VPLYV ENVIRONMENTÁLNYCH A EKOLOGICKÝCH FAKTOROV NA PÔDNU REAKCIU VO VYBRANEJ OBLASTI STREDNÉHO SLOVENSKA

Michal Hudec, Melánia Feszterová, Henryk Noga,
Małgorzata Piaskowska-Silarska

Abstract

The value of soil reaction depends on the environmental and ecological factors. These factors impact positively and negatively on the change of pH values in the soil. Variance analysis, we found that on the active pH values are influence factors considered as follows: land use and soil type at the significance level $\alpha = 0.05$. We investigated the differences in the values of active soil reaction on grass and forest ecosystem in Kremnické and Štiavnické mountains in identified soil types in selected periods (spring, autumn) 2011 - 2014 years. The greatest variability and maximum value of active soil reaction was found in the soil of the forest ($p < 0.05$). Soil reaction was influenced among others inclination of relief, seasons and locality. Our paper shows the importance of monitoring pH values in soil samples. We present the possibilities of parametric tests when evaluating pH values in soils based on environmental and ecological factors.

Keywords: soil reaction, land use, season, Kremnické and Štiavnické mountains

Úvod

Pôda je produktom prírody a je jedným z najdrahocenejších ľudských majetkov. Ako súčasť geografického prostredia umožňuje život rastlinám, živočíchom i človeku (Dubcová a kol., 2008). Predstavuje rozhodujúci prírodný zdroj a súčasne ekonomický (výrobná základňa) a eko-sociálny potenciál (sociálna opora) každej krajiny. Hospodárenie na pôde sa nemôže celkom vyhnúť vplyvom na pôdu a životné prostredie (Hanes, 1995). Nepriaznivé dôsledky priemyselných technológií obhospodarovania pôd sa najčastejšie prejavujú *poškodením fyzikálneho stavu pôdy* (narušenie režimu rovnovážneho objemového usporiadania, pokles objemu pôdných pórov v humusovom horizonte pod hranicu 50 % z celkového objemu pôdy, pokles objemu aeračných a drenážnych pórov pod 10 %, poškodenie pôdnej štruktúry, nadmerné utlačenie pôdy, mechanický odnos pôdnej hmoty vodnou a veternou eróziou), *zhoršením pôdneho chemizmu* (narušenie prirodzeného rovnovážneho stavu sorpčného komplexu, zhoršenie výmeny iónov medzi pevnou a kvapalnou fázou pôdy a rastlinou, nadmerné okysľovanie alebo nežiadúca alkalizácia pôd, prebytok alebo nevhodný pomer živín v pôde, akumulácia toxických látok v pôde a narušenie hygieny pôd) a *zhoršením*

biologického stavu pôdy (pokles obsahu a kvality organických látok v ornici, biologickej aktivity a narušenie druhového zastúpenia mikroflóry v pôde) (Zrubec, 1990). Pôdna kvalita integruje biologické, chemické a fyzikálne komponenty a procesy pôdy, ktoré ju spájajú s jej prostredím v krajine (Bedrna, 2002a). Kvalita akejkoľvek pôdy závisí z časti na prirodzenom pôdnom zložení (prirodzená pôdna kvalita), ktoré je funkciou pôdotvorných faktorov (napr. materská hornina), ale tiež na zmenách v dôsledku využívania pôdy človekom (dynamická pôdna kvalita) (Vilček, Hronec, Bedrna, 2005). Kvalita pôdy predstavuje tiež schopnosť pôdy udržiavať, dispegovať a recyklovať chemické alebo biologické materiály, slúži ako environmentálny filter, resp. pufer (Zaujec a kol., 2009). Pri posudzovaní environmentálnych a ekologických faktorov a ich vplyve na pôdne vlastnosti je dôležité pochopenie rozdielu medzi nimi. Pod pojmom environmentálny faktor sa rozumie štúdium zdravého životného prostredia, t. j. prostredia zameraného na človeka. Máme tým na mysli ľudské javy, ktorými človek ovplyvňuje prostredie. Ekologické faktory predstavujú prírodné javy, vzťah živého k živému alebo živého k neživému. Obidva faktory môžu pozitívne, ale aj negatívne vplyvať na prostredie (Bedrna, 2002a).

V spojení s kontextom pôdy, je dôležité nielen sledovať zmeny v hospodárení s pôdou a vegetáciou krajiny, ale aj zmeny chemických vlastností pôdy (chemické zloženie minerálneho podielu pôdy, organický podiel pôdy, sorpčná schopnosť pôdy a charakter sorpčného komplexu, pôdna reakcia a tlmivá schopnosť pôdy, obsah uhličitánov v pôde, oxidačno-redukčný potenciál pôdy, chemické zloženie pôdneho roztoku) (Šlepetienė et al., 2010, Hudec, Hreško, 2012). Využitie krajiny v praxi môže mať trvalý vplyv na distribúciu živín v pôde a môže zásadne ovplyvniť obnovu prirodzeného ekosystému po opustení pôdy (Fraterrigo et al., 2003, Aleksandrowicz-Trzcińska, 2005). Tak, ako správne rozhodnutia týkajúce sa využívania pôdy, sú potrebné znalosti špecifických vlastností spojených s pôdou fungujúce podľa rôznych scenárov využitia územia (Lal, 2000, Sakbaeva et al., 2012, Gömöry, Paule, Longauer, 2015). Rozsah v akom krajina môže byť plynulo obhospodarovaná závisí od fyzikálnych, chemických a biologických kvalít pôdy (Ryan et al., 2008).

