

Vliv vybraných pěstebních zásahů na stabilitu půdních agregátů v dlouhodobých polních pokusech

Jan KŘEN¹ - Magdaléna KOUBOVÁ² - Michal RÁBEK¹ - Tamara DRYŠLOVÁ¹ - Markéta MAYEROVÁ³ - Mikuláš MADARAS³

¹ Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno; E-mail: kren@mendelu.cz, dryslova@mendelu.cz, michal.rabek@mendelu.cz

² Česká geologická služba, Klárov 131/3, 118 21 Praha 1; E-mail: magdalena.koubova@geology.cz

³ Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507/73, 161 06 Praha – Ruzyně, mayerova@vurv.cz, madaras@vurv.cz

Podporováno MZe ČR, projekt NAZV č. QK 1810186.



Stabilita půdních agregátů - soil aggregate stability (SAS)

- schopnost půdních agregátů odolávat působení vnějších vlivů
- důležitá vlastnost ovlivňující setrvalost hospodaření na půdě
- významný indikátor fyzikálních vlastností půdy
- významně ovlivňuje úrodnost půdy

SAS je ovlivňována řadou faktorů, z nich v tomto příspěvku budou hodnoceny:

- management posklizňových zbytků
- aplikace dusíku v minerálních hnojivech
- intenzita zpracování půdy při zakládání porostů obilnin po různých předplodinách



Monokultura jarního ječmene založená v roce 1970

- Polní pokusná stanice AF MENDELU
Žabčice (25 km jižně od Brna)
- Velikost parcel: 9.6 – 12.15 m²
- 4 opakování

Hodnocení v letech 2018-2021

- podmínka do 8 cm po sklizni,
- P+K hnojení (superfosfát 45%, dávka 90 kg P₂O₅ + draselná sůl 60%, dávka 120 kg K₂O),
- orba (22 cm), ve třetí dekádě října,
- předseťová příprava a následná ruční aplikace síranu amonného (30, 60, 90 kg N/ha),
- setí (400 semen na m²) v březnu,
- válení co nejdříve po zasetí,
- aplikace post-emergentního herbicidu (druhá dekáda dubna), aplikace fungicidu a insecticidu,
- sklizeň v první polovině července.

Management slámy	Dávky N (kg/ha) síran amonný	Varianty
Sláma sklízena	0	SS-0N
	30	SS-30N
	60	SS-60N
	90	SS-90N
Sláma zaorána	0	SZ-0N
	30	SZ-30N
	60	SZ-60N
	90	SZ-90N

Charakteristika lokality Žabčice

Nadmořská výška	184 m
Průměrná roční teplota	9,2 °C
Suma ročních srážek	483 mm
Výrobní oblast	kukuřičná
Klimatický region	velmi teplý, suchý
Langův dešťový faktor	57 (semiaridní region)
Trvání slunečního svitu	1800 – 2000 hodin/rok
Půdní typ	Fluvizem glejová (FM _G)

Vrchní horizont

výměnná půdní reakce

sorpční komplex

zásoba dostupných živin

středně těžká až těžká půda, hloubka 0 – 0.35 cm

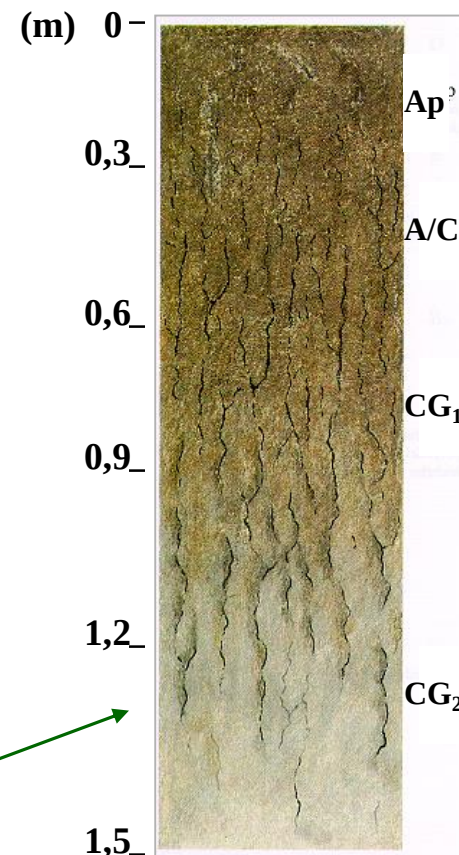
obsah humusu 2.28%

mírně kyselá – neutrální

nasycený

dobrá

Vysoký obsah Fe_{ox} - okolo 5200 ppm (mg/kg) a Al_{ox} - okolo 2000 ppm



Prováděné analýzy

Vzorkování půdy v letech **2018-2021** v dvou termínech: jarní (konec dubna a květen) a letní (srpen).

Vzorky odebírány z vrchní vrstvy půdy (0-5 cm), mezi řádky obilnin speciální lopatkou, náhodně uvnitř parcel, nejméně 50 cm od jejich okrajů

Po vysušení byly přesévány na přístroji Analysette 3 SPARTAN pulverisette 0 (Fritsch, Idar-Oberstein, Germany) na sítích s otvory 2 a 1 mm.

a) Frakce 1-2 mm byla využita pro stanovení SAS metodou mokrého prosévání (Kandeler 1996):

- **96 SAS laboratorních analýz:** 4 roky x 2 termíny vzorkování x 4 opakování x 3 navážky,
- pro výpočty byly využity průměry tří analyzovaných navážek reprezentujících parcely jednotlivých opakování v polním pokusu.

b) Velikostní frakce agregátů pod 2mm byla využita pro geochemické a mineralogické analýzy:

