

VLIV PH PŮDY NA OBSAH VÁPNIKU V ROSTLINÁCH OZIMÉ ŘEPKY

The Effect of Soil pH on Calcium Content in Winter Rape Plants

Jindřich ČERNÝ, Ondřej SEDLÁŘ, Martin KULHÁNEK, Jiří BALÍK, Pavel SURAN

Česká zemědělská univerzita v Praze

Summary: Oilseed rape (*Brassica napus* L.) is grown in soils with different pH values in the Czech Republic. There is a close relationship between soil pH and content of available calcium in soil. Oilseed rape is a calcium (Ca)-rich crop, but only few studies evaluate the relationship between Ca uptake by rape plants, Ca soil content and soil pH. Soil and plant samples were taken from farmland operating areas located under different soil and climatic conditions in 2015-2018 to determine the relationship between soil pH (0.01 mol/L CaCl₂), bioavailable Ca in soil (Mehlich 3 and water extract) and the Ca content in plants during vegetation. Soil samples were taken from the topsoil (0-30 cm), plant samples during rape flowering (BBCH 61-65). The close relationship between soil pH and 1) Ca content in soil, 2) plant Ca content was confirmed, but the relationship between Ca content in soil and Ca content in plants showed only a weak relationship.

Keywords: calcium, diagnostic, winter oilseed rape, soil pH,

Souhrn: Ozimá řepka je v České republice pěstována v půdách s rozdílnými hodnotami pH. Mezi hodnotou pH a obsahem přístupného vápníku v půdě existuje těsná závislost. Ozimá řepka je plodina náročná na vápník (Ca), avšak málo studií hodnotí vztah mezi příjmem Ca rostlinami řepky, jeho obsahem v půdě a hodnotou pH půdy. Z provozních ploch zemědělských podniků v odlišných půdně-klimatických podmínkách byly v letech 2015-2018 odebrány vzorky půdy a rostlin pro určení vztahu mezi hodnotou pH půdy (0,01 mol/L CaCl₂), obsahem přístupného Ca v půdě (Mehlich 3 a vodný vyluh) a obsahem vápníku v rostlinách v průběhu vegetace. Půdní vzorky byly odebrány z ornice (0-30 cm), vzorky rostlin období kvetení (BBCH 61-65). Byla potvrzena těsná závislost mezi hodnotou pH půdy a 1) obsahem Ca v půdě, 2) obsahem v rostlinách, avšak vzájemný vztah mezi obsahem Ca v půdě a obsahem Ca v rostlinách vykazoval jen slabou závislost.

Keywords: vápník, diagnostika, ozimá řepka, pH půdy,

Úvod

Orné půdy v České republice se vyznačují rozdílnými hodnotami pH. V oblastech s pěstováním ozimé řepky se vyskytují půdy alkalické s pH > 7,2 (např. jižní Morava, východní a severní Čechy), ale většinou převažují půdy s kyselou reakcí. Kromě toho další agrotechnické postupy, jako je používání dusíkatých hnojiv, případně hnojiv se sírou, aplikace rychle rozložitelných organických hnojiv a s vysokým obsahem amonného dusíku (kejda, digestáty) přispívají k poklesu pH půdy, což má negativní vliv na produktivitu rostlin. Hodnota pH půdy se proto stala primárním určujícím faktorem pro produkci plodin tím, že ovlivňuje růst kořenů, dostupnost živin, půdní strukturu apod.

Ozimá řepka je plodina velice náročná na vápník. Průměrná potřeba vápníku je okolo 40 kg/t semen, což při výnosu 4 t semen na hektar představuje odběr ve výši 160 kg Ca/ha. Oproti okopaninám (brambory, cukrová řepa) je řepka 2-3 krát náročnější na vápník a ve srovnání s obilninami (např. pšenice, ječmen) až pětkrát. Příjem vápníku rostlinami je ovlivňován nejen jeho obsahem v půdě, resp. v půdním roztoku, ale také významně dalšími faktory, jako je teplota, vlhkost půdy, velikost kořenů, zejména kořenového vlášení. Vápník je přijímán kořeny (kořenovými špičkami) pasivně, jako dvoumocný kationt (Ca²⁺).

