

EFFECT OF SOIL REACTION ON PERMANENT GRASSLANDS

M. Veselá, J. Mrkvička

Czech University of Agriculture, Faculty of Agronomy, Prague, Czech Republic

Based on analyses of 430 natural grasslands, correlations between floristic composition, yield and quality of soil, and soil reaction were observed. Soil reaction is not a dominant ecological yield-forming factor, hence the dispersion on all degrees of soil reaction is very extensive. Oligotrophic soils have a strongly acid soil reaction in most cases, whereas on xerophytic sites pH/KCl is usually 6.5–7. Indication value of 64 most spread meadow components was evaluated in view of soil reaction. Most of species and grassland types have a very wide amplitude, except Nardetum, which is maximally spread at pH/KCl = 3.6 with pH amplitude of 3–4.7.

soil reaction; meadow components; grass phytocenoses; production; quality of grasslands; phytoindication

INTRODUCTION

Concentration of hydrogen ions in soil and its relationship to composition and production abilities of grasslands was involved in a series of studies, but as it is not unambiguously dominant ecological factor, literary data are inconsistent. Already Klečka and Fabián (1934) indicated that the meaning of soil reaction is often overvalued. Dmitriev (1953) reported that leguminous crops grow well only on non-acid soils what cannot become generalized (Regal, Štráfelda, 1955; Regal, Krajčovič, 1963; Krajčovič et al., 1968). As reported Klapp (1956) high yields of herbage are attained in range of pH 5–7.5 what was confirmed by Regal (1968). As to soil reaction, only a little number of grassland species have a narrow amplitude with a possibility of phytoindication (Boeker, 1954; Regal, 1967; Larcher, 1988). As reported Braun-Blanquet (1951) plant communities are better indicators than individual species. Indication values for grassland species were determined by Ellenberg, Zeler (1950), Klapp (1957), de Vries (1957), Regal (1967). Balátová-

-Tuláčková (1955, 1983) report indication of some ecological factors on the basis of indication values of species for individual ecological factors.

MATERIAL AND METHODS

The aim of this study is evaluation of the effect of soil reaction on yield and quality of soil of grasslands, determination of amplitude and pH optima for most spread grassland species and stand types. In the whole territory of the Czech Republic 430 natural grasslands were analyzed in total, their yield and percentage of reduced projective dominance of meadow species. On 156 localities soil samples were taken and exchangeable soil reaction was determined in laboratory. Of the total number of localities, 5 localities were in maize-growing region, 21 in beet-growing region, 65 in potato-growing region, 50 in mountain region and 15 in subalpine zone. Five-degree ecological series of soil reaction was determined:

pH	Under 4.0	4.1-5.0	5.1-6.0	6.1-7.0	Over 7.0
Ecological degree	1.	2.	3.	4.	5.
Indication value	-100 - -60	-59 - -20	-19 - +20	21 - +60	61 - +100

For individual ecological degrees were determined: presence (P) and average dominance (D) of most spread species. In addition, index of occurrence was calculated according to the formula (Regal, 1968):

$$I_v = \frac{P \cdot D}{100}$$

Indication values were calculated on the basis of index of occurrence according to the formula of de Vries et al. (1957):

$$I = \frac{(e_5 + 0.5 \cdot e_4 - 0.5 \cdot e_2 - e_1) \cdot 100}{e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5}$$

$e_1 = \text{pH under 4}; e_2 = 4,1-5,0; e_3 = 5,1-6,0; e_4 = 6,1-7,0; e_5 = \text{over 7}$

Quality of stands was determined by six-degree scale with coefficients 1.00; 0.75; 0.50; 0.25; 0.00 and -1.00 (Regal et al., 1958).

RESULTS

In practice an opinion that wetted grasslands are acid prevails. For individual degrees of hygroseries the following mean pH values were determined: 1. xerophyta - 6.5, 2. mesoxerophyta - 5.3, 3. mesophyta - 5.6, 4. mesohygrophyta - 5.6, 5. hygrophyta - 5.8. Statistically significant difference in soil

reaction was recorded only for xerophytic sites. Hygrophyta had higher pH value than on central ecological degrees, however, without statistical significance.