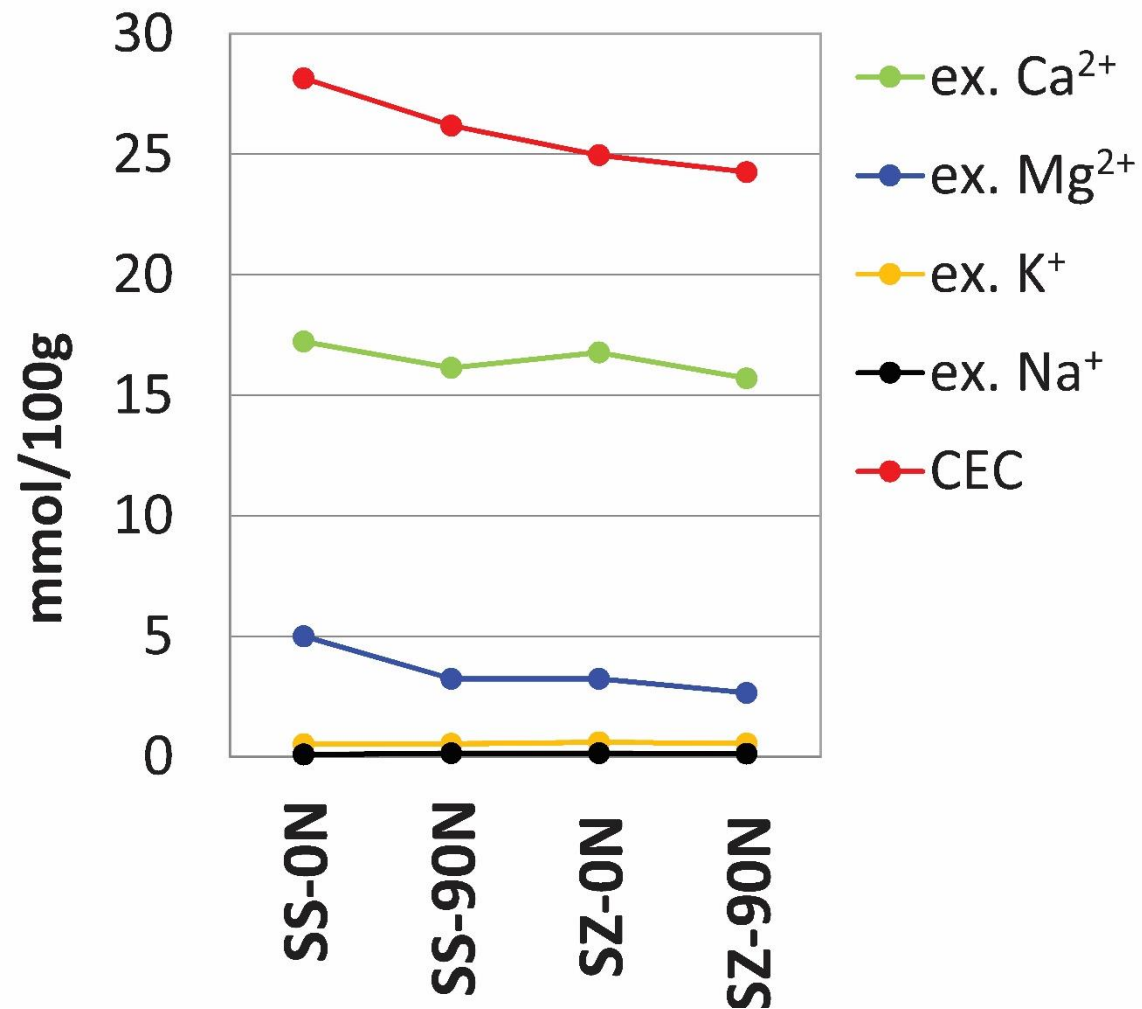
- kationtová výměnná kapacita (KVK = CEC) s výměnnými kationty (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+}),
- obsah půdního organického uhlíku ($\text{SOC} = \text{TOC} - \text{C}_{\text{min}}$) a celkový obsah dusíku (TN), pH,
- kationty extrahovatelné oxalátem amonným (Fe_{ox} , Al_{ox} , Mn_{ox} , Si_{ox}), rozdělení půdních částic,
- rentgenová difrakční analýza náhodných prachových vzorků pro semikvantitativní mineralogické složení metodou Rietveld a XRD analýzy orientovaných vzorků separované jílové frakce pro identifikaci a semikvantifikaci jílových minerálů pomocí modelování softwarem Sybilla

Výsledky geochemických a mineralogických analýz

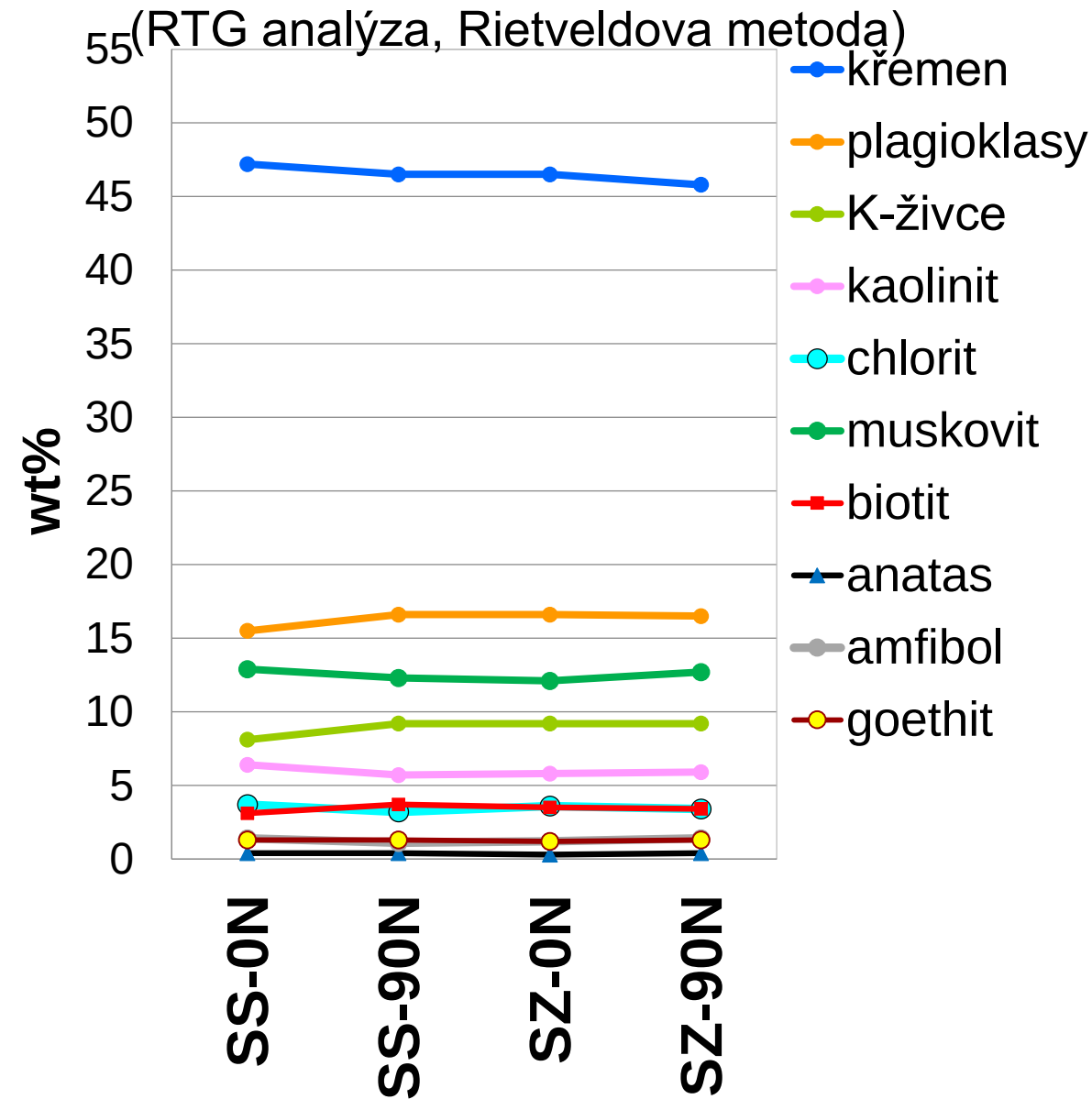
- Ukázaly velkou homogenitu analyzovaných půdních vzorků hodnocených variant **stabilní obsah jednotlivých frakcí půdních částic**, kationtů extrahovaných oxalátem amonným (**Fe_{ox} , Al_{ox} , Mn_{ox} a Si_{ox}**), semikvantitativního minerálního složení a mineralogie fylosilikátů v jílové frakci.
- Výsledkem dlouhodobé aplikace síranu amonného bylo zvýšení obsahu celkového N, **snížení pH**, půda se okyselila, kationtová výměnná kapacita (**KVK**) **se mírně snížila**, bazické výměnné kationty byly mírně vyluhovány (ex. Ca^{2+} , ex. Mg^{2+}), bazální saturace byla snížena vyluhováním.
- V důsledku zapravení slámy se obsah uhlíku v půdě (SOC) se mírně zvýšila.