Pôdna reakcia významne ovplyvňuje vlastnosti pôd a je jedným z dôležitých ukazovateľov pôdnej úrodnosti (Zaujec a kol., 2009). Bezprostredne ovplyvňuje rozpustnosť mnohých látok, prístupnosť živín, adsorpciu a desorpciu iónov, biochemické reakcie, obsah a kvalitu humusu, štruktúru pôdy a iné vlastnosti (Hanes, 1995). Reakcia pôdneho roztoku je základným agrochemickým parametrom (Kováčik, 2013). Zasahuje do mnohých pôdotvorných procesov a ovplyvňuje životnú činnosť pôdných organizmov (Hanes, 1995). Pôdna reakcia je výsledkom schopnosti pôdy uvoľňovať do pôdneho roztoku a tiež aj viazať z neho vodíkové a hydroxidové ióny a vytvárať v pôdnom roztoku rozličné pomery ich množstiev (Bielek, 2014). Reakcia pôdneho roztoku rozličných pôd kolíše v širokom rozmedzí pH = 3,5 - 9 výnimočne i viac (Kováčik, 2013). Prirodzená

(pozaďová) hodnota pH pôd na Slovensku nie je v súčasnosti reálne zistiteľná, pretože sa už niekoľko desaťročí aplikuje vápnenie kyslých pôd (environmentálny faktor) prakticky na väčšine ich výmery (Bielek, 2014). Navyše, kyslosť slovenských pôd je relatívne silno ovplyvňovaná kyslými zrážkami, kyslými hnojivami a inými väčšinou antropickými vplyvmi (Némethová, Dubcová, Kramáreková, 2014). Ani územná diferenciácia kyslých geologických substrátov, na ktorých pôda vznikla nemusí byť dostatočne výpovedná pre toto hodnotenie (zmena chemizmu pri vzniku a vývoji pôd) (Bielek, 2014). Veľkou mieru na hodnoty pôdnej reakcie pôsobí geologické podložie, ktoré ich značne ovplyvňuje.

Pôdnu reakciu v závislosti od faktorov, ktoré ju určujú, rozdeľujeme na *aktuálnu* ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) a *potenciálnu*. V rámci potenciálnej rozoznávame výmennú (pH_{KCl}) a hydrolytickú (H) kyslosť (Bielek, 2014). Aktuálna nazývaná tiež *aktívna kyslosť* je daná koncentráciou voľných vodíkových iónov vo vodnom výluhu (Bielek, 2014), resp. je daná množstvom kyselín a zásad organického a anorganického pôvodu nachádzajúcich sa v pôdnom roztoku, stupňom ich disociácie a množstvom CO_2 v pôdnom roztoku (Kováčik, 2013).

Príspevok poukazuje na dôležitosť sledovania hodnôt aktívnej pôdnej reakcie ako významného ukazovateľa pôdnej úrodnosti. Približuje možnosti využitia parametrických testov pri vyhodnocovaní vybranej charakteristiky v pôde. Praktická časť spočíva vo využití metód štatistického vyhodnotenia environmentálnych a ekologických faktorov na hodnoty pH v pôdnych vzorkách. Z hľadiska ekologických faktorov, ktoré vplývajú na hodnoty pH v pôdnych vzorkách sme sledovali: nadmorskú výšku, sklon a tvar reliéfu, sezónu (jeseň, jar), klimatické pomery (zrážky) na vybraných lokalitách. Pri environmentálnych faktoroch sme sledovali ako sa menia hodnoty pH z hľadiska využitia krajiny (kosená lúka, pasienok, les). Získané výsledky sme vyhodnotili a graficky spracovali použitím štatistického softwaru STATISTICA na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Variabilita hodnôt aktívnej pôdnej reakcie medzi biotopmi bola posudzovaná využitím F - testu (ANOVA) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Analýza rozptylu hodnôt pH bez a s interakciami od faktorov využitia (typ biotopu), pôdneho typu, lokality a sezóny bola realizovaná prostredníctvom dvojfaktorovej analýzy (ANOVA), s využitím Tukey HSD – testu pre zistenie kontrastov hodnôt na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

Materiál a metódy

Štúdium bolo uskutočnené v Kremnických a Štiavnických vrchoch (mapa 1). Na každej lokalite bola vyčlenená plocha (5x5 m) a následne v nej bol realizovaný odber pôdnych vzoriek na 27 rôznych miestach počas rokov 2011 – 2014. Kremnické a Štiavnické vrchy sú sopečné pohoria nachádzajúce sa na strednom Slovensku, časť provincie Západné Karpaty, subprovincia Vnútorne Západné Karpaty a Slovenské stredohorie. Lokality odberu pôdnych vzoriek na