Materiál a metody

Vzorky rostlin pro stanovení obsahu vápníku v nadzemní biomase byly odebrány na provozních honech zemědělských podniků v různých půdně-

Vápník vstupuje do kořenových buněk různými iontovými kanály (White, 2015). Otevírání těchto kanálů je rostlinami přísně regulováno, jelikož změny koncentrace Ca²⁺ v cytosolu způsobují četné vývojové a environmentální reakce na stres. Proto je vápníku v rostlinách, kromě jeho stavební funkce, připisován velký význam pro signální funkci (tzv. druhý posel).

Do nadzemní části rostliny je vápník transportován transpiračním proudem v xylému. Mobilita vápníku je v rostlině nízká, a tak, v závislosti na rychlosti transpirace, jeho koncentrace v xylému klesá směrem k apikálním orgánům. Vrcholové části rostlin jsou proto zpravidla prvním místem, kde se projevuje nedostatek Ca (Karley et White, 2009). Ve starších pletivech (např. spodní listy, stonky) se Ca naopak hromadí. Avšak vlivem nízké mobility vápníku v rostlinách je jeho znovuvyužití ze starších do mladších částí velmi omezené. Proto je nutné pravidelné zásobování mladých pletiv nově přijímaným Ca z půdy.

V rostlinách je většina Ca v extracelulární podobě, kde tvoří klíčovou zpevňující složku v buněčných stěnách (Grusak et al., 2016). Toto působení má těsný vztah s odolností pletiv proti poškození a vůči houbovým a bakteriálním infekcím, což bylo prokázáno i u řepky.

klimatických podmínkách České republiky. Každé odběrné místo bylo zaměřeno souřadnicemi GPS. Z odběrného místa bylo odebráno 10 náhodně vybraných rostlin v období kvetení (BBCH 61-65). Vzorky

rostlin (nadzemní biomasy) byly usušeny, rozemlety a homogenizovány (střížným mlýnem Retsch SM100, síto s velikostí ok 1 mm). Rostlinná biomasa byla mineralizována rozkladem na suché cestě a v mineralizátu byl stanoven obsah vápníku optickým emisním spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).

Z odběrného místa byly odebrány směsné vzorky ornice (0-30 cm), sestávající ze 7 dílčích vpichů sondovací tyčí. Půdní vzorky byly usušeny, prosety sítím s velikostí ok 2 mm. V této frakci (jemnozemi) byl stanoven obsah vápníku ve výluhu Mehlich 3 a ve vodném výluhu, 1:10 w/v. Dále byla stanovena hodnota výměnného pH (0,01 mol/L CaCl₂, 1:2,5 w/v)

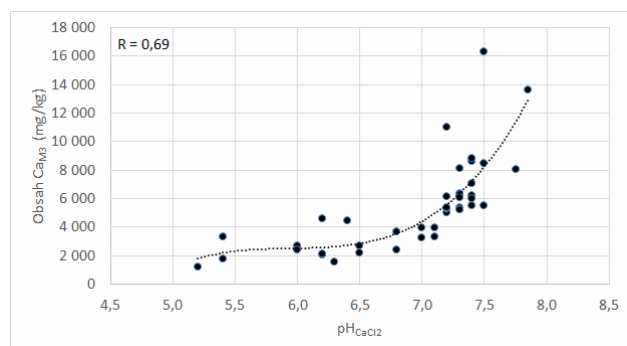
Výsledky a diskuse

Vztah mezi hodnotou pH a obsahem Ca v půdě

Statistické vyhodnocení výsledků mezi sledovanými charakteristikami ukázalo, že v regresní analýze jsou patrné kladné korelace. V souboru sledovaných dat byl potvrzen velmi těsný ($R=0,69$; $p<0,01$), statisticky průkazný vztah mezi hodnotou pH a obsahem Ca v půdě (graf 1). Půdy s vysokým obsahem výměnného Ca poutané na půdní sorpční komplex (tj. půdy sorpčně nasycené-saturované Ca) umožňují udržet hodnotu pH nad 7,0. Tyto půdy také většinou obsahují látky s pufrací schopností, především uhličitany (karbonáty), zejména uhličitany vápenatý, příp. hořečnatý (CaCO₃, MgCO₃). Pufrací schopnost mají také půdy s vysokým obsahem stabilního humusu (černozemě, luvizemě apod.), jelikož síla vazby vápníku na organické koloidy, zvláště huminové kyseliny, je poměrně silná. Humusové látky také disociují ionty H⁺ při vyšších hodnotách pH. Naopak jílové minerály disociují H⁺ při nižší hodnotě pH a tak mají větší „acidoidní“ charakter.