Výsledky analýz půdních vzorků I

Kationtová výměnná kapacita (KVK=CEC)
a koncentrace výměnných kationtů
(mmol/100g)

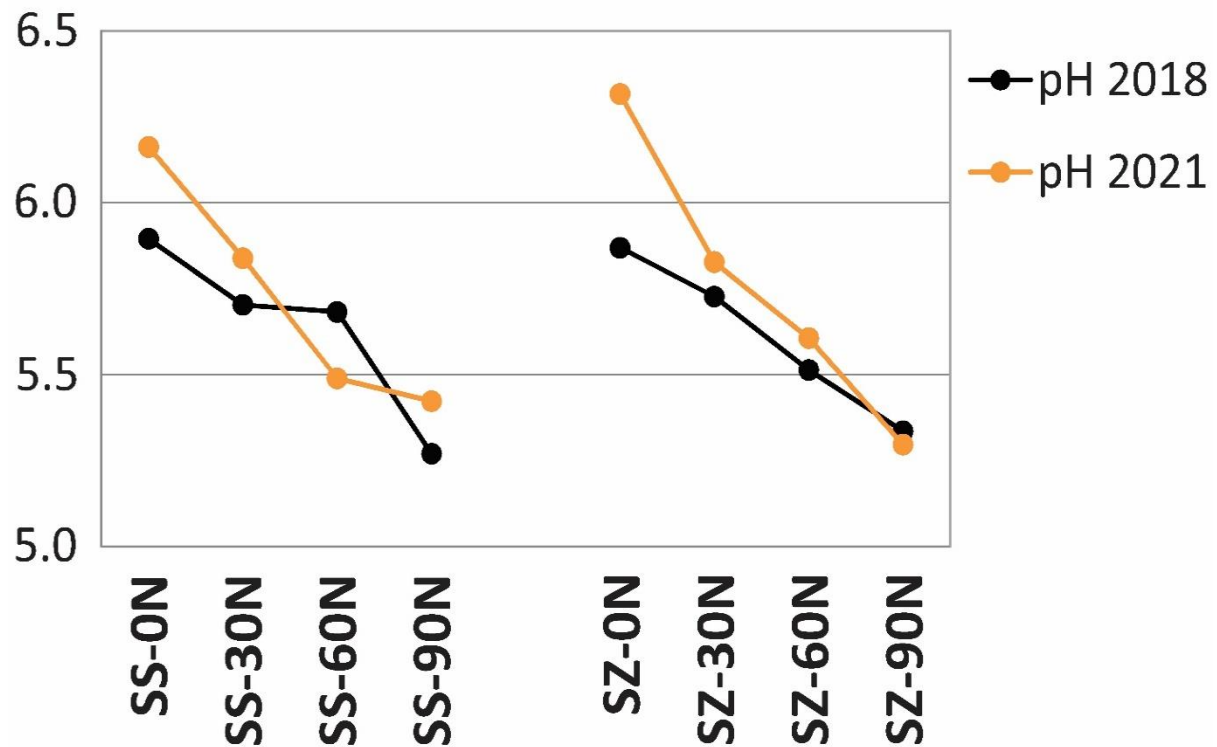


Semikvantitativní mineralogické složení, frakce pod 2 mm

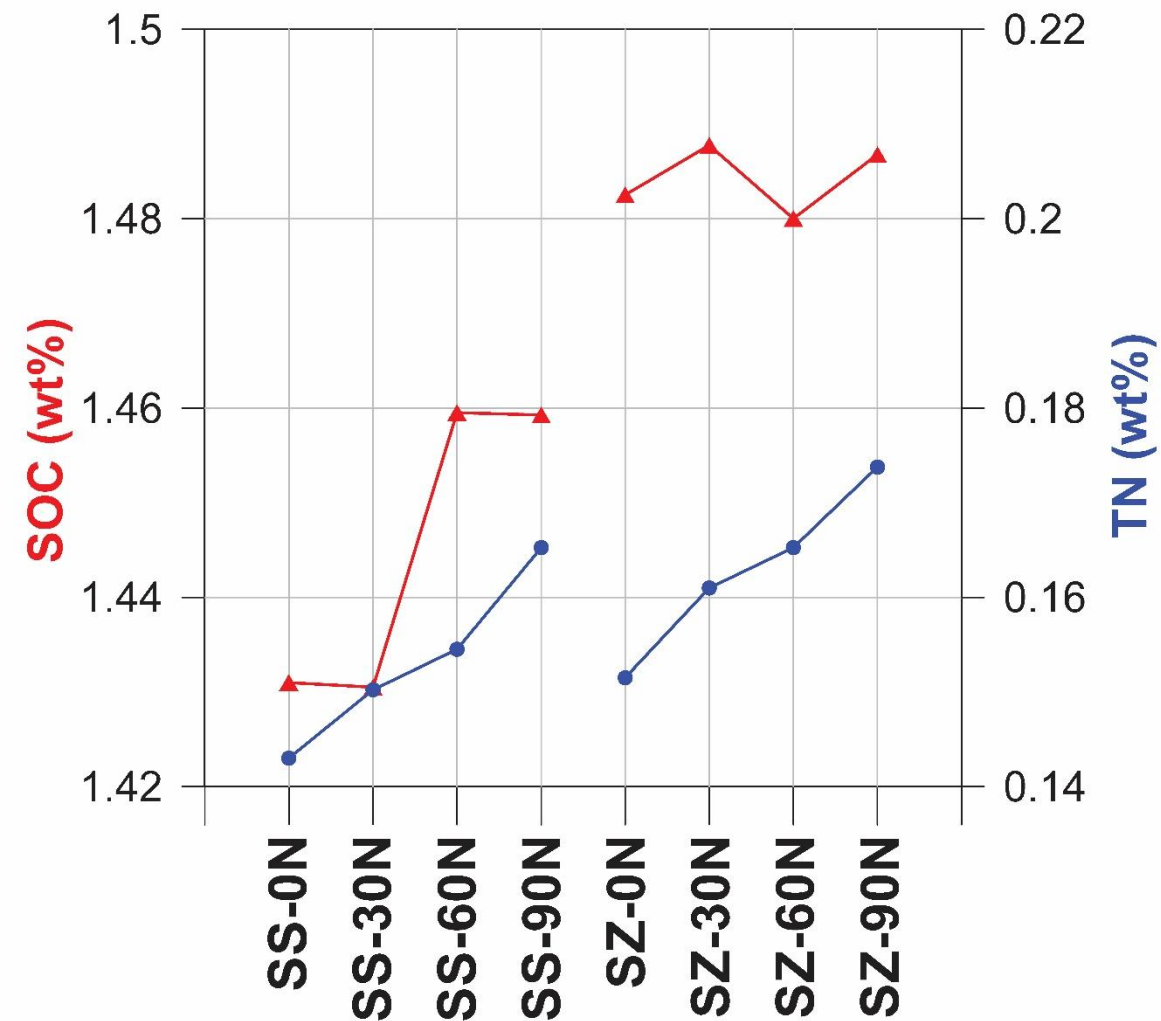


Výsledky analýz půdních vzorků II

pH

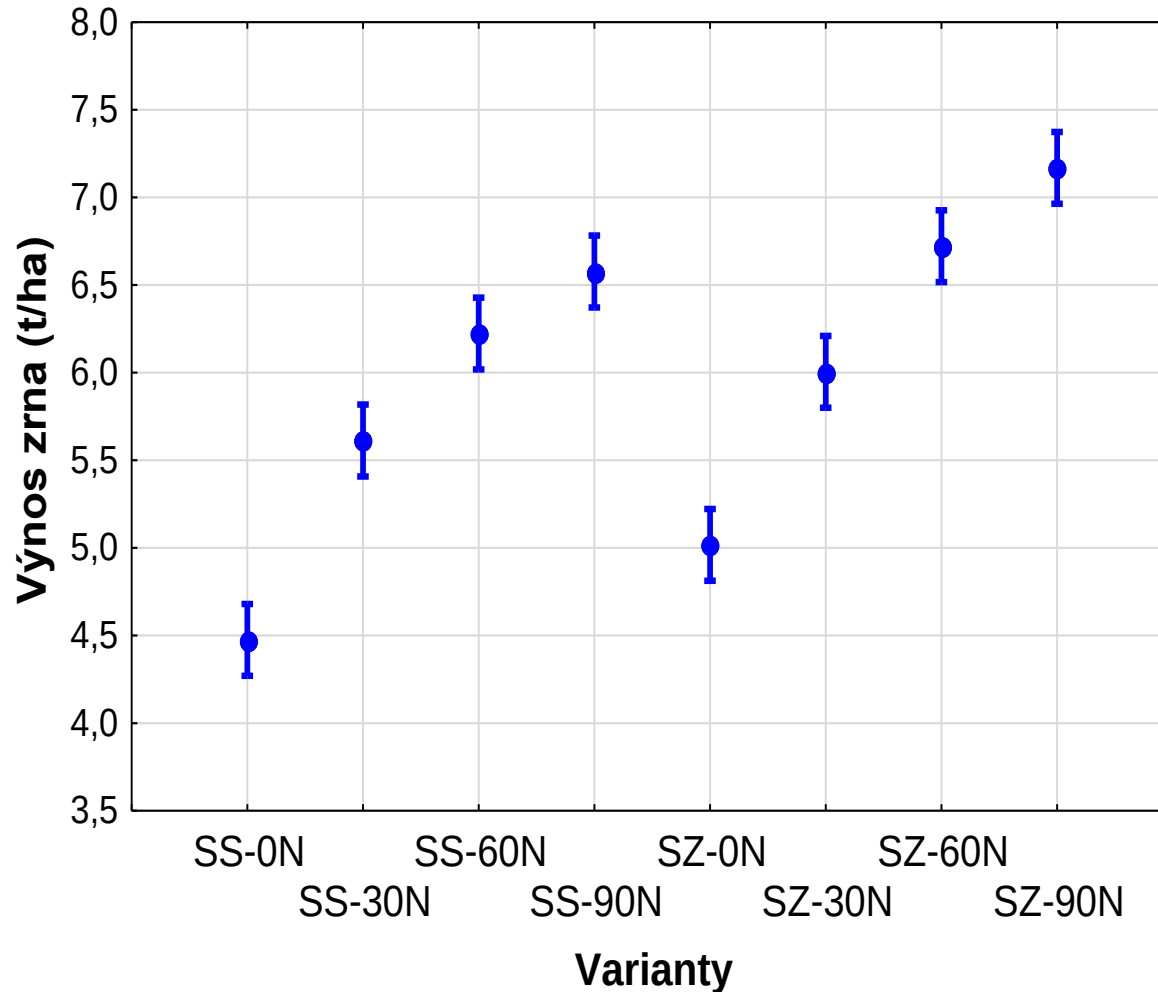


Obsah půdního organického uhlíku (SOC, wt%)
a celkového dusíku (TN, wt%).