základe Mazúta (1980) boli začlenené do troch výškových stupňov podľa nadmorskej výšky (podhorský, horský, vyšší horský). Miesta odberu pôdných vzoriek (P1 – P27) boli priradené k lokalitám s najbližšou meteorologickou stanicou. Prehľad o klimatických podmienkach pre miesta odberu sme získali prostredníctvom Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) z nasledovných meteorologických staníc: Kremnické Bane (číslo vzorky P1 – P3), Žiar nad Hronom (číslo vzorky P4 – P19) a Banská Štiavnica (číslo vzorky P20 – P27). Analyzované vzorky pôdy boli odobraté vo forme otvorených sond (do hĺbky 1 m), na jeseň roku 2011, 2012, 2013 a na jar 2012, 2013 a 2014 (Hudec, Feszterová, 2015). Otvorená sonda slúžila na charakteristiku pôdy, opis pôdneho profilu a jeho hĺbky, stratigrafie a morfológických znakov. Lokalizácia pôdných sond, z ktorých sa odoberali pôdne vzorky bola situovaná tak, aby boli zastúpené rôzne nadmorské výšky, vplyv makro- a mikroreliefu ako aj floristické zastúpenie a využitie krajiny (kosená lúka, pasienok, les). Pôdne vzorky boli odobrané z 5 hlavných pôdných typov (andozem, kambizem, fluvizem, ranker, pseudoglej) zo zvolených horizontov. Odobrané pôdne vzorky sa vysušili na vzduchu pri izbovej teplote a preosiali sa cez sito (veľkosť ôk < 2 mm). Vzorky boli analyzované štandardnými postupmi. Pôdna reakcia bola stanovená potenciometricky, v destilovanej vode ako aktívna pôdna reakcia (pH_{H_2O}). Pomer pôdy a roztoku bol 1: 2,5 (van Reeuwijk, 2002).

Výsledky a diskusia

Pôdna reakcia má medzi jednotlivými biotopmi rozdielnú variabilitu hodnôt. Podľa Islama a Weila (2000) sa hodnoty pH pôdy prírodného lesa, lúky a kultivovanej pôdy výrazne líšia. Variabilita hodnôt aktívnej pôdnej reakcie (pH_{H_2O}) bola posúdená využitím F - testu (ANOVA) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ ($F = 5,993$; $p = 0,001$). Gündoğan et al. (2011) zistili štatisticky významné rozdiely v hodnotách aktívnej pôdnej reakcie (pH_{H_2O}), pričom trávne porasty majú vyššie pH ako les ($p < 0,05$).

Pôdnu reakciu ovplyvňujú zrážky, hlavne ich množstvo a chemické zloženie. Množstvo zrážok, ktoré sa do pôdy dostane je ovplyvnené okrem iného sklonom reliéfu. Pri štatistickom posúdení variability hodnôt pôdnej reakcie s ohľadom na sklon reliéfu, sme zistili významný rozdiel medzi hodnotami aktívnej pôdnej reakcie ($F = 7,260$; $p = 0,000$) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Hudec a Feszterová (2013) v práci nezistili vplyv sklonu reliéfu na hodnoty pôdných reakcií. Tvar reliéfu mal štatisticky preukazný vplyv len na sorpčné vlastnosti pôdy. Sklon reliéfu, ako jeden z hlavných ukazovateľov, najviac vplýva na celkový ráz krajiny. Je hlavným činiteľom odtokových pomerov ovplyvňujúcim smer pohybu odtoku vody a materiálu po svahu. Tento ukazovateľ je veľmi dôležitý na posúdenie, či sa na danom mieste materiál rozptyľuje alebo koncentruje (Koleda a kol., 2012).

Mapa 1: Miesta odberu pôdnych vzoriek podľa využitia krajiny

Map 1: Localization of monitoring places of soil samples according to the land using

Vývoj hodnôt aktívnej pôdnej reakcie pre rôzne kategórie odtokovosti materiálu v daných sezónach odberu pôdných vzoriek je spracovaný v tab. 1. Testovaním kontrastov hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ pôdy v interakcii s odtokovosťou materiálu a využitím pôdneho pokryvu sme nezistili štatisticky významné vzájomné pôsobenie na hodnoty pôdneho pH ($F = 2,185$; $p = 0,141$).

Tab. 1: Vývoj hodnôt aktívnej pôdnej reakcie $\pm$ SD pre rôzne kategórie odtokovosti materiálu v daných sezónach odberu pôdných vzoriek

Table 1: The development of active soil reaction values $\pm$ standard deviation (SD) for different categories outflow material in those seasons soil sampling

Odtokovosť	2011	2012		2013		2014
	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar
Slabý odtok	5,99 $\pm$ 1,10	5,92 $\pm$ 0,54	6,01 $\pm$ 0,30	5,93 $\pm$ 0,51	5,08 $\pm$ 1,53	5,59 $\pm$ 0,85
Stredne slabý odtok	5,73 $\pm$ 0,31	5,67 $\pm$ 0,44	6,30 $\pm$ 0,38	5,52 $\pm$ 0,23	5,29 $\pm$ 0,36	5,16 $\pm$ 0,08
Silný odtok	5,82 $\pm$ 0,46	5,97 $\pm$ 0,28	6,14 $\pm$ 0,07	5,93 $\pm$ 0,35	5,35 $\pm$ 0,40	5,50 $\pm$ 0,27
Stredne silný odtok	5,77 $\pm$ 0,49	5,41 $\pm$ 0,10	5,75 $\pm$ 0,29	5,66 $\pm$ 0,22	5,42 $\pm$ 0,28	5,67 $\pm$ 0,22