Closer dependence of soil reaction was found in relationship to weather conditions characterized by agricultural production type. Based on phytindication, the following values of pH/KCl were found: 1. maize production type - 6.75; 2. beet production type - 6.20; 3. potato production type - 5.25; 4. mountain type - 4.65; 5. subalpine zone - 3.80.

The relationship of soil reaction to soil fertility is not fully unambiguous, though generally trend of higher pH/KCl values for more fertile soils prevails. Acidophilic species grow mostly on oligotrophic soils, but phytoindicators of oligotrophic soils may grow also on slightly acidic soils. Despite it, the coefficient of correlation for these two factors is significant ($r = 0.54$) and regression line has an equation: $y = -12.84 + 62x$.

Within trophoseries these average pH/KCl values were found: 1. oligotrophic - 4.15; 2. mesooligotrophic - 5.68; 3. mesotrophic - 6.10; 4. mesoeutrophic - 6.27; 5. eutrophic - 6.30.

As soil reaction is not a dominant ecological yield-forming factor, dispersion of yields of herbage in all degrees of soil reaction is very extensive: For individual yield categories (dry matter in $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) the following average pH/KCl values were determined: 1. under 1.5 $t = 4.70$; 2. 1.6-3.0 $t = 5.60$; 3. 3.1-4.0 $t = 5.93$; 4. 4.6-6.0 $t = 6.30$; 5. over 6.1 $t = 6.23$.

Tab. I shows average yields in five degrees of soil reaction as for the whole set as for mesophytic and mesotrophic sites. It can be said in all cases that general trend of reduction of yields with increasing concentration of hydrogen ions. Most significantly it is manifested in mesotrophic sites. Within the whole set with increasing pH over 6.0, however, differences are not significant, because drier sites have higher pH values and the yield here is limited by moisture conditions.

I. The effect of soil reaction on dry matter yields in $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

pH/KCl	Sites		
	total	mesophytic	mesotrophic
Under 4.0	1.79	1.87	3.17
4.1-5.0	2.57	2.47	3.05
5.1-6.0	3.14	3.59	3.48
6.1-7.0	3.27	4.06	3.60
Over 7.1	3.23	4.33	3.67

The effect of soil reaction is not so significant at mesotrophic sites. The limit value of pH = 5.00 what confirmed conclusions made by Klapp (1957). Correlation between indication values of meadow species for soil reaction and yield capacity does not show unambiguous dependence. Only exclusively acidophile species have altogether high negative values also for yield capacity of the stand what confirmed correlation coefficient $r = 0.53$ and equations of regression line: $y = -16.65 + 0.60x$.

More complex herbage value of the stand is expressed by its quality which manifested greater dispersion at all pH values than yields:

pH/KCl	Under 4.0	4.1-5.0	5.1-6.0	6.1-7.0	Over 7.1
Amplitude	-24 to 84	23 to 95	22 to 88	13 to 87	38 to 78
Average	35	41	57	64	66

The quality of the stand is improving with increasing pH over 5.0. These results prove that exceptionally also when pH value fell under 4.0 the quality stand may grow at sufficient amount of moisture and nutrients. For example, locality with pH = 3.9 from mountain region where meadow foxtail with the value of the quality - 84 points - prevails after intensive nutrition.

Most of communities which grow on strongly acid soils, have an average quality under 50 points, except *Festuca rubra*. On slightly acid soils stand types of culture grasses prevail with the quality over 60 points. There are also grass species like *Parvocariceta* with 33 points. Amplitude of occurrence of most meadow phytocenoses is very wide in view of soil reaction, except Nardet, it cannot be used for safe phytoindication.

Tabs. II, III, IV summarize indication values and indices of occurrence of 64 most spread grass components at various degrees of soil reaction. These results, too, showed that most of grass species can grow at amplitude pH/KCl = 3.5-7.5.