Půdy se slabým sorpčním komplexem, s nízkým stupněm nasycení Ca vykazují zpravidla hodnoty pH nižší než 5,5.

Graf 1: Vztah mezi obsahem přístupného vápníku (Ca_{M3}) a hodnotou pH_{CaCl2}



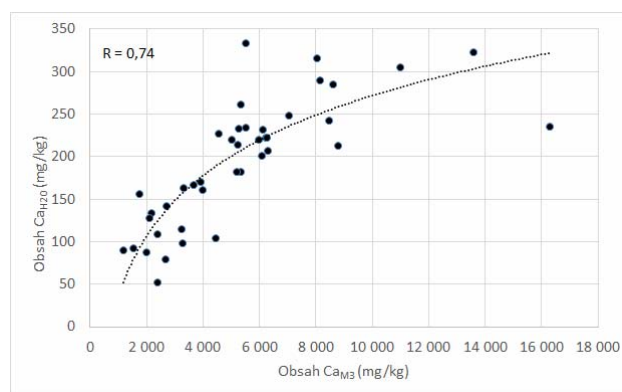
Koncentrace Ca v půdním roztoku je obvykle dána rovnováhou s výměnným vápníkem. To potvrzují i výsledky závislosti ($R=0,74$; $p<0,01$) mezi obsahem Ca_{M3} a Ca_{H2O} (graf 2).

Základní popisné charakteristiky sledovaného souboru dat půdních vzorků (n=41)

Statistické ukazatele	pH _{CaCl2}	Ca _{M3} (mg/kg)	Ca _{H2O} (mg/kg)
Aritmetický průměr	6,92	5396	192
Maximum	7,85	16300	333
Minimum	5,2	1180	21
Medián	7,20	5250	207

Vztah mezi hodnotu pH půdy, obsahem vápníku ve výluhu Mehlich 3 (Ca_{M3}), ve vodném výluhu (Ca_{H2O}) a obsahem vápníku v rostlinách (Ca_{p1}) byl vyhodnocen v programu STATISTICA 12 a graficky vyjádřen v programu Excel.

Graf 2: Vztah mezi obsahem vápníku v půdním roztoku (Ca_{H2O3}) a obsahem přístupného vápníku (Ca_{M3})



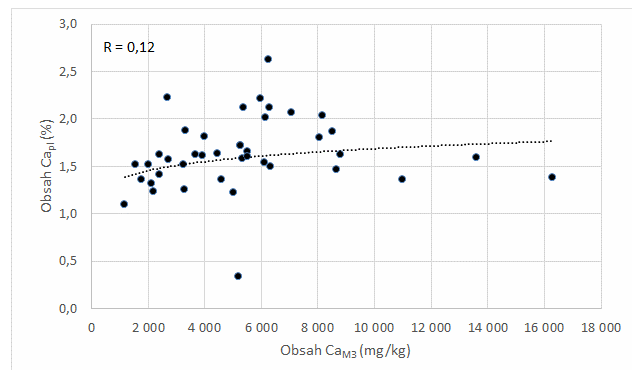
Vápník extrahovaný destilovanou vodou představuje většinu tzv. vodorozpustného vápníku, jehož koncentrace v půdním roztoku je nejčastěji na úrovni 50-100 mg/L, avšak může kolísat od 5 až přes 1000 mg Ca/L. Koncentrace vápníku v půdním roztoku, ve srovnání s jinými ionty, bývá nejvyšší. To však neznamená, že je vždy nejlépe přijímaným kationtem. Příjem vápníku může být značně omezen v období snížené transpirace (chlad) či při nízkém obsahu vody v půdě. Příjem vápníku také může zpomalit vysoký obsah kompetičních kationtů, jako je draslík (K⁺) nebo amonný iont (NH₄⁺). Jejich zvýšený obsah se v půdě vyskytuje po aplikaci kejdy a digestátů/fugátů (K⁺ i NH₄⁺), případně minerálních hnojiv jako močovina a síran amonný (NH₄⁺) (Marschner, 2002). Uvedené podmínky významně působí i při pěstování ozimé řepky.