Vývoj hodnôt aktívnej pôdnej reakcie v rôznych sezónach na sledovaných biotopoch je znázornený na grafe 2. Tento vývoj má pre všetky typy biotopov klesajúci charakter. Priemerné hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v daných sezónach sú spracované v tab. 2. Sledované pôdy podľa hodnôt pôdnej reakcie (Čurlík, Šurina, 1998) zaraďujeme medzi slabo kyslé až silne kyslé (kosená lúka), stredne kyslé až silne kyslé (pasienok, xerothermná lúka) a slabo kyslé až stredne kyslé (les). Výrazný rozdiel v hodnotách medzi jednotlivými sezónami je v období jeseň 2012, kedy sledované hodnoty výrazne vzrástli v porovnaní s hodnotami na jar 2012. Táto skutočnosť mohla byť ovplyvnená okrem iného klimatickými pomermi. Rok 2012 bol teplý a pomerne suchý na základe údajov zo SHMÚ (celkovo spadlo 734,1 mm zrážok na 3 lokalitách s meteorologickou stanicou od začiatku apríla 2012 do konca septembra 2012). Naopak, na jeseň 2013 došlo k poklesu hodnôt aktívnej pôdnej reakcie v porovnaní s hodnotami na jar 2013, dôvodom je zvýšené množstvo spadnutých zrážok na všetkých lokalitách (celkovo 1162,4 mm na 3 lokalitách s meteorologickou stanicou od začiatku apríla 2013 do konca septembra 2013). Vplyv zrážok a pôdotvorných procesov na hodnoty pH pôdy potvrdzuje vo svojej práci aj Bedrna (2002b). Podľa Fatubarina a Olojugba (2014) distribúcia hodnôt pH pôdy klesá do hĺbky pôdneho profilu v období sucha vplyvom malého množstva zrážok. Nedochádza k pohybu kationov z vrchnej vrstvy, ktoré sú viazané na pôdnu organickú hmotu. Fatubarin a Olojugba (2014) uvádzajú, že hodnota pH pôdy má tendenciu sa zvyšovať v závislosti od hĺbky odberu pôdnej vzorky, z dôvodu vertikálneho pohybu alebo premiestňovania sa rozpustených kationov, ako aj z dôvodu nízkeho obsahu organickej hmoty. Hodnoty

aktívnej pôdnej reakcie boli štatisticky vyhodnotené analýzou rozptylu bez interakcií v závislosti od faktora využitia daného biotopu a pôdneho typu (tab. 3).

Graf 2: Diferencia hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ v závislosti od využitia biotopu a sezóny

Graph 2: The difference of $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ values depending on the habitat use and season

Tab. 2: Priemerné hodnoty $\pm$ SD aktívnej pôdnej reakcie sledovaných biotopov

Table 2: The average values $\pm$ SD of active soil reaction on the monitored habitats

Rok	2011	2012		2013		2014
Biotop	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar
Kosená lúka	6,06 $\pm$ 1,21	5,90 $\pm$ 0,52	6,00 $\pm$ 0,32	5,96 $\pm$ 0,55	5,47 $\pm$ 0,54	5,71 $\pm$ 0,38
Pasienok	5,80 $\pm$ 0,27	5,84 $\pm$ 0,40	5,99 $\pm$ 0,25	5,79 $\pm$ 0,26	5,39 $\pm$ 0,24	5,63 $\pm$ 0,27
Xerothermná lúka	5,57 $\pm$ 0,77	5,53 $\pm$ 0,60	5,97 $\pm$ 0,47	5,66 $\pm$ 0,43	5,29 $\pm$ 0,45	5,49 $\pm$ 0,29
Les	5,93 $\pm$ 0,49	6,04 $\pm$ 0,27	6,12 $\pm$ 0,07	5,89 $\pm$ 0,31	5,74 $\pm$ 0,59	5,57 $\pm$ 0,40

Tab. 3: Analýza rozptylu hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ bez interakcií v závislosti od faktoru využitia daného biotopu a pôdneho typu

Table 3: The variance analysis of $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ values without interactions depending on the factor of the habitat use and soil type

	SS	Stupeň voľnosti	MS	F	p
Využitie	8,609	3	2,870	12,530	0,000
Pôdny typ	13,837	4	3,459	15,100	0,000

$p < 0,05$; SS = súčet štvorcov odchýlok; MS = priemerný štvorec odchýlok; F = testovacie kritérium (F - test, ANOVA); p = pravdepodobnosť nesprávneho zamietnutia nulovej hypotézy

Analýzou rozptylu sme zistili, že na hodnoty pH (aktívne) vplývajú obidva posudzované faktory na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Vplyv využitia krajiny (pokryvky) na pôdnu reakciu zistili Gebrelibanos a Assen (2013) ($F = 23,91$; $p < 0,0001$) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$; ktorí okrem iného porovnávali pôdu prírodného lesa a lúk. Rovnako aj Bossuyt a Hermy (2001) zistili vplyv využitia krajiny na pH pôdy ($p < 0,001$). Zistili analýzou rozptylu rozdielnosť hodnôt pôdnej reakcie v závislosti od využitia krajiny. Podľa práce Gola (2009) nie je hodnota pôdnej reakcie ovplyvnená využitím krajiny. Rozdielnosť získaných výsledkov môže byť spôsobená nielen premennými ako: nadmorská výška, klimatické podmienky, typ vegetácie, ale predovšetkým rozdielnym pôdnym typom. Priemerné hodnoty aktívnej pôdnej reakcie celého pôdneho profilu sledovaných pôdných typov v závislosti od využitia pôdneho pokryvu sú spracované v tab. 4.

