

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Změny pH půdy a potřeba vápnění

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Alena Tomanová

Obor studia: Rostlinná produkce (AMRKS)

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma "Změny pH půdy a potřeby vápnění" vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Děkuji touto cestou Ing. Jindřichu Černému Ph.D. vedoucímu diplomové práce za odborné vedení při vzniku této práce, za rady, připomínky, trpělivost a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat za odborné konzultace Ing. Jirímu Šimkovi a v neposlední řadě Ing. Pavlovi Tomanovi za poskytnuté informace o zemědělském podniku.

Změny pH půdy a potřeba vápnění

Souhrn

Cílem diplomové práce je hodnocení změn pH půdy v systému agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP) ve vybraném zemědělském podniku. Byl vybrán zemědělský podnik v okrese Klatovy Měcholupská zemědělská, a.s. Z vybrané oblasti byly vyhodnoceny výsledky rozborů půd získané v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP) ve dvou cyklech, a to v roce 2010 a 2018. Bylo vybráno celkem 16 pozemků z toho 4 s lehkou půdou, 4 s těžkou půdou a 8 se střední. Hodnotily se 3 kategorie půdních reakcí: silně kyselá, kyselá a slabě kyselá. Nejvíce pozemků spadá do kategorie slabě kyselá pro oba dva sledované cykly.

Na základě první stanovené hypotézy jsem v diplomové práci hodnotila změnu hodnoty pH půdy, změnu obsahu přístupného Ca v půdě a procentuální zastoupení Ca v sorpčním komplexu. Na vápněných a nevápněných pozemcích za sledované cykly AZZP z roku 2010 a 2018. Výsledky byly vyhodnoceny statisticky analýzou rozptylu s podrobnějším vyhodnocením dle Tuckeyho.

Ohledně druhé hypotézy jsem se zaměřila na porovnání změn u hodnoty pH a obsahu Ca v půdě u rozdílných půdních druhů (lehká, střední a těžká půda), opět za sledované cykly AZZP z roku 2010 a 2018. I u tohoto hodnocení byla použita statistická metoda analýzy rozptylu s podrobnějším vyhodnocením dle Tuckeyho.

Dále byla v diplomové práci hodnocena závislost obsahu přístupného Ca v půdě na kationtovou výměnnou kapacitu za sledované cykly AZZP z roku 2010 a 2018, a také závislost intenzity vápnění na změnu pH půdy na 14 pozemcích s různou intenzitou vápnění (1-3 dávky vápnění). Závislosti byly vyhodnocené statistickou metodou regresní analýzy, kde byla převážně komentována síla závislosti (koeficient korelace) jednotlivých proměnných.

Na základě dosažených výsledků se potvrdil předpoklad, že se na nevápněných pozemcích zemědělské společnosti potvrdila hypotéza o absenci vápnění, které vede k okyselování půdy a dlouhodobě ke snižování obsahu přístupného vápníku v půdě. Na vápněných pozemcích došlo k velmi malému vzestupu. To svědčí o vhodnosti kritérií pro potřebu vápnění AZZP. Je zde třeba zohlednit i různou intenzitu vápnění, která byla od 1 po 3 dávky za sledované roky a další

skutečnosti jako druh půdy, klimatické podmínky, vyplavování vápníku, okyselující vliv hnojiv, odběr Ca rostlinami atd.

Jako efektivní se jeví úprava pH vápněním zejména na středních a těžkých půdách. U lehkých půd došlo mezi porovnanými cykly AZZP k poklesu. Ohledně obsahu přístupného Ca v půdě došlo k výraznému poklesu u lehkých půd. U středních a těžkých půd pokles obsahu přístupného Ca v půdě není tak výrazný. Potvrdila se tedy i druhá hypotéza, že obsah přístupného Ca na orných půdách se ve srovnání s minulým cyklem AZZP snížil v závislosti na půdně-klimatických podmínkách.

Klíčová slova: agrochemické zkoušení půd, pH, vápnění

Changes in soil pH and lime requirement

Summary

The aim of this thesis is to analyse changes of soil pH in a system of agrochemical testing of agricultural soils (AZZP) on a selected farm. An agricultural company on the district of Klatovy Měcholupská zemědělská, a.s. The results of soil analysis obtained within the frame of agrochemical testing of agricultural soils (AZZP) in two cycles were evaluated from the selected area in 2010 and 2018. A total of 16 plots were selected, including 4 with light soil, 4 with heavy soil and 8 with medium. Three categories of soil reactions were evaluated: strongly acidic, acidic and weakly acidic. Most land falls into the weakly acid category for both of the two cycles.

Based on the first set hypothesis, I evaluated the change of soil pH value, change of accessible Ca content in soil and percentage of Ca in sorption complex. On limed and non-limed plots in the monitored AZZP cycles from 2010 and 2018. The results were evaluated statistically by variance analysis with a more detailed Tuckey evaluation.

In the second hypothesis, I focused on comparing the changes in pH and Ca content of soil with different soil texture (light, medium and heavy soil), again in the AZZP cycles from 2010 and 2018. The statistical method of analysis was also used for this assessment variance with a more detailed Tuckey evaluation.

Furthermore, the diploma thesis evaluated the dependence of available Ca content in soil on cation exchange capacity for the monitored AZZP cycles from 2010 and 2018, and also the dependence of liming intensity on the change of soil pH on 14 plots with different liming levels (1-3 doses of liming). The dependencies were evaluated by the statistical method of regression analysis, where the dependence force (correlation coefficient) of individual variables was predominantly commented.

Based on the results achieved, the assumption was confirmed that the hypothesis of the absence of liming, which leads to soil acidification and a long-term reduction of available calcium content in soil, was confirmed on the unpaved land of the agricultural company. There was a very small rise on the limed fields. This suggests the suitability of the criteria for the liming by AZZP system. It is also necessary to take into account the different liming intensity,

which was from 1 to 3 doses in the years under review and other facts such as soil type, climatic conditions, calcium leaching, acidifying effect of fertilizers, Ca collection by plants, etc.

pH adjustment by liming, especially on medium and heavy soils, seems to be effective. In light soils, there was a decline between the AZZP cycles compared. Regarding the content of accessible Ca in the soil there was a significant decrease in light soils. In medium and heavy soils, the decrease in accessible Ca content in the soil is not so pronounced. Thus, the second hypothesis was confirmed that the content of available Ca on arable soils decreased in comparison with the previous cycle of AZZP depending on soil-climatic conditions.

Key words: agrochemical soil testing, pH, liming

OBSAH:

1. ÚVOD	10
2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZA	11
3. LITERÁTNÍ REŠERŠE	12
3.1. Půda	12
3.1.1. Půda a půdní vlastnosti.....	12
3.1.1.1. Mineralizace.....	13
3.1.1.2. Humifikace.....	14
3.1.2. pH půdy.....	15
3.1.2.1. Acidifikace.....	16
3.1.2.2. Alkalizace.....	17
3.1.2.3. Faktory ovlivňující půdní reakci.....	18
3.1.2.4. Negativní dopady na pH.....	19
3.1.2.5. Metody stanovení Ca.....	20
3.1.2.6. Postupy AZZP a kritéria pro hodnocení výsledků.....	21
3.2. Vápník v rostlinách	22
3.2.1. Vápnění a jeho význam.....	22
3.2.2. Ca v půdě.....	26
3.2.3. Potřeby vápnění.....	28
3.2.4. Faktory ovlivňující potřebu vápnění.....	31
3.2.5. Používaná hnojiva.....	32
3.2.6. Vliv hnojiv na pH půd.....	33
3.3. Zhodnocení vývoje pH půdy na zemědělské půdě ČR	34
3.3.1. Přístupný vápník.....	35
3.3.2. Vývoj pH půdy ve světě.....	36
3.3.3. Srovnání Evropa a svět.....	37
4. METODIKA	41
4.1. Charakteristika půd	42
4.2. Skladba plodin a osevní postupy	42
4.3. Harmonogram produkce, spotřeby a zásoby statkových hnojiv	43
4.4. Seznam půdních bloků	44
5. VÝSLEDKY	53

5.1. Vliv vápnění na změnu pH, přístupného Ca v SK za sledované období.....	53
5.1.1. Nevápněné pozemky.....	53
5.1.2. Vápněné pozemky.....	56
5.2. Vliv druhu půdy na obsah přístupného Ca v půdě a změnu pH za sledované období.....	62
5.2.1. Lehké půdy.....	62
5.2.2. Těžké půdy.....	64
5.2.3. Střední půdy.....	66
6. DISKUSE.....	68
7. ZÁVĚR.....	72
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
9. PŘÍLOHY.....	80

1. ÚVOD

Většina půd z humidních oblastí s dostatkem srážek má tendenci k poklesu hodnoty pH. Kyselost těchto půd je způsobena prosakující vodou odnášející báze. Poklesem hodnot pH pod určitou hranici může dojít ke snížení půdní úrodnosti. Změny pH půdy jsou ovlivněny jak vlivem půdně – klimatických podmínek tak i stanovištěm, systémy hnojení a osevními postupy.

Vápnění patří mezi nejstarší praktiky meliorace zemědělsky obhospodařovaných půd. Potřeba a dávky vápnění byly ve svých počátcích více podloženy praktickými zkušenostmi, citem a dogmaty, které bohužel stále přetrvávají. V minulosti se praktické zkušenosti zemědělců a potřeba správné míry vápnění odrazila i v lidové moudrosti, v přísloví „vápnění obohacuje otce, ochuzuje syna“. Dávno již neplatí jednotná hodnota pH pro všechny půdy, že půda neutrální s hodnotou pH 7, je ideální. Dále, že stejná kyselost – pH půdy neznamena stejnou potřebu vápnění. Dominantní postavení v ústojnosti půdy proti změně hodnoty pH, má kapacita a stav nasycení sorpčního komplexu půdy, tedy k odstranění jednotky kyselosti u lehkých půd stačí podstatně nižší dávky vápnění než u půd těžkých.

2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem diplomové práce je hodnocení změn pH půdy v systému agrochemického zkoušení půd (AZZP) sledované u zemědělského podniku, stanovení potřeby vápnění a změny pH v půdě vlivem vápnění.

- Předpokládá se, že absence vápnění, a s tím související postupné okyselování půdy, vede dlouhodobě ke snižování obsahu přístupného vápníku v půdě.
- Předpokládá se, že obsah přístupného vápníku na orných půdách se ve srovnání s minulým cyklem AZZP sníží v závislosti na půdně – klimatických podmínkách stanoviště.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Půda

3.1.1. Půda a půdní vlastnosti

Existuje mnoho definic, které se snaží vystihnout složitou a proměnlivou podstatu půdy a často i její funkce a význam (Šimek, 2007). Jednou z definic půdy, dnes již archaicky znějící, je definice jednoho ze zakladatelů českého půdoznalství V. Nováka: Půda je přírodní útvar, který se vyvíjí z povrchových zvětralin kůry zemské a ze zbytků ústrojenců a jehož stavba a složení jsou výsledkem podnebí a jiných faktorů půdotvorných (Tomášek, 2007).

Podle Tomáška podal nejvýstižnější definici půdy jeden ze zakladatelů světového půdoznalství V. V. Dokučajev, který označuje půdu za samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem, jenž probíhá působením několika půdotvorných činitelů (Tomášek, 2007).

Ramannova definice půdy zní, že půda je povrchová zvětrávající vrstva pevné zemské kůry, která se skládá z rozdrobených, chemicky pozměněných hornin a ze zbytků rostlin a zvířat žijících na půdě a v půdě (Ramann et al., 1968).

Dle Nypla u Kuráže je půdou biologicky oživená povrchová vrstva zemské kůry, ve které zakořeňují rostliny a čerpají z ní vodu a živiny (Nypl et Kuráž, 1992).

Půdu můžeme definovat také jako přírodní útvar, který vzniká a vyvíjí se z povrchových zvětralin zemské kůry a zbytků organismů působením půdotvorných faktorů a je schopný zajišťovat životní podmínky organismům v něm žijícím. Dle jiného konceptu je půda pórovitá a jemně strukturované médium organominerálního složení a původu (Šimek, 2007).

Půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů (Bičík et al., 2009).

Půda vzniká dvěma základními pochody (Šantrůčková, 2001) – zvětráváním mateční horniny a rozkladem organické hmoty. Působením chemických, fyzikálních i biologických vlivů dochází k narušení mateční horniny, která se rozpadá na různě velké částice. Během

tohoto zvětrávání se do půdního prostředí uvolňují živiny a minerální látky, které jsou následně využívány jako zdroj výživy a přeměňovány rostlinami a půdními organismy. Další látky se do půdy dostávají rozkladem odumřelých těl živočichů a rostlin. Půda je systém složitý, úzce spojený s okolním prostředím (Richter, 1996).

3.1.1.1. Mineralizace

Mineralizace je procesem přeměny organických látek v půdě, při kterém dochází k jejich úplnému rozkladu až na jednoduché složky – CO₂, H₂O, NH₃, oxidy různých prvků atd. Probíhá za vyšších teplot a při nižší vlhkosti půdy, zejména v silně provzdušněných půdách lehčího charakteru. Za těchto podmínek se značně rozvíjí činnost aerobních bakterií, jež rozkládají organickou hmotu na výše uvedené složky. Humus se za těchto podmínek netvoří, případně je velmi rychle rozkládán (spalován) (Jandák et al., 2010).

Neživou část organických látek v půdě tvoří primární organická hmota (někdy označována jako nehumusové látky) a humusové substance.

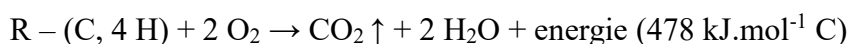
Primární organická hmota v půdě je původní organickou hmotou, která se dostává do půdy (sacharidy, organické kyseliny, aminokyseliny, bílkoviny, tuky, vosky, celulóza, lignin aj.) a nachází se v různém stupni rozkladu. Rychlost rozkladu rostlinných i živočišných zbytků a jejich metabolitů je rozdílná podle látkového složení a do jisté míry i půdních podmínek.

Humusové látky jsou složité vysokomolekulární látky, které vznikají v procesu humifikace. Produktem jsou fulvokyseliny, huminové kyseliny a huminy (Vaněk et al., 2012).

Vlastní mineralizace závisí také na pH půdy. V neutrálním až mírně alkalickém prostředí půdy může mineralizace probíhat rychle, a to díky vysoké biologické aktivitě. V kyselém prostředí může probíhat zejména činností hub, kde je však daleko pomalejší (Šarapatka, 1996).

Základní rovnice rozkladu hmoty v aerobních podmínkách (Šarapatka et al., 2010)

enzymová
oxidace



Uhlíkaté sloučeniny jsou enzymaticky oxidovány, je produkován CO₂, voda, energie a rozkládající se biomasa.

Rozklad organické hmoty při nedostatku kyslíku:

bakterie



3.1.1.2. Humifikace

Humifikace je složitým biochemickým procesem přeměny odumřelých organických látek, které podléhají vlivu činnosti půdních mikroorganismů (Němeček et al., 1990). Jedná se o proces, při kterém se postupnou transformací humusotvorného materiálu (biodegradace, rozklad, syntéza, kondenzace, polymerace) vytvářejí v půdě specifické látky – humus (Nypl et Kuráž, 1992). Během humifikace prodělává původní organická hmota řadu rozkladných procesů, ale především syntetické procesy, při kterých se spotřebovává energie (Vaněk et al., 2012). Průběh humifikace závisí také na vlhkosti a teplotě půdy, reakci půdy a obsahu kyslíku (Káš et al., 1961). Optimálními podmínkami pro humifikaci je střídání aerobních a anaerobních podmínek (Nypl et Kuráž, 1992) a periodické ovlhčování a vysychání (Jandák et al., 2010).

V počáteční fázi se jedná převážně o pochod biologický, v závěrečných fázích jde spíše o pochody chemické a fyzikálně chemické.

V půdě je humifikováno pouze omezené množství organických látek, proto je pro vytvoření zásoby humusu v půdě potřeba desetiletí až staletí (Nypl, Kuráž, 1992). V našich podmínkách více než polovina humifikovaného materiálu mineralizuje (50–58 %), zbytek podléhá humifikaci (Jandák et al., 2010).

Rozdílné je působení primární organické hmoty a humusových látek i na živinný režim. Mineralizací primární organické hmoty se uvolňují živiny, které jsou k dispozici půdnímu edafonu, a následně také rostlinám (některé však mohou za určitých podmínek být i imobilizovány, např. N). Současně se vytváří velké množství CO_2 , který působí na mobilitu kationtů, hlavně vápníku, což dává předpoklady větší eluce Ca z půdy. Humusové látky vzhledem ke své stálosti nemohou být zdrojem živin, dobře však zadržují (výměnně sorbují) především kationty, případně s kationty vytvářejí málo rozpustné sloučeniny, a tak mobilitu živin snižují (Vaněk et al., 2012).

3.1.2. pH půdy

Hodnota pH půdy je široce přijímaný jako dominantní faktor, který reguluje obsah živin v půdě, biologickou dostupnost, struktura rostlinného společenstva, primární rostlinnou produktivitu a širokou škálu půdních procesů, včetně složení a aktivita mikrobiálního společenstva (Robson, 1989). Představuje tedy zvláště důležitou vlastnost půdy, jež ovlivňuje růst a vývoj rostlin (Dykyjová et al., 1989). Obecně platí, že mineralizace organické hmoty je často považována za relativně necitlivou na pH půdy, zatímco v kontrastu procesů jako je nitrifikace, které jsou považovány za vysoce pH citlivá (Strayer et al., 1981). V některých situacích má však nízké pH půdy potenciál zpomalit rozklad organické hmoty, zatímco rychlost nitrifikace může být vysoká v některých kyselých půdách (Schmidt, 1982). Přes tento nesoulad pH půdy je uznána jako dominantní faktor, kterým se řídí mikrobiálním obratem organické hmoty. Ve srovnání s rozdíly pH v půdních vlastnostech jako je mikrobiální struktura společenství, obsah vody a koncentrace toxických iontů jako je například hliník a mangan mohou mít druhořadý význam v regulaci organické hmoty (Adams et Adams, 1983).

Půdní reakce je velmi důležitá charakteristika nejen pro děje v půdě, ale také adsorbci a desorbci iontů rostlinných živin, použití různých hnojiv a řadu dalších vlastností (Vráblíková et Vráblík, 2006). Reakce půdy, respektive půdního roztoku, je jednou z nejdůležitějších chemických vlastností půdy, jelikož řada chemických a biologických procesů v půdě závisí na koncentraci vodíkových kationtů H^+ (ve skutečnosti jsou ionty vodíku ve vodném prostředí hydratované a vodík tedy existuje ve formě iontů H_3O^+ ; pro zjednodušení se tato skutečnost opomíjí a používá se formální zápis H^+) a hydroxylových aniontů OH^- (Šimek, 2007).

Reakce půdy usměrňuje téměř všechny procesy v půdě. Jedná se hlavně o koncentraci a zastoupení iontů v půdním roztoku, rozpustnost sloučenin a látek v půdě, sorpci živin, biologickou činnost mikroorganismů, půdní koloidy (Vaněk et al, 2012). Koloidy mohou být v půdě rozptýlené ve formě koloidního roztoku (soli), nebo mohou být vyvločkovány (ve stavu gelu). Vyvločkování či vysrážení (flokulaci/koagulaci) většiny půdních koloidů působí kationty, jelikož mají opačný náboj než koloidy. Výraznou koagulační schopnost mají dvojmocné kationty (především Ca^{2+} , případně Mg^{2+}). Tato schopnost je dvacetkrát až třicetkrát vyšší než u jednomocných kationtů (např. K^+ , Na^+). Nejvyšší koagulační schopnost mají trojmocné kationty (např. Al^{3+}), ale v zemědělských půdách je jejich přítomnost nežádoucí (Černý et al., 2013).

Půdní pH tak nepřímo vytváří vhodné či nevhodné životní podmínky pro růst rostlin a následně množství a kvalitu produkce (Vaněk et al., 2012). Půdní reakce patří i mezi ukazatele degradace půdy. V našich podmínkách hrozí zejména nebezpečí acidifikace – okyselování (Vopravil et al., 2010).

Optimální hodnota pH není obecně hodnota neutrální (pH 7,0), ale má být kompromisem jednak mezi rozdílnými optimy pH pro dostupnost jednotlivých živin a jednak rozdílnými požadavky rostlin na jednotlivé živiny. Optimální pH je předpokladem efektivního využití hnojiv a živin v půdě, jež mohou zůstat bez účinku, nedosáhne-li půda žádoucího bodu nebo rozmezí půdní reakce. (Richter et Hlušek, 1999). Jako optimální se v minerálních půdách ukazuje hodnota pH okolo 6,5, která zajišťuje přiměřený příjem většiny živin a víceméně vyhovuje i rostlinám (Vaněk et al., 2012).

3.1.2.1. Acidifikace

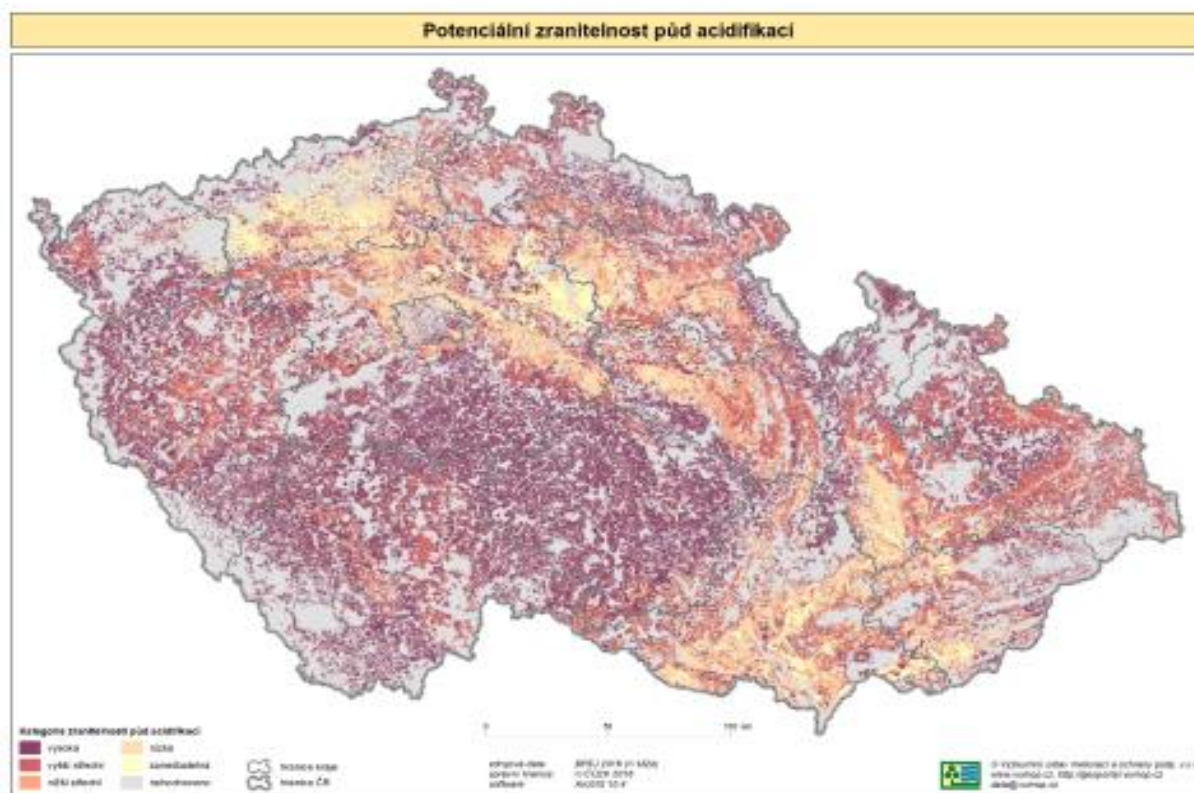
Acidifikace je přirozený půdní proces (Brady et Weil, 2002), ovlivňující růst a vývoj všech organismů, které v půdě žijí (rostlin, zvířat a mikroorganismů).

Acidifikace půdy je pomalý proces, který je urychlován intenzivní zemědělskou činností (Gazey et Davis, 2009).