Grafické znázornění rozdílů mezi hodnocenými variantami (2018-2021)

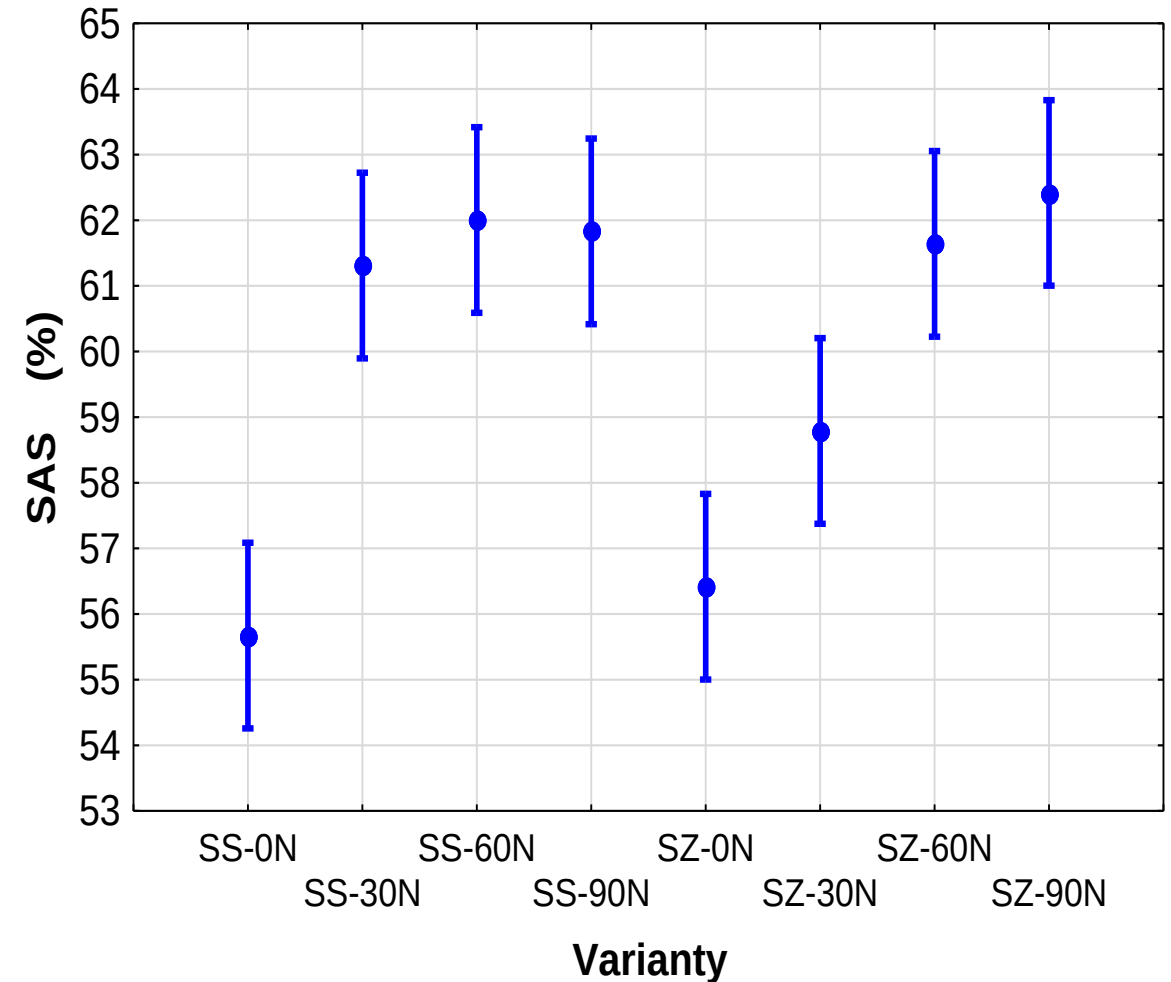
Výnos zrna ječmene (t/ha) n = 16



Průměrný rozdíl ve výnosu zrna SS a SZ variantami byl **0,51 t/ha**.

Varianty se zapravenou slámou dávaly vyšší výnos zrna (0,51 t/ha v průměru).

SAS (%) n = 32



Hodnoty SAS byly vysoké až velmi vysoké a pohybovaly se mezi **54-64%**

Analýza variance výnosu zrna (t/ha) jarního ječmene a hodnot SAS (%) porovnávaných variant polního pokusu

Zdroj variability	Výnos zrna (t/ha)			SAS (%)		
	DF	MS	p	DF	MS	p
Varianty (A)	7	13,043	0	7	231,5	0
Roky (B)	3	51,522	0	3	659,5	0
Termíny vzorkování (C)				1	539,5	0
Varianty*Roky (AxB)	21	3,472	0	21	32,7	0,008
Varianty*Termíny vzorkování (AxC)				7	51,2	0,004
Roky*Termíny vzorkování (BxC)				3	769,2	0
Varianty* Roky*Termíny vz. (AxBxC)				21	32,9	0,008
Chyba	96	0,171		192	16,5	

Porovnání výsledků

Hodnoty **SAS se zvyšovaly s narůstající dávkou N rozdílně na SS a SZ variantách:**

