLŮ**

Termín hnojení se často objevuje ve sdělovacích prostředcích v souvislosti s kvalitou potravin a porovnáváním vlivu ekologického nebo konvenčního zemědělství na životní prostředí. Veřejností je hnojení vnímáno spíše negativně a je považováno za novodobý nástroj vedoucí ke zvyšování zemědělské produkce. Je ale tomu skutečně tak? Hnojili již naši předkové v pravěku nebo v době bronzové? Na tuto otázku se na základě našich praktických zkušeností pokusíme najít odpověď.

Co je to hnojení?

Ačkoliv je hnojení odvozeno od hnoje, dnes chápeme širší význam slova hnojení jako opatření, jímž je do ekosystému dodávána či zpřístupněna limitující živina pro produkci biomasy. Z hlediska způsobu, jakým jsou do ekosystému živiny dodávány, je možné hnojení rozdělit na přímé a nepřímé. Při přímém hnojení jsou do půdy či do porostu apliková-

ny živiny ve formě kapalných nebo pevných hnojiv. Z literárních pramenů je známo, že staří Římané již prokazatelně znali nejen příznivý účinek zvířecích výkalů, ale i některých minerálních hnojiv (popela, sádky, vápna, vápence a slínu) na produkci pěstovaných plodin, neznali však zákonitosti jejich působení. V návaznosti na odhalení principů

Doc. RNDr. Michal Hejzman, Ph.D. et Ph.D., (*1976), vystudoval geobotaniku na Přírodovědecké (dříve Biologické) fakultě JČU v Českých Budějovicích. Na Fakultě Životního prostředí ČZU v Praze a ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze-Ruzyni se věnuje zejména problematice hospodaření v horských oblastech, hnojení a ekologii travních porostů.

Doc. Dr. Ing. Vilém Pavlů (*1962) vystudoval Fakultu agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů (dříve Agronomická fakulta) ČZU v Praze. Ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby se na Výzkumné stanici travních ekosystémů v Liberci zabývá obhospodařováním a ekologií travních porostů.

← 1. Košárování je způsob hnojení travních porostů, stále používaný v horách Karpatského oblouku. Ovce se na noc po pastvě zahánějí do ohrady (košáru), která se po několika nocích posouvá na nové stanoviště. Snímek © Michal Hejcman.

minerální výživy rostlin ve druhé polovině 19. století došlo celosvětově k zvýšenému využívání přírodních minerálních hnojiv (draselná sůl nebo fosfáty), ale i k zahájení průmyslové výroby mnoha dalších (ledky, sírany, superfosfáty). V Čechách bylo první průmyslové hnojivo, superfosfát, vyrobeno v roce 1856 v Ústí nad Labem a odstartovalo tak epochu „moderního“ zemědělství se všemi pozitivními i stinnými stránkami. Množství používaných průmyslových hnojiv dosáhlo vrcholu zhruba mezi léty 1970 a 1989 (v detailu Vaněk *et al.*, 2007).

Při nepřímém hnojení jsou pěstovány nebo podporovány takové druhy rostlin, jež jsou schopné živiny zpřístupňovat pro ostatní rostliny. Obecně je známá schopnost symbiotických hlízkových bakterií poutat vzdušný dusík (N_2) u rostlin z čeledi bobovitých (*Fabaceae*), v zemědělské literatuře označovaných jako leguminózy. Pěstování leguminóz bylo doporučováno již v římské říši. Fixovaný dusík využívají nejen pro svoji vlastní produkci biomasy, ale v delším časovém období zvyšují jeho dostupnost i pro ostatní druhy rostlin. Obecně platí, že 1% zastoupení leguminóz v porostu zhruba odpovídá 3 kg N v minerálním hnojivu. Množství poutaného dusíku se liší v závislosti na stanovištních podmínkách, průběhu srážek během roku a na mnoha dalších faktorech. V našich trav-

2. Kejdové hospodářství se v Krkonoších vyskytovalo od druhé poloviny 16. století. Na obrázku hnojiště u bývalé Staré boudy na Čertově louce. Stružky rozvádějící kejdu po přilehlém travním porostu zvaném travní zahrada byly po více než 100 letech od opuštění stále dobře patrné. Snímek © Michal Hejcman.



ních porostech se průměrně ročně fixuje 20–100 kg dusíku na hektar. Pro zajímavost, na Novém Zélandu, kde jsou optimální podmínky pro růst jetele plazivého (*Trifolium repens*), činila maximálně zjištěná hodnota 670 kg N.ha⁻¹. Evropské rekordy lze sumarizovat následovně: Holandsko 565 kg N.ha⁻¹, Anglie 400 kg N.ha⁻¹, Švýcarsko 378 kg N.ha⁻¹ (shrnutí přináší Whitehead 1995).