Acidifikaci půdy můžeme definovat jako snížení pH půdního roztoku, půdní suspenze nebo vodného výluhu půdy nebo též jako snížení neutralizační kapacity půdy (Breemen et Wild, 2003). Dále ji můžeme definovat jako snižování obsahu uhličitánů v půdě a půdním roztoku a jako vytěsňování bazických kationtů (Ca, Mg) ze sorpčního komplexu a jejich náhradou ionty vodíku (Voltr et al., 2011). Při postupné acidifikaci půd dochází k poklesu obsahu uhličitánů, snadno zvětratelných primárních silikátů a výměnných bazických kationtů. Na druhé straně acidifikace může způsobit akumulaci kationtových kyselin (Al^{3+} , Fe^{3+}) či síranů. Alkalizace se naproti tomu projevuje zvýšeným obsahem bazických kationtů (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) a jejich solí v půdě (Šarapatka et al., 2002).

Dle Sumnera, 2000 je acidifikace půd velmi pomalý proces, který je součástí přirozeného vývoje půdy. Zdrojem přirozené acidifikace půdy jsou tedy přírodní procesy jako: vznik kyseliny uhličité ze srážek, mikrobiální a kořenové respirace, kyselé rozkladné produkty vegetace (nízkomolekulární organické kyseliny), tvorba kyseliny sírové během oxidace Fe sulfidů a nitrifikace z přírodních zdrojů dusíku (Brtnický et al., 2012).

Obr.1: Potenciální zranitelnost zemědělské půdy acidifikací



Aktuální přehledy nabízí aplikace Půda v číslech dostupná zde: <http://statistiky.vumop.cz>.

3.1.2.2. Alkalizace

Alkalizace půdy může být záměrně vyvolána aplikací vápence na zemědělském i lesním půdním fondu za účelem snížení negativních vlivů acidifikace. V takovém případě se jedná o pozitivní alkalizaci. Jiným případem je negativní alkalizace, která může být způsobena např. nežádoucími úlety ze závodů na těžbu a zpracování magnezitových a vápencových surovin. Alkalizace podobně jako acidifikace může způsobit narušení až úplnou destrukci přirozených ekosystémů anebo snížení výnosů a kvality zemědělských plodin (Šarapatka et al., 2002). Největším problémem z pohledu alkalizace je zvyšování obsahu Na. Alkalitu půdy vyjadřujeme aktivním pH nebo obsahem výměnného Na^+ v půdním sorpčním komplexu. Silně alkalické půdy obsahují více než 20 % Na^+ ze všech výměnných kationtů půdy. Slabě alkalické půdy jsou charakteristické převahou vápníku a hořčíku v půdním sorpčním komplexu. Rostliny dobře

snáší vysoký obsah výměnného vápníku a hořčíku, ale jsou citlivé na převahu výměnného sodíku, který rozleptává pletiva buněk, peptizuje půdní humus a rozrušuje půdní strukturu (Dykyjová et al., 1989).

Nadměrná alkalita půdy (pH 8,5) negativně působí na půdní biotu a výrazně snižuje klíčivost semen většiny zemědělských plodin, a to dokonce víc než kyselá půda (Šarapatka et al., 2002). Zvýšená alkalita půdy omezuje příjem některých živin (bór, zinek, měď, železo a většiny těžkých kovů) (Richter et Hlušek, 2003).

Alkalita půdy zhoršuje její fyzikální stav i biologickou činnost. Úprava reakce alkalických půd je mnohem nákladnější a obtížnější než u půd kyselých. Množství hmoty potřebné k snížení alkality závisí na stupni nasycení půdy výměnným sodíkem. K používaným korektivům patří mletý sádrovec, síra, kyselina sírová atd. (Jandák et al., 2010).

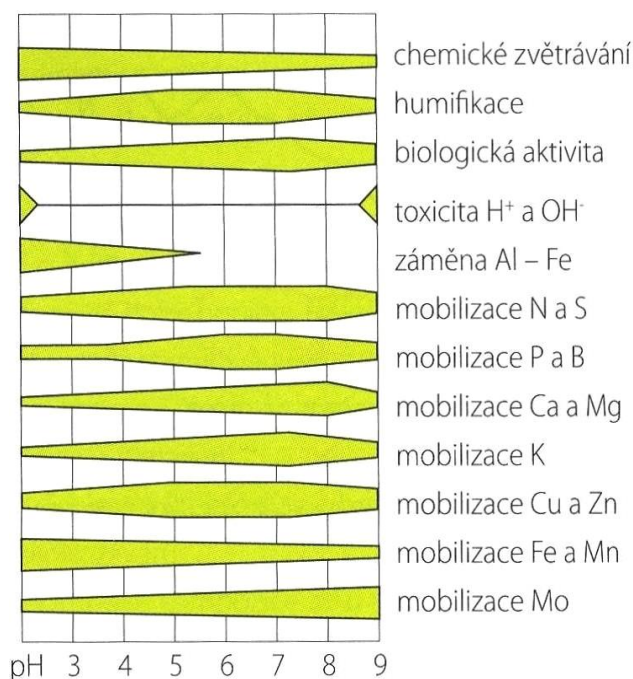
3.1.2.3. Faktory ovlivňující půdní reakci

Nepříznivá kyselá půdní reakce se běžně odstraňuje vápněním, které sníží množství adsorbovaných vodíkových iontů, zvýší pH a sorpčně nasytí půdu vápníkem, přičemž dojde také ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy. Potřebu vápnění definujeme jako množství vápenaté hmoty, které je zapotřebí do půdy dodat, aby se upravila její reakce na optimální hodnotu (Jandák et al., 2010).

Pro hygienu půdy jsou významné dlouhodobé přírodní procesy acidifikace a alkalizace, které probíhají po staletí a tisíciletí a jimž se biocenózy druhovou skladbou postupně přizpůsobily. Pozornost je tedy věnována převážně antropogenní zrychlené acidifikaci a alkalizaci půd, které na půdní mikroorganismy a rostliny působí šokově (Šarapatka et al., 2002).

Aktuální reakce není vhodné kritérium pro potřebu vápnění, jelikož se nebere v úvahu potenciální výměnná kyselost ani ústojná schopnost půdy. Pro stanovení potřeby vápnění se využívá metoda titračního stanovení výměnné půdní reakce k požadované hodnotě pH (Jandák et al., 2010).

Obr. 2: Vliv pH na vybrané procesy v půdě, mobilizaci a dostupnost minerálních látek (Šarapatka, 2010)



Vápnění kyselých půd patří mezi nejstarší agromeliorační opatření. Na jedné straně upravuje živný režim půdy a posiluje půdní strukturu, na druhé straně však může podpořit vyplavování ostatních kationtů. Je tedy nutné přehodnotit stanovení potřeby a dávek vápenato-hořečnatých hnojiv s ohledem na hmotnost zeminy v ornici, zastoupení skeletu a aciditním-chemickým poměrům v podorníci (Lhotský et al., 1994).

3.1.2.4. Negativní dopady na pH

V silně kyselých půdách je většina mikrobiálních procesů redukována z důvodu omezeného růstu a reprodukce půdních mikroorganismů, hlavně bakterií a hub. Rozklad organických látek a koloběh živin je tak snížen. Rychlost převodu živin půdními mikroby do rostlinám přístupných forem je pomalejší. Na leguminózách se v kořenových nodech hůře tvoří hlízky rhizobiálních bakterií, což může vést z důvodu nefungující symbiózy k deficitům dusíku u těchto rostlin. Na pastvinách leguminózy ustupují a dominantními rostlinami se stávají trávy (Gazey et Davies, 2009). Syntetické procesy vedou k tvorbě méně kvalitních humusových látek (Richter et Hlušek, 1999). Přístupnost hlavních živin (N, P, K, Mg, Ca, S) a molybdenu (Mo)

je omezena a může být pro rostliny nedostatečná. V kyselém prostředí je také aktivován hliník (Al) (koncentrace 2-5 mg Al.kg⁻¹ půdy je toxická pro kořeny citlivých rostlin a více jak 5 mg.kg⁻¹ půdy je toxická pro tolerantní rostliny, uvádí Gazey et Davies, 2009) a řada rizikových prvků, jejichž přebytek rostlinám škodí a vede k začlenění do potravního řetězce. Z těchto důvodů je důležité sledovat hodnoty pH na obhospodařovaných lokalitách tak, aby bylo možné včas rozpoznat toto nebezpečí. Účinným opatřením k odstranění půdní kyselosti je pravidelné vápnění (Richter et Hlušek, 1999). Půdní reakce zvýšená vápněním nad 5,5 předchozí vyjmenovaná rizika minimalizuje (Gazey et Davies, 2009).

3.1.2.5. Metody stanovení Ca

Půdní reakce se stanovuje ve vysušeném vzorku půdy upraveném podle ISO 11464. Stanovení je prováděno skleněnou elektrodou v půdní suspenzi. Poměr vyluhovacího roztoku a půdy je 5: 1. Vyluhovacím roztokem je v případě výměnného pH 0,01 M CaCl₂ a v případě aktuálního pH demineralizovaná voda.

Stanovení obsahu přístupných živin P, K, Mg, Ca v extraktu podle Mehlicha III

Tento extrakční postup je určený pro stanovení více prvků v jednom extraktu a nejlépe odpovídá současnému trendu v analýze půd, kde je stále více využíváno víceprvkových analytických měřicích postupů (ICP-OES, CZE, IC, ICP-MS aj.). Postup byl podrobně ověřen pro půdy ČR a v současné době je používán v AZZP (agrochemickém zkoušení zemědělských půd) České republiky.

Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na hliník. V roztoku je přítomen i dusičnan amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, hořčíku a vápníku. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou dusičnou. Přítomnost EDTA zajišťuje dobrou uvolnitelnost nutričně významných mikroelementů (Zbíral et al., 2010).

Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku je stanoven v půdním extraktu podle Mehlicha III metodou ICP-OES (Zbíral et al., 2010). Aerosol vzorku se proudem argonu přivede do argon-argonového plazmatu, ve kterém dojde k termické excitaci a ionizaci prvků. Při následné deexcitaci dojde k vyzáření charakteristických kvant. Měřením intenzity emitovaného záření charakteristického kvanta se určí obsah daného prvku ve vzorku. Tuto metodu optické emisní spektrometrie lze využít pro stanovení širší škály prvků (Ca, Mg, K, P, Al, Cu, Fe, Mn, Zn, S a B).

Stanovení obsahu P, K, Mg, Ca v extraktu lučavky královské

Upravený vzorek se extrahuje lučavkou královskou-směs kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné (3 + 1, V + V) za zvýšené teploty (Zbíral et al., 2011). V extraktu je možné stanovit obsah makro i mikroprvků. Uvedený postup vychází z ISO normy (ISO 11466). Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku je stanoven v půdním extraktu lučavky královské metodou ICP-OES (Zbíral et al., 2011). Princip metody ICP-OES je stejný jako u stanovení v půdním extraktu podle Mehlicha III.

3.1.2.6. Postupy AZZP a kritéria pro hodnocení výsledků

Tato kontrola probíhá v České republice periodicky od roku 1961, v šestiletých cyklech na základě zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích, substrátech a agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) a vyhlášky č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, vše ve znění pozdějších předpisů. Agrochemické zkoušení zemědělských půd je pravidelné zjišťování vybraných parametrů půdní úrodnosti v důsledku používání hnojiv, s cílem usměrňovat jejich používání. V případech, kdy hrozí nebezpečí poškození půdní úrodnosti, zahrnuje rovněž mikrobiologické a fyzikální rozbor. Z důvodů ochrany před vstupem nežádoucích látek do potravního řetězce stanovilo Ministerstvo zemědělství v dohodě s Ministerstvem zdravotnictví vyhláškou rizikové prvky, rizikové látky, mikrobiologické a fyzikální parametry, sledované při agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Agrochemické zkoušení zemědělských půd provádí Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

Technika odběru

Vzorky půd se odebírají sondovacími tyčemi na hloubku orničního profilu (max. do 30 cm). Jeden průměrný vzorek se v bramborářské a horské výrobní oblasti odebírá z výměry 7 ha, v řepářské a kukuřičné z 10 ha (u orné půd a TTP), u sadů a chmelnic z plochy 3 ha. U vinic se průměrný půdní vzorek odebírá ze 2 ha, přičemž se přihlíží k půdní vyrovnanosti a terénní členitosti. Odběr průměrného vzorku se vždy provádí z plochy jednotně obhospodařované (stejná plodina, stejné hnojení). Průměrný půdní vzorek se skládá minimálně ze 30 dílčích vpichů sondovací tyčí. Vzorky se odebírají v jarním nebo podzimním období. Jarní odběr

začíná, jakmile to dovolí půdní a klimatické podmínky a končí podle stavu vegetace nejpozději na konci května. Podzimní odběr začíná po sklizni obilovin a ukončuje se 30. listopadu.

Agrochemické vlastnosti půd

U zkoušených vzorků se stanovují tyto hodnoty:

- a) půdní reakce – pH (ve výluhu CaCl_2) - platí zde stejná kritéria jako při výluhu v KCl ,
- b) potřeba vápnění (roční dávka v t CaO/ha^{-1}) – stanoveno na základě pH, druhu půdy a kultury,
- c) obsah uhličitánů (CaCO_3 , MgCO_3) v %,
- d) obsah přístupných živin (P, K, Mg, Ca, S) - stanoveno ve výluhu podle Mehlicha III,
- e) obsah mikroprvků (Cu, Zn, Mn, Fe, B), Al – stanoveno ve výluhu podle Mehlicha III,
- f) hodnocení poměru kationtů K: Mg – výpočet z naměřených hodnot,
- g) hodnocení kationtové výměnné kapacity (KVK) – stanoveno výpočtem součtovou metodou,
- h) hodnocení plošné nevyrovnanosti pozemků-výpočet variačního koeficientu.

3.2. Vápník v rostlinách

Obsah vápníku v rostlinách se pohybuje v intervalu 0,1 - 0,5 % v sušině v závislosti na rostlině (části rostliny, či orgánu) a na půdně-klimatických podmínkách pro pěstování. Přitom požadované množství je u jednoděložných rostlin výrazně nižší než u dvouděložných. Příjem Ca^{2+} rostlinami je závislý i na vnějších podmínkách. Při nižší vlhkosti půdy je přijímáno více Ca na jednotku sušiny, což je ovlivněno i celkovým nižším růstem. Podobně je obsah Ca vyšší i při nižší teplotě. Proto mohou vnější podmínky zasáhnout významně do příjmu Ca a působit s ostatními faktory na výrazně vyšší příjem K než Ca, a tak způsobit jeho relativní nedostatek v rostlinách.

Vápník je přijímán rostlinami pasivně kořenovými špičkami jako dvoumocný kationt Ca^{2+} z půdního roztoku, kde je většinou převažujícím kationtem. Do nadzemní části rostliny je transportován xylémem. Jeho pohyblivost rostlinou je nízká. Směrem vzhůru jeho koncentrace v xylému klesá v závislosti na rychlosti transpirace-apikální části (především meristemy, které netranspirují, a proto nemají dostatečnou hnací sílu pro pohyb xylémového toku) jsou pak také prvním místem, kde se projevuje nedostatek Ca.

Ve starších buňkách a pletivech se Ca hromadí ve vakuole ve formě oxalátu či jiných těžko rozpustných solích kyselin především citrátového cyklu. V dospělých buňkách s dobře vyvinutými vakuolami se tak vápník výrazně podílí na vyrovnání acido-bazické rovnováhy, protože tvorba málo disociovaného oxalátu vápenatého je důležitá pro stabilní udržení hodnoty osmotického tlaku ve vakuolách.

Jeho distribuce ze starších do mladších částí rostliny je velmi omezená. Proto je nutné pravidelné zásobování mladých pletiv nově přijímaným Ca v zásobních orgánech (Pavlíková et al., 2013).

Vápník má dvě základní funkce-stavební a signální, tzv. funkci druhého posla (Maathuis, 2009). Tvoří relativně stabilní, ale reverzibilní propojení makromolekul - tzv. vápníkové můstky, které významně zvyšují pevnost buněčné stěny. Tyto můstky spojují především molekuly pektinů v buněčné stěně či střední lamele. Vápník je vázán na R-COO⁻skupinu polygalakturonových kyselin (peptonových kyselin) ve více či méně výměnné formě. Současně také ovlivňují pevnosti a stabilitu buněčných pletiv. Tento význam vápníku je prokázán těsnou pozitivní korelací mezi výměnnou kationtovou kapacitou buněčných stěn a obsahem vápníku v pletivech nezbytných pro jejich optimální růst. Projevem nedostatku vápníku v buněčných stěnách je lámání stonku v jejich horních partiích. Obsah vápníku je také velmi důležitým faktorem pro odolnost pletiv vůči houbovým a bakteriálním infekcím (Vaněk et al., 2012).

Vápník je jako všudypřítomný signál v rostlinách. Všechny živé buňky používají síť přenosových signálů k získávání živin, ke kontrole jejich metabolismu a vyrovnání se s jejich prostředím. Velkou výzvou pro biologické buňky je pochopit "jazyk" těchto signalizačních systémů. Pro jednoduchost signalizace těchto cest byly studovány izolovaně na experimentálním pokusu o definování jediné cesty. Nicméně buňky nejsou jednoduché a pro daný podnět (vstup) a finále reakce (výstup) jsou pravděpodobně výsledkem složité interakce, nebo signálem mezi různými cestami (Trewavas et Malhó, 1997).

Pravděpodobně se touto mluvou vyvinul jako mechanismus umožňující poměrně malý počet poslů, které pomohou buněčným procesům vhodným způsobem k potenciálním podnětům. V buňkách rostlin se mezi signalizačními posly zahrnují Ca²⁺, lipidy, pH a cyklické GMP (cyklický guanosinmonofosfát-cGMP). Nicméně, žádný jiný posel nebyl prokázán s více stimuly, než má cytozolický volný Ca²⁺.

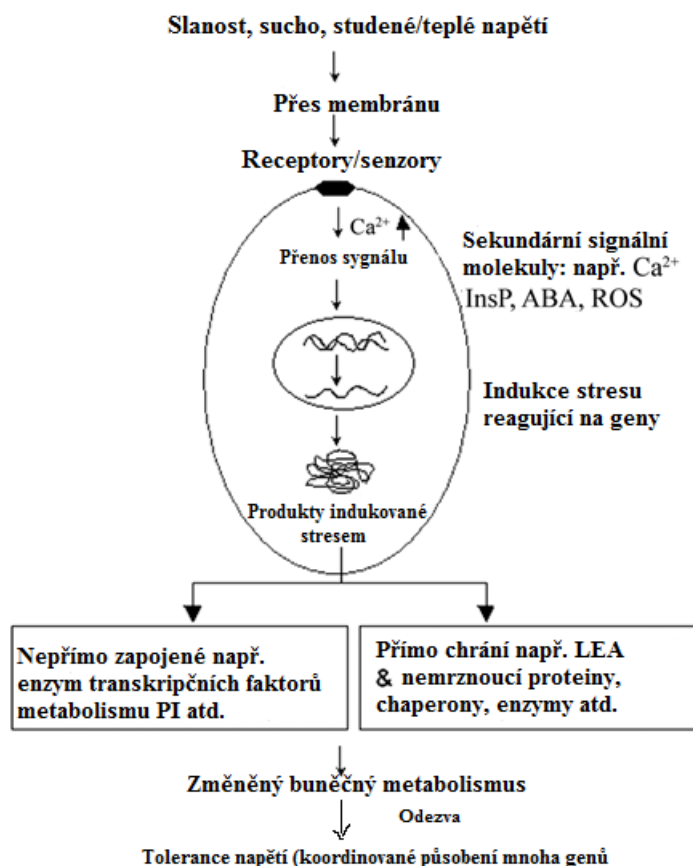
Iont Ca²⁺ představuje důležitou signalizační molekulu a konvergenční bod mnoha odlišných signalizačních cest. Reprogramující rostlinné buňky, jejichž buněčná sestava spouští síť signalizačních událostí, začínají vnímáním stresu na úrovni membrány buňky a končí buněčnou odpovědí (obr. 3).

Obecné dráha přenosu signálu má následující kroky:

- Vnímání signálu membránovými receptory,
- generování druhých posílů,
- kaskádu proteinových fosforylačních / defosforylačních příhod, které se mohou zaměřit na transkripční faktory, které kontrolují specifickou sadu genů regulovaných stresem,
- toleranci na stres, adaptaci rostlin a jiné fenotypové reakce.

Signál extracelulárního napětí se přenáší uvnitř jádra, aby indukoval více stresů reagujících genů, jejichž produkty nakonec vedou k přizpůsobení rostlin stresu, toleranci přímo nebo nepřímo (obr. 3) (Mahajan, 2005).

Obr. 3.: Obecná cesta pro reakci rostlin na stres. Extracelulární signál napětí je nejprve vnímán membránovými receptory a poté aktivován rozsáhlou a komplexní signální kaskádou intracelulárně včetně generace sekundárních signálních molekul. Signální kaskáda je výsledkem výrazu genů reagujících na více stresů, jejichž produkty mohou poskytnout stresovou toleranci přímo nebo nepřímo. ABA, kyselina abscisová; LEA, pozdní embryogeneze bohatý; InsP, inositolfosfát; ROS, reaktivní druhy kyslíku.



Naše znalosti o Ca^{2+} v signalizaci rostlinných buněk byl výrazně posílen vývojem spolehlivých technik k měření volného Ca^{2+} intracelulárně (Read et al., 1993). Časné studie (Felle, 1989) selektivních mikroelektrod získaly konzistentní odhady obsahu Ca^{2+} v rostlinách. Nicméně, elektrody jsou poměrně nepraktické a nejsou schopné podrobně hlásit prostorové informace, takže byly z velké části nahrazeny fluorescenčními barvivy a luminiscenčním proteinem aequorin (Read et al., 1993).

Metabolismus ve všech buňkách vyžaduje přítomnost ortofosfátu (Pi) a fosforylované organické sloučeniny, zvláště pro cytosolové reakce spojené s transdukcí energie. Chemie Ca^{2+} poskytuje další příznivé rysy pro přenos signálu. Schopnost iontu koordinovat i značné množství (běžně šest až osm) nečerpáné atomy kyslíku, umožňují vývoj proteinových konformací, ve kterých se mohou vzdálené domény podílet na vápníku (Mc Phalen et al., 1991).

Vzhledem k tomu, že endoplasmatické retikulum (ER), mitochondrie a dokonce i chloroplasty jsou známé svojí schopností sekvestrovat Ca^{2+} (Bush, 1995). Vakuoly jsou díky své velikosti a velkou kapacitou pro Ca^{2+} akumulací, nejvýznamnější pro Ca^{2+} ve většině buněk. Pufrování Ca^{2+} je extrémně efektivní vakuolární sekvestrace která pravděpodobně hraje hlavní roli (Miller et al., 1990).

Výtok Ca^{2+} z cytosolu je zprostředkován pumpami poháněné buď hydrolýzou ATP, nebo prototovou hybnou silou. Naproti tomu pasivní vstup Ca^{2+} do cytosolu je poháněn iontovými kanály.

3.2.1. Vápnění a jeho význam

Jednotlivé druhy polních plodin mají rozdílné požadavky na pH. Obecně lze shrnout, že polní plodiny bramborářské a horské výrobní oblasti a trvalé travní porosty vyžadují pH kyselější, zatímco plodiny řepářské a kukuřičné výrobní oblasti spíše pH neutrální. U zelenin převládá pH neutrální až zásadité (Richter et Hlušek, 1999). Podle Vaňka et al. (2012) je pro růst a výživu rostlin podle půdních podmínek vhodné pH nejčastěji v rozsahu 6,0 – 6,5.

Vápnění upravuje nepříznivou půdní reakci na požadované rozmezí pH a celkově upravuje aciditní poměry v půdě. Spolurozhoduje o dostupnosti a úrovni využití dalších živin rostlinami, zejména zvyšuje přijatelnost fosforu z půdy i dodaných hnojiv. Vápnění dále zlepšuje půdní strukturu, fyzikální vlastnosti půdy – zakořeňování rostlin, podporuje tvorbu účinného humusu, zlepšuje biologickou aktivitu a podporuje biologickou fixaci dusíku hlízkovými bakteriemi. Vápnění a alkalizace prostředí posilují hygienickou a ekotoxikologickou funkci půdy,

imobilizaci kadmia, popřípadě dalších toxických prvků, a ztěžuje jejich přijatelnost rostlinami (Bauma, 2005).

3.2.2. Ca v půdě

Vápník (Ca) je pátý nejčastěji zastoupený prvek a třetí nejhojnější kov (po Fe a Al) v zemské kůře. Průměrný obsah Ca v litosféře je asi 3,6 %. V půdách obsah Ca výrazně kolísá, především s ohledem na složení minerálního podílu půda-matečného substrátu, probíhajících půdních procesů, stupeň zvětrávání, podmínky stanovišť a dalších vlivů. Celkový obsah vápníku v půdě se tak může pohybovat od obsahu 0,1 % na nekarbonátových, výrazně zvětralých substrátech až 10 % (i více) na karbonátových půdách.