Testovaním kontrastov hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ pôdy s interakciou medzi využitím pôdneho pokryvu (využitím krajiny) a sezónou sme nezistili štatisticky významné vzájomné pôsobenie na pôdne pH ($F = 0,970$; $p = 0,491$). Analýza rozptylu hodnôt pôdnej reakcie s interakciami v závislosti od faktora lokality (Žiar nad Hronom, Kremnické Bane, Banská Štiavnica), do ktorého boli zaradené jednotlivé miesta odberu pôdných vzoriek a od faktora sezóny odberu pôdných vzoriek je spracovaná v tab. 5.

Tab. 4: Priemerné hodnoty aktívnej pôdnej reakcie pôdneho profilu sledovaných pôdných typov

Table 4: The average values of active soil reaction on the monitored profile of soil types

Typ	Využitie	Sezóna	Jeseň 2011	Jar 2012	Jeseň 2012	Jar 2013	Jeseň 2013	Jar 2014
		Pôdny profil						
Kambizem	Kosená lúka	A _o (0-10 cm)	6,49	6,16	5,97	5,96	5,61	6,08
		A/B _v (10-20 cm)	6,41	6,22	5,96	6,26	6,01	5,94
		B _v (20-40 cm)	6,34	6,31	6,12	6,17	5,97	5,98
		C (>40 cm)	6,72	6,27	6,33	6,60	6,00	5,75
	Pásienok	A _o (0-10 cm)	5,68	5,72	5,93	5,57	5,31	5,65
		B (10-40 cm)	5,76	5,93	6,18	5,98	5,31	5,43
		C (>40 cm)	6,03	5,88	5,83	5,86	5,62	5,88
Andozem	Kosená lúka	O _i (0-5 cm)	5,45	5,38	5,61	5,56	5,24	5,49
		A _{au} (5-40 cm)	5,77	5,38	5,83	5,66	5,03	5,62
		C (>40 cm)	6,08	5,67	6,10	6,00	5,72	5,82
	Xer. lúka	O _i (0-5 cm)	5,13	5,77	5,62	5,87	5,30	5,54
		A _{au} (5-30 cm)	4,81	5,45	5,80	5,54	5,34	5,44
		B _{va} (>30 cm)	6,30	5,56	6,07	5,84	5,11	5,67
	Les	A _{au} (0-10 cm)	6,11	6,17	6,14	6,11	5,79	5,59
		B _{va} (>10 cm)	5,53	5,76	6,15	5,75	5,14	5,35
Ranker	Kos. lúka	A _o (0-5 cm)	5,86	5,92	6,04	5,55	4,78	5,37
		C (5-30 cm)	5,71	5,76	6,29	6,02	5,62	5,42
	Xer. lúka	A _o (0-10 cm)	5,63	5,61	6,94	5,66	5,76	5,20
		C (>10 cm)	5,66	5,69	6,03	5,84	5,34	5,51
	Les	A _o (0-5 cm)	6,70	6,28	6,09	5,80	6,69	6,39
		C (5-30 cm)	5,81	6,26	6,05	5,74	6,45	5,37
Fluvizem	Kosená lúka	A _a (0-20 cm)	6,72	6,17	5,59	5,93	5,30	5,53
		A/C (20-40 cm)	6,76	5,91	5,71	6,12	5,56	5,90
		C (>40 cm)	6,79	6,41	5,89	5,79	5,93	5,99
Pseudoglej	Kosená lúka	A _o (0-15 cm)	6,37	5,74	6,17	5,84	5,21	5,66
		A/B (15-30 cm)	6,22	5,42	6,19	5,65	5,00	5,80
		B _g (30-60 cm)	6,00	5,44	6,08	5,66	4,65	4,73
		C _g (>60 cm)	6,05	5,14	6,32	5,71	4,72	5,04

Tab. 5: Analýza rozptylu hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ s interakciami v závislosti od faktora lokality a sezóny

Table 5: The variance analysis of $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ values with interactions depending on the factor of locality and season

	SS	Stupeň voľnosti	MS	F	p
Lokalita	10,679	2	5,339	26,110	0,000
Sezóna	12,763	5	2,553	12,480	0,000
Lokalita*Sezóna	3,766	10	0,377	1,840	0,052

$p < 0,05$; SS = súčet štvorcov odchýlok; MS = priemerný štvorec odchýlok; F = testovacie kritérium (F - test, ANOVA); p = pravdepodobnosť nesprávneho zamietnutia nulovej hypotézy