Meadow species can be divided according to the range of amplitude of most frequent occurrence to the following groups (figures in parentheses present indication value for pH):

- pH = < 4,0: *Vaccinium myrtillus* (-96), *Deschampsia flexuosa* (-92), *Calluna vulgaris* (-89), *Hypericum maculatum* (-59),
- pH = 3-5: *Nardus stricta* (-84), *Polygonum bistorta* (-61), *Agrostis tenuis* (-61), *Potentilla erecta* (-54), *Luzula campestris* (-50), *Sieglingia decumbens* (-47),
- pH = 3-6: *Agrostis canina* (-53), *Molinia coerulea* (-52), *Anthoxanthum odoratum* (-44), *Alchemilla d. sp.* (-43),
- pH = 3-7: *Pimpinella saxifraga* (-19),

II. Indication values and indices of occurrence of most spread meadow grasses

	Indication values	Indices of occurrence at pH amplitude				
		< 4.0	4.1-5	5.1-6	6.1-7	7.1 >
<i>Agropyrum repens</i>	+65	0.12	0.92	0.59	0.39	4.86
<i>Agrostis stolonifera</i>	+62	0.02	0.95	0.46	1.36	4.09
<i>Agrostis canina</i>	-53	1.28	1.05	0.54	-	0.18
<i>Agrostis tenuis</i>	-60	12.10	9.61	2.51	2.10	-
<i>Alopecurus pratensis</i>	+13	2.79	2.67	2.83	3.05	1.00
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	-44	3.22	2.03	2.41	0.92	-
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+54	-	0.82	0.22	4.38	2.54
<i>Avenastrum pubescens</i>	+20	0.15	0.55	-	0.67	0.45
<i>Briza media</i>	-12	0.43	0.58	0.42	0.40	0.27
<i>Cynosurus cristatus</i>	-1	0.06	0.20	0.73	0.30	-
<i>Dactylis glomerata</i>	+32	0.51	0.23	2.27	1.85	1.88
<i>Deschampsia caespitosa</i>	-22	4.36	3.62	0.80	4.24	1.00
<i>Deschampsia flexuosa</i>	-92	2.12	0.39	-	-	-
<i>Festuca pratensis</i>	+37	-	1.34	3.81	3.14	3.36
<i>Festuca rubra</i>	-20	2.44	2.10	1.86	1.43	1.00
<i>Holcus lanatus</i>	+20	0.27	1.87	2.68	1.95	2.00
<i>Molinia coerulea</i>	-52	2.73	2.76	1.51	0.45	-
<i>Nardus stricta</i>	-84	24.00	6.41	2.00	-	-
<i>Phleum pratense</i>	+8	0.63	0.80	0.92	0.51	1.09
<i>Poa pratensis</i>	+21	0.93	0.99	2.60	2.34	2.09
<i>Poa prat. augustifolia</i>	+25	0.15	2.05	3.06	2.80	2.36
<i>Poa trivialis</i>	+23	0.24	0.26	0.92	1.27	0.45
<i>Sieglingia decumbens</i>	-47	0.66	0.77	0.42	0.17	-
<i>Trisetum flavescens</i>	+34	0.36	0.32	0.95	3.48	0.82
Sum of cultural grasses	-	7.68	10.22	15.92	21.54	17.87
Sum of low-grade grasse	-	16.74	18.07	13.32	10.80	10.39
Sum of weed grasses	-	35.15	15.00	5.27	4.86	1.18

III. Indication values and indices of occurrence of most spread meadow clover crops

	Indication values	Indices of occurrence at pH amplitude				
		< 4.0	4.1-5	5.1-6	6.1-7	7.1 >
<i>Lathyrus pratensis</i>	+38	0.07	0.16	0.70	2.20	0.41
<i>Lotus corniculatus</i>	+25	0.07	0.57	1.03	0.99	0.73
<i>Medicago lupulina</i>	+84	-	-	0.11	0.59	1.77
<i>Medicago falcata</i>	+83	-	-	0.27	0.50	2.27
<i>Trifolium dubium</i>	+40	-	0.13	0.63	0.37	0.55
<i>Trifolium hybridum</i>	+29	0.05	0.13	1.38	1.96	1.23
<i>Trifolium pratense</i>	+28	0.22	1.04	4.38	3.55	2.09
<i>Trifolium repens</i>	+13	0.10	2.44	3.71	2.22	1.45
<i>Vicia cracca</i>	+19	0.09	0.15	0.70	0.87	0.09
Sum of leguminous crops	-	0.60	4.62	12.91	13.25	10.59