Hnojení v České republice

Úhorové hospodaření (pravidelné střídání úhoru a plodiny) praktikované zhruba do 10. století, ale i následně používaný trojpolní systém (ozim, jař, úhor) využívaly prvky jak přímého (dřevěný popel, organické zbytky, výkaly zvířat), tak nepřímého hnojení (biomasa úhoru). Snaha po zintenzivnění rostlinné produkce na konci 18. a v průběhu 19. století vedla k další změně ve způsobu hospodaření. Evropu zachvátila vlna omezování pastvy a zavírání hospodářských zvířat do chlévů. Důvodem byla snaha po vyprodukování co největšího množství statkových hnojiv, používaných ke zvýšení úrodnosti polí. Tradiční trojpolní systém byl proto nahrazován střídavým osevním postupem, nazývaným podle místa původu Norfolkským (ozim, okopanina, jař, jetel luční). Nutno dodat, že k nahrazení úhoru pěstovanými pícninami došlo již v 16. století v Belgii, ale k jeho významnému rozšíření došlo až o dvě století později v souvislosti s intenzifikací zemědělské produkce podepřené vědeckými poznatky.

Na území dnešní České republiky je z této doby známo využití jak stelivových, tak bezstelivových technologií ustájení hospodářských zvířat. Stelivové ustájení naprosto převládalo a kromě slámy se ke stláni využívala i lesní hrabanka a v letech s dostatečným nárůstem píce i seno z nekvalitních travních porostů, jako jsou rákosiny, porosty skřipiny lesní nebo bezkolencové louky. Kejdové hospodářství u nás existovalo v horských oblastech kolonizovaných od 16. století alpskými dřevaři (Lokvenc 1978), a příčinou jeho uplatňování byl nedostatek stelivového materiálu (obr. 3). Ve vyšších polohách Alp bylo

3. Scharffova bouda na Čertově louce ve 20. letech 20. století. Bouda byla obývána pouze v letním období, podobně jako mnoho dalších hospodářských objektů na hřebenech Krkonoš v 18. a 19. století. V jejím okolí se intenzivně hnojilo kejdou. Snímek Archiv KRNP.

Abstract: Fertilizer application – modern time tool or integral part of the agriculture since its beginning? by Michal Hejcman and Vilém Pavlí.

Fertilizer application is frequently considered to be modern time tool increasing crop production. The aim of this paper was to briefly describe history of fertilizer application on agricultural land and to conclude whether the fertilization is modern time tool or integral part of the agriculture since its beginning. Fertilization can be divided into direct (application of fertilizers) and indirect (support of legumes fixing atmospheric N_2). Positive effect of organic and several mineral fertilizers (wood ash, gypsum and lime) as well as the use of legumes has been provably known since Roman times. Based on our practical experiences with grazing and fertilizer experiments, we suppose that the use of direct and indirect fertilization can be integral part of the agriculture since its beginning. Although mineral fertilizers have been used for hundreds of years, principles of mineral plant nutrition were first explained by Carl Sprengel and by Justus von Liebig in the first half of the 19th century.



4. Scharffova bouda zanikla před druhou světovou válkou. V roce 2004 byly základy objektu (na snímku) a jímka na kejdu stále dobře patrné. Snímek © Michal Hejman.

bezstelivové hospodaření velmi rozšířené již v dřívějších dobách. Na některých enklávách v Krkonoších lze ještě dnes nalézt pozůstatky terénních úprav umožňujících snadnou aplikaci kejdy¹ ve svažitém terénu (obr. 2 a 4). Kejda se z chlévů vyplavovala nebo vynášela na hnojiště ležící před boudou, jak se v našich nejvyšších horách nazývaly hospodářské usedlosti. Hnojiště, či spíše jímka, byla napojena na vodoteč. Z jímky vycházel hlavní kanál, kterým se kejda v jarních měsících rozváděla do systému stružek umožňujících rovnoměrnou aplikaci hnojiva na travní porost. Dávkování kejdy bylo regulováno systémem přehrázek a množstvím vody vpouštěné do systému.

Systém přenosu živin z jedné části krajiny do druhé je dobře znám i z území naší republiky a popisuje jej například Jiří Sádlo *et al.* (2005). Konkrétním příkladem přenosu živin v krajině může být i transport sena z hřebenových partií Krkonoš, prokazatelně prováděný již od počátku 17. století. V tomto období „budního hospodaření“ byly krkonošské louky intenzivně využívány, a to i louky nad horní hranicí lesa. Seno zkrmoval dobytek v nižších polohách a vzniklá organická hnojiva se využívala k vyhnojování travních porostů v nejbližším okolí hospodářských objektů, kde vznikaly tzv. travní zahrady (Hejman *et al.* 2006, obr. 2).