Podle mobility vápníku v půdě v jeho biogeochemickém cyklu a s ohledem na potenciální přístupnost pro rostliny je vápník rozdělován do tří kategorií:

- Nevýměnný (pro rostliny nepřístupný/nepřijatelný),
- výměnný (potenciálně přijatelný),
- v půdním roztoku.

Každá z uvedených kategorií má důležitý význam nejen ve vztahu k pěstování rostlin, ale především ovlivňuje fyzikální, chemické a biologické půdní vlastnosti (Černý et al., 2013).

Dostatek vápníku v půdě má velký význam z hlediska chemických, fyzikálních i biologických procesů (eliminace iontů H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , koagulace koloidů, sycení sorpčního komplexu, výskyt i aktivita mikroorganismů, aj.).

Prevažná část vápníku v půdách se nachází v těžko rozpustných sloučeninách, hlavně uhličitanech, křemičitanech, hlinitokřemičitanech a síranech (Vaněk et al., 2012). Uhličitaný přítomné v půdě (kalcit, aragonit, dolomit a siderit) vznikly v důsledku litogenních nebo půdotvorných procesů a jejich kombinací (Monther et al., 2002). Nejčastější sloučeninou Ca jsou vápence, dolomity a dále minerál anortit. Rozpustnost uhličitanů je závislá na pH půdy – vyšší rozpustnost je v kyselější oblasti pH a značný vliv na rozpustnost uhličitanů má obsah CO_2 . Jeho produkce je závislá na biologické činnosti půdy. Po rozkladu $CaCO_3$ vlivem CO_2 a vody vzniká hydrogenuhličitan $Ca(HCO_3)_2$, který je dobře rozpustný ve vodě, a tím také dobře pohyblivý v půdním profilu, čímž může být snadno vyplavován a ztrácen tak z půdy. Přítomnost vápence a hydrogenuhličitanu vápenatého v půdě zajišťuje stabilitu neutrální reakce a vysokou pufrovitost (Vaněk et al., 2012).

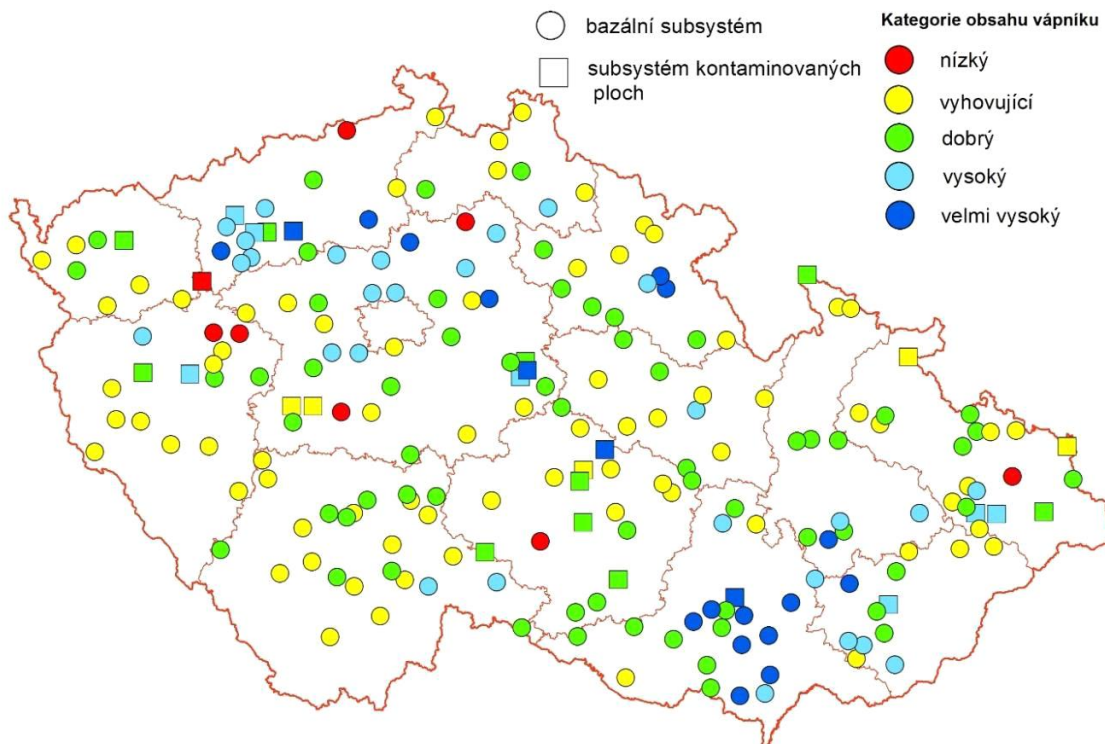
Minerálů s obsahem Ca je mnoho, avšak ostatní půdní minerály obsahují výrazně menší Ca (anortit, augit, amfibol, epidot, rohovec, skupina apatitu apod.). Tyto se vyskytují především ve vyvřelých a metamorfovaných horninách, které pomalu zvětrávají. Jejich význam v koloběhu Ca v půdě je výrazně menší, než uhličitanů a síranů (Černý et al., 2013).

Výměnný vápník je významný z hlediska půdní úrodnosti a výživy rostlin. Je vázaný na půdní koloidy výměnnou sorpcí. Nasycení koloidů Ca by mělo dosahovat 60–80 % KVK (Vaněk et al, 2012). Toto zastoupení vápníku je nutné především pro udržení půdní struktury. Ve srovnání s dalšími kationty, které jsou více zastoupeny v sorpčním komplexu, je vápník mnohem pevněji poután a zvyšuje stabilitu půdních agregátů (Černý et al., 2013). Nižší hodnoty postačí pro lehké půdy s nízkou sorpční kapacitou a vyšší nasycení vyžadují půdy střední a těžké. Vápník je převažujícím kationtem v půdním roztoku. Dostává se do půdní vody výměnou za jiné kationty, zvětráváním křemičitanů a především již zmíněným rozpouštěním uhličitanů. Jeho obsah se běžně pohybuje v rozmezí 100 – 300 mg Ca. l⁻¹, v karbonátových půdách je však podstatně vyšší. Vysoký obsah vápníku ve většině případů nepůsobí negativně. Nejčastěji se vyskytuje ve formě Ca²⁺, částečně jako Ca (HCO₃)₂, CaCl₂, Ca (NO₃)₂ a CaSO₄ (Vaněk et al, 2012).

Vliv na půdní strukturu má také složení půdních koloidů. Půdní koloidy jsou tvořeny jílovými částicemi a humusovými látkami. Přitom jednotlivé jílové minerály i humusové látky mají rozdílné schopnosti oddisociovat vodík.

Koncentrace vápníku v půdním roztoku je obvykle dána rovnováhou výměnným Ca. Úroveň nasycení sorpčního komplexu vápníkem, kompetice kationtů, druh a síla výměnných vazeb, obsah aniontů v půdním roztoku, to vše vzájemně určuje výsledný obsah Ca v půdním roztoku. Nejčastěji je koncentrace Ca v půdním roztoku na úrovni 50-100 mg. l⁻¹, avšak může kolísat od 5 až přes 1000 mg Ca. l⁻¹ (Černý et al., 2013).

Obrázek 4: Obsah přístupného vápníku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 podle kategorií AZZP-Pracovní postupy ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016 (Smatanová, Sušil, 2015)



V mnoha půdách má aplikace vápna za následek rozpouštění organické hmoty, takže můžou být zaznamenány krátkodobé mikrobiální reakce v důsledku tohoto zvýšeným uvolňováním a nikoli pouze k přímému vlivu pH u samotných mikrobů (Curtin et al., 1998).

3.2.3. Potřeby vápnění

Samotné vápnění vede zpravidla jen k dočasnému zvýšení výnosů. Proto je nutné v osevním postupu s vápněním správně zařadit rovněž organická i ostatní minerální hnojiva. Působení vápnění spolu s hnojením ostatními hnojivy musí být chápáno komplexně. Zařazením vápnění dochází k lepšímu uvolňování živin a zvýšení výnosů, protože je podporována mikrobiální aktivita, a tím i zrychlen rozklad organické hmoty. Při rozkladu organické hmoty jsou uvolňovány živiny, které jsou poté dostupné rostlinám. Je však zřejmé, že tento systém může fungovat pouze krátkodobě, protože po rozložení organické hmoty uvolňování živin ustává a výnosy začnou klesat. Proto by měla být spolu s vápněním používána další minerální hnojiva sloužící jako zdroj živin. Poklesu obsahu organické hmoty lze pak zabránit aplikací organických

hnojiv, včetně rostlinných zbytků a pěstováním rostlin se strništěm bohatým na organické látky (jetel, vojtěška).

Při zvyšování hodnoty pH půdy by měly být dodržovány 4 základní zásady:

- Prostředek pro zvýšení pH by měl být mírně alkalizující. Cílem je zvýšení hodnoty pH na úroveň blížíci se optimu pro danou půdu (tab.1) a vyhovující většině pěstovaných rostlin.
- Mělo by být dosaženo požadovaného množství kationtů absorbovaných půdním sorpčním komplexem. Z dodaných kationtů by měl převažovat podíl vápenatých a hořečnatých.
- Opaření by mělo mít příznivý efekt na půdní strukturu. Nejpříznivější báze je z tohoto hlediska Ca^{2+} .
- V neposlední řadě by opatření nemělo být příliš nákladné (Kulhánek et al.,2013).

Tab.1: Optimální hodnoty pH minerálních půd (Vaněk et al., 2012)

Půda	Kultura	
	orná půda	trvalé travní porosty
Písčítá	5,5	5,0
Hlinitopísčítá	6,0	5,0
Písčitohlinitá	6,5	5,2
Hlinitá - jíł	7,0	5,5

Dávka vápenatých hnojiv se řídí zjištěnou hodnotou pH půdy a půdním druhem. Doporučené dávky jsou uvedeny v tab.2.

Pokud vychází potřeba vápnění vyšší, než je přípustná maximální dávka, doporučenou dávku rozdělíme a aplikujeme ji během 2-3 let (Vaněk et al., 2007).

Tab.2: Doporučené dávky melioračního vápnění podle pH a půdního druhu (hloubka ornice 20 cm) (Vaněk et al., 2007)

Půda	Dávka Ca (t/ha)							Maximální přípustná Jednorázová dávka vápnění (t Ca/ha ⁻¹)
	pH							
	do 4,5	5,0	5,5	5,8	6	6,3	6,7	
Písčítá	1,0	0,5	-	-	-	-	-	0,7
Hlinitopísčítá	2,5	1,5	1,0	0,5	-	-	-	1,1
Písčitohlinitá	4,5	2,7	2,0	1,5	1,0	0,5	-	1,4
Hlinitá	5,0	3,5	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	2,1
Jílovitohlinitá-jíl	6,5	4,2	3,3	2,5	2,0	1,5	0,9	2,5

Vápnění kyselé orné půdy se provádí obzvláště k plodinám, jež jsou náročné na vápník (cukrovka, vojtěška, fazol, zelí, cibule, česnek a jiné), anebo k plodinám dobře reagujícím na vápnění (ječmen, slunečnice). Vápnění neprovádíme k acidofilním plodinám (brambory, len, jahodník), anebo plodinám nesnášejícím vápnění (okurky, rajčata, celer). Travní porosty se většinou nevápní (Šarapatka et al., 2002).

Vápnit je nejvhodnější v pozdním létě a na podzim, kdy vápníme před podmítkou nebo před podzimní hlubokou orbou, aby došlo k dobrému promísení vápenatých hnojiv s půdou (Ivanič, 1984).

Nejvhodnější doba aplikace by měla zahrnovat 2 části – rok a roční období. Rok aplikace je v některých systémech dán dobou, kdy hodnota pH klesne pod určitý vyhovující limit dané půdní kategorie. Pouze toto kritérium stačí při pěstování monokultury. V případě rotace plodin je vhodné aplikovat vápenec přibližně rok před plodinou, která vápnění nejvíce vyžaduje (Troeh, 2005).

Roční období vhodné k vápnění je často více kritické, než rok aplikace, a to z důvodu těžké techniky, která vápenec aplikuje. Tyto stroje mohou vážně poškodit půdu. Nejčastěji jsou vápenaté hmoty aplikovány na strniště, a poté zapraveny podmítkou a případně následnou orbou. Další možnost vápnění je v období, kdy je půda relativně suchá nebo zmrzlá. Období, kdy je půda zmrzlá, je vápnění vhodné pouze na rovinném terénu, a když nehrozí odplavení erozí při jarním tání. Aplikovaný vápenec se pohybuje půdním profilem velmi pomalu, a proto

by měl být zapraven do půdy nejlépe rotačním náčiním nebo orbou (Vaněk et al., 2012).

Vápnění půd je nezbytné opatření sloužící ke zvýšení úrodnosti většiny půd, a to jak těch, u kterých výměnné pH nedosahuje optimálních hodnot (meliorační vápnění), tak i půd, které těchto hodnot dosáhly, avšak přírodní i civilizační vlivy hodnotu pH neustále snižují (udržovací vápnění). Nevápní se pouze karbonátové půdy, u kterých je přirozený obsah uhličitánů (CaCO_3 a MgCO_3) vyšší než 0,3 % a půdy, jejichž hodnota pH výrazně převyšuje optimální rozmezí (hodnotu) půdní reakce (Vaněk et al., 1991).

Na druhou stranu nadbytečné převápňování půd může mít nepříznivý vliv na příjem většiny živin, zejména fosforu a stopových prvků, vyjma molybdenu. Vlivem převápňování dochází také ke zvýšené fixaci hořčíku v uhličitanech a jeho horšímu zpětnému uvolňování do půdního roztoku. Rovněž se nadměrně zesiluje biologická mineralizace půdní organické hmoty. Dalším negativem převápňování je vylučování stabilních humusových složek organické hmoty z účasti na sorpci živin – kationtů (Matula, 2007).

3.2.4. Faktory ovlivňující potřebu vápnění

Půdní pH a tím i potřeba vápnění, závisí zejména na těchto faktorech: matečné hornině, stupni vývoje a zrnitostním složení půdy, kationtové výměnné kapacitě, ročním období, pěstovaných rostlinách, použité agrotechnice, včetně hnojení, hloubce odběru vzorku a použitým způsobu extrakce.

Kationtová výměnná kapacita je základním stavebním kamenem pufrčních mechanismů v půdě. Většina výměnných kationtů je zpravidla bazických (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) a jen menší část působících (H^+ , Al^{3+}). Oba typy těchto kationtů však mění pH jen v případě, že se právě vyskytují v půdním roztoku. Většina půd má více než 100x větší množství kationtů adsorbovaných na micelách v poměru s těmi, co se právě vyskytují v půdním roztoku. Při stanovení pH je měřen pouze podíl aktivních H^+ iontů, v půdě však probíhá neustálá výměna iontů mezi půdním roztokem a půdním sorpčním komplexem.

Po přidání kyselého působící látky do půdního roztoku zde zbyde jen malý podíl vodíkových iontů. Zbytek těchto iontů se vymění s bázemi vázanými fyzikálně chemickou sorpcí. K opačné reakci dochází, když je do roztoku přidána zásada: výměnně sorbované vodíkové ionty jsou nahrazeny bazickými a přesouvají se do půdního roztoku, kde reagují s OH^- ionty a tvoří vodu. Z tohoto důvodu se pH po přidání kyseliny nebo zásady mění jen mírně. Dále je zde ještě rozdíl

v procentickém zastoupení kationtových výměnných míst obsazených H^+ ionty nebo bázemi. Například, zatímco kaolinit má při 60% stupni nasycení pH pouze 5. Částečně to lze vysvětlit vysokým počtem iontů mnoha druhů vyskytujících se v přítomnosti materiálů s vysokou sorpční kapacitou. Jsou zde rovněž rozdíly v tom, jak snadno H^+ ionty unikají nebo ionizují z různých koloidů. Z huminových kyselin ionizuje větší množství H^+ iontů než z kaolinitu (Troeh, 2005).

3.2.5. Používaná hnojiva

Vápník v hnojivech může být v různých sloučeninách, které podmiňují jejich působení v půdě. Většinou jsou vápenatá hnojiva chápána jako sloučeniny sloužící k úpravě aciditních podmínek a k sycení koloidů bazickými kationty. Jsou však i zdrojem vápníku jako živiny pro rostliny. Podle účinných sloučenin jsou vápenatá hnojiva:

- Oxidová, kde účinnou složkou je oxid vápenatý (CaO), patří sem pálené vápno a též vápenatý hydrát $Ca(OH)_2$,
- uhličitanová, s účinnou složkou $CaCO_3$, případně směsi $CaCO_3 + MgCO_3$, tedy vápence, dolomitické vápence a dolomity,
- křemičitanová, kde je vápník vázán na kyselinu tetrahydrogenkřemičitou jako Ca_2SiO_4 , a je součástí různých odpadních látek, hlavně strusek,
- síranová – síran vápenatý, nepůsobí alkalizačně, je zdrojem Ca a S.

První tři skupiny hnojiv mají výrazný alkalizační vliv. Využívají se k úpravě pH půd. Zatímco síran vápenatý neovlivňuje pH půdy a používá se jako zdroj Ca a S, ale také jako hnojivo k odstraňování Na ze zasolených půd.

Také další vápenaté sloučeniny mohou být zdrojem Ca pro rostliny. Je to ledek vápenatý a chlorid vápenatý (Lovo CaN, Kalcifert N), které se využívají i k mimokořenové aplikaci (Vaněk et al., 2012).

3.2.6. Vliv hnojiv na pH prostředí

Většina běžně používaných minerálních hnojiv zvyšuje potřebu vápnění. Jedním z příkladů jsou hnojiva s amonnou formou dusíku. Samotný amoniak je zásaditý, avšak v půdě dochází jeho oxidací k přeměně na kyselinu dusičnou, která hodnotu pH snižuje. Podobné je to s organickou formou dusíku v močovíně, kde se amidická forma N nejdříve přeměňuje na alkalicky působící amonnou formu, která se však dále mění na kyselou působící nitrátovou formu. Proto je nutné brát ohled nejen na aktuální, ale rovněž na fyziologické působení hnojiv. V tab. 3 jsou uvedeny ekvivalenty kyselosti a zásaditosti minerálních hnojiv. Z tabulky je zřejmé, že z uvedených hnojiv působí alkalicky pouze dusíkaté vápno a ledek vápenatý. Nejvíce okyselujícím hnojivem je naopak síran amonný (SA) (Kulhánek et al., 2013).

Tab. 3: Ekvivalenty kyselosti (-) a zásaditosti (+) hnojiv (Vaněk et al. 2012)

Hnojivo	Ekvivalenty v kg na 100 kg hnojiva		Na 1 kg N připadá kg Ca
	CaO	CaCO ₃	
Dusíkaté vápno	45	112	2,1
Ledek vápenatý	9	+ 22	0,6
NPK (12-19-19)	-9	-22	-0,7
LAV (27)	-11	- 27	-0,4
Dam-390	-21	- 52	-0,7
Amofos	-25	-62	-2
Močovina	-33	- 82	-0,7
DASA (26-135)	-34	-85	-1,3
Síran amonný	-45	-112	-2,1

Hnojiva jsou převážně technické anorganické soli, jež ve vodném prostředí disociují, případně hydrolyzují, ovlivňují tak pH prostředí. Mohou působit neutrálně, alkalicky i kyselou podle složek, které je tvoří. Takto působí účinné složky hnojiva i ostatní sloučeniny přítomné v

hnojivu. Dusíkaté vápno např. působí silně alkalicky, protože obsahuje kromě účinné složky CaCN_2 ještě CaO . Kromě tohoto aktuálního pH (neutrálně působí soli silných kyselin a zásad, soli slabých kyselin a silných zásad působí alkalicky, a naopak soli silných kyselin a slabých zásad působí kyselé) zasahuje do pH prostředí i výměna iontů při příjmu živin, a také výdej látek rostlinami do prostředí. Výsledný vliv hnojiv na pH prostředí je součet aktuálního působení i fyziologického vlivu, což se však obtížně hodnotí. U některých hnojiv dochází k postupným přeměnám účinných složek a může nastat změna pH v různých směrech. Močovina sama např. neovlivňuje pH prostředí. Musí se tedy brát výsledné působení, které je i u močoviny kyselé. Podobně je tomu např. při příjmu aniontu NO_3^- , který ve fázi výměny iontů působí mírně alkalicky, ale v důsledku jeho využití v rostlině (redukce na NH_3) se produkuje velké množství organických kyselin (H^+ iontů), které působí okyselení prostředí (Vaněk et al., 2012).

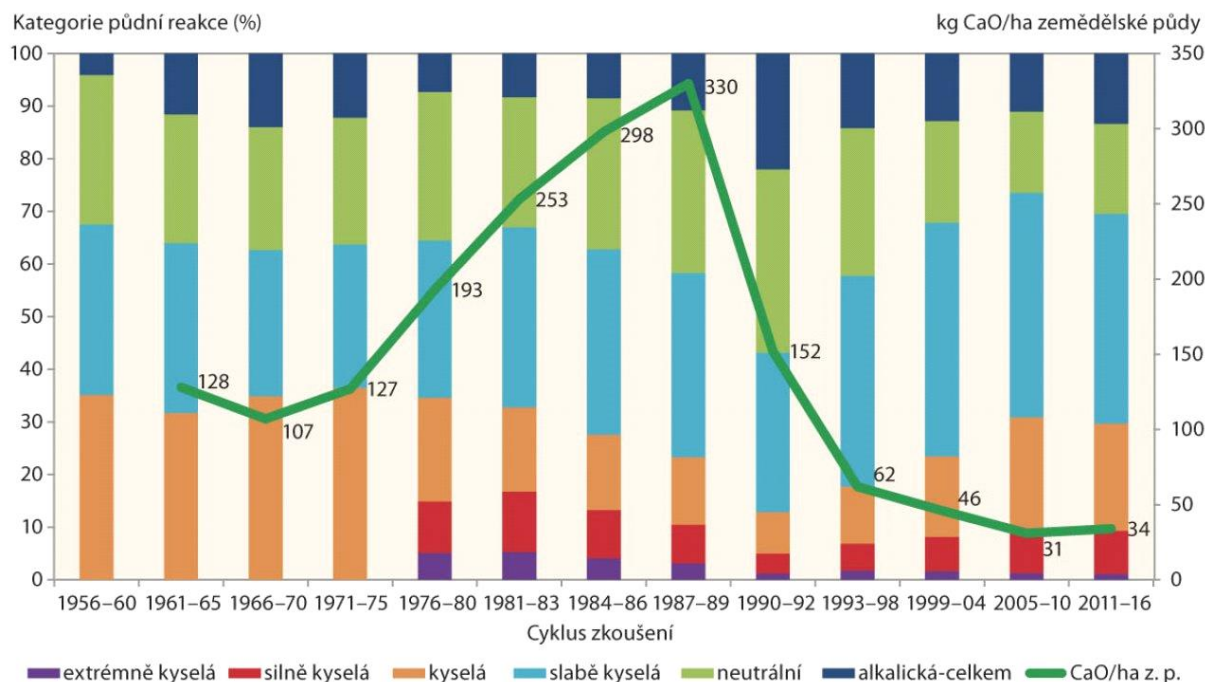
Sluijsmans (1970) navrhl vyjadřovat a počítat tzv. ekvivalent kyselosti či alkality hnojiva. Předpokládá se, že kationty obsažené v hnojivu působí alkalicky, a naopak anionty působí okyselení. Pouze u dusíku se počítá, že výsledně působí vždy kyselé bez ohledu na formu dusíku (bere se však do výpočtu jen polovina hodnoty – jeho 50 % využití, přičemž je rozdílný výpočet pro ornou půdu a travní porost).

Ekvivalent kyselosti se vyjadřuje v množství Ca (původně CaO), které je zapotřebí k eliminaci vznikající kyselosti, resp. kolik alkalicky působícího Ca poskytuje, a to na 100 kg hnojiva, případně na 1 kg N (Vaněk et al., 2012).

3.3. Zhodnocení vývoje pH půdy na zemědělské půdě ČR

Půdní reakce se v orných půdách pohybuje od 5,9 do 6,8 pH. Vývoj výměnné půdní reakce nemá již tak negativní trend, jako tomu bylo mezi lety 1995–2005, který vedl k prudkému okyselování zemědělské půdy. Průměrná hodnota pH v odběrovém cyklu 2011–2016 na orných půdách je 6,2. Přičemž součet podílů silně kyselých a kyselých půd je 26,11 % (graf 1). Největší podíl kyselých orných půd se nachází v kraji Karlovarském (55,4 %), následuje kraj Vysočina (48,3 %) a kraj Jihočeský (44,5 %).