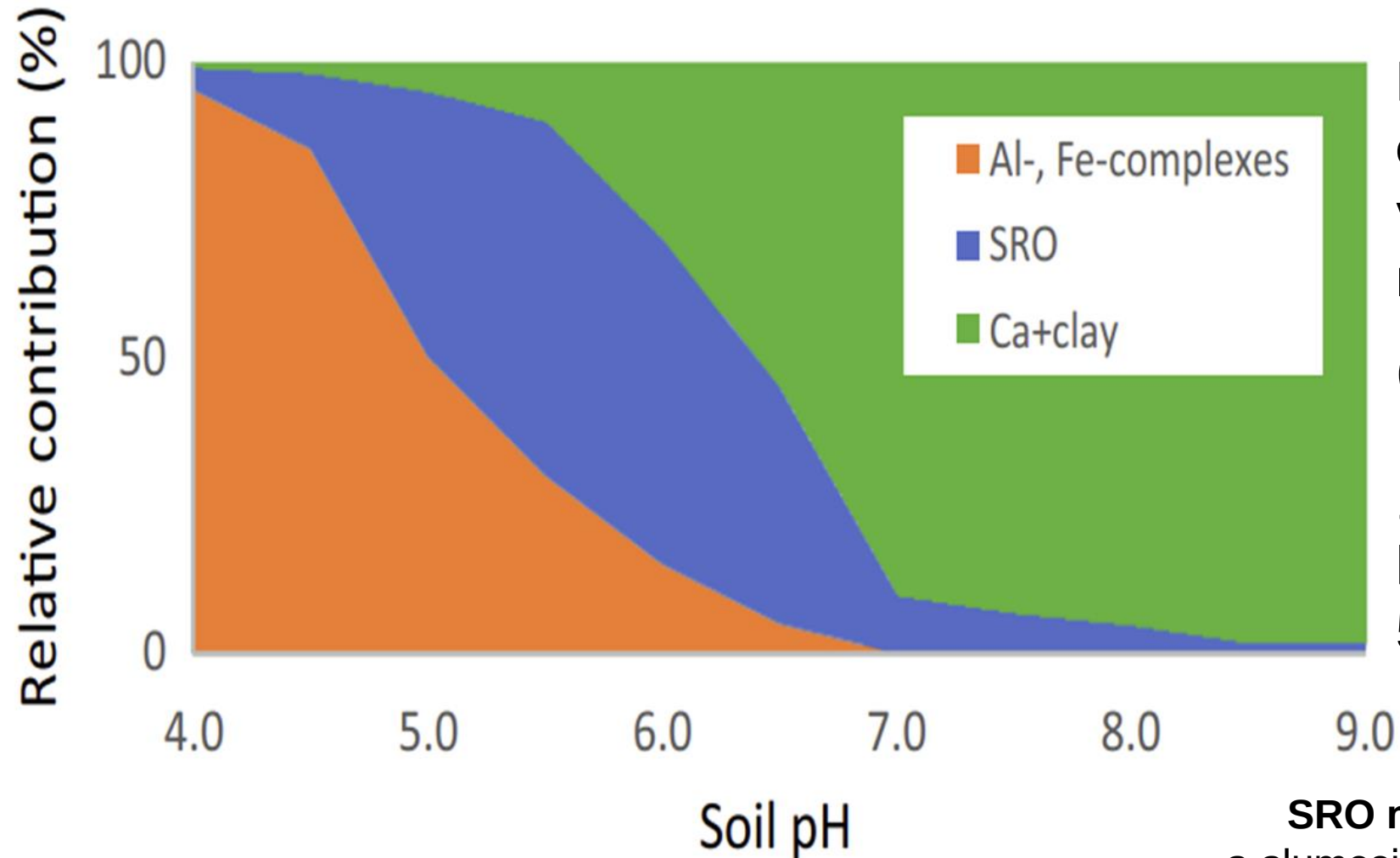
- U **SS** variant se hodnoty SAS zvyšovaly skokem z 56 % u 0N na 61-62 % u 30N, 60N, 90N,
- U **SZ** variant se hodnoty SAS zvyšovaly postupně s nárůstem dávky N z 56,5 % u 0N na 59 % u 30N, 61,5 % u 60N and 62,5 % u 90N.

V odborné a vědecké literatuře převažují publikace uvádějící:

- negativní vliv hnojení minerálními hnojivy na SAS (Brtnický et al. 2017, Zhao et al. 2018),
- pozitivní vliv zapravení organické hmoty včetně posklizňových zbytků na SAS (Zhang, et al. 2016; Zhao et al. 2018; Xue et al. 2019, 2020),
- zapravení posklizňových zbytků (slámy) do půdy je účinnou metodou ke zmírnění acidifikace (Hao et al., 2020).

Naše výsledky jsou v rozporu s těmito závěry.

Model ukazuje, jak pH půdy ovlivňuje význam stabilizačních mechanismů půdní organické hmoty (SOM) od Al- a Fe- organokovových komplexů v kyselých půdách přes relativní dominanci materiálů krátkého dosahu (SRO) ve středně kyselých půdách, k výměnnému obsahu vápníku a jílu v neutrálních až bazických půdách.



Modelování významu obsahu organické hmoty v půdě (SOM) v závislosti na hodnotách pH.

(Rasmussen et al., 2018)
Biogeochemistry (2018)
137:297–306,
<https://doi.org/10.1007/s10533-018-0424-3>

SRO minerály - amorfní oxidy, hydroxidy a alumosilikáty (allophan, imogolit, ferrihydrit)

Návrh na vysvětlení

Se zvyšující se dávkou hnojení síranem amonným klesá pH.

Se snižujícím se pH, se zvyšuje vliv obsahu $\text{Fe}_{\text{ox}} + \text{Al}_{\text{ox}}$ na stabilizaci půdní organické hmoty.

SAS se zvyšuje pouze s poklesem pH, ačkoliv KVK a obsah ex. Ca^{2+} a ex. Mg^{2+} klesají, a obsah organického uhlíku v půdě (SOC) je přibližně stejný.

Se zapravením slámy se výnosy zrna zvyšují (v průměru 0,51 t/ha), zejména s mírně rostoucím obsahem organického uhlíku v půdě (SOC), i když hodnoty SAS v případě hnojení 30N a 60N byly nižší než u slámy sklízené.

Hodnoty SAS na lokalitě Žabčice jsou vysoké, změna SAS proto neovlivňuje výnosy zrna tolik jako malá změna obsahu organického uhlíku v půdě (SOC).

Závěry

- Potvrdily se dřívější poznatky o vlivu $\text{Fe}_{\text{ox}} + \text{Al}_{\text{ox}}$ na zvýšení hodnot SAS s klesajícím pH. Hodnota pH klesala se zvyšováním dávek síranu amonného v důsledku okyselení.
- Toto zvýšení SAS tzv. „chemickou cestou“ spojenou s nižším pH nelze z hlediska správného hospodaření na půdě považovat za výhodné.
- Výsledky ukazují na důležitou roli organické hmoty při ovlivňování půdních procesů a úrodnosti půdy.
- SAS je důležitým ukazatelem při hodnocení kvality a úrodnosti půdy, nicméně SAS by měla být vždy posuzována ve vztahu k ostatním vlastnostem půdy.
- Udržení úrodnosti půdy umožňuje zapravená sláma, hnojení dusíkem tak aby nedocházelo k okyselování půdy a vápnění pro zvýšení pH.

Zpracování půdy a stabilita agregátů (SAS)

Volba vhodného způsobu zpracování půdy je důležitá pro zajištění výnosů a ekonomiky pěstovaných plodin a také pro udržení půdy v dobrém produkčním stavu s vysokou stabilitou půdních agregátů (SAS %).