Cenným organo-minerálním hnojivem byl dřevěný popel. Při dobrém spálení dřeva se jedná téměř výhradně o minerální hnojivo, protože podíl nespálené organické hmoty je jen velmi malý. Dřevěný popel je komplexním hnojivem, protože obsahuje všechny základní prvky nezbytné pro výživu rostlin pouze v výjimkou dusíku. Vyniká zejména vysokým podílem vápníku, fosforu, draslíku a hořčíku. Často byl v minulosti sypán do hnojišť či jímek a aplikován ve směsi se statkovými hnojivy, čímž byl kompenzován chybějící dusík. Pozitivní vliv popela na pro-

dukci biomasy byl pravděpodobně znám již v pravěku a může vysvětlovat důvody vedoucí k žďáření lesních porostů.

Hnojilo se již v pravěku?

Celý pravěk lze charakterizovat jako pastevní období, což mělo pravděpodobně za následek výrazné hnojení travních porostů a následně i orné půdy. Usuzujeme tak na základě následujících zkušeností z našich pastevních pokusů:

- Ve všech pokusech došlo po zavedení intenzivní pastvy k výraznému samovolnému rozšíření jetele plazivého (*Trifolium repens*), světlomilné leguminózy nízkého vzrůstu nesnášející zastínění ve vysokém travním porostu. Jetel plazivý vytváří dlouhodobou semennou banku, a to jak na orných půdách, tak v travních porostech, dále se rozšiřuje endozoochorně, kdy semena přežívají průchod zažívacím traktem býložravců a klíčí ve výkalech. Lze tedy předpokládat, že se jetel po opuštění pole na úhoru pod vlivem pastvy hospodářských zvířat značně rozšiřoval i v neolitu a pozdějších obdobích. Poutáním vzdušného dusíku tak podstatně zvyšoval půdní úrodnost pro následné plodiny pěstované na orné půdě. Tento princip vysvětluje i používání tzv. trávoplních nebo úhorových soustav v pozdějších obdobích. Několik let po rozorání úhoru pak docházelo k mineralizaci akumulované organické hmoty a uvolňování živin rozkladem drnu. Pro představu, množství dusíku vázaného v organické hmotě dlouhodobě neoraného travního porostu může být v rozmezí 4–12 tun na ha! Využívání víceletých úhorů a trávoplních soustav bylo z hlediska hnojení orné půdy velmi účinným opatřením.

- V mnohých pravěkých osadách je prokázána existence ohrad pro dobytek (například Bylany u Kutné hory). Je jen málo pravděpodobné, že by si pravěký zemědělec nevšiml vlivu kapalných a tuhých výkalů na zvýšení produkce biomasy, zvláště pokud měl k dispozici ohradu, kam se dobytek zaháněl. Lze předpokládat, že již od počátku zemědělství byl hojně využíván princip košárování, tj. přenos živin z jedné lokality na druhou prostřednictvím pasených zvířat. Košárování se používá dodnes v horských oblastech karpatského oblouku k hnojení travních porostů a omezování ze zemědělského pohledu málo hodnotných druhů rostlin, jako je například smilka tuhá (*Nardus stricta*, obr. 1). Princip spočívá v zahánění pasoucích se zvířat na noc do přenosných ohrad (košárů), kde je prostor pro každé zvíře značně omezen. V košáru jsou zvířata chráněna před zloději a dravou zvěří a zároveň zde dochází k jejich zvýšené defekaci před dalším vyhnáním na pastvu. Fosfor a dusík vázaný v organické hmotě je transportován v tuhých výkalech, draslík a amoniakální dusík zejména v moči. V místě, kde dojde k močení zvířete, se dávka dusíku pohybuje v rozmezí 300–600 kg na hektar. Košárování tak představuje velmi účinný a intenzivní způsob přímého hnojení travních porostů. Již v neolitu

¹) Kejda – kapalné statkové hnojivo složené z výkalů a moči hospodářských zvířat. Kejda postrádá stelivový materiál a míra její kapalnosti spolu s obsahem živin závisí na ředění vodou.

lze předpokládat, že se tímto způsobem živiny v krajině transportovaly do okolí lidských sídlišť a na úhory, kde se dobytek shromažďoval k nočnímu odpočinku.

Domníváme se proto, že v mnohých evropských zemích hnojení orné půdy sehrálo významnou úlohu při formování krajiny a rozložení rostlinných společenstev v ní již v pravěku. Z tohoto pohledu je poučný příklad hospodaření na plošině Drenthe v Holandsku. K tomu, aby na písčitých půdách byla zaručena potřebná produkce obilovin, pouhé trojpolní úhorové hospodaření běžné od doby železné až do středověku nestačilo. Úhor byl sice vyhnojován exkrementy pasoucího se dobytka, nicméně sám o sobě neskýtal dostatečnou krmivovou základnu. Keltové proto vyháněli dobytek na pastvu do okolních lesů a na noc jej zaháněli zpět na úhory, kde jej bylo možno za hradbou živých plotů snadněji chránit před dravou zvěří a nepřáteli (Bakker 1989). V tomto systému hospodaření lze jednoznačně spatřovat princip košarování.