Graf 1: Změny obsahu výměnné půdní reakce na z. p. a spotřeba vápenatých hnojiv (Smatanová, 2017)



3.3.1. Přístupný vápník

Obsah přístupného vápníku v orných půdách ČR se nachází v rozmezí od 1666 do 6021 mg.kg⁻¹, rozdíly mezi kraji, okresy jsou vlivem velké půdní rozmanitosti ČR značné. Mezi jednotlivými kraji existují výrazné diference na úrovni téměř trojnásobku minima (na jedné straně kraj Vysočina 1666 mg.kg⁻¹ a na straně druhé kraj Ústecký 5759 mg.kg⁻¹). Průměrný obsah přístupného vápníku na orné (tab. 4) půdě ČR činí 3051 mg.kg⁻¹. Podíl půd s nízkým obsahem vápníku je 7,77 %, vysoký a velmi vysoký obsah představuje 26,7 %.

Z regionů vykazuje největší podíl ploch s nízkou zásobou kraj Jihočeský (15,99 %) a kraj Vysočina (14,7 %), naopak v Ústeckém kraji je 72,9 % ploch s vysokou a velmi vysokou zásobou přístupného vápníku a v Jihomoravském více než 62 %.

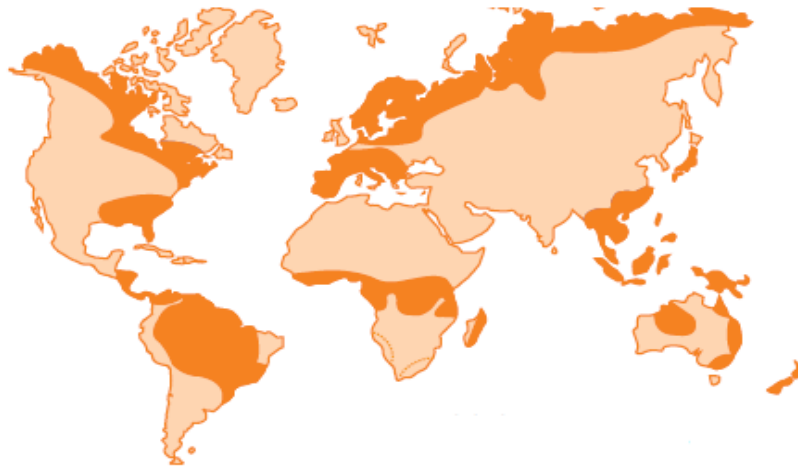
Tab. 4: Hodnocení přístupného vápníku na orné půdě**- zastoupení výměry mezi roky 1981–2016 (Smatanová, 2017)**

Cyklus zkoušení	Zastoupení přístupného Ca dle kritérií hodnocení (%)				
	nízká	vyhovující	dobrá	vysoká	velmi vysoká
1990–1992	3,21	29,11	37,96	17,23	12,49
1993–1998	2,81	29,48	38,09	16,97	12,64
1999–2004	5,33	37,36	31,21	13,94	12,16
2005–2010	6,61	39,43	28,26	13,14	12,53
2011–2016	7,77	39,18	26,33	13,60	13,10

3.3.2. Vývoj pH půdy ve světě

Kyselé půdy se vyskytují hlavně ve dvou globálních pásmech: severním pásu, s chladným, vlhkým klimatem a jižního tropického pásu s teplými a vlhkými podmínkami (Dalovic et al., 2012). Globální distribuce kyselých půd je následující: 40,9 % v Americe, 26,4 % v Asii, 16,7 % v Africe, 9,9 % v Evropě a 6,1 % v Austrálii a na Novém Zélandu. Přibližně 67 % plochy kyselých půd leží pod lesy, 18 % pod savanou a préríjní vegetací, 4,5 % v rámci orné půdy a méně než 1 % celoročně v tropických zemích (Uexkull et. Mutert, 1995). V Kamerunu, kyselé půdy pokrývají 75 % orné půdy (Nwaga et al., 2004), zatímco v Keni to pokrývá pouze 13 % celkové výměry (Kisinyo et al., 2014). V Jižní Africe je 5 milionů ha půdy silně acidifikováno, přičemž přibližně 11 milionů ha je mírně kyselé (Venter et al., 2001). V KwaZulu Natal má 85 % půd pH <5 a přibližně polovina z nich má saturaci kyselinou > 10 % (Roberts et Smeda, 2001). Rozložení kyselých půd ve světě je uveden na obr 5.

Obr 5: Světové rozložení pH půdy (Uexkull et Mutert, 1995)

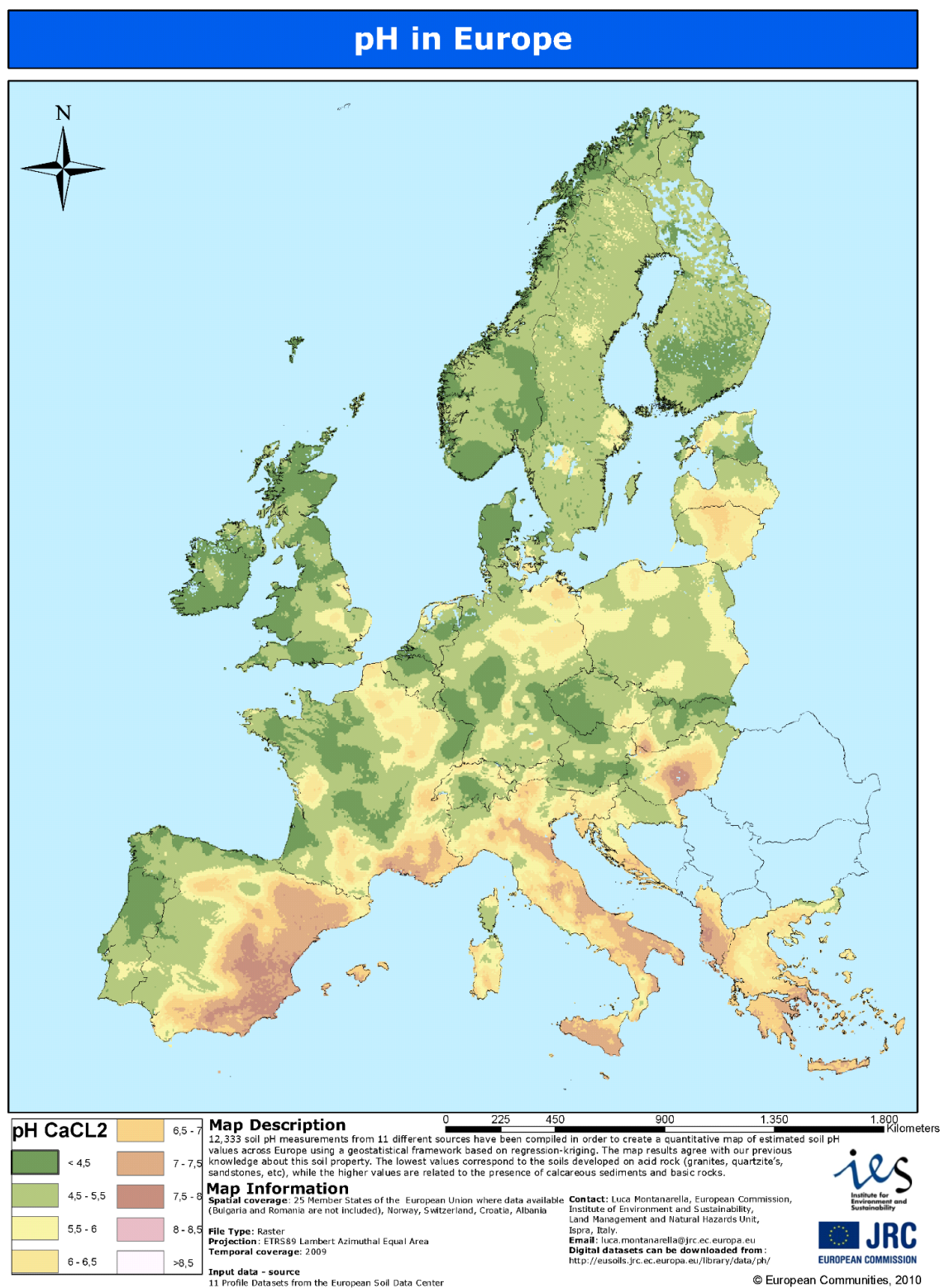


3.3.3. Srovnání Evropa a svět

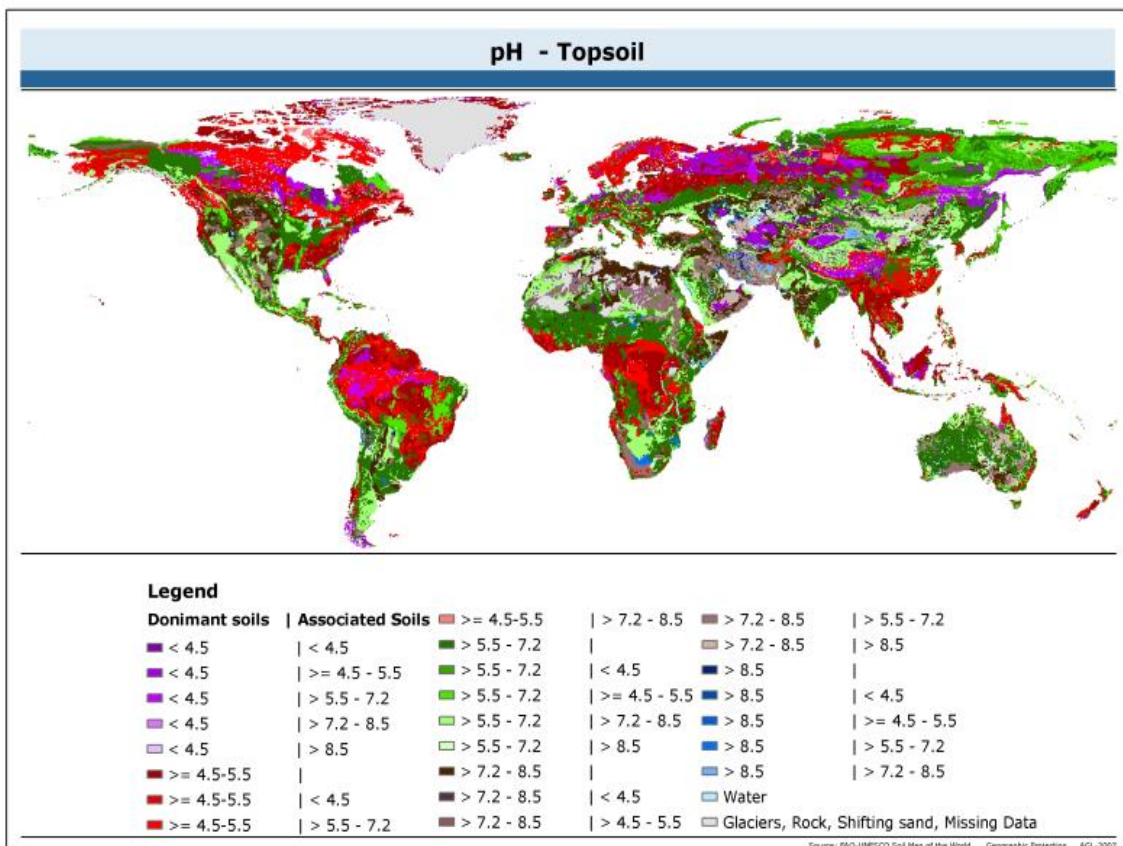
Jak lze předpokládat, následující mapa (obr. 6) ukazuje, že prostorové rozložení pH půdy je vysoce závislé na povaze matečného materiálu. V granitických oblastech lze pozorovat nízké hodnoty pH v celém Hesperickém masivu (v Portugalsku a severu Španělska), v pohoří Vosges, v Pyrenejích a na mělkých půdách ze Skandinávie, které se vyvinuly převážně na kyselých materiálech. Vyšší hodnoty pH ($\text{pH} > 7$) se vyskytují hlavně v sedimentárních oblastech středomořských zemí (Španělsko jižně od Francie, Itálie, Albánie a Řecka) kvůli vápencové podstatě matečného materiálu. Dále lze pozorovat rozdíly v důsledku modelů využívání půdy a klimatických rozdílů ve velkém měřítku (např. Oblast Středomoří versus Skandinávie). Tyto výsledky by mohly být užitečné při vedení dalšího výzkumu, např. proč specifické toky povodí v ČR vykazovaly rozdíly v časových řadách pH v období zvyšující se kyselé depozice (Vesely et al., 2002). Podle výpočtů má 16,7% území hodnoty pH nižší než 4,2 a pouze 1,9% plochy

představuje hodnoty $\text{pH} > 8$. Vyšší odhady pH se nacházejí ve všech evropských zemích, které se nacházejí hlavně v blízkosti velkých měst nebo v suchých oblastech s intenzivním zemědělským areálem (jihovýchodně od Španělska) nebo Deltas. Rozložení hodnot pH ve vztahu k třídám využívání půdy (obr.6) ukázalo, že lesní půdy mají nižší hodnoty pH , zatímco zemědělské a městské oblasti vykazují vyšší střední hodnoty pravděpodobně kvůli vápnění a vlivu rozpouštění cementu v budovách.

Obrázek 6: Odhadované hodnoty pH CaCl₂ pro členské státy EU27 a některé sousední země (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/lucas-2009-topsoil-data>).



Obr. 7: Kyselé půdy ve světě (<http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/acid-soils/en/#c239236>)



4. METODIKA

V zemědělském podniku Měcholupská zemědělská a.s. v okrese Klatovy byly vybrány pozemky sledované v cyklech zkoušení AZZP v roce 2010 a 2018. V roce 2010 hospodařily na 1871,1 ha půdy. Pozemky byly rozděleny na 4 kategorie půdní reakce: silně kyselé-kde byla výměra z celkové orné půdy 45,2 ha, kyselé-732,5 ha, slabě kyselé-1013,8 ha a neutrální 86,6 ha. Ve druhém cyklu v roce 2018 se snížila celková obhospodařovaná výměra na 1770,25 ha. Rozdělení do kategorií půdní reakce bylo následovné: extrémně kyselé-8,69 ha, silně kyselé 67,55 ha, kyselé-573,36 ha a slabě kyselé-1120,65 ha.

V této diplomové práci byly vybrány pouze pozemky, kde se daly srovnávat oba cykly na stejných pozemcích. Je zde hodnocen vývoj pH půdy, vývoj Ca v půdě a % Ca v sorpčním komplexu za sledované cykly 2010 a 2018 na vápněných a nevápněných pozemcích, závislost Ca na obsahu KVK v půdě statisticky vyhodnocené regresní analýzou a závislost intenzity vápnění na změnu pH půdy na 14 pozemcích s různou intenzitou vápnění od 1 po 3 dávky vápnění.

Tab 5: Hodnoty AZZP za sledované období 2010 a 2018

Číslo pozemku	Vápnění (rok)	Druh půdy	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	Výměra (ha)	Půdní reakce	pH (2010)	Ca mg.kg ⁻¹ (2010)	KVK mmol.kg ⁻¹ (2010)	% Ca v SK (2010)	pH (2018)	Ca mg.kg ⁻¹ (2018)	KVK mmol.kg ⁻¹ (2018)	% Ca v SK (2018)
Pozemek 1	2013; 2018	Lehká	3,061	12,66	Silně kyselé	4,8	897	64	74,7	5	877	68	75,3
Pozemek 2	2018	Lehká	2,153	15,45	Slabě kyselé	5,7	1595	98	81,2	5,4	1340	85	78,6
Pozemek 3	2010	Lehká	1,75	38,6	Slabě kyselé	6	1545	97	81,3	5,8	1287	93	82,2
Pozemek 4	2013; 2018	Lehká	3,653	39,72	Slabě kyselé	6,1	1638	101	78,8	6	1418	90	78,6
Pozemek 5	2014	Těžká	1,64	58,72	Kyselé	5,2	1471	94	78,1	5,5	1286	86	77,7
Pozemek 6	2011	Těžká	1,39	33,65	Kyselé	5,3	1287	84	76,5	5	1224	76	79,3
Pozemek 7	2011; 2016	Těžká	3,108	18,55	Slabě kyselé	5,8	1643	99	82,8	5,8	1360	85	79,9
Pozemek 8	2016	Těžká	1,728	22,5	Slabě kyselé	5,6	1473	92	79,9	5,6	1210	76	79,9
Pozemek 9	2011; 2013; 2016	Střední	4,608	62,42	Kyselé	5,4	1299	84	77,2	5,6	1113	73	76,4
Pozemek 10	2011; 2015; 2017	Střední	4,332	31,17	Slabě kyselé	5,7	1456	97	80,8	6,3	1612	104	77,8
Pozemek 11	2011; 2016	Střední	3,118	24,62	Slabě kyselé	5,7	1503	94	80,3	5,9	1316	85	78
Pozemek 12	2013; 2016	Střední	3,228	17,75	Slabě kyselé	5,7	1355	84	80,5	5,8	1200	75	79,6
Pozemek 13	2015	Střední	1,5	94,34	Slabě kyselé	5,6	1561	99	78,7	5,7	1558	97	80,1
Pozemek 14	2016	Střední	1,728	13,67	Slabě kyselé	5,7	1245	82	75,8	5,8	1350	89	76,3
Pozemek 15	x	Střední	0	18,75	Slabě kyselé	5,9	2425	147	80,3	5,1	2620	125	78,8
Pozemek 16	x	Střední	0	20,13	Slabě kyselé	6,3	1820	115	79	6	1650	111	74,4

Dále je zde porovnáván obsah Ca v půdě a změna pH za sledované období AZZP na lehkých, těžkých a středních půdách. V tab.5 je zachyceno všech 16 sledovaných pozemků s různou intenzitou vápnění, rozdělené na druhy půdy a půdní reakce. Jsou zde zprůměrovány všechny hodnoty pozemků.

4.1. Charakteristika půd

Společnost hospodaří ve 24 katastrálních území, s rozmezím nadmořské výšky 398–550 metrů. Půdy jsou převážně středně hluboké až mělké, skeletovité. Převládá kambizem. V hospodářském obvodu podniku se nachází řada rybníků určených k chovu ryb. Obvod protíná několik vodotečí. Některé z nich slouží jako odvodňovací kanály pro odvod vody z melioračních soustav, které jsou vybudovány na zemědělských pozemcích. Z hlediska reliéfu terénu převažují pozemky s mírným svahem, (sklonitost 3 až 7 stupňů se všesměrnou expozicí) podle erozní ohroženosti klasifikované jako erozně neohrožené až mírně erozně ohrožené. Silně erozně ohrožená půda se vyskytuje blocích, které jsou vedeny jako trvalý travní porost. Většina katastrálních území, na kterých společnost hospodaří je řazena do tzv. zranitelných oblastí, a proto je podle Nařízení vlády 117/2014 Sb. povinné v těchto oblastech dodržovat období zákazu hnojení a limity hnojení N k jednotlivým plodinám.

4.2. Skladba plodin a osevní postup

Měcholupská zemědělská, a. s. pěstuje na cca 1850 ha orné půdy cca 900 ha obilovin, 550 ha silážní kukuřice, 230 ha ozimé řepky a 170 ha jednoletých a víceletých píce. Sláma obilovin je používána na krmení a stlaní. Krmná sláma je skladována ve velkokapacitních senících, sláma určená pro stlaní je skladována převážně ve venkovních stozích. Sláma ozimé řepky je v případě dostatečného množství slámy obilovin rozdrvena a zapravena na pozemcích. Společnost vysévá ročně 50 až 150 ha strniskových meziplodin, jejichž hmota je buď sklizena na píci (luskovinoobilné směsky), nebo pokud se jedná o meziplodiny typu směsi hořčice / svazenka je hmota meziplodin zapravena jako zelené hnojení během podzimního hnojení, případně využita jak mulč pro pásové zpracování půdy při pěstování silážní kukuřice.

Společnost dále obhospodařuje 700 ha trvalých travních porostů, které jsou využívány pro sečné, pastevní i kombinované využití. Pozemky, které jsou pravidelně zamokřené, nebo se vyskytují v I. pásmu hygienické ochrany zdrojů vody, nejsou hnojené, ani na těchto pozemcích neprobíhá pastva skotu.

4.3. Harmonogram produkce, spotřeby a zásoby statkových hnojiv

Produkce statkových hnojiv je vzhledem ke způsobu ustájení a technologii chovu rovnoměrná pro celý rok. Spotřeba hnojiv je naopak sezónní, když lze tato hnojiva aplikovat po sklizni nebo na začátku vegetace.

Termíny aplikace chlévského hnoje:

1. polovina února až polovina dubna (v závislosti na průběhu počasí) základní hnojení pod kukuřici
2. polovina července až polovina srpna-základní hnojení pod ozimou řepku
3. začátek října až polovina prosince – základní hnojení pod kukuřici

Termíny aplikace fugátu:

A. orná půda:

- březen až duben – základní hnojení pod kukuřici březen až duben – jarní přihnojení (regenerační nebo produkční) části ploch ozimých obilovin.
- květen – přihnojení části ploch kukuřice – aplikace hadicovým aplikátorem do řádků.
- květen až září-po sklizni jetelotravních porostů.
- srpen – základní hnojení před setím ozimé řepky a mezipločin.
- polovina října až 5. listopadu (KR 6–9), polovina října až 15. listopadu (KR 0–5) – základní hnojení pod jarní obiloviny, směsky a kukuřici.

B. TTP:

1. únor až březen (KR 0–5), březen až duben (KR 6–9).
2. květen až říjen – po sklizni sečí – KR 0–5 do 5. listopadu, KR 6–9 do 15. listopadu.

Bioplynová stanice je v provozu od 29.12.2012.

Výkon je 1,2 MW. Spotřeba substrátů / den je:

24-30 t kukuřičné siláže

8 t senáže

30 t kejdy + močůvky + technologická voda

8 t gps siláže (žito)

2 t pšeničného šrotu

Tab.6: Stav dobytka za rok 2018

Kategorie	Průměrný denní počet ks bez příznaků	Průměrná hmotnost	Přepočtov ý koeficient na DJ	Počet DJ
Telata do 6 měsíců věku včetně	329,17	115	0,23	75,7091
Jalovice starší 6 měsíců až 12 měsíců věku včetně	190,43	265	0,53	100,9279
Jalovice starší 12 měsíců až 24 měsíců věku včetně	324,36	470	0,94	304,8984
Jalovice nad 2 roky	63,47	600	1,2	76,164
Krávy - dojené	523,34	650	1,3	680,342
Krávy BTPM	437,79	650	1,3	569,127
Býk, vůl starší 6 měsíců až 12 měsíců věku včetně	102,9	300	0,6	61,74
Býk, vůl starší 12 měsíců až 24 měsíců věku včetně	101,55	560	1,12	113,736
Býk, vůl starší 2 roky	15,36	800	1,6	24,576
Prasata (bez prasnic)	1233,77	0	0	0
Prasnice	98,32	235	0,47	46,2104

Tab.7: Průměrná roční produkce statkových hnojiv

Průměrná roční produkce statkových hnojiv v t (2018)	
Hnůj skotu	13746
Hnůj prasat	1117
Fugát	29608
Separát	3926

Veškerá kejda, močůvka, hnojůvka z jímek, silážní šťávy a technologické vody jsou spotřebovány v BPS.

4.4. Seznam půdních bloků

V loňském roce 2018 a v roce 2010 bylo na zemědělském podniku Měcholupská zemědělská a.s. Provedeno agrochemické zkoušení půd (dále jen AZZP). Současná podoba AZZP představuje moderní systém sledování parametrů půdní úrodnosti.

Vlastní laboratorní analýzy byly prováděny v regionální laboratoři v Plzni. Laboratoř je zapojena do vnitřního systému řízení jakosti organizovaného Národní referenční laboratoři a je akreditována ČIA (Český institut pro akreditaci). Laboratoř se pravidelně účastní mezilaboratorních porovnávacích zkoušek na národní i mezinárodní úrovni.

Ve sledovaném období 2010 a 2018 bylo hodnoceno 16 půdních bloků o celkové výměře 522,7 ha, přičemž v obou dvou cyklech byly hodnoceny 4 pozemky s lehkou půdou (č. 1, 2, 3,

4), 4 s těžkou půdou (č. 5, 6, 7, 8) a 8 se střední půdou (č. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16).