e) pH = 3-8: *Deschampsia caespitosa* (-22), *Festuca rubra* (-20), *Briza media* (-12), *Ranunculus acer* (-4), *Hypericum perforatum* (6), *Phleum pratense* (8), *Alopecurus pratensis* (13), *Poa pratensis* (21), *Poa trivialis* (23),

f) pH = 4-7: *Cynosurus cristatus* (-1),

g) pH = 4-8: *Trifolium repens* (13), *Avenastrum pubescens* (20), *Holcus lanatus* (20), *Poa pratensis angustifolia* (25), *Lotus corniculatus* (25), *Trifolium pratense* (28), *Equisetum palustre* (35), *Agrostis stolonifera* (62), *Agropyrum repens* (65),

h) pH = 5-7: *Carum carvi* (25), *Sanquisorba officinalis* (42),

i) pH = 5-8: *Vicia cracca* (19), *Trifolium hybridum* (29), *Dactylis glomerata* (32), *Trisetum flavescens* (34), *Festuca pratensis* (37), *Trifolium dubium* (40), *Taraxacum officinale* (40),

j) pH = 6-8: *Galium mollugo* (33), *Lathyrus pratensis* (38), *Plantago media* (47), *Galium verum* (53), *Arrhenatherum elatius* (54), *Rumex crispus* (67), *Cirsium oleraceum* (82),

k) pH = 7-8: *Daucus carota* (61), *Medicago falcata* (83), *Medicago lupulina* (84).

Flexible species with wide amplitude (in groups d, e, f) showed altogether very low indication values (± 20).

If indices of occurrence of all studied species of various degrees of soil reaction were summed, it was found that highest representation of quality species was at pH = 5-7:

IV. Indication values and indices of occurrence of the other most spread meadow species

	Indication values	Indices of occurrence at pH amplitude				
		< 4.0	4.1-5	5.1-6	6.1-7	7.1 >
<i>Achillea millefolium</i>	+27	0.86	1.62	1.19	1.40	3.18
<i>Alchemilla d. sp.</i>	-43	3.84	1.47	2.67	0.78	0.27
<i>Bellis perennis</i>	+14	-	0.15	0.15	0.12	0.09
<i>Polygonum bistorta</i>	-61	1.46	0.92	0.52	0.43	-
<i>Calluna vulgaris</i>	-89	5.81	0.50	0.50	-	-
<i>Carum carvi</i>	+25	-	0.05	0.49	0.51	0.05
<i>Cirsium oleraceum</i>	+82	-	-	0.08	1.92	3.82
<i>Cirsium palustre</i>	-30	0.28	0.30	0.13	0.27	-
<i>Daucus carota</i>	+61	0.02	0.22	0.26	0.15	1.16
<i>Equisetum palustre</i>	+35	0.12	0.88	0.56	1.80	1.28
<i>Galium mollugo</i>	+33	0.05	0.32	0.22	0.57	0.45
<i>Galium verum</i>	+53	0.01	0.26	0.08	0.48	0.73
<i>Heracleum sphondylium</i>	+42	0.02	-	0.46	0.78	0.27
<i>Hieracium pilosella</i>	+2	0.12	0.71	1.21	0.53	0.27
<i>Hypericum perforatum</i>	+6	0.24	0.32	0.21	0.03	0.45
<i>Hypericum maculatum</i>	-59	0.43	0.08	0.23	0.03	-
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+6	0.03	0.27	0.36	0.47	-
<i>Knautia arvensis</i>	+21	0.05	0.21	0.06	0.16	0.22
<i>Luzula campestris</i>	-50	0.33	0.23	0.10	0.12	-
<i>Pimpinella saxifraga</i>	-19	0.16	0.29	0.15	0.20	0.05
<i>Plantago lanceolata</i>	+25	0.14	1.13	2.07	1.50	1.53
<i>Plantago media</i>	+47	-	0.20	0.27	0.48	0.58
<i>Prunella vulgaris</i>	+30	0.02	0.63	0.54	0.61	0.82
<i>Potentilla erecta</i>	-54	1.02	1.13	0.53	0.14	-
<i>Ranunculus acer</i>	-4	1.33	0.66	2.46	1.32	0.73
<i>Ranunculus repens</i>	+40	0.61	0.74	1.48	1.79	3.27
<i>Rumex acetosa</i>	+13	0.22	0.72	0.97	0.51	0.74
<i>Rumex crispus</i>	+67	-	-	0.14	0.33	0.45
<i>Sanquisorba officinalis</i>	+42	-	0.03	0.52	1.62	0.18
<i>Taraxacum officinale</i>	+40	0.13	0.33	2.34	1.96	2.50
<i>Vaccinium myrtillus</i>	-96	1.45	-	0.05	-	-