Kromě hnojení prostřednictvím dobytka Keltové svá pole hnojili také přímo, a to využitím lesní hrabanky a biomasy odstraněné

z okolních pozemků. Dlouhodobý transport živin z různých travních porostů a lesů do polí tak umožnil vznik pestré mozaiky vegetačních typů od pastevních lesů, acidofilních trávníků až po vřesoviště.

Sprengelova-Liebigova minerální teorie výživy rostlin a zákon minima

V 19. století pod vlivem nových vědeckých poznatků došlo ke změně vnímání vlivu hnojení na rostliny. Již v roce 1826 německý chemik Carl Sprengel (1787–1859) popřel ve svých publikacích dřívější tzv. „humusovou teorii“ Albrechta D. Thaera (1752–1828), která přisuzovala zásadní význam ve výživě rostlin pouze hotovým organickým látkám. Sprengel zjistil, že výživa rostlin je zajištěna přísunem minerálních látek čerpaných z půdního rozkladu. V další práci, publikované roku 1828, již položil základy zákona minima. Významné zásluhy na šíření a popularizaci těchto myšlenek patří zejména německému chemikovi Justusovi von Liebigovi (1803–1873), který ve své knize „Die Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ vydané v roce 1840 uvádí, že rostlinám slouží k výživě minerální látky, které vznikají mineralizací organických sloučenin. Liebig však považoval za zbytečné hnojit statkovými hnojivy, čímž jeho reformní návrhy v oblasti hnojení rostlin vyvolaly u rolníků značný odpor a minerální teorie zpočátku nebyla v praxi přijímána. V dalších pracích se pak věnoval formulaci dodnes obecně platného „zákona minima“, podle něž je pro růst rostliny limitující ten prvek, který je v minimu. Tento zákon má platnost daleko překračující minerální výživu rostlin a lze jej v podstatě vztáhnout na jakékoli zdroje, které organismus čerpá či využívá. Zajímavý je etický spor, který se rozhořel ohledně prvenství objevu principů minerální výživy rostlin. Přestože Liebig vycházel z prací Sprengela a oba vědci se dobře znali, Liebig předešlé Sprengelovy práce nikdy necitoval. Sprengelova díla upadla v zapomenutí a Liebigovi tak byly připisovány zásluhy a následně i sláva spojená s popularizací nových poznatků do zemědělské praxe. Vždyť ve většině současných učebnic ekologie, fyziologie nebo agrochemie se člověk stále dočte, že objevitelem zákona minima byl právě Liebig, a nikoli Sprengel. Sprengel se dočkal satisfakce až v roce 1999, kdy došlo k revizi původu minerální teorie a zákona minima (van der Ploeg *et al.* 1999). Na základě této revize byl Sprengel označen za spoluzakladatele vědního oboru agrochemie. Aby se předešlo sporům o prvenství objevu a zásluhám o jeho popularizaci, byl Liebigův zákon minima po více než 100 letech přejmenován na Sprengelův-Liebigův zákon minima.

Hnojení by mělo být považováno za nedílnou součást zemědělství již od jeho vzniku. Přímé i nepřímé hnojení zemědělských kultur bylo na našem území s největší pravděpodobností prováděno již v neolitu, i když najít přímé důkazy v archeologických pramenech bude značně obtížné, ne-li nemožné. ☞

Justus Liebig ve svých studentských letech. Z archivu prof. H. Gebeleina.

Dole: Stará laboratoř v Liebigově muzeu na Univerzitě v Giessenu. Snímek © H. Gebelein.



Bakker J. P.: Nature management by grazing and cutting. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht 1989.

Beranová M.: Zemědělství starých Slovanů. Academia, Praha 1980.

Hejman M., Pavlů V., Hejmanová P., Gaisler J., Hakl J., Rauch O.: Farmer decision making and its effect on the subalpine grassland succession in the Giant Mountains, Czech Republic. Acta Soc. Bot. Pol. 75: 165–174, 2006.

Lokvenc T. (1978): Toulky krkonošskou minulostí. Kruh, Hradec Králové.

Sádlo J., Pokorný P., Hájek P., Dreslerová D., Cílek V.: Krajina a revoluce – Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny českých zemí. Malá Skála, Praha 2005.

van der Ploeg R. R., Böhm W., Kirkham M. B. (1999): History of soil science – On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1055–1062.

Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P.: Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha 2007.

Whitehead D. J.: Grassland nitrogen. CABI publishing, Oxon 1995, UK.

Poděkování:

Sepsání článku bylo podpořeno Ministerstvem zemědělství ČR výzkumným zámerem MŽE 0002700601.