Statistické zpracování bylo provedeno v programu STATISTICA Cz, verze 12. Byla použita metoda ANOVA (analýza rozptylu) s podrobnějším vyhodnocením Tuckeyho testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Dále regresní analýza doplněna bodovými grafy opět na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Tab. 8: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.1

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						1	12,66	lehká	silně kyselá	2013; 2018	3,06	4,8	921
					3,06	4,8	872	64	74,7	5	1000	68	75

Tab. 9: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.2

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						2	15,45	lehká	slabě kyselá	2018	2,15	5,6	1620
					2,15	5,7	1570	98	81,2	5,4	1330	85	79

Tab. 10: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.3

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						3	38,6	lehká	slabě kyselá	2010	1,75	5,8	1450
					1,75	5,9	1350	97	81,3	5,8	1220	93	82
					1,75	6	1570	97	81,3	5,9	1420	93	82
					1,75	5,8	1280	97	81,3	5,9	1230	93	82
					1,75	6	1860	97	81,3	6	1520	93	82
					1,75	6,3	1760	97	81,3	5,6	1170	93	82

Tab. 11: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.4

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						4	39,72	lehká	slabě kyselá	2013; 2018	3,65	6,5	2300
					3,65	6,2	1680	101	78,8	5,8	1310	90	79
					3,65	6	1760	101	78,8	6,4	1650	90	79
					3,65	5,8	1200	101	78,8	6,2	1540	90	79
					3,65	6	1760	101	78,8	6,4	1650	90	79
					3,65	5,8	1200	101	78,8	6,2	1540	90	79

Tab. 12: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.5

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
5	58,72	těžká	kyselá	2014	1,64	5,2	1260	94	78,1	6	1690	86	78
					1,64	5,1	1370	94	78,1	5,6	1580	86	78
					1,64	5,3	1390	94	78,1	5,4	1070	86	78
					1,64	5,7	1780	94	78,1	5,2	1180	86	78
					1,64	4,9	1470	94	78,1	5,5	1290	86	78
					1,64	5,4	1470	94	78,1	5,5	1180	86	78
					1,64	5,5	1900	94	78,1	5,4	1190	86	78
					1,64	4,7	1130	94	78,1	5,6	1110	86	78

Tab. 13: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.6

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
6	33,65	těžká	kyselá	2011	1,39	5,3	1210	84	76,5	5,1	1660	76	79
					1,39	5,7	1660	84	76,5	4,7	779	76	79
					1,39	5,2	1250	84	76,5	5,3	1280	76	79
					1,39	5	1030	84	76,5	4,9	1180	76	79

Tab. 14: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.7

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						7	33,65	těžká	slabě kyselá	2011; 2016	3,11	5,7	1660
					3,11	5,8	1600	99	82,8	5,9	1350	85	80
					3,11	6	1670	99	82,8	5,8	1430	85	80

Tab. 15: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.8

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						8	22,5	těžká	slabě kyselá	2016	1,73	5,2	1050
					1,73	5,8	1550	92	79,9	5,8	1310	76	80
					1,73	5,7	1820	92	79,9	5,9	1500	76	80

Tab. 16: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.9

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
9	62,42	střední	kyselá	2011,2013,2016	4,61	5,7	1520	84	77,2	6,4	1510	73	76
					4,61	5,5	1460	84	77,2	5,4	1090	73	76
					4,61	5,4	1220	84	77,2	4,9	750	73	76
					4,61	5,6	1470	84	77,2	4,9	779	73	76
					4,61	5,2	1260	84	77,2	6,5	1510	73	76
					4,61	5,1	1050	84	77,2	5,8	1100	73	76
					4,61	5,6	1360	84	77,2	5,2	846	73	76
					4,61	5,1	1150	84	77,2	5,2	1060	73	76
					4,61	5,2	1200	84	77,2	6	1380	73	76

Tab. 17: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.10

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
10	31,17	střední	slabě kyselá	2011; 2015; 2017	4,33	5,7	1450	97	80,8	6,2	1410	104	78
					4,33	5,9	1630	97	80,8	6,4	1550	104	78
					4,33	6	1270	97	80,8	6,5	1810	104	78
					4,33	5,5	1340	97	80,8	6,3	1440	104	78
					4,33	5,6	1590	97	80,8	6,3	1850	104	78

Tab. 18: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.11

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						11	24,62	střední	slabě kyselá	2011,2016	3,12	5,7	1420
					3,12	5,7	1440	94	80,3	6,2	1460	85	78
					3,12	5,8	1650	94	80,3	5,9	1360	85	78

Tab. 19: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.12

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						12	17,75	střední	slabě kyselá	2013; 2016	3,23	5,7	1340
					3,23	5,7	1370	84	80,5	5,6	1100	75	80

Tab. 20: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.13

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	2010				2018				
					Dávka MV (t. ha ⁻¹)				Dávka MV (t. ha ⁻¹)				
					pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	
13	94,34	střední	slabě kyselá	2015	1,5	5,2	1310	99	78,7	6	1620	97	80
					1,5	5,3	1290	99	78,7	5,5	1480	97	80
					1,5	6	2060	99	78,7	5,3	1300	97	80
					1,5	5,8	1930	99	78,7	5,9	1510	97	80
					1,5	5,4	1680	99	78,7	5,7	1660	97	80
					1,5	5,7	1540	99	78,7	5,9	1820	97	80
					1,5	5,2	1120	99	78,7	5,5	1250	97	80
					1,5	5,3	1290	99	78,7	5,5	1300	97	80
					1,5	5,8	1590	99	78,7	5,4	1440	97	80
					1,5	5,5	1420	99	78,7	5,5	1400	97	80
					1,5	5,9	1740	99	78,7	6,4	1960	97	80
					1,5	5,9	1720	99	78,7	5,9	1920	97	80
1,5	5,7	1610	99	78,7	5,6	1590	97	80					

Tab. 21: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.14

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	2010				2018				
					Dávka MV (t. ha ⁻¹)				Dávka MV (t. ha ⁻¹)				
					pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	
14	13,67	střední	slabě kyselá	2016	1,73	5,5	1250	82	75,8	5,6	1230	89	76
					1,73	5,8	1240	82	75,8	5,9	1470	89	76

Tab. 22: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.15

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						15	18,75	střední	slabě kyselá	x	0	5,6	2990
					0	6,1	1860	147	80,3	4,3	2200	125	79

Tab. 23: Seznam půdních bloků, výměry, půdní reakce, dávky a rozborů v letech 2010 a 2018

Pozemek č.16

Číslo pozemku	Výměra (ha)	Druh půdy	Půdní reakce	Vápnění (rok)	Dávka MV (t. ha ⁻¹)	2010				2018			
						pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK	pH	Ca mg.kg ⁻¹	KVK mmol.kg ⁻¹	% Ca v SK
						16	20,13	střední	slabě kyselá	x	0	6,3	1820
					0	6,3	1780	115	79	6	1660	111	74
					0	6,4	1860	115	79	6	1700	111	74

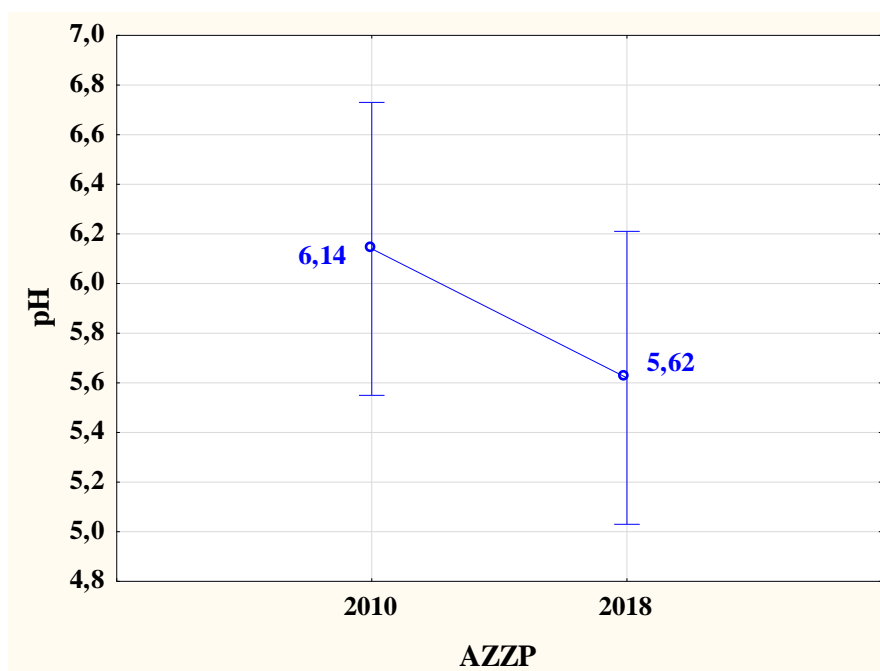
5. VÝSLEDKY

5.1. Vliv vápnění na změnu pH, přístupného Ca v půdě a % Ca v sorpčním komplexu za sledované období

5.1.1. Nevápněné pozemky

U AZZP z roku 2010 byla průměrná hodnota půdní reakce u nevápněných pozemků 6,14. Za sledované období došlo k velmi významnému poklesu. V roce 2018 byla hodnota půdní reakce 5,62. Je to výrazný rozdíl, mohl být ale lepší, neboť variabilita u pozemku č.15 je větší, jsou zde na dvou odběrných místech naměřeny odlišné hodnoty v roce 2010 (5,6 a 6,1). Vycházíme však z průměrných hodnota a jsou hodnoceny pouze 2 pozemky nevápněné mezi roky 2010 a 2018 v zemědělském podniku Měcholupská a.s. Dle kritéria hodnocení pH zůstala hodnota v kategorii slabě kyselé.

Graf 1: Vývoj pH za sledované období AZZP (2010; 2018)

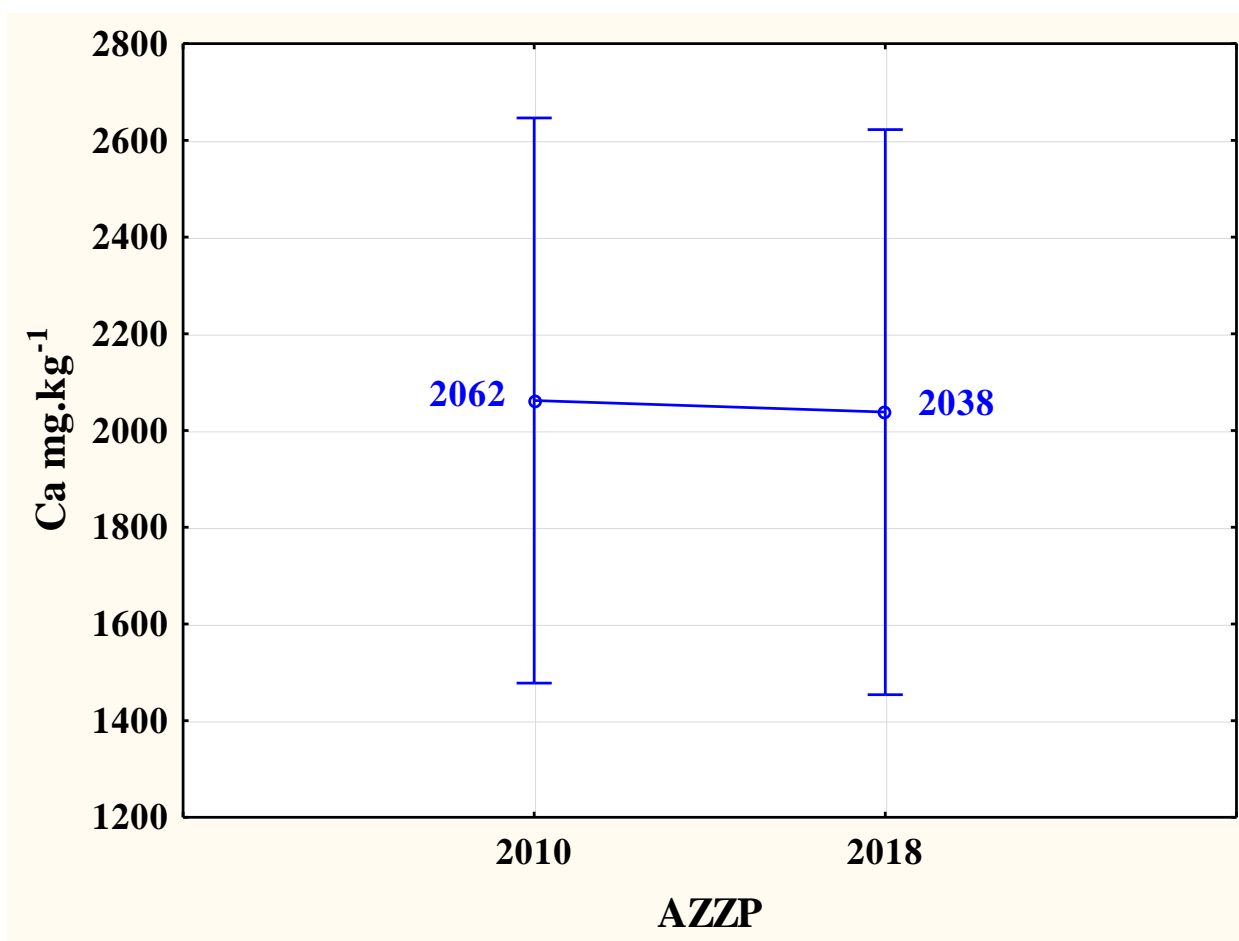


Tab. 24: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná pH Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
	AZZP	pH Průměr	1
2	2018	5,620000	****
1	2010	6,140000	****

U AZZP z roku 2010 byla průměrná hodnota přístupného Ca v půdě u nevápněných pozemků 2062 mg.kg⁻¹. Za sledované období došlo k malému poklesu, ale u pozemku č. 15 je velká variabilita v odebraných vzorcích (3040 a 2200 Ca mg.kg⁻¹) v roce 2018 a také v roce 2010 (2990 a 1860 Ca mg.kg⁻¹). V roce 2018 byla tedy hodnota přístupného Ca v půdě 2038mg.kg⁻¹. Rozdíl mezi roky 2010 a 2018 je tedy opět statisticky méně průkazný. Dle kritéria hodnocení Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii dobrá.

Graf 2: Vývoj obsahu Ca (mg.kg⁻¹) v půdě za sledované období AZZP (2010; 2018)

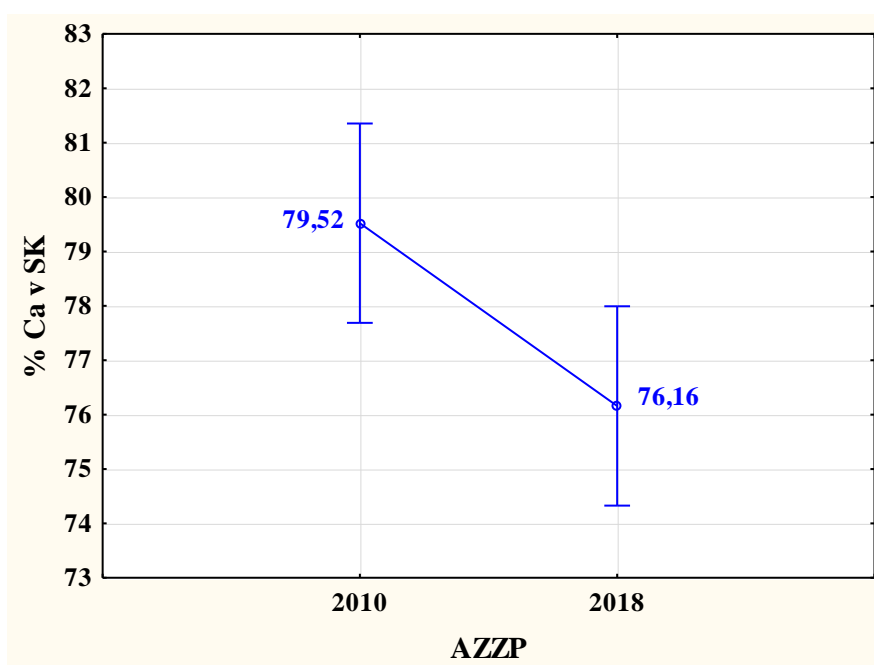


Tab. 25: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná Ca mg.kg ⁻¹ Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Č. buňky	AZZP	Ca mg.kg ⁻¹ Průměr	1
2	2018	2038,000	****
1	2010	2062,000	****

Z grafu vyplívá, že za sledované období došlo k výraznému poklesu % Ca v sorpčním komplexu a to o 3,36 %. Tento rozdíl je již statisticky průkazný (dle Tuckeyho testu; hladina významnosti $\alpha = 0,05$). U těchto sledovaných nevápněných pozemků došlo zároveň i ke snížení KVK z hodnoceného kritéria aktuální sorpční kapacity ze střední, což jsou půdy, jejichž živiny jsou lépe poutány a na některých půdách je možné uplatňovat zásobní hnojení (max. však na 2 roky), na nízkou, a to jsou půdy spíše lehčího charakteru, živiny jsou v sorpčním komplexu slaběji poutány a snadno se vyplavují, doporučuje se zde hnojit častěji v menších dávkách. V roce 2010 byl průměr KVK na nevápněných pozemcích 128 mmol/kg^{-1} , v roce 2018 tedy 117 mmol/kg^{-1} .

Graf 3: Vývoj % Ca v sorpčním komplexu za sledované období AZZP (2010; 2018)



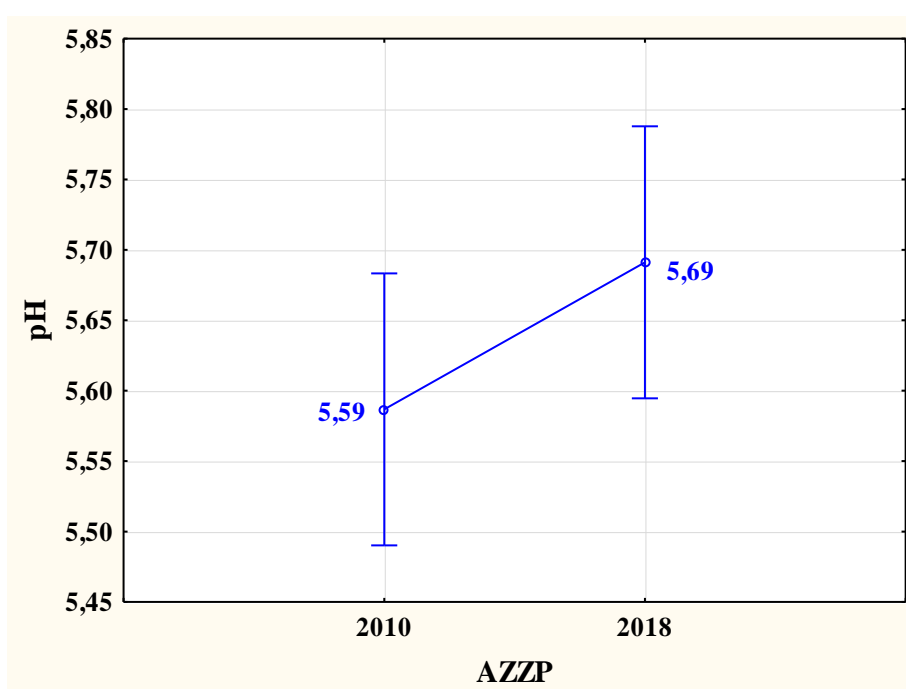
Tab. 26: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná % Ca v SK Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Č. buňky	AZZP	% Ca v SK Průměr	1	2
2	2018	76,16000	****	
1	2010	79,52000		****

5.1.2. Vápněné pozemky

U AZZP z roku 2010 byla průměrná hodnota půdní reakce u vápněných pozemků 5,59. Za sledované období došlo k velmi malému vzestupu, což mohlo být způsobeno vyplavováním bazických iontů, ale také odběrem živin, neboť dle osevního postupu je často seta kukuřice a to 2 až 3krát po sobě (problematika ohroženosti půd erozí). V roce 2018 byla hodnota půdní reakce 5,69. Tento pokles však není statisticky průkazný. Dle kritéria hodnocení pH zůstala hodnota v kategorii slabě kyselé.

Graf 4: Vývoj pH za sledované období AZZP (2010; 2018)

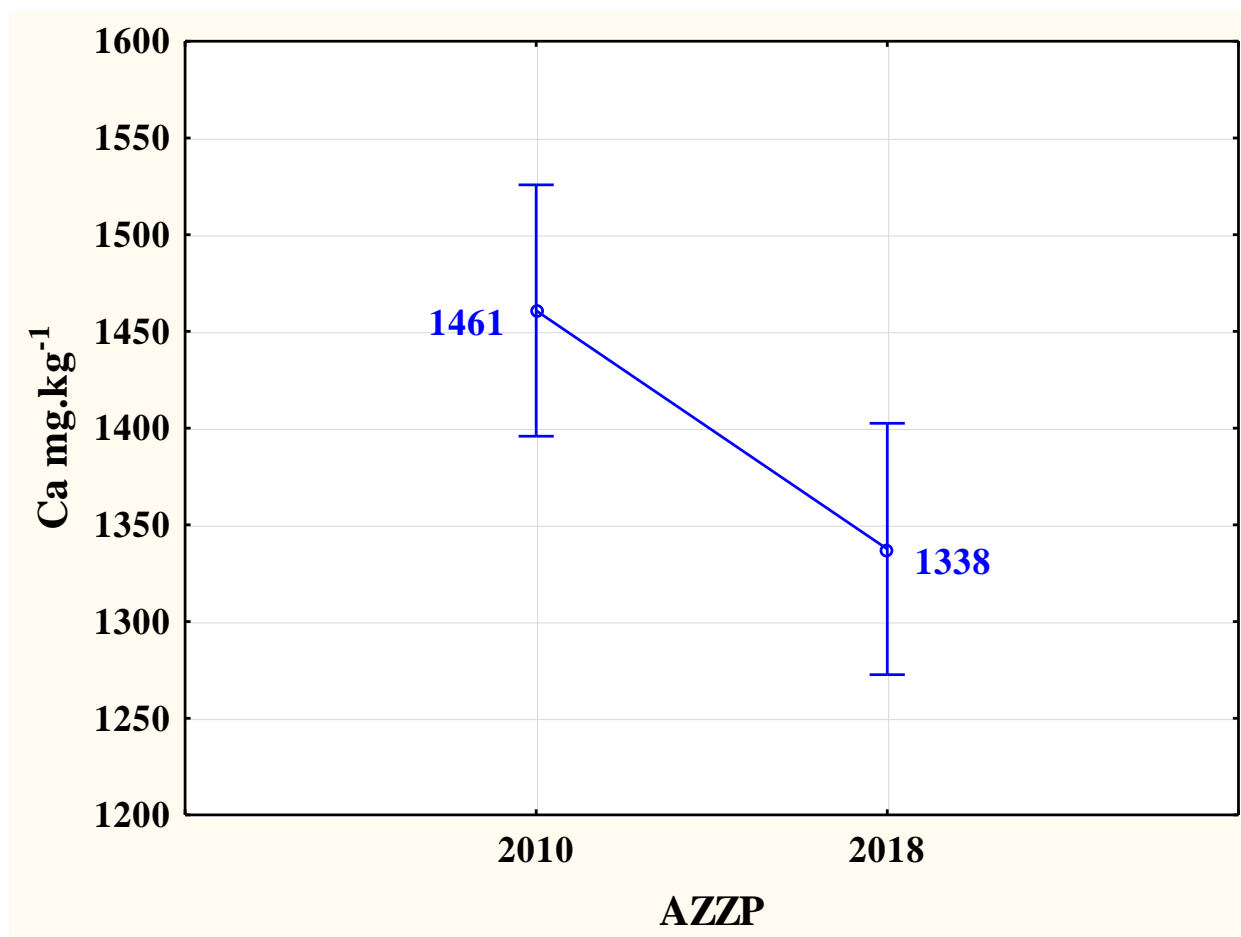


Tab. 27: Podrobnější vyhodnocení dle Tukeyho

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná pH Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
	AZZP	pH Průměr	1
1	2010	5,586765	****
2	2018	5,691176	****

U AZZP z roku 2010 byla průměrná hodnota přístupného Ca v půdě u vápněných pozemků 1461 mg.kg⁻¹. Za sledované období došlo k výraznému poklesu. V roce 2018 byla hodnota přístupného Ca v půdě 1338 mg.kg⁻¹. Tento rozdíl je statisticky průkazný. Dle kritéria hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii vyhovující.