Bossuyt a Hermy (2001) okrem vplyvu využitia krajiny na hodnoty pH pôdy zistili aj vplyv geografického regiónu ($p < 0,05$), čo potvrdzujú aj nami zistené štatistické výsledky pomocou analýzy rozptylu hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ s interakciami v tab. 5 ($F = 26,110$; $p = 0,000$) Analýzou rozptylu s interakciami sme nezistili štatisticky významné vzájomné pôsobenie medzi lokalitou a sezónou pre aktívnu pôdnu reakciu. Testovaním vplyvu lokality na hodnoty aktívnej pôdnej reakcie použitím Tukeyho HSD - testu sme zistili štatisticky významné rozdiely medzi lokalitou Žiar nad Hronom a lokalitami Kremnické Bane a Banská Štiavnica (tab. 6) pre $p < 0,05$. Pravdepodobným dôvodom je, že miesta odberu pôdnych vzoriek na lokalitách Kremnické Bane a Banská Štiavnica sa nachádzajú prevažne vo vyšších nadmorských výškach. Tieto miesta odberu pôdnych vzoriek sú na základe vertikálneho členenia zaradené do montánneho a oreálneho stupňa, pričom miesta odberu pôdnych vzoriek v lokalite Žiar nad Hronom do submontánneho a montánneho stupňa.

Tab. 6: Testovanie kontrastov hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ na úrovni faktora lokality meteorologickej stanice (Tukey HSD-test)

Table 6: The testing of contrasts values $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ on the level of location factors meteorological station (Tukey's HSD test)

Lokalita	Žiar nad Hronom	Kremnické Bane	Banská Štiavnica
Žiar nad Hronom		0,000	0,000
Kremnické Bane			0,220
Banská Štiavnica			

$p < 0,05$

Pre doplnenie analýzy rozptylu hodnôt aktívnej pôdnej reakcie pomocou testovania kontrastov úrovni faktora sezóny sme použili Tukeyho metódu

mnohonásobného porovnávania priemerov, ktorú sme realizovali v programe STATISTICA. Testovaním kontrastov hodnôt aktívnej pôdnej reakcie od faktora sezóny sme zistili štatisticky významné rozdiely medzi ostatnými sezónami a sezónou jeseň 2013 pre $p < 0,05$ (tab. 7), kedy boli zaznamenané najnižšie hodnoty pôdnej reakcie $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,46 \pm 0,51$. (tab. 8).

Tab. 7: Testovanie kontrastu hodnôt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ na úrovni faktora sezóny (Tukey HSD-test)

Table 7: The testing of contrasts values $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ on the season factor level (Tukey's HSD test)

Rok	2011	2012		2013		2014
Sezóna	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar
Jeseň 2011		0,362	1,000	0,405	0,000	0,000
Jar 2012			0,486	1,000	0,000	0,131
Jeseň 2012				0,539	0,000	0,000
Jar 2013					0,000	0,061
Jeseň 2013						0,209
Jar 2014						

$p < 0,05$

Dôvodom bolo, že v roku 2013 spadlo viac zrážok v porovnaní s rokom 2012, ktoré mohli ovplyvniť kyslosť pôdy svojim chemickým zložením. Fatubarin a Olojugba (2014) testovaním vplyvu zrážkovej sezóny na pôdne pH počas dvoch rokov zistili štatisticky významné rozdiely medzi hodnotami pH pôdy v jednotlivých mesiacoch ($p < 0,05$).

Tab. 8: Priemerné hodnoty $\pm$ SD $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ v sezónach odberu pôdných vzoriek

Table 8: Average values $\pm$ SD $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ in the seasons of soil sampling

Sezóna	2011	2012		2013		2014
	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar	Jeseň	Jar
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	$5,93 \pm 0,98$	$5,86 \pm 0,51$	$6,01 \pm 0,32$	$5,88 \pm 0,48$	$5,46 \pm 0,51$	$5,64 \pm 0,36$

Záver

Fungovanie lúčneho a lesného ekosystému zahŕňa významné procesy, ovplyvňujúce kolobeh živín, cyklus vody, ako aj odbúravanie toxických látok. Analýzou rozptylu sme zistili, že na hodnoty aktívnej pH vplývajú posudzované faktory (využitie krajiny a pôdny typ) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Zistili sme

štatisticky významné rozdiely v hodnotách aktívnej pôdnej reakcie, pričom trávne porasty majú vyššie pH ako les ($p < 0,05$). Najväčšia variabilita a maximálna hodnota aktívnej pôdnej reakcie bola zistená v pôde lesa. Pôdna reakcia bola ovplyvnená okrem iného sklonom reliéfu, sezónou a lokalitou. Pôda lúčneho a lesného ekosystému predstavuje budúcnosť v zmiernení globálnych klimatických zmien, a preto si toto prírodné bohatstvo musíme chrániť.

Podakovanie

V príspevku sú publikované čiastočné výsledky, ktoré boli podporené Európskym spoločenstvom v rámci projektu: Vybudovanie výskumného centra „AgrBioTech“, projekt číslo 26220220180.