Vliv pH půdy a obsahu vápníku v půdě na obsah Ca v rostlinách ozimé řepky

Z našich výsledků vyplývá pouze slabá kladná korelace mezi obsahem vápníku v půdě a obsahem vápníku v rostlinách (Ca_{p1}), a to u obsahu přístupného (Ca_{M3}) – graf 3, i vodorozpustného (Ca_{H2O}), korelační koeficient $R=0,12$; resp. $0,23$. Doposud publikované výsledky poukazují na možnou problematiku stanovení obsahu vápníku v rostlinách ozimé řepky a využití údajů pro diagnostiku jeho nedostatku, zejména z důvodů jeho akumulace ve starších pletivech. Pro

tyto účely by bylo vhodné využít jen vrcholových částí rostlin. Využití analýz celých rostlin však více koreponduje s příjmem vápníku v průběhu vegetace do období odběru.

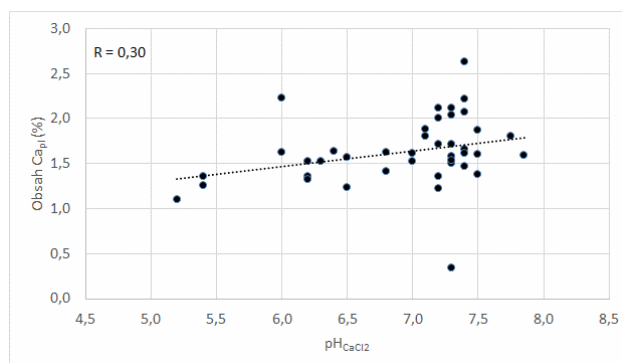
Graf 3: Vztah mezi obsahem přístupného vápníku v půdě (Ca_{M3}) a obsahem vápníku v rostlinách (Ca_{pl})



Těsnější závislost ($R=0,30$, $p<0,0552$) byla stanovena mezi hodnotou pH půdy a obsahem vápníku v rostlinách (Ca_{pl}), zejména v oblasti pH 5,0-6,5. U půd s hodnotou pH $>7,0$ je patrné, že obsah vápníku v rostlinách má větší variabilitu naměřených hodnot (graf 4). V celém souboru tak nebyla prokázána statistická závislost, ale v souboru pH 5,0-7,0 již byla

($p<0,05$). Studie, které řeší vliv pH na růst ozimé řepky, příjem živin a výnos uvádějí jako kritickou hodnotu pH půdy 5,8. Pokud jsou půdy kyselejší, zvyšuje se koncentrace iontů hliníku (Al^{3+}) v půdním roztoku, čímž dochází k omezení růstu kořenů (zejména jemných kořenů, kterými je přijímána voda, a také i vápník). V promyvných půdách se zvyšuje riziko vyplavování vápníku z půdy. Na půdách s pH nižším než 5,8 pak prokazatelně klesá výnos (Lofton et al, 2010).

Graf 4: Vztah mezi hodnotou pH_{CaCl2} a obsahem vápníku v rostlinách (Ca_{pl})



Závěr

Hodnotu výměnného pH půd (pH_{KCl}) lze využívat jako vhodné diagnostické kritérium při pěstování ozimé řepky, a to zejména z důvodů průkazné korelace s obsahem přístupného vápníku v půdě a dobré korelace s obsahem vápníku

v rostlinách. Hodnota pH ovlivňuje další významné fyzikálně-chemické a biologické procesy v půdách, které přímo či nepřímo působí na tvorbu výnosu ozimé řepky.

Použitá literatura

- Grusak, M. A., Broadley, M. R., White, P. J. (2016). Plant Macro and Micronutrient Minerals. Chichester: John Wiley & Sons.
- Karley, A. J., White, P. J. (2009). Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium. Current opinion in plant biology, 12(3), 291-298.
- Lofton, J., Godsey, C. B., Zhang, H. (2010). Determining aluminum tolerance and critical soil pH for winter canola production for acidic soils in temperate regions. Agronomy journal, 102(1), 327-332.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition, 6th printing. Amsterdam, The Netherlands: Academic Press.
- White, P. J. (2015). "Calcium," in A Handbook of Plant Nutrition, 2nd Edn, eds A. V. Barker and D. J. Pilbeam (Boca Raton, FL: CRC Press), 165–198.

Kontaktní adresa

Ing. Jindřich Černý, Ph.D., Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, ČZU v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6-Suchbát, tel. 22438 2742, e-mail: cernyj@af.czu.cz

Výzkum byl financován z projektů TAČR ZÉTA číslo TJ01000454 a NAZV číslo QJ1530171.