Nemusí to být pravidlem, že orba obvykle snižuje hodnoty SAS a naopak technologie bezorebného a redukováného zpracování půdy zvyšují SAS prostřednictvím zvýšení obsahu organického uhlíku v půdě.

SAS je výsledkem procesů ovlivněných řadou faktorů, jejichž význam závisí na půdě, klimatu, průběhu počasí a pěstebních postupech. Podíl vlivu těchto faktorů na hodnoty SAS se může lišit.

Pro použití SAS jako jednoho z indikátorů dobrého stavu půdy, je třeba znát, do jaké míry je ovlivněna výše uvedenými faktory.

Lokality polních pokusů



**Žabčice
(ZB)**

**Ivanovice na Hané
(IH)**

Lokalita/ Charakteristika	Žabčice (ZB)	Ivanovice na Hané (IH)
Půdní typ	flvizem glejová	černozem degradovaná
Půdní druh	jílovito hlinitá	hlinitá
Nadmořská výška	184 m	225 m
Průměrná denní teplota	9,2 °C	8,8 °C
Roční suma srážek	483 mm	549 mm
Výrobní oblast	kukuřičná	řepařská
Klimatický region	velmi teplý suchý	teplý, mírně suchý

Hodnocené varianty v maloparcelních stacionárních polních pokusech se čtyřmi opakováními v letech 2018-2021

Varianta	Hloubka zpracování půdy (cm)
PS-OP-ZB	0
K-OP-ZB	12-15
O-OP-ZB	20-24
PS-OP-IH	0
K-OP-IH	10
O-OP-IH	22
PS-JJ-ZB	0
K-JJ-ZB	12-15
O-JJ-ZB	20-24
PS-JJ-IH	0
K-JJ-IH	10
O-JJ-IH	22

Varianty zpracování půdy

PS – přímé setí

K – minimální zprac. půdy (kypření)

O – konvenční zprac. půdy (orba)