Literatúra

- ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, M. 2005. Stan mikoryz sosny zwyczajnej w uprawie założonej na gruncie porolnym. In *Sylwan*. 2005, vol. 149, no. 2, pp. 42-49.
- BEDRNA, Z. 2002a. *Environmentálne pôdoznanectvo*. Bratislava : Slovenská akadémia vied v Bratislave, 2002. 352 s. ISBN 80-224-0660-0.
- BEDRNA, Z. 2002b. Acidifikácia pôd Belianskych Tatier. In *Oecologia Montana, International Journal of Mountain Ecology*. ISSN 1210-3209, 2002, vol. 11, no. 1-2, pp. 13-15.
- BIELEK, P. 2014. *Kompendium praktického pôdoznanectva*. Nitra : SPU, 2014. 244 s. ISBN 978-80-552-1155-8.
- BOSSUYT, B. – HERMY, M. 2001. Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems: a review. In *Ecography*. ISSN 0906-7590, 2001, vol. 24, no. 2. pp. 225-238.
- ČURLÍK, J. – ŠURINA, B. 1998. *Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd*. Bratislava : Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 1998. 134 s. ISBN 80-85361-37-X.
- DUBCOVÁ, A. – LAUKO, V. – TOLMÁČI, L. – CIMRA, J. – KRAMÁREKOVÁ, H. – KROGMANN, A. – NEMČIKOVÁ, M. – NÉMETHOVÁ, J. – OREMUSOVÁ, D. – GURŇÁK, D. – KRIŽAN, F. 2008. *Geografia Slovenska*. Nitra : UKF v Nitre, 2008. 351 s. ISBN 978-80-8094-422-3.
- FATUBARIN, A. – OLOJUGBA, M. R. 2014. Effect of rainfall season on the chemical properties of the soil of a Southern Guinea Savanna ecosystem in Nigeria. In *Journal of Ecology and the Natural Environment*. ISSN 2006-9847, 2014, vol. 6, no. 4, pp. 182-189.
- FRATERRIGO, J. M. – TURNER, M. G. – PEARSON, S. M. 2003. The effect of prior land use on the spatial distribution of soil chemical properties in southern Appalachian forests. In *18th Annual general meeting*. Alberta, Canada, 2003.

- GEBRELIBANOS, T. – ASSEN, M. 2013. Effects of Land-Use/Cover Changes on Soil Properties in a Dryland Watershed of Hirmi and its Ajjacent Agro Ecosystem: Northern Ethiopia. In *International Journal of Geosciences Research*. ISSN 1929-2546, 2013, vol. 1, no. 1. pp. 45-57.
- GOL, C. 2009. The effects of land use change on soil properties and organic carbon at Dagdami river catchment in Turkey. In *Journal od Environmental Biology*. 2009, vol. 30, no. 5, pp. 825-830.
- GÖMÖRY, D. – PAULE, L. – LONGAUER, R. 2015. Geografické trendy genetickej premenlivosti lesných drevín v Karpatoch. Geografické trendy genetickej premenlivosti lesných drevín v Karpatoch. In *Dendroflóra strednej Európy - využitie poznatkov vo výskume, vzdelávaní a praxi*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2015. ISBN 978-80-228-2776-8, s. 19-29.
- GÜNDÖĞAN, R. – ÖZYURT, H. – AKAY, A. E. 2011. The effects of land use on properties of soils developed over ophiolites in Turkey. In *International Journal of Forest, Soil and Erosion*. ISSN 2251-6387, 2011, vol.1, no. 1, pp. 36-42.
- HANES, J. 1995. *Antropogénne vplyvy na vlastnosti poľnohospodárskych pôd*. Nitra : Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre, 1995. 89 s. ISBN 80-7137-238-2.
- HUDEC, M. – HREŠKO, J. 2012. Obsah humusu na pôdach kamenných miest Kremnických vrchov. In *Ekologické štúdie*. 2012, roč. 3, č. 2, s. 20-27.
- HUDEC, M. – FESZTEROVÁ, M. 2013. Spatial variability in chemical properties of eutric cambisol, In *Acta fytotechnica et Zootechnica*. ISSN 1336-9245, 2013, vol. 16, no. 2, pp. 11-20.
- HUDEC, M. – FESZTEROVÁ, M. 2015. *Humifikácia na neovulkanitoch Kremnických a Štiavnických vrchov*. Nitra : UKF, 2015. 143 s. ISBN 978-80-558-0866-6.
- ISLAM, K. R. – WEIL, R. R. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2000, vol. 79, pp. 9-16.
- KOLEDA, P. – HUDEC, M. – FESZTEROVÁ, M. 2012. GIS a jeho využitie na polohovú charakteristiku pri sledovaní procesu humifikácie v pôde Kremnických vrchov. In *Zborník príspevkov*, Nováková, M., Sviček, M. (Eds.): *Environmentálne indexy a indikátory ako nástroje analýzy a hodnotenia stavov a procesov v krajine*. ISBN 978-80-89128-97-6, s. 105-113.
- KOVÁČIK, P. 2013. *Agrochémia a výživa rastlín*. Nitra : SPU v Nitre, 2013. 179 s. ISBN 978-80-552-1012-4.
- LAL, R. 2000. Soil management in developing countries. In *Soil Science*. 2000, vol. 165, pp. 57-72.
- MAZÚR, E. 1980. *Hypsografické stupne 1 : 500 000*. In Mazúr, E. a kol. (ed.) *Atlas SSR*, 1980. s. 38-39.
- NÉMETHOVÁ, J. – DUBCOVÁ, A. – KRAMÁREKOVÁ, H. 2014. The impacts of the European Union's common agricultural policy on agriculture in Slovakia.