Graf 5: Vývoj Ca (mg.kg⁻¹) v půdě za sledované období AZZP (2010; 2018)

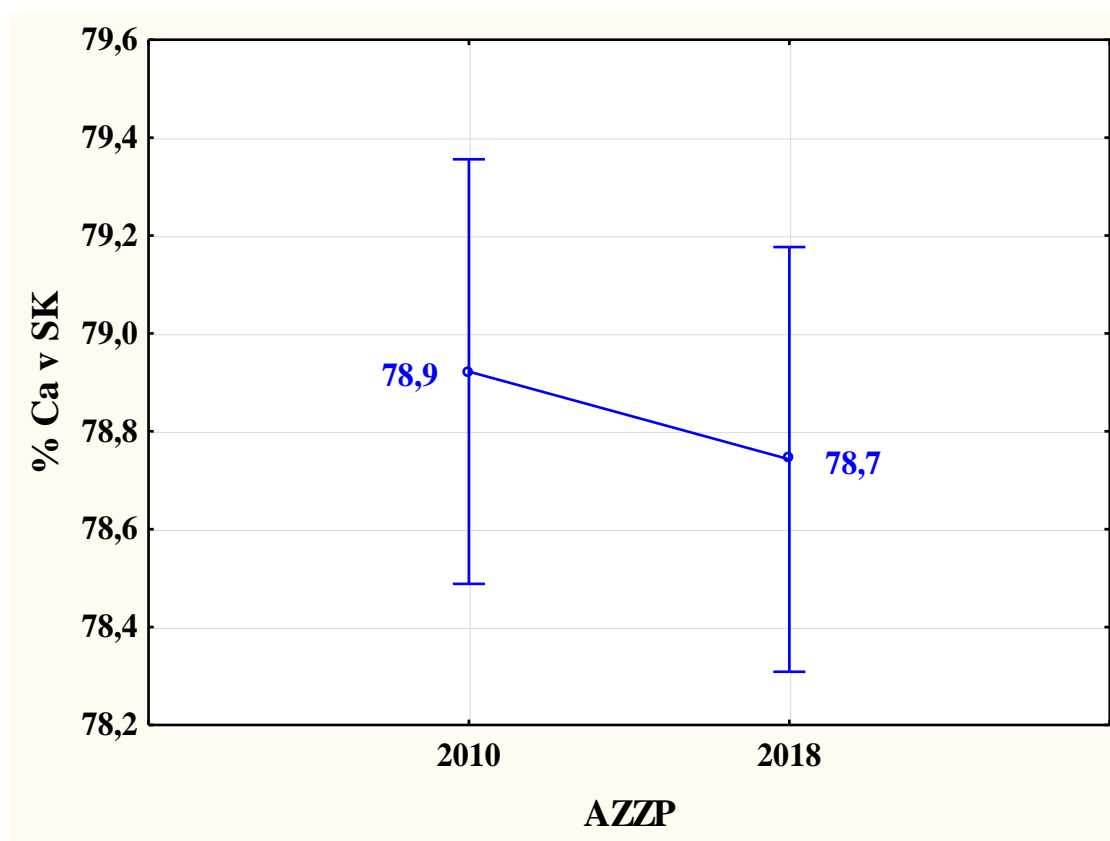


Tab. 28: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná Ca mg.kg ⁻¹ Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Č. buňky	AZZP	Ca mg.kg ⁻¹ Průměr	1	2
2	2018	1337,500	****	
1	2010	1460,779		****

Za sledované období 2010 a 2018 došlo vlivem vápnění k nevýraznému poklesu % Ca v sorpčním komplexu, a to pouze o 0,2 %. Tento rozdíl je statisticky neprůkazný. U těchto sledovaných vápněných pozemků došlo zároveň i ke snížení KVK. Nicméně dle hodnocení zůstává kritérium aktuální sorpční kapacity na nízké úrovni. Jde o půdy spíše lehčího až středního charakteru. Živiny jsou v sorpčním komplexu slaběji poutány a snadno se vyplavují. Doporučuje se zde hnojit častěji, v menších dávkách. V roce 2010 byl průměr KVK na vápněných pozemcích 93 mmol/kg^{-1} , v roce 2018 došlo k poklesu na 87 mmol/kg^{-1} . Jsou zde zahrnuty všechny sledované vápněné pozemky (celkem 14), včetně počtu vápněných let od jednoho vápnění po tři dávky za uplynulé období 2010 až 2018.

Graf 6: Vývoj % Ca v sorpčním komplexu za sledované období AZZP (2010; 2018)



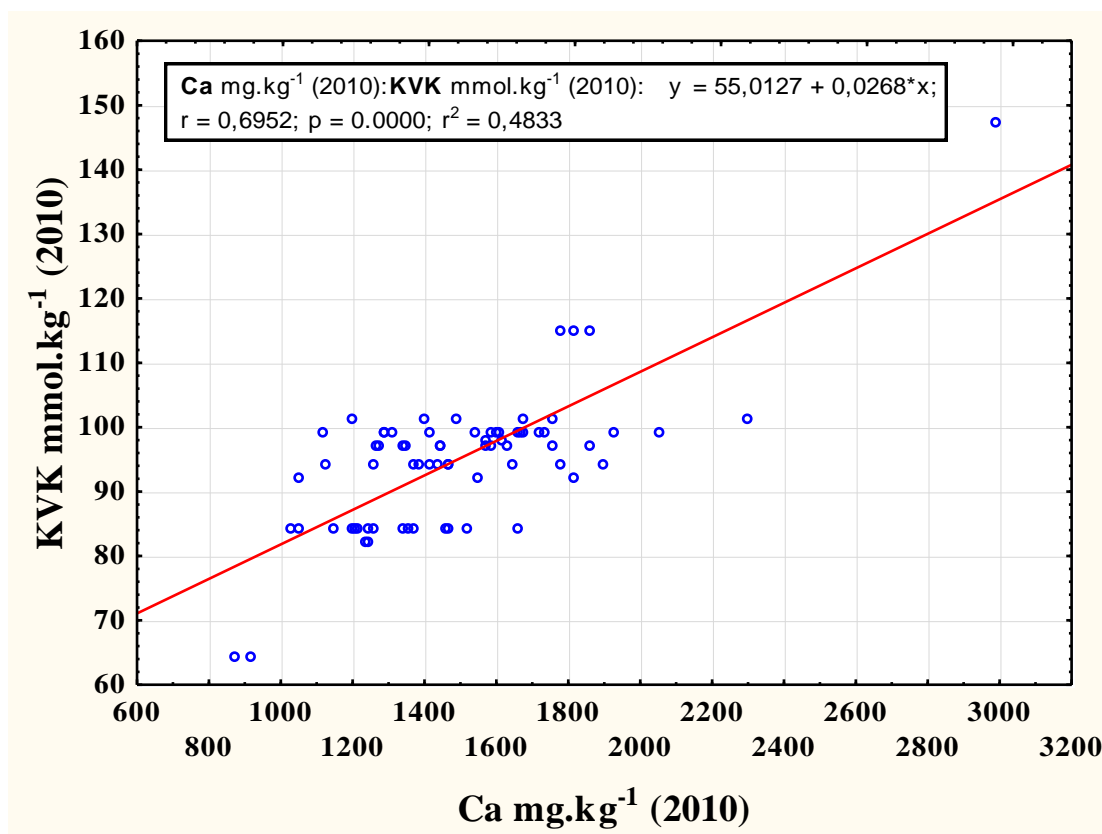
Tab. 29: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná % Ca v SK Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Č. buňky	AZZP	% Ca v SK Průměr	1
2	2018	78,74265	****
1	2010	78,92206	****

Z grafu a také ze zjištěných statistických dat je patrná přímá (pozitivní) závislost závisle proměnné (obsahu přístupného Ca v půdě) na nezávisle proměnnou (KVK). Dle koeficientu korelace ($r = 0,6952$), jde o silnou (velkou) závislost. Koeficient determinace ($r^2 = 0,48$) znamená, že ze 48 % při růstu KVK bude růst také obsah přístupného Ca v půdě.

Průměrná hodnota Ca u sledovaného cyklu v roce 2010 byla naměřena u vápněných pozemků $1443 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$. Minimální hodnota byla $872 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$, maximální pak $2300 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$. U nevápněných pozemků byla průměrná hodnota $2062 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$, minimální $1780 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$ a maximální $2990 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$.

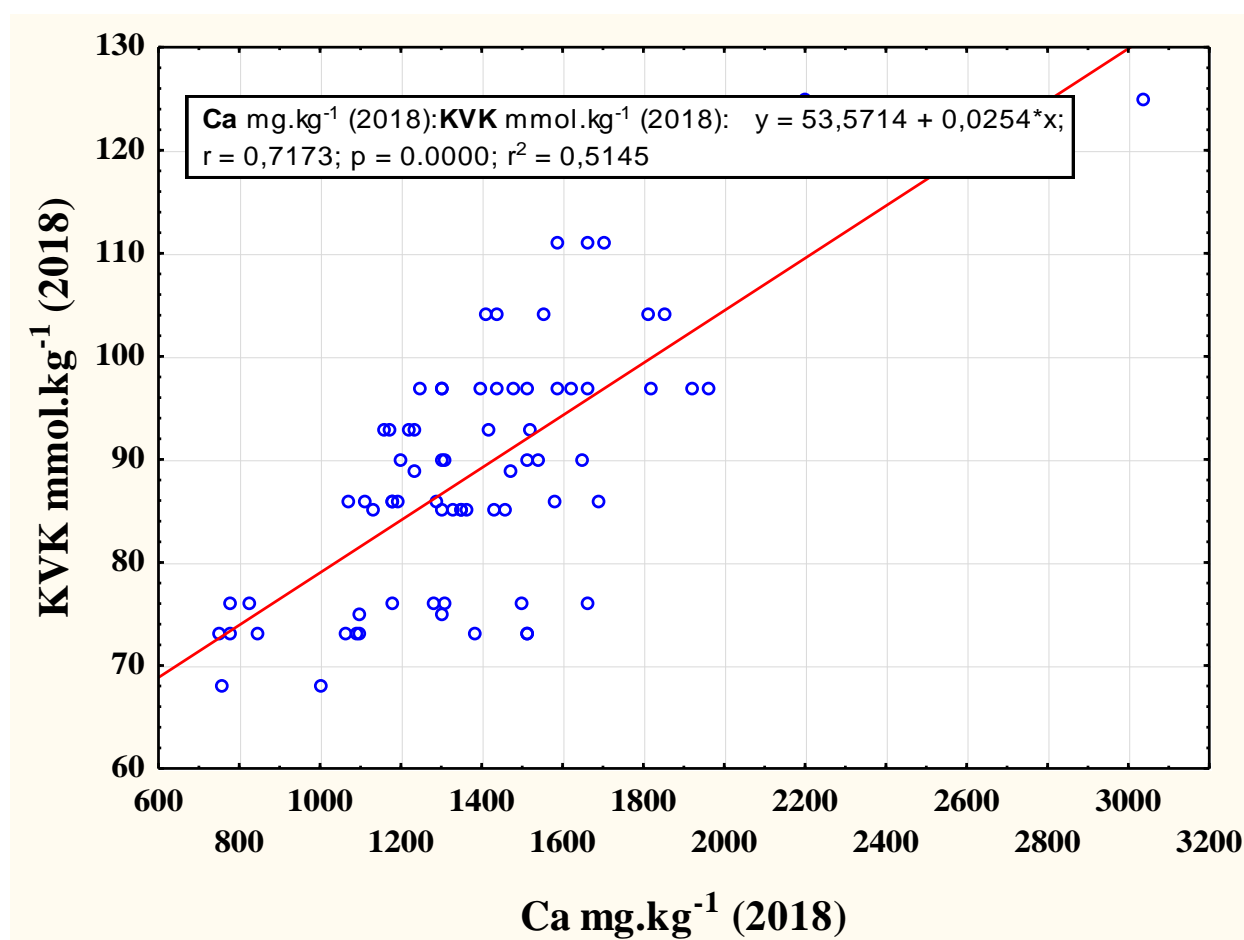
Graf 7: Závislost Ca na KVK v půdě ve sledovaném cyklu AZZP z roku 2010



V roce 2018 se statistické vyhodnocení regresní analýzy příliš od roku 2010 nemění. Závislost mezi proměnnými opět pozitivní s hodnotou korelačního koeficientu ($r = 0,7173$). Opět je zde velmi silná závislost. Koeficient determinace ($r^2 = 0,51$).

Průměrná hodnota Ca u sledovaného cyklu v roce 2018 byla naměřena u vápněných pozemků $1319 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$. Minimální hodnota byla $750 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$, maximální pak $1960 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$. U nevápněných pozemků byla průměrná hodnota $2038 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$, minimální $1590 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$ a maximální $3040 \text{ Ca mg/kg}^{-1}$.

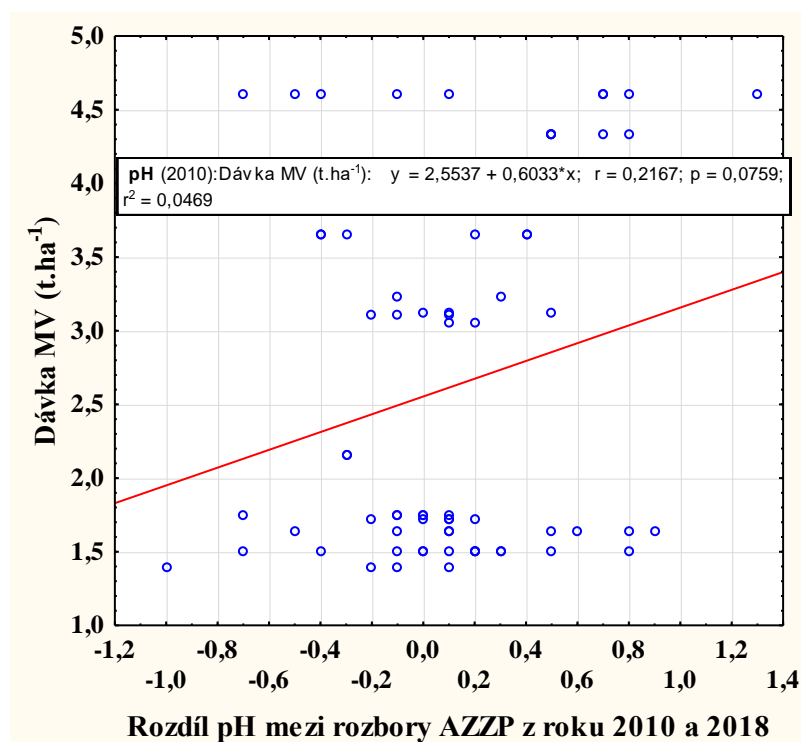
Graf 8: Závislost Ca na KVK v půdě ve sledovaném cyklu AZZP z roku 2018



V této regresní analýze byly vyhodnoceny všechny vápněné pozemky (celkem 14) v závislosti změny pH (na základě rozborů z AZZP) na intenzitě vápnění za uplynulé období 2010 až 2018. Z toho bylo jednou vápněno mezi roky 2010 a 2018 celkem 7 pozemků, kde průměrné pH v roce 2010 bylo 5,5 a v roce 2018 5,58. 2 x vápněno bylo 5 pozemků, kde průměrné pH bylo v roce 2010 5,75 a v roce 2018 5,8. 3 x vápněno bylo na 2 pozemcích a průměrné pH zde bylo v roce 2010 5,5, v roce 2018 pak 5,86. Na většině vápněných pozemcích došlo k mírnému zvýšení pH. K největšímu nárůstu došlo na 3 x vápněném pozemku o 1,3.

Ze statistických dat regresní analýzy opět můžeme označit vztah proměnných za pozitivní. Jde o střední závislost s kladným koeficientem korelace ($r = 0,2167$). Koeficient determinace ($r^2 = 0,0469$). Závislost je pozitivní, na střední úrovni. Intenzitou vápnění dochází u r a r^2 k logickému nárůstu a tím také vzestupu síly závislosti mezi oběma proměnnými.

Graf 9: Závislost intenzity vápnění na změnu pH v půdě z rozborů AZZP (2010 a 2018)

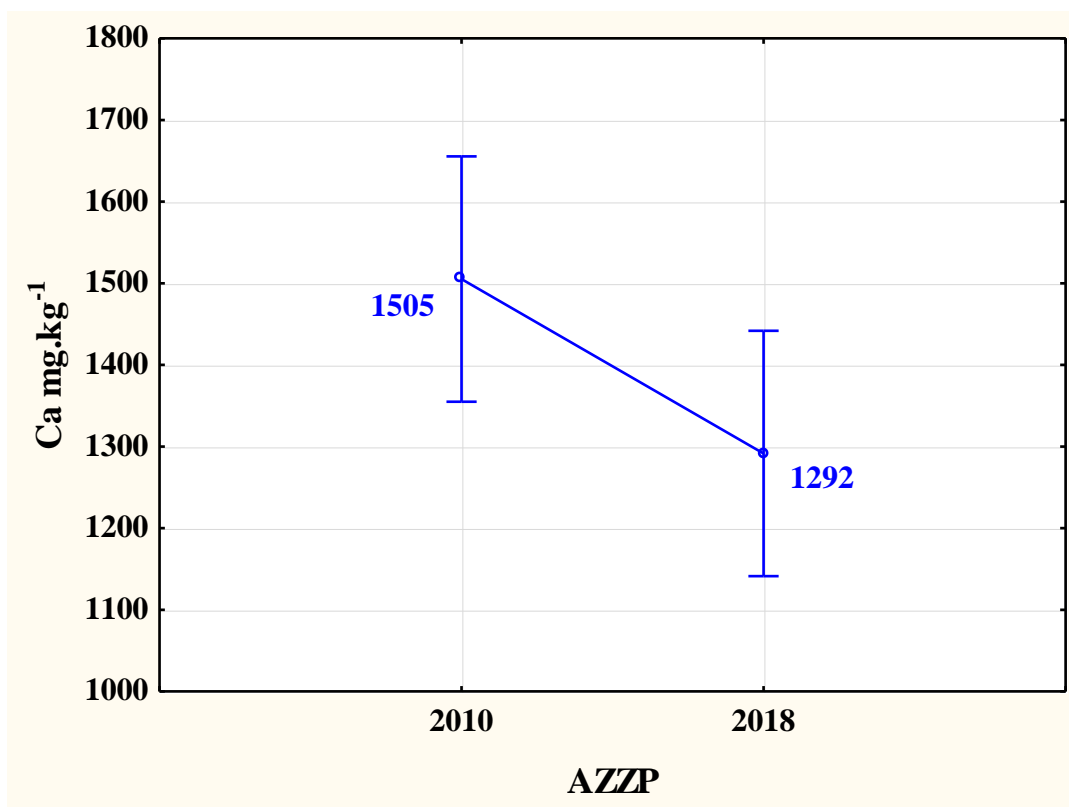


5.2. Vliv druhu půdy na obsah přístupného Ca v půdě a změnu pH za sledované období

5.2.1. Lehké půdy

U AZZP z roku 2010 byl hodnocen obsah přístupného Ca v půdě na 4 pozemcích s lehkou půdou. Průměrná hodnota přístupného Ca v půdě byla 1505 mg.kg^{-1} . Za sledované období došlo k velkému poklesu. V roce 2018 klesla hodnota přístupného Ca v půdě až na 1292 mg.kg^{-1} . Tento velký rozdíl je statisticky průkazný. Dle kritéria hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii vyhovující.

Graf. 10: Změna obsahu přístupného Ca v půdě mezi cykly AZZP (2010; 2018)

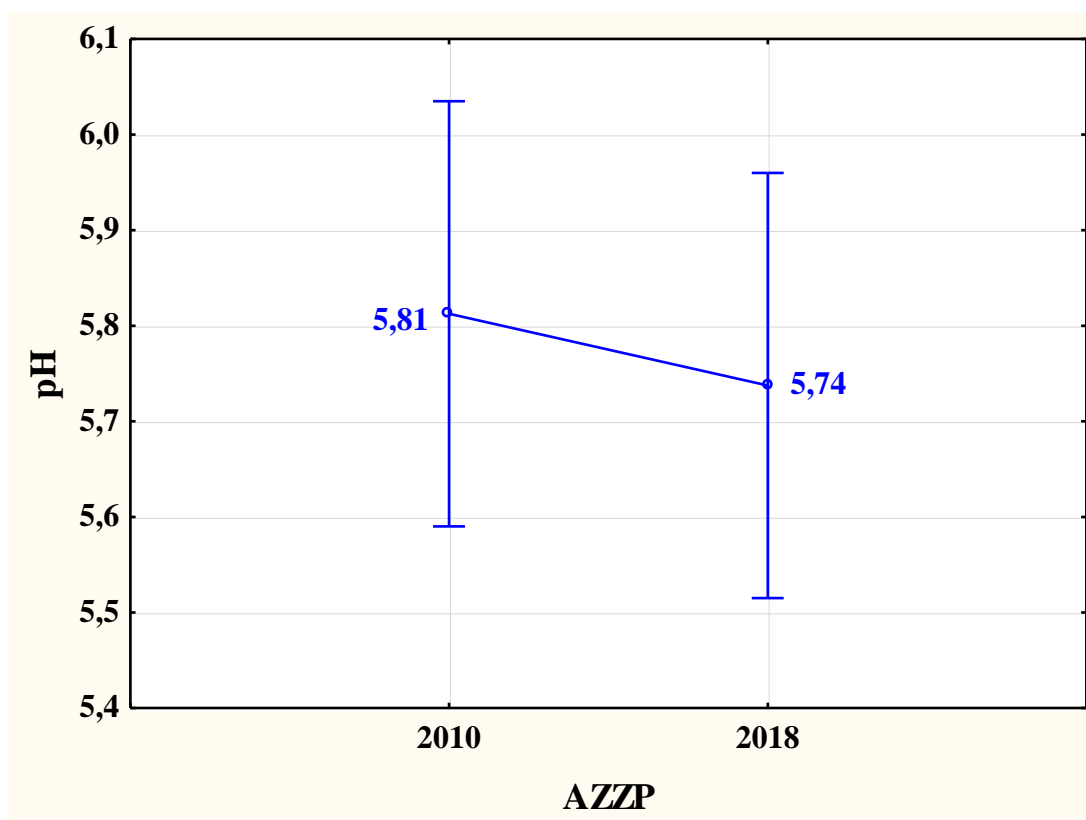


Tab. 30: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná Ca mg.kg ⁻¹ Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Č. buňky	AZZP	Ca mg.kg ⁻¹ Průměr	1	2
2	2018	1291,500	****	
1	2010	1505,188		****

U AZZP z let 2010 a 2018 bylo sledováno pH v půdě na 4 pozemcích s lehkou půdou. Průměrná hodnota pH byla naměřena 5,81. Za sledované období došlo k mírnému poklesu. V roce 2018 klesla hodnota pH na 5,74. Tento pokles není statisticky průkazný. Dle kritéria hodnocení půdní reakce zůstala hodnota v kategorii slabě kyselá.