Plodiny a předplodiny

OP – ozimá pšenice po dvouleté vojtěšce

JJ – jarní ječmen po cukrovce

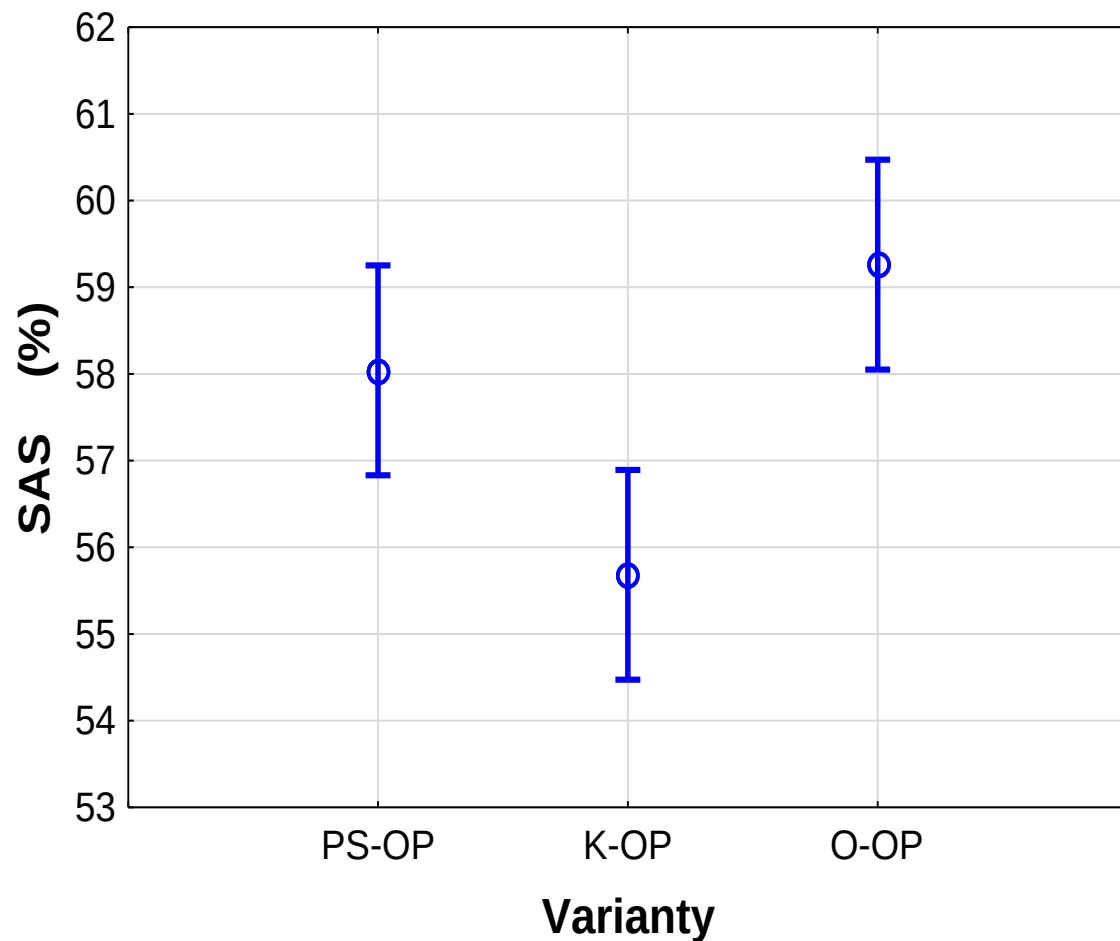
Lokality

ZB – Žabčice

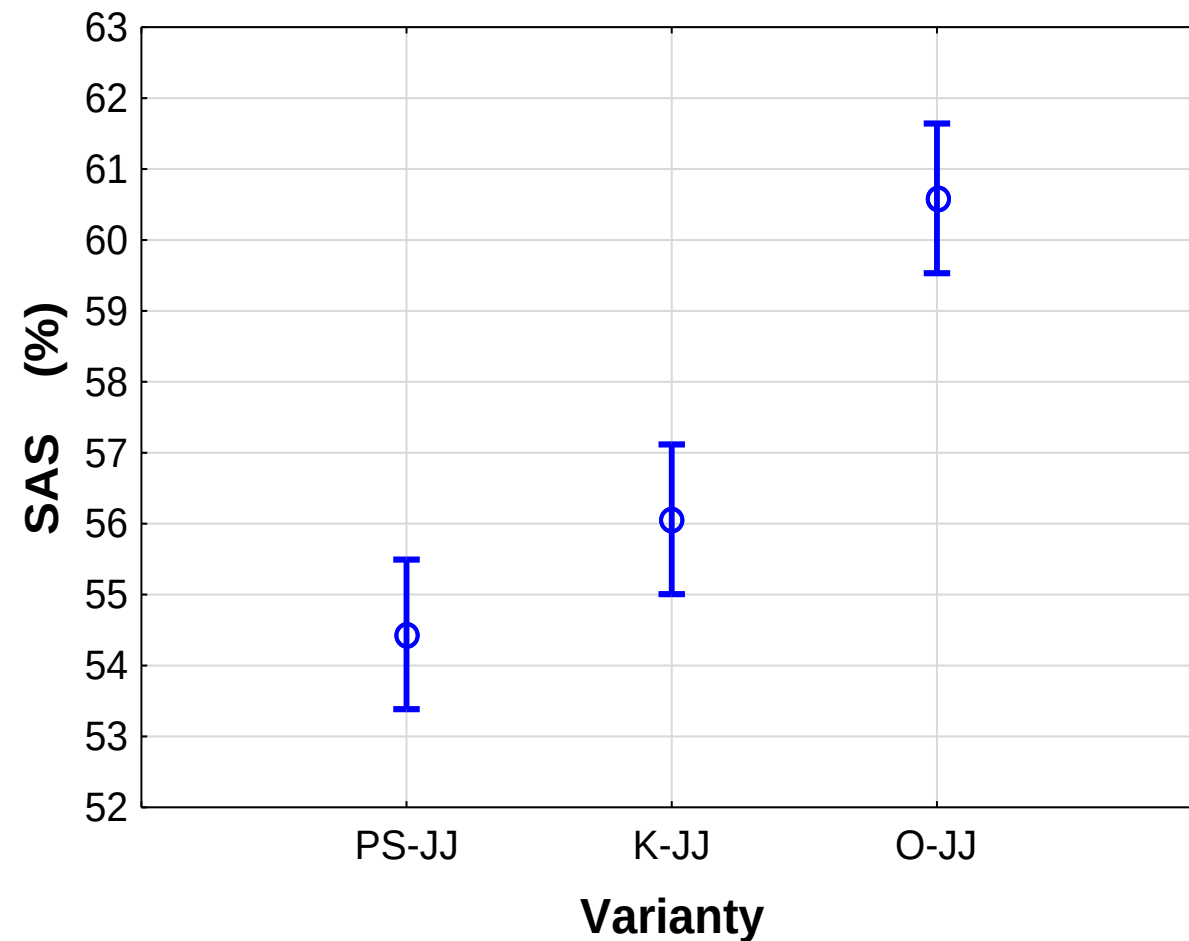
IH – Ivanovice na Hané

Hodnoty SAS (%) ozimé pšenice (OP) po dvouleté vojtěšce a jarní ječmen (JJ) po cukrovce při různém zpracování