2014. In *Moravian Geographical Reports*. ISSN 1210-8812, 2014, vol. 22, no. 4, pp. 51-64.
- RYAN, J. – MASRI, S. – IBRIKÇI, H. – SINGH, M. – PALA, M. – HARRIS, H. C. 2008. Implications of Cereal-Based Crop Rotations, Nitrogen Fertilization, and Stubble Grazing on Soil Organic Matter in a Mediterranean-Type Environment. In *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2008, vol. 32, pp. 289-297.
- SAKBAEVA, Z. – ACOSTA-MARTÍNEZ, V. – MOORE-KUCERA, J. – HUDNALL, W. – NURIDIN, K. 2012. Interactions of Soil Order and Land Use Management on Soil Properties in the Kukart Watershed, Kyrgyzstan. In *Applied and Environmental Soil Science*. ISSN 1687-7675, 2012, vol. 12.
- ŠLEPETIENĚ, A. – ŠLEPETYS, J. – LIAUDANSKIENĚ, I. 2010. Chemical composition of differently used Terric Histosols. In *Zemdirbystė – Agriculture*, 2010, vol. 97, pp. 25-32.
- VAN REEUWIJK, L. P. 2002. *Producer for Soil Analysis*. International Soil reference and Information Centre, Wageningen, 2002.
- VILČEK, J. – HRONEC, O. – BEDRNA, Z. 2005. *Environmetána pedológia*. Nitra, Bratislava : SPU, VÚPOP, 2005. 299 s. ISBN 80-8069-501-6.
- ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. – NÁDAŠSKÝ, J. – POLÁKOVÁ, N. – TOBIÁŠOVÁ, E. 2009. *Pedológia a základy geológie*. Nitra : SPU, 2009. 399 s. ISBN 978-80-552-0207-5.
- ZRUBEC, F. 1990. Všestranná starostlivosť o úrodnosť pôdy alebo „zúrodňovanie„ pôdy? In *Pôda najcennejší zdroj*. Bratislava : VÚPÚ, 1990, s. 39-45.

THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL AND ECOLOGICAL FACTORS ON SOIL REACTION IN SELECTED AREAS OF CENTRAL SLOVAKIA

Summary

The chemical composition of soils is primarily conditioned by the chemical composition of rocks from which they arise. Each rock, in this case the soil-forming substrate, have a specific, and at the same time different chemical composition. By the term chemical properties of the soil we mean the proportion of the chemical composition of the mineral, and the quality of the humus content, the sorption complex and soil sorption, the soil reaction and the buffering capacity of the soil, the carbonate content, the redox potential and the chemical composition of the soil solution. Soil reaction resulting in the release capacity of the soil together with the soil solution there consists of a bind of hydrogen and hydroxide ions in the soil, which forms the solution of various ratios of these amounts. The reaction to the soil solution is the basic agrochemical parameter. We investigated the differences in the values of active soil reaction on grass ecosystem (mown meadow, xerothermic meadow, pasture) and forest ecosystem (mixed forest) in

Kremnické mountains and Štiavnické mountains in identified soil types (Andosols, Cambisols, Olanosols, Leptosols) in selected periods (spring, autumn) 2011 - 2014 years.

The variability of the active soil reaction among habitats was assessed using F - test (ANOVA) at the significance level of $\alpha = 0.05$. Variance analysis of pH values and without interaction with the utilization factor (habitat), soil type, location and the season was realized through two-factor analysis (ANOVA) using the Tukey's HSD - test for the detection of contrast values at the significance level of $\alpha = 0.05$. This variance analysis resulted in the pH value of the active impact factors (including land use and soil type) demonstrated the significance level at $\alpha = 0.05$. We found significant differences in the values of the active soil reaction which showed that the grassland have higher pH than forest ($p < 0.05$). Soil reaction was tested among other things such as slope relief, seasons and locality. The relatively lower soil reaction is associated with the occurrence of Eutric Andosol soil type. Cambisol soil type has been identified mainly in areas of grassland vegetation with the higher content of available nutrients, Leptosol soils are typical of xerothermic or subxerophilous vegetation with thermophilic and with heliophilic elements on the southern slopes.

The land use in practice can have a permanent effect on the distribution of nutrients in soil, and it can also boost the natural recovery of the land ecosystem. Forest and meadow ecosystems involve important processes like influencing nutrient cycling, water cycle, as well as the degradation of toxic substances. Soil of meadow and forest ecosystem is the future of the global climate change reduction, and therefore this natural wealth has to be protected. It is crucial to monitor not only the changes in the land management and landscape cover, but also the changes of soil reactions and there have influence ecological and environmental factors.

PaedDr. Michal Hudec, PhD.

Piaristické gymnázium sv. Jozefa Kalazanského
Piaristická 6, 949 01 Nitra

Doc. Ing. Melánia Feszterová, PhD.

Katedra chémie FPV UKF v Nitre
Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
E-mail: mfeszterova@ukf.sk

prof. hab. Dr. Henryk Noga, PhD.

dr inż. Małgorzata Piaskowska-Silarska

Faculty of Mathematics, Physics and Technical Science
The Pedagogical University of Cracow
Podchorążych 2, 31-015 Cracow, Poland