Graf 11: Změna pH půdy mezi cykly AZZP (2010; 2018)



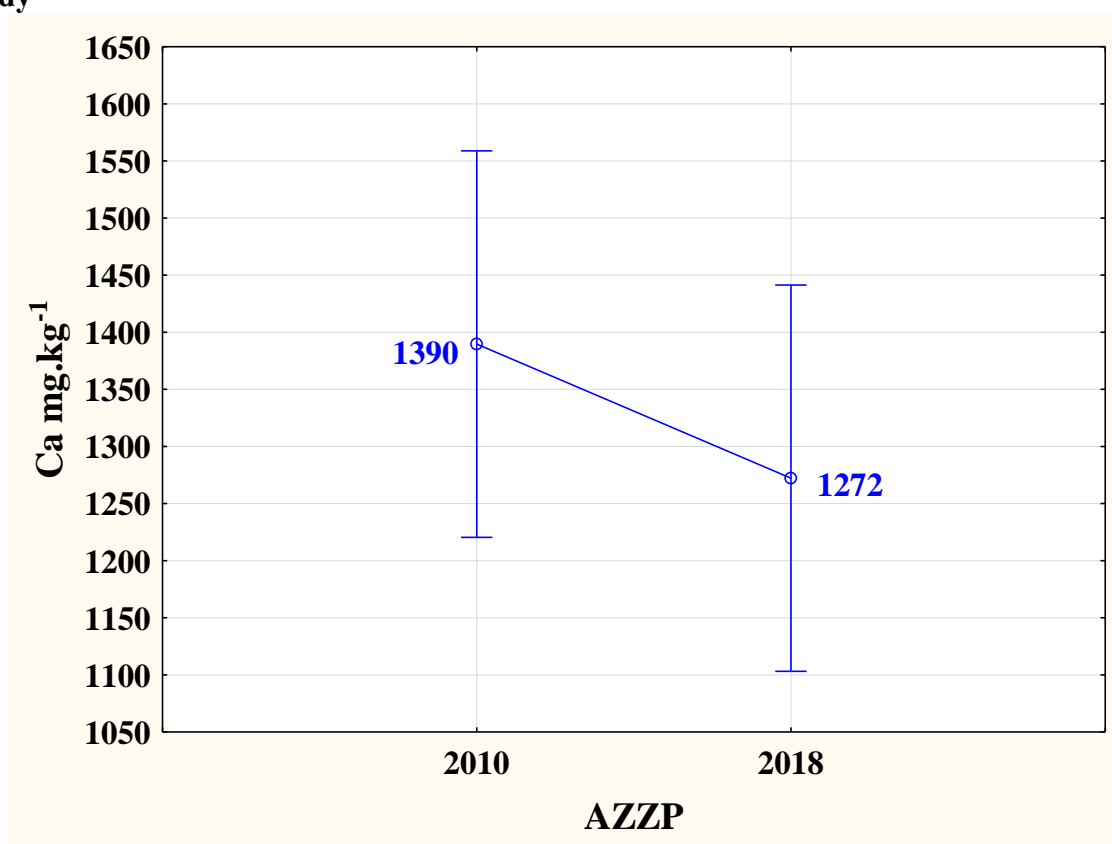
Tab. 31: Podrobnější vyhodnocení dle Tukeyho

Tukeyův HSD test; proměnná pH Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Č. buňky	AZZP	pH Průměr	1
2	2018	5,737500	****
1	2010	5,812500	****

5.2.2. Těžké půdy

U AZZP z let 2010 a 2018 byl hodnocen obsah přístupného Ca v půdě na 4 pozemcích s těžkou půdou. Průměrná hodnota přístupného Ca v půdě byla 1390 mg.kg^{-1} . Za sledované období došlo k mírnému poklesu. V roce 2018 klesla hodnota přístupného Ca v půdě až na 1272 mg.kg^{-1} . Tento pokles je statisticky neprůkazný. Dle kritéria hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii s nízkým obsahem vápníku.

Graf 12: Změna obsahu přístupného Ca v půdě mezi cykly AZZP (2010; 2018) – těžké půdy

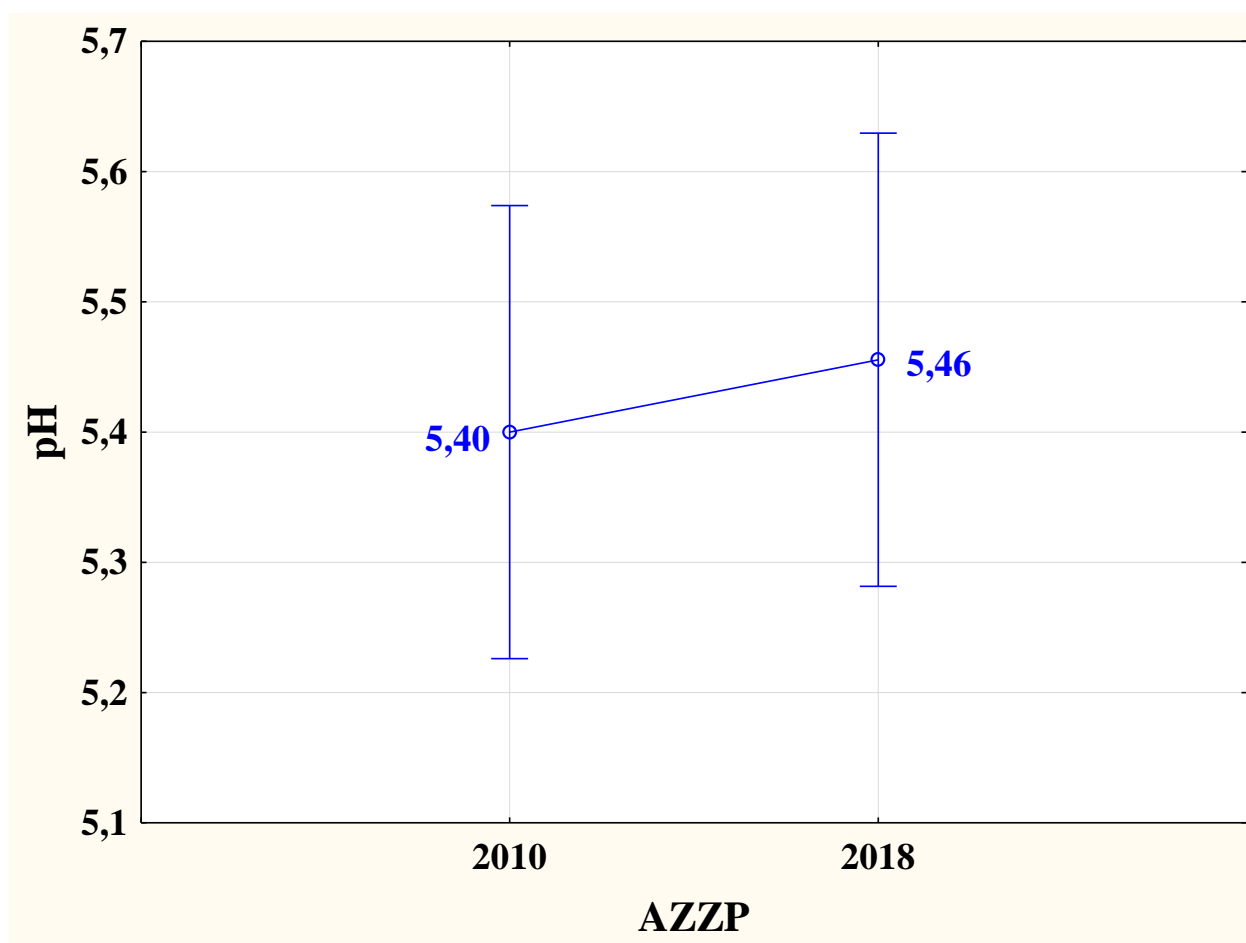


Tab. 32: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná Ca mg.kg ⁻¹ Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Č. buňky	AZZP	Ca mg.kg ⁻¹ Průměr	1
2	2018	1272,278	****
1	2010	1389,667	****

U AZZP z let 2010 a 2018 bylo sledováno pH v půdě na 4 pozemcích s těžkou půdou. Průměrná hodnota pH byla naměřena 5,4. Za sledované období došlo k mírnému nárůstu. V roce 2018 stoupla hodnota pH na 5,46. Tento pokles však není statisticky průkazný. Dle kritéria hodnocení půdní reakce zůstala hodnota v kategorii kyselá.

Graf 13: Změna pH půdy mezi cykly AZZP (2010; 2018) – těžké půdy



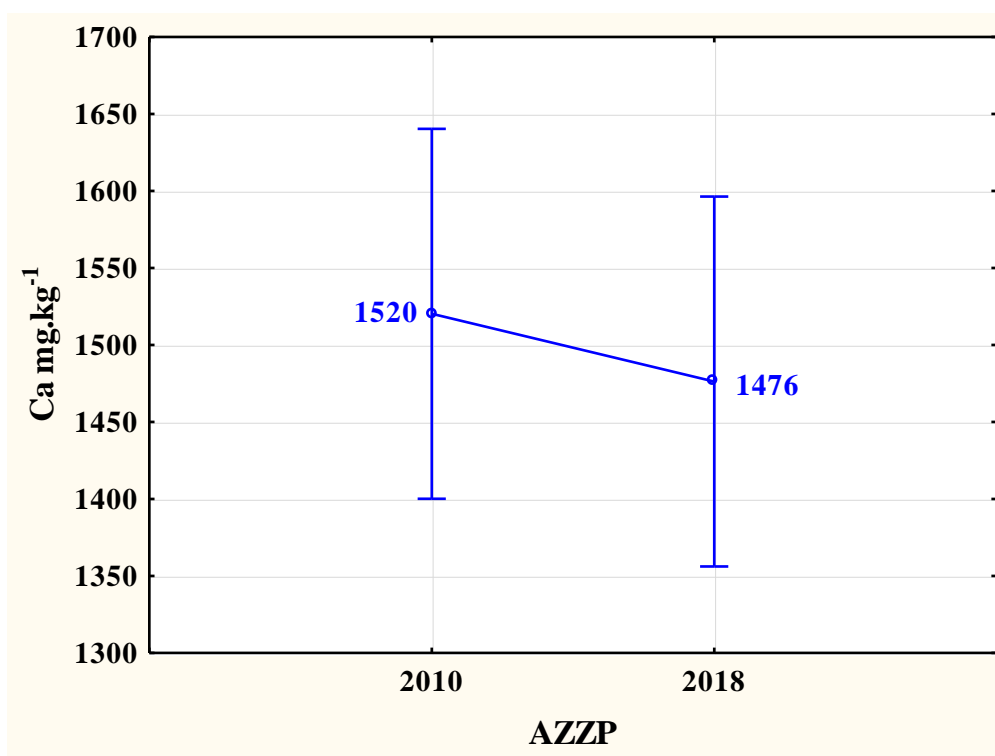
Tab. 33: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná pH Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
	AZZP	pH Průměr	1
1	2010	5,400000	****
2	2018	5,455556	****

5.2.3. Střední půdy

U AZZP z let 2010 a 2018 byl hodnocen obsah Ca v půdě na 8 pozemcích se střední půdou. Průměrná hodnota přístupného Ca v půdě byla 1520 mg.kg⁻¹. Za sledované období došlo k mírnému poklesu. V roce 2018 klesla hodnota přístupného Ca v půdě na 1476 mg.kg⁻¹. Tento pokles je statisticky neprůkazný. Dle kritéria hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii vyhovující.

Graf 14: Změna obsahu přístupného Ca v půdě mezi cykly AZZP (2010; 2018)

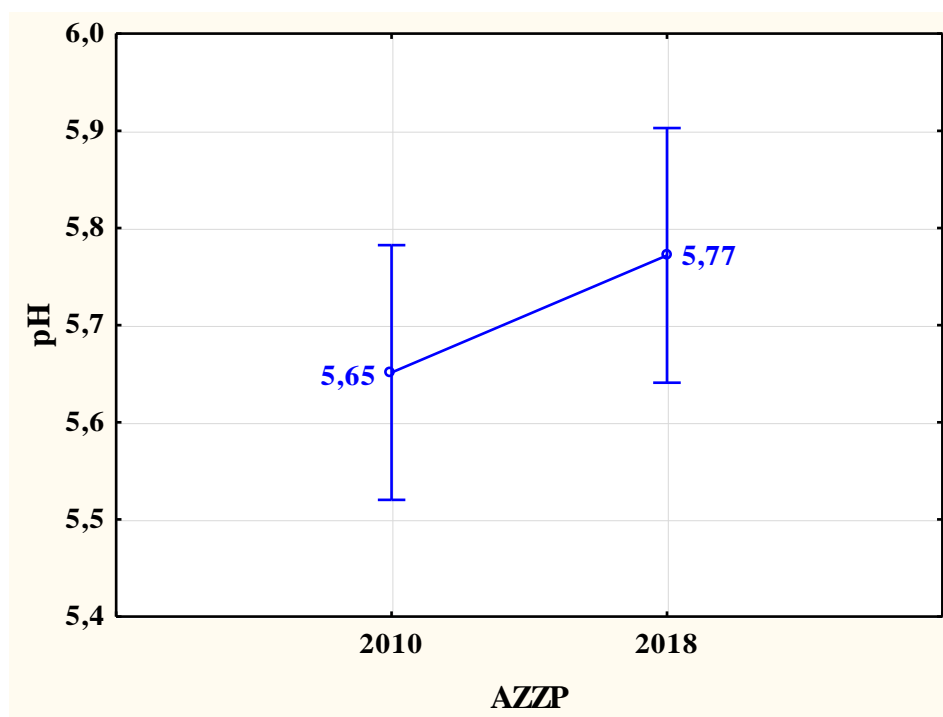


Tab. 34: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Tukeyův HSD test; proměnná Ca mg.kg ⁻¹ Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Č. buňky	AZZP	Ca mg.kg ⁻¹ Průměr	1
2	2018	1476,282	****
1	2010	1520,256	****

U AZZP z let 2010 a 2018 bylo sledováno pH v půdě na 8 pozemcích se střední půdou. Průměrná hodnota pH byla naměřena 5,65. Za sledované období došlo k mírnému nárůstu. V roce 2018 stoupla hodnota pH na 5,77. Tento pokles není statisticky průkazný. Dle kritéria hodnocení půdní reakce zůstala hodnota v kategorii slabě kyselá.

Graf č. 15: Změna pH půdy mezi cykly AZZP (2010; 2018)



Tab. 35: Podrobnější vyhodnocení dle Tuckeyho

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná pH Homogenní skupiny, alfa = ,05000		
	AZZP	pH Průměr	1
1	2010	5,651282	****
2	2018	5,771795	****

6. DISKUSE

Na základě uvedených údajů je zřejmé, že se hodnoty půdní reakce a obsahu přístupného Ca v půdě mezi roky sledování AZZP 2010 a 2018 většinou snížily. Na vápněných pozemcích oproti nevápněným se hodnota pH zvýšila. Což potvrzuje tvrzení Baomy (2005), že vápnění upravuje nepříznivou půdní reakci na požadované rozmezí pH a celkově upravuje aciditní poměry v půdě. Hodnoty pH na nevápněné kombinaci jsou většinou výrazně nižší, ale na žádném pozemku nedochází k trvalému poklesu. Největšího poklesu hodnoty pH bylo zaznamenáno na lokalitě Lukavec, jak uvádí Vašák et al. (2015), který byl pravděpodobně také způsoben lehčí půdou a nižší sorpční kapacitou. Snížení pH je pravděpodobně způsobené vyluhováním základních iontů a odstraněním základních iontů rostlinami.

Výrazný rozdíl mezi vápněnými a nevápněnými pozemky je patrný i u obsahu přístupného vápníku v půdě stanoveného metodou Mehlich III. Nevápněné pozemky mají hodnoty výrazně nižší. Na vápněných pozemcích došlo k velmi malému vzestupu. To svědčí o vhodnosti kritérií pro potřebu vápnění AZZP. Je třeba zohlednit pozemky s lehkou půdou, jak uvádí Černý (2013). Jako příčina může být i vyplavování vápníku související s množstvím srážek v dané oblasti. Jak uvádí Bickelhapt (2019) mají půdy tendenci být kyselé v důsledku dešťové vody, která vyplavuje základní ionty (vápník, hořčík, draslík a sodík), oxidem uhličitým z rozkladu organické hmoty a respirací kořenů rozpuštěných v půdní vodě za vzniku slabé organické kyseliny a tvorbou silných organických a anorganických kyselin, jako je kyselina dusičná a sírová, z rozkladu organické hmoty a oxidací amonných a siřných hnojiv. Silně kyselé půdy jsou obvykle výsledkem působení těchto silných organických a anorganických kyselin.

Použití „vyvážených“ poměrů Ca, Mg a K, jak je předepsáno základním poměrem saturace kationtů (BCSR), je stále používán v některých soukromých laboratořích pro interpretaci kvality půdy analytických údajů. BCSR se domnívá, že existuje vyvážený poměr základních kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} a K^+) pro KVK a že růst rostlin bude snížený v půdách, které neobsahují kationty uvedené ve specifickém poměru (McLean, 1977). Tato myšlenka pochází převážně z práce Beara et al. (1951), který navrhl půdy, jež považovali za „ideální“. „Absolutní množství dostupných živin Ca, K a Mg není tak důležité jako jejich relativní hodnoty“. Tato „ideální půda“, kterou navrhl Bear, byla široce rozšířena, zvláště podporována Williamem Albrechtem jako „vyvážená půda“ prostřednictvím publikací, jako je

The Albrecht Papers (Albrecht, 1975). Zatímco pro EU byly navrženy různé hodnoty spadající do následujícího přibližného rozsahu (procento nasycení KVK): 65 až 85 % Ca, 6 až 12 % Mg a 2 až 5 % K (hodnoty navržené Grahamem, 1959). Sama o sobě hodnota KVK půdy je dosti stabilní, jejíž změna bývá pozvolná a její zvyšování bývá značně nákladné a složité. Při hospodaření s živinami v půdě konkrétního pozemku je proto třeba sorpční schopnosti půdy, a tedy aktuální hodnotu KVK plně respektovat a racionálně tak přizpůsobovat výživu rostlin. Hodnota KVK půdy má úzký vztah k základním fyzikálním, chemickým a biologickým vlastnostem půdy.

Podle konceptu BCSR (základní poměr saturace kationtů) jak uvádí Giddens et Toth (1951), je „vyvážená půda“ požadovaná v poměru Ca / Mg, Ca / K a Mg / K, které jsou v nich obsaženy. Je nutné zajistit, aby rostliny produkovaly jak maximální množství, tak i kvalitní. Rostliny pěstované v půdě, jejíž výměnný komplex není „vyvážený“, tj. neobsahuje specifikované poměry kationtů, můžou mít nižší výnos.

V dlouhodobém experimentu na Versailles se zabývali Pernes-Debuyser et Tessier (2004) aplikací hnojiv každý rok na nekultivované pozemky. Po 70 let měly pozemky stejný obsah organických látek s výjimkou těch, které byly ošetřeny hnojem. Fyzikálně-chemické prostředí se však značně diferencovalo. Fyzikální vlastnosti, byly ovlivněny zejména vztahy s půdní vodou. Silným používáním amoniakálních hnojiv bylo sníženo pH půdy a kapacita výměny kationtů (CECsoil). Takto zpracované pozemky byly citlivější na degradaci a staly se nestabilní navzdory zachování jejich pórovitosti. Také Bednarek et al. (2012) ve svém 26 letém pozorování zjistil, že je vyšší pH u půd s vyšším zastoupením organické hmoty, tedy po aplikaci hnojiv organických oproti hnojivům minerálním respektive amoniakálním (NPK).

Jak uvádí Minářová (2011) bylo sledováním v podmínkách ČR zjištěno, že na stanovištích s ročním úhrnem srážek 500-600 mm bylo vyplavování do 30 kg Ca. ha⁻¹ za rok. Vliv na vyplavování má systém hnojení, způsob zpracování půdy, ale také druh pěstovaných plodin a intenzita jejich pěstování. Vyšší vyplavování je v případě extenzivního pěstování plodin, naopak se zvyšující intenzitou se vyplavování snižuje. Toto má souvislost jednak s biologickou imobilizací iontů Ca z půdního roztoku, ale také s menším průsakem vody půdou, neboť intenzivně pěstovaný porost potřebuje na jednotku plochy více vody pro transpiraci.

Problematikou vyplavování Ca se zabývá i další literatura, např. lyzimetrické experimenty provedené v České republice uvádějí, že roční srážky vyšší než 600 mm mohou vést ke ztrátě vápníku asi 27 kg. ha⁻¹ ročně (Klement et Prchalová 2013). Půdní reakce byla v roce 2010 nižší než v roce 2018. To může být zapříčiněno úbytkem bazických iontů ve vrchních

horizontech posunem do spodních horizontů zvláště v oblastech s vyššími srážkami (Vaněk et al., 2012). Dokládá to i sledování Hynšt et al. (2018) v lyzimetrických vodách v promyvném vodním režimu, kdy na zkušební stanici v Chrastavě na hnojené orné půdě bylo v eluátu v hloubce 80 cm zjištěno pH 7,3.

Hynšt et al. (2018) uvádějí hodnoty vyplaveného vápníku v eluátu na orné hnojené půdě v Horažďovicích 24,0 kg Ca. ha⁻¹ za rok (40 cm); 17,3 kg Ca. ha⁻¹ za rok (60 cm) a 19,7 kg Ca. ha⁻¹ za rok (80 cm).

Dle Alfara (2009) má také půdní typ podstatný vliv na vyplavování Ca z půdy. V zemědělském podniku Měcholupská zemědělská a. s. se nachází především půdní typ kambizem (cca 90 % půd) s různými subtypy a různým stupněm oglejení. Kambizemě se vyznačují kambickým hnědým metamorfovaným horizontem bez jílových povlaků. Ohledně zrnitosti jsou kambizemě nejčastěji hlinité a písčitohlinité. Karbonáty, pokud vůbec byly v půdní hmotě, jsou úplně vyluhované. Kambizemě jsou velice rozmanité z hlediska trofismu (minerálního bohatství půdy, jež podmiňuje nasycenost či nenasycenost půd a tím i jejich odolnost vůči okyselení a podzolizaci), zrnitosti, chemických i fyzikálních vlastností a forem nadložního humusu. Kambizemě jsou převážně hluboké až velmi hluboké půdy a v jejich vlastnostech se odráží vliv půdotvorného substrátu a nadmořské výšky (tzv. bioklimatický činitel). S nadmořskou výškou stoupá hloubka půdy, zvyšuje se její kyprost, roste obsah humusu a hloubka prohumóznění, zároveň však větší množství srážek způsobuje větší vymývání. Pro většinu kulturních rostlin mají také nepříznivé pH, proto se musí hodnota pH upravovat pomocí vápnění.

Podle výsledků AZZP Smatanová (2018) je průměrná hodnota půdní reakce zemědělské půdy v ČR 6,1 stupně pH. Půda s extrémně kyselou, silně kyselou a kyselou půdní reakcí (tj. s pH do 5,5) představuje téměř 30 % prozkoušené výměry. Dalších 39,4 % výměry zemědělské půdy vykazuje slabě kyselou půdní reakci (pH 5,6 až 6,5). Pravidelně vápnit (alespoň udržovací dávkou) by bylo třeba téměř 70 % zemědělské půdy. Podíl alkalických půd s pH nad 7,2 zaujímá asi 13,56 % výměry zemědělské půdy. Průměrná hodnota půdní reakce orné půdy ČR je 6,2. Podíl kyselých půd zaujímá 26,43 % výměry.

Jak uvádí Smatanová (2018), účelem vápnění je dosáhnout a udržet optimální rozpětí pH v půdě. Dávky vápenatých hnojiv jsou určeny především kulturou (orná půda, sady, TTP) a zrnitostí půdy (půda lehká, střední, těžká). Vápnění rozlišujeme na meliorační a udržovací. Melioračním vápněním rozumíme jednorázové použití vyšší dávky vápenatých hnojiv, které může rychle zvýšit pH půdy na optimální stav. Udržovací vápnění zajistí udržení současného

stavu reakce půdy doplněním ročních ztrát vápníku. Dle rozborů na našich sledovaných pozemcích by bylo vhodné použít melioračního hnojení dle Kulhánek et al. (2013), abychom docílili vyhovující hodnoty pH. Je brána v potaz především aktuální hodnota pH půdy a půdní druh.

Dle doporučených dávek alkalicky působícího vápníku by bylo dobré především u lehkých půd, kde je pH 5 na pozemku č. 1, použít dávku dle Vaňka et al. (2007) z tabulky doporučené dávky melioračního vápnění podle pH a půdního druhu v rozmezí 0,5-1,5 t Ca. ha⁻¹, kde 1,5 t už překračuje přípustnou maximální dávku. Je tedy nutno jí rozdělit a aplikovat ji během 2 až 3 let.

Na těžkých půdách došlo k mírnému nárůstu pH, avšak půda zůstala v kategorii kyselá. Doporučená dávka melioračního vápnění činí 3,3 t Ca. ha⁻¹, avšak tuto dávku nelze aplikovat jednorázově, je tedy dobré jí rozdělit a aplikovat během 2 až 3 let, nebo jí účelně realizovat ve čtyř až pětiletých intervalech v tzv. udržovacím vápnění. Podle Kulhánka (2013) probíhá reakce aplikovaného vápence s půdou mnoho let, kdy nejvyššího účinku dosahuje zpravidla první dva roky. Poté dochází k postupnému poklesu pH půdy až do aplikace další dávky vápence. Je možné vápnit každoročně, ale provádí se to jen zřídka, protože náklady na aplikaci mohou překročit náklady na vápenec. Změna půdního pH je většinou natolik pomalá, že stačí zpravidla vápnit ve tří až šestiletých intervalech.

U středních půd klesla hodnota přístupného Ca v půdě, hodnota pH půdy se naopak mírně zvýšila. Doporučená dávka by byla v tomto případě 2 t Ca. ha⁻¹, kterou lze aplikovat jednorázově.