pH	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
Quality species	13	20	38	43	36
Low-grade species	40	60	48	44	54
Weeds	47	20	14	13	10

On the contrary, most of weed species are best for strong acid soils and maximal representation of low-grade components is at pH = 4-5.

References

- BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ, E.: O využití Ellenbergovy metody k ekologickému hodnocení lučních a pastevních stanovišť (On usage of Ellenberg's method for ecological evaluation of grassland sites). *Přírod. Sbor. Ostr. Kraje*, 33, 1955: 513-517.
- BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ, E.: Feuchtwiesen des Landschaftsschutzgebietes Jizerské hory. *Folia geobot. Phytotax.*, 1983: 113-136.
- BOEKER, P.: Bodenreaktion Nährstoffversorgung und Erträge von Grünlandgesellschaften des Rheinlandes. *Z. Pflanzenernährung*, 66, 1954 (3).
- BRAUN-BLANQUET, J.: *Pflanzensoziologie*. Wien, 1951.
- DMITRIEV, A. M.: *Lukařství a jeho vědecké základy (Grassland farming and its scientific foundations)*. Praha, 1953.
- ELLENBERG, H. - ZELER, O.: *Wiesengesellschaften als Zeiger für den Boden und für Möglichkeiten der Ertragssteigerung*. Landwirtschaftlicher Zentraldienst. Stuttgart, 1950.
- KLAPP, E.: *Wiesen und Weiden*. Berlin, 1950.
- KLAPP, E.: *Taschenbuch der Gräser*. Berlin, 1957.
- KLEČKA, A. - FABIÁN, J.: *Vědecké základy lučního a pastevního pokusnictví (Scientific foundations of grassland test work)*. Praha, 1934.
- KRAJČOVIČ, V. et al.: *Krmovínářstvo (Food science and technology)*. Bratislava, 1968.
- LARCHER, W.: *Fyziologická ekologie rostlin (Physiological ecology of plants)*. Praha, Academia 1988.
- REGAL, V.: *Ekologické indikační hodnoty nejrozšířenějších lučních rostlin ČSSR (Ecological indication values of most spread grass plants of the CSSR)*. *Rostl. Výr.*, 1967: 77-88.
- REGAL, V.: *Pícninářská a synekologická charakteristika nejdůležitějších lučních druhů ČSSR (Forage and synecological characteristics of most important meadow species of the CSSR)*. [Thesis.] Praha, 1968. — University of Agriculture.
- REGAL, V. - KRAJČOVIČ, V.: *Pícninářství (Forage production)*. Praha, 1963.
- REGAL, V. - ŠTRÁFELDA, J.: *Vztah lučních leguminóz k půdní reakci (Relationship of meadow leguminous crops to soil reaction)*. *Rostl. Výr.*, 1955: 1475-1510.
- VRIES de, D. - KRUIJNE, A. - MOOR, H.: *Veeluldigheid van graslandplanten en hun aanwijzing van milien - eigenschappen*. *Jaarboek van het.*, 1957: 183-191.

Received for publication on April 30, 1996

VESELÁ, M. - MRKVIČKA, J. (Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Praha, Česká republika):

Vliv půdní reakce na trvalé luční porosty.

Scientia Agric. Bohem., 27, 1996 (4): 261-270.