půdy. Konfidenční intervaly charakterizují měření prováděná ve 4 letech, na 2 lokalitách, 4 opakováních, a 2 termínech vzorkování, n=64.

Ozimá pšenice po dvouleté vojtěšce (OP)



Jarní ječmen po cukrovce (JJ)

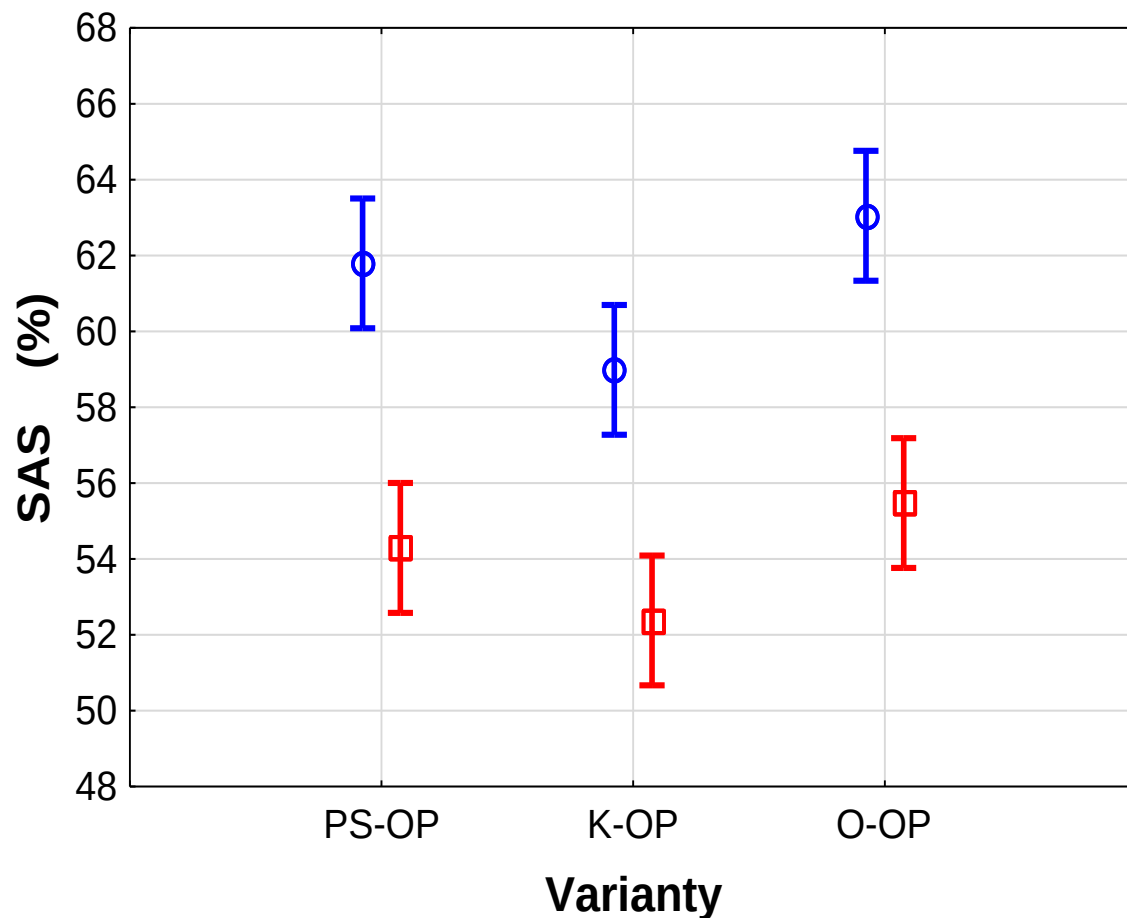


Analýza variance hodnot SAS (%) porovnávaných variant zpracování půdy