Dle Vaňka et al. (1991) je při hnojení vápníkem v našich podmínkách třeba respektovat skutečnost, že čím více obsahuje půda jílovitých částic, tím je třeba vyšší nasycení sorpčního komplexu vápníkem. Jestliže u lehkých půd dostačuje nasycení asi na 60 % kationtové výměnné kapacity, v zrnitostně těžších půdách je potřeba asi 80 %. Při kyselé reakci se snižuje podíl Ca²⁺ iontů v sorpčním komplexu, zvyšuje se podíl H⁺ iontů, a tím dochází ke snadnějšímu rozplavování koloidů a půdní struktura se stává nestabilní. Z výsledků AZZP z roku 2010 i 2018 jsou hodnoty nasycení sorpčního komplexu Ca atakující hranici 80 %, což lze hodnotit vzhledem k nejvyššímu zastoupení středního půdního druhu v zemědělském podniku jako dostatečné nasycení.

Velmi důležitou a podstatnou roli ve vápnění zemědělských půd hraje zvolené vápenaté hnojivo. V zemědělské praxi se nejčastěji používají k vápnění mleté vápence s obsahem karbonátů alespoň 70-75 %. Při vápnění hraje významnou roli nejen jemnost vápence (hrubé částice reagují později, mnohem rychlejší účinky mají však jemné částice), ale také závislost

mezi chemickou čistotou a jemností mletí. Obecně platí, že nízkoprocentní vápence je třeba mlít jemněji. Pro zemědělské účely je vhodné využívat nízkoprocentní vápence. Naopak do krmných směsí nacházejí uplatnění vápence vysokoprocentní. Každopádně použitý typ vápence má podstatný vliv na změnu hodnoty pH a zastoupení Ca v půdě v čase (Těhník, 2010).

7. ZÁVĚR

Půda vyžaduje soustavnou péči v komplexu půdoochranných opatření, včetně optimalizace jejího chemizmu. Významným indikátorem péče o půdu je pravidelná, státem garantovaná kontrola v systému agrochemického zkoušení zemědělských půd. Výsledky AZZP poskytované zemědělcům i vlastníkům půdy o jejich pozemcích se využívají jako podklad pro regulaci vstupu živin do půdy (plány hnojení) a v neposlední řadě i při tržních a nájemních vztazích s půdou.

Z výsledků a hodnocení vlivu vápnění na změnu pH, přístupného Ca v půdě, % Ca v sorpčním komplexu a vlivu druhu půdy v této práci se potvrzuje:

- ✓ Snižování obsahu přístupného vápníku v půdě vlivem absence vápnění a s tím související postupné okyselování půdy je patrné u nevápněných pozemků č. 6 a 14 kdy se pH snížilo o 0,52. Tyto pozemky zůstávají v kategorii slabě kyselé. Na pozemcích, které byly nevápněny se potvrdila tedy první hypotéza.
- ✓ Hodnota přístupného Ca v půdě u nevápněných pozemků se snížila nepatrně z 2062 mg/kg⁻¹ na 2038 mg/kg⁻¹, ale % Ca v sorpčním komplexu pokleslo ve sledovaném období o 3,36 %. U těchto pozemků došlo zároveň ke snížení KVK ze střední aktuální sorpční kapacity na nízkou. V roce 2010 byl průměr KVK 128 mmol/kg⁻¹, v roce 2018 117 mmol/kg⁻¹.
- ✓ U AZZP z roku 2010 byla u vápněných pozemků průměrná hodnota půdní reakce 5,59. Za sledované období došlo k velmi malému vzestupu. V roce 2018 byla hodnota 5,69. Dle kritéria hodnocení zůstala hodnota pH v kategorii slabě kyselé.
- ✓ V roce 2010 byla průměrná hodnota Ca v půdě u vápněných pozemků 1461 mg/kg⁻¹. Došlo k výraznému poklesu. V roce 2018 byla tedy hodnota Ca v půdě 1338 mg/kg⁻¹. Dle kritéria hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii vyhovující.

- ✓ V sorpčním komplexu došlo vlivem vápnění k nevýraznému poklesu u % Ca, a to pouze o 0,2 %. V roce 2010 byl průměr KVK na vápněných pozemcích 93 mmol/kg⁻¹, v roce 2018 došlo k poklesu na 87 mmol/kg⁻¹.
- ✓ V závislosti KVK na obsah Ca v půdě ve sledovaném cyklu AZPP z roku 2010 je patrná závislost obsahu přístupného Ca v půdě na KVK. Dle koeficientu korelace ($r = 0,6952$) jde o silnou závislost. Dle koeficientu determinace ($r^2 = 0,48$) vyplývá, že při růstu KVK bude růst i obsah přístupného Ca v půdě. Průměrná hodnota Ca v roce 2010 byla naměřena na vápněných pozemcích 1443 Ca mg/kg⁻¹ a na nevápněných pozemcích byla průměrná hodnota 2062 Ca mg/kg⁻¹. Sledovaný cyklus v roce 2018 se od roku 2010 příliš nemění, koeficient korelace ($r = 0,7173$) opět vykazují velice silnou závislost obsahu přístupného Ca v půdě na KVK. Koeficient determinace je ($r^2 = 0,51$). Průměrná hodnota Ca u vápněných pozemků v roce 2018 byla naměřena 1319 Ca mg/kg⁻¹ a u nevápněných pozemků byla průměrná hodnota 2038 Ca mg/kg⁻¹.
- ✓ V závislosti intenzity vápnění na změnu pH došlo mezi rozbory z roku 2010 a 2018 na většině vápněných pozemků k mírnému zvýšení pH. K největšímu nárůstu došlo na 3 x vápněném pozemku o 1,3. Ze statistických dat regresní analýzy vyplývá střední závislost s kladným koeficientem korelace ($r = 0,2167$) koeficient determinace ($r^2 = 0,0469$). Závislost je pozitivní, na střední úrovni.
- ✓ Průměrná hodnota Ca v půdě na lehkých půdách byla v roce 2010 1505 mg.kg⁻¹. Za sledované období došlo k velkému poklesu. V roce 2018 pak klesla hodnota na 1292 mg.kg⁻¹. Dle kritérií hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii vyhovující.
- ✓ U hodnoty pH na lehkých půdách došlo k mírnému poklesu. V roce 2010 byla naměřena průměrná hodnota 5,81 a v roce 2018 5,74. Půdní reakce zůstala v kategorii slabě kyselá.
- ✓ U těžkých půd došlo za sledované období k mírnému poklesu. V roce 2010 byla hodnota Ca v půdě 1390 mg.kg⁻¹ a v roce 2018 klesla na hodnotu 1272 mg.kg⁻¹. Hodnota přístupného Ca v půdě zůstala v kategorii s nízkým obsahem vápníku.

- ✓ Průměrná hodnota pH u těžké půdy byla naměřena 5,4 v roce 2010. Došlo tedy k malému nárůstu, neboť v roce 2018 byla hodnota pH 5,46. Půdní reakce zůstala v kategorii kyselá.
- ✓ U středních půd byla průměrná hodnota přístupného Ca v půdě 1520 mg.kg⁻¹. Došlo k mírnému poklesu. V roce 2018 klesla hodnota přístupného Ca v půdě na 1476 mg.kg⁻¹. Dle kritéria hodnocení přístupného Ca v půdě zůstala hodnota v kategorii vyhovující.
- ✓ Za sledované období z let 2010 a 2018 se hodnota pH u střední půdy mírně zvýšila. V roce 2010 byla naměřena hodnota pH 5,65 a v roce 2018 5,77. Půdní reakce zůstala v kategorii slabě kyselá.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Adams T. M., Adams S. N. (1983): The effects of liming and soil pH on carbon and nitrogen contained in the soil biomass *Journal of Agricultural Science*, 101, 553–558 s.

Albrecht, W.A. (1975): *The Albrecht papers. Vol. 1: Foundation concepts.* Acres USA, Kansas City.

Alfaro M. A., Jarvis S. C., Gregory P. J. (2004): Factors affecting potassium leaching in different soils. *Soil Use and Management*, 182-189 s.

Bear, F.E., Prince A.L., Toth S.J. et Purvis E.R. (1951): Magnesium in plants and soil. *Bull. 760, New Jersey Agric. Exp. Stn., New Brunswick.*

Bednarek W., Dresler S., Tkaczyk P., Hanaka A. (2012): Available forms of nutrients in soil fertilized with liquid manure and NPK. *Journal of Elementology*, 17: 169–180.

Bičík I., et al. (2009): *Půda v České republice*, Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 255 s, ISBN 80-903482-4-6.

Brady N. C., Weil R.R. (2002): *The Nature and Properties of Soils.*

Brtnický M. et al. (2012): *Degradace půdy v České republice. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy*, 91 s, ISBN 978-80-87361-20-7.

Bush, D. S. (1995): Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46, 95–122.

Curtin D., Campbell C. A., Jalil A. (1998): Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils *Soil Biology & Biochemistry*, 30, pp. 57–64.

Černý J. et al. (2013): *Vápník v půdě, ČZU Praha, Racionální použití hnojiv-Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 28. 11. 2013*, 177 s, ISBN 978-80-213-2416-9.

Dalovic, I. G., Jocković, S., Dugalić, G. J., Bekavac, G. F., Purar, B., Šeremešić, S. I., Jocković, M. (2012): Soil acidity and mobile aluminum status in pseudogley soils in thacak–kraljevo basin. *J. Serb. Chem. Soc.*, 77, 833–843.

Dykyjová Dagmar et al. (1989): *Metody studia ekosystémů*, Praha: Academia, 692 s.

Felle H. (1989): Ca²⁺-selective microelectrodes and their application to plant cells and tissues, *Plant Physiol*, 91, 1239–1242.

Gazey, Ch., Davis, S. (2009): *Soil acidity, A guide for WA farmers and consultants*, Bulletin 4784, November 2009, Department of Agriculture and Food, Western Australia, ISSN 1833-7246.

- Giddens, J., and S.J. Toth (1951): Growth and nutrient uptake of ladino clover on red and yellow grey-brown podzolic soils containing varying ratios of cations. *Agron. J.* 43:209–214.
- Graham, E.R. (1959): An explanation of theory and methods of soil testing. Bull. 734. Missouri Agric. Exp. Stn., Columbia.
- Havelka B. et al. (1988): *Výživa a hnojení rostlin*. 2. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 314 s.
- Hynšt J., Prchalová R., Klement V. (2018): *Lyzimetrická sledování 1986-2016*, ÚKZÚZ Brno, 44 s, ISBN 978-80-7401-154-2.
- Ivanič J., Knop K a Havelka B. (1984): *Výživa a hnojenie rastlín*, 2., preprac a dopl. vyd. Bratislava: Príroda.
- Jandák J., Pokorný E. a Prax A. (2010): *Půdoznalství*, Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 143 s, ISBN 978-80-7375-445-7 (Brož.).
- Káš V. et al. (1961): *Obohacování půd humusem*, 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 203, 4 s.
- Kisinyo P. O., Opala P. A., Gudu S. O., Othieno C. O., Okalebo J. R., Palapala V., Otinga A. N. (2014): Recent advances towards understanding and managing Kenyan acid soils for improved crop production. *Afr. J. Agric. Res.* 9, 2397–2408.
- Klement V., Sušil A. (2010): *Porovnání vývoje agrochemických vlastností půd za období 1999–2003 a 2005–2009*, ÚKZÚZ Brno, 58 s.
- Kulhánek M. et al. (2013): *Vliv hnojiv na pH půd, potřeba vápnění, faktory ovlivňující potřebu vápnění*, ČZU Praha, *Racionální použití hnojiv-Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 28. 11. 2013*, 177 s, ISBN 978-80-213-2416-9.
- Lhotský J. (1994): *Kultivace a rekultivace půd*, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, Praha, 198 s.
- Mahajan S, Tuteja N. (2005): Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Arch Biochem Biophys*, 444,139-58.
- Matula J. (2007): *Výživa a hnojení sírou*, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 39 s, ISBN 9788087011157.
- McLean, E.O. (1977): Contrasting concepts in soil test interpretation: Sufficiency levels of available nutrients versus basic cation saturation ratios. p. 39–54. *In* T.R. Peck et al. (ed.) *Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results*. ASA Spec. Publ. 29. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- McPhalen C. A., Strynadka N. C., and James M. N. G. (1991): Calcium-binding sites in proteins: A structural perspective, *Adv. Prot. Chem.* 42, 77–144.
- Miller A. J., Vogg G., Sanders D. (1990): Cytosolic calcium homeostasis in fungi: Roles of plasma membrane transport and intracellular sequestration of calcium, *Proc. Natl. Acad. Sci.*

USA 87, 9348–9352.

Monther H. C. et Martinez-Rios J. J., in Follet R. F., Kimble J. M., Lal R. (eds.) (2002): The Potential of US Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Gas Effect, Levis Publishers, Boca Raton, Florida, 87 s.

Němeček J., Smolíková L., Kutílek M. (1990): Pedologie a paleopedologie: celost. vysokošk. příručka pro stud. přírodověd. fak., skupiny stud. oborů geologické vědy, Academia, 546 s, ISBN 8020001530.

Nypl V. a Kuráž V. (1992): Hydrologie a pedologie, 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 143 s, ISBN 80-7080-152-2.

Nwaga, D., The, C., Ambassa-Kiki, R. (2004): Ngonkeu, M.E.L., Tchiegang-Megueni, C. Selection of arbuscular mycorrhizal fungi for inoculating maize and sorghum grown in oxisol/ultisol and vertisol in Cameroon. In Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa; Bationo, A., Ed.; CIAT: London, UK, p. 608.

Pavlíková D. et al. (2013): Úloha vápníku v rostlině, ČZU Praha, Racionální použití hnojiv-Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 28. 11. 2013, 177 s, ISBN 978-80-213-2416-9.

Pernes-Debuyser A. et Tessier D. (2004): Soil physical properties affected by long-term fertilization, British Society of Soil Science, European Journal of Soil Science, 55, 505-512.

Read N. D., Shacklock P. S., Knight M. R., Trewavas A. J. (1993): Imaging calcium dynamics in living plant cells and tissues, Cell Biol. Int. Rep, 17, 111–125.

Richter, R., Hlušek, J. (1999): Výživa a hnojení rostlin, I. obecná část, MZLU v Brně, ISBN 80-7157-138-5, 177 s.

Richter R., Hlušek J. (1994): Výživa a hnojení rostlin /I. obecná část/, 1. vyd. V Brně: Vysoká škola zemědělská, 177 s, ISBN 80-7157-138-5.

Richter, R., Římovský, K. (1996): Organická hnojiva, jejich výroba a použití. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 40 s.

Richter R., Hlušek J. (2003): Půdní úrodnost, 2., upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 44 s, ISBN 80-727-1130-X.

Roberts V. G., Smeda Z. (2001): The distribution of soil fertility constraints in KwaZulu-Natal, South Africa. In Proceedings of the 5th International Symposium on Plant Soil Interactions at low pH, Bergville, South Africa, 12–16 March, p. 12.

Robson A. D. (1989): Soil Acidity and Plant Growth Academic Press, Sydney, ISBN 0125906552.

Schmidt E. L. (1982): Nitrification in Soil. In: Stevenson, F.J. (Ed), Nitrogen in Agricultural Soils. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 253-288, ISBN 0891180702.

Sluijsman C. M. (1970): Der Einfluss der Dünghemittel auf den Kalkzustand des Bodens, Z. Pfl.-Ernahr. u. Bodenkde, 126, s 97-103.

Smatanová M. (2017): Současný stav agrochemického zkoušení půd, vývoj obsahu přístupných živin a půdní reakce, Agromanuál 11-12, s 50-52.

Smatanová M., Sušil A. (2015): Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2009–2014, ÚKZÚZ Brno, 106 s, ISBN 978-80-7401-114-6.

Smatanová M., Sušil A. (2018): Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2012–2017, ÚKZÚZ Brno, 38 s, ISBN 978-80-7401-162-7.

Strayer R. F., Lin C. J., Alexander M. (1981): Effect of simulated acid rain on nitrification and nitrogen mineralization in forest soils Journal of Environmental Quality, 10, pp. 547–551.

Sumner M. (2000): Handbook of soil science. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2148 s, ISBN 0-8493-3136-6.

Šarapatka B. (1996): Pedologie, vyd. 1. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1, 235 s, ISBN 80-706-7590-X.

Šarapatka B. (2010): Agroekologie: Východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření, Olomouc: Bioinstitut, 440 s, ISBN 978-80-87371-10-7.

Šarapatka B., Dlapa P., Bedrna Z. (2002): Kvalita a degradace půdy. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 246 s. ISBN 80-244-0584-9.

Šimek M. (2007): Základy nauky o půdě - 1. neživé složky půdy. 2., upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 160 s, ISBN 80-704-0747-6.

Těhník, V. (2010): Mleté vápence, Studie VÚSTAH Brno.

Tomášek M. (2007): Půdy České republiky, 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 68 s, ISBN 978-80-7075-688-1 (Brož.).

Trewavas A. J., Mahlo R. (1998): Ca²⁺ signaling in plant cells: The big network! Curr. Opin, Plant Biol. 1, 428–433.

Troeh Frederick R. et Thompson Louis M. (2005): Soils and soil fertility. 6th ed. Ames: Blackwell, 489 s, ISBN 0-8138-0955-X.

Uexkull von H. R., Mutert, E. (1995): Global extent, development and economic impact of acid soils. Plant Soil, 171, 1–15.

Vaněk V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. (2007): Výživa polních a zahradních plodin, Profi Press s.r.o., Praha, 176 s.

Vaněk V. et al. (2012): Výživa zahradních rostlin, Academia Praha, 568 s, ISBN 978-80-200-2147-2.

Vaněk V., Penk J., et al. (1991): Vápnění zemědělských půd. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 107 s, ISBN 80-708-4047-1.

Vašák F., Černý J., Buránová Š., Kulhánek M., Balík J. (2015): Soil pH changes in long-term field experiments with different fertilizing systems. *Soil & Water Res.*, 10: 19–23.

Veselý J., Majer V., Norton S.A. (2002): Heterogeneous response of central European streams to decreased acidic atmospheric deposition, *Environmental Pollution* 120(2): 275-281.

Venter A., Herselman J. E., VanderMerwe G. M. E., Steyn C., Beukes D. J. (2001): Developing soil acidity maps for South Africa, In *Proceedings of the 5th International Symposium on Soil Plant Interactions at Low pH*, Bergville, South Africa, 12–16 March, p. 21.

Voltr V. et al. (2011): Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 480 s, ISBN 978-80-86671-86-4.

Vopravil J. a kol. (2010): Půda a její hodnocení v ČR, díl I. 2. vydání, Praha, 146 s, ISBN 978-80-87361-05-4.

Vráblíková J. a Vráblík P. (2006): Základy pedologie, Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 101 s, ISBN 80-7044-805-9.

Zbírál J. et al. (2011): Jednotné pracovní postupy-Analýza půd II, ÚKZÚZ Brno, 230 s, ISBN 978-80-7401-040-8.

Zbírál J., Honsa I. et al. (2010): Jednotné pracovní postupy-Analýza půd I, ÚKZÚZ Brno, 290 s, ISBN 978-80-7401-031-6.

Maathuis S., Frans jm. (2009): Physiological functions of mineral macronutrients, *Current Opinion in Plant Biology* [online]., 12(3), 250-258 [cit. 2019-03-02]. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.04.003. ISSN 13695266.

Bouma D. (2005): Potřeba vápnění výrazně stoupá, <http://uroda.cz/potreba-vapneni-vyrazne-stoupa/>

http://vitejtenazemi.cenia.cz/cenia/index.php?p=mapa_obrazku&site=puda [online], citace [2019-03-04]

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/acid-soils/en/#c239236> [online], citace [2019-03-10]

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-ph-europe> [online], citace [2019-03-08]

9. PŘÍLOHY

Tab 1: Přehled obhospodařované půdy (LPIS) 2005-2019

Název: Měcholupská zemědělská, a.s. (už. č.40239)								Sídlo33901 Předslav, 101		
IČ25221370										
Výměra obhospodařovaných pozemků v ha (na dvě desetinná místa) dle kultur										
Rok	Orná půda	orná půda rozdíl	Tráv y na orné	Tráv y na orné rozdí l	Jiná trval á k ultu ra	Jiná trval á k. rozdí l	Travní porosty	Travní porost y rozdíl	Celkov ý rozdíl	Celkem
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
k 1.1.2005	1973,71						752,40			2726,1
k 1.1.2006	1949,91	-23,80					751,59	0,81	-22,99	2701,5
k 1.1.2007	1884,43	-65,48					821,85	70,26	4,78	2706,3
k 1.1.2008	1899,94	15,51					821,85	0,00	15,51	2721,8
k 1.1.2009	1897,90	-2,04					812,36	-9,49	-11,53	2710,3
k 1.1.2010	1895,92	-1,98					821,05	8,69	6,71	2717
k 1.1.2011	1885,80	-10,12					807,34	-13,71	-23,83	2693,1
k 1.1.2012	1886,28	0,48					812,29	4,95	5,43	2698,6
k 1.1.2013	1852,54	-33,74					801,25	-11,04	-44,78	2653,8
k 1.1.2014	1862,5	9,96					773,67	-27,58	-17,62	2636,2
k 1.1.2015	1853,32	-9,18					771,24	-2,43	-11,61	2624,6
k 1.1.2016	1876,18	22,86					712,47	-58,77	-35,91	2588,7
k 1.1.2017	1855,46	-20,72			5,46	5,46	712,71	0,24	-20,48	2573,6
k 1.1.2018	1851,97	-3,49	1,96	1,96	5,46	0	710,68	-2,03	-3,56	2570,07
k 1.1.2019	1819,87	-32,10	24,58	22,62	5,46	0	705,11	-5,57	7,57	2577,64
k. 19.3.2019	1833,84	13,97	21,78	-2,80	5,46	0	707,72	2,61	8,84	2568,80
celkový úbytek půdy mezi roky 2005-2019									-143,47	

Tab. 2: Hodnocení obsahu přístupného Ca v půdě

Obsah		Vápník (mg. kg ⁻¹)	
Půda			
	Lehká	Střední	Težká
Nízký	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující	1001-1800	1100-2000	1701-3000
Dobrý	1801-2800	2001-3300	3001-4200
Vysoký	2801-3700	3301-5400	4201-6600
Velmi vysoký	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tab. 3: Kritéria hodnocení půdní reakce

Hodnota pH	Půdní reakce
do 4,5	extrémně kyselá
4,6 - 5,0	silně kyselá
5,1 - 5,5	Kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	Neutrální
7,3 - 7,7	Alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Tab č.4: Zařazení pozemků dle potřeby vápnění rok 2010

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno
Odbor zemědělské inspekce, Hroznová 2, Brno, PSČ 656 06
Oddělení zemědělské inspekce Plzeň, Slovanská alej 20; PSČ 317 60; tel: 377 240 495

AZZP Zar-PCa

zpracováno:28.04.2011

Zařazení pozemků dle potřeby vápnění

<i>zemědělský podnik :</i>	40239	Měcholupská zemědělská, a.s.
<i>interní kód ÚKZÚZ :</i>	KT-40239-1-2010	
<i>Adresa :</i>	Předslav, 101 psč: 33901	

	kultura	kategorie ročních dávek CaO t.ha⁻¹	výměra [ha]
2	orná půda	0 - 0.35	593,8
2	orná půda	0.36-1.0	1284,3
	orná půda		1878,1

Tab č.5: Zařazení pozemků dle půdní reakce rok 2010

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno
 Odbor zemědělské inspekce, Hroznová 2, Brno, PSČ 656 06
 Oddělení zemědělské inspekce Plzeň, Slovanská alej 20; PSČ 317 60; tel: 377 240 495

AZZP Zar-pH

zpracováno:28.04.2011

Zařazení pozemků dle půdní reakce

<i>zemědělský podnik :</i>	40239	Měcholupská zemědělská, a.s.
<i>interní kód ÚKZÚZ :</i>	KT-40239-1-2010	
<i>Adresa :</i>	Předslav, 101 psč: 33901	

	kultura	kategorie půdní reakce	výměra [ha]
2	orná půda	SiK	45,2
2	orná půda	K	732,5
2	orná půda	SlK	1013,8
2	orná půda	N	86,6
	orná půda		1878,1 ha

Tab 6: Zařazení pozemků dle půdní reakce rok 2018

	kultura	kategorie půdní reakce	výměra [ha]
2	standardní orná půda	EK	8,69
2	standardní orná půda	SilK	67,55
2	standardní orná půda	K	573,36
2	standardní orná půda	SlaK	1 120,65
	standardní orná půda		1 770,25

Tab č.7: Zařazení pozemků dle potřeby vápnění rok 2018

	kultura	kategorie ročních dávek CaO t.ha⁻¹	výměra [ha]
2	standardní orná půda	0 - 0,35	535,51
2	standardní orná půda	0,36 - 1,0	1 222,52
2	standardní orná půda	> 1,0	12,22
	standardní orná půda		1 770,25