Cílem studie je vyhodnocení vlivu půdní reakce na výnos a bonitu lučních porostů a stanovení amplitudy a optima pH pro nejrozšířenější luční druhy. Na základě rozborů 430 přírodních lučních porostů byly sledovány korelační vztahy mezi floristickým složením, výnosem i bonitací půdy a půdní reakcí. Půdní reakce není dominantním ekologickým faktorem, a proto je rozptyl výnosů na všech stupních půdní reakce velmi rozsáhlý. Na 156 lokalitách byly odebrány půdní vzorky a laboratorně byla stanovena výměnná půdní reakce, která byla členěna do pětistupňové ekologické řady. Pro jednotlivé ekologické stupně byla stanovena prevalence (P) a průměrná dominance (D) nejrozšířenějších druhů. Dále byl vypočítán index výskytu a indikační hodnoty. Bonita porostů byla stanovena pomocí šestistupňové škály (Regal et al., 1958).

Pro jednotlivé stupně hygrosérie jsme stanovili tyto průměrné hodnoty pH: 1. xerofyta - 6,5; 2. mezoxerofyta - 5,3; 3. mezofyta - 5,6; 4. mezohygrofyta - 5,6; 5. hygrofyta - 5,8. Statisticky významná diference v půdní reakci byla pouze pro xerofytní stanoviště.

Těsnější závislost půdní reakce byla zjištěna ve vztahu ke klimatickým podmínkám charakterizovaným zemědělským výrobním typem. Na základě fytoindikace byly zjištěny tyto hodnoty pH/KCl: 1. kukuřičný výrobní typ - 6,75; 2. řepařský - 6,20; 3. bramborářský - 5,25; 4. horský - 4,65; 5. subalpinské pásmo - 3,80.

Vztah půdní reakce k úrodnosti půdy není zcela jednoznačný, i když celkově převládá tendence vyšších hodnot pH/KCl pro úrodnější půdy. V rámci trofosérie jsme zjistili tyto průměrné hodnoty pH/KCl: 1. oligotrofní - 4,15; 2. mezooligotrofní - 5,68; 3. mezotrofní - 6,10; 4. mezoeutrofní - 6,27; 5. eutrofní - 6,30. Pro jednotlivé výnosové kategorie (sušina v t.ha⁻¹) jsme stanovili tyto průměrné hodnoty pH/KCl: 1. pod 1,5 t = 4,70; 2. 1,6 - 3,0 t = 5,60; 3. 3,1 - 4,0 t = 5,93; 4. 4,6 - 6,0 t = 6,30; 5. nad 6,1 t = 6,23.

V tab. I jsou vyhodnoceny průměrné výnosy na pěti stupních půdní reakce jednak pro celý soubor, jednak pro mezofytní a mezotrofní stanoviště. Ve všech případech lze konstatovat tendenci snižování výnosů se vzrůstající koncentrací vodíkových iontů. Nejvýrazněji se to projevuje na mezofytních stanovištích. Na mezotrofních stanovištích vliv půdní reakce již není tak průkazný. Mezní hodnocení je pH = 5,0, což potvrzuje závěry, které uvádí Klapp (1957).

Komplexnější pícninářskou hodnotu porostu vyjadřuje jeho bonita, která se výrazněji zlepšuje při vzestupu pH nad 5,0. Většina společenstev, která rostou na silně kyselých půdách, má průměrnou bonitu pod 50 bodů, na slabě kyselých půdách převládají porostové typy kulturních trav s bonitou nad 60 bodů. Amplituda výskytu

většiny lučních fytoocenóz je z hlediska půdní reakce velmi široká, takže s výjimkou Nardet je není možné využít pro bezpečnou fytoindikaci.

V tab. II, III a IV jsou shrnuty indikační hodnoty a indexy výskytu 64 nejrozšířenějších lučních komponentů při různých stupních půdní reakce.

Luční druhy lze rozdělit podle rozsahu amplitudy nejčastějšího výskytu do několika skupin (a–k), kde čísla v závorkách uvádějí indikační hodnotu pro pH. Plastické druhy se širokou amplitudou (ve skupinách d, e, f) vykazaly vesměs velmi nízké indikační hodnoty (± 20). Naopak většině plevelných druhů nejlépe vyhovují půdy silně kyselé a maximální zastoupení podřadných komponentů bývá při pH = 4–5.

půdní reakce; luční komponenty; travní fytoocenózy; produkce; bonita luk; fytoindikace

Contact Address:

Doc. Ing. Miloslava Veselá, CSc., Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 165 21 Praha-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 30 34, fax: 02/24 38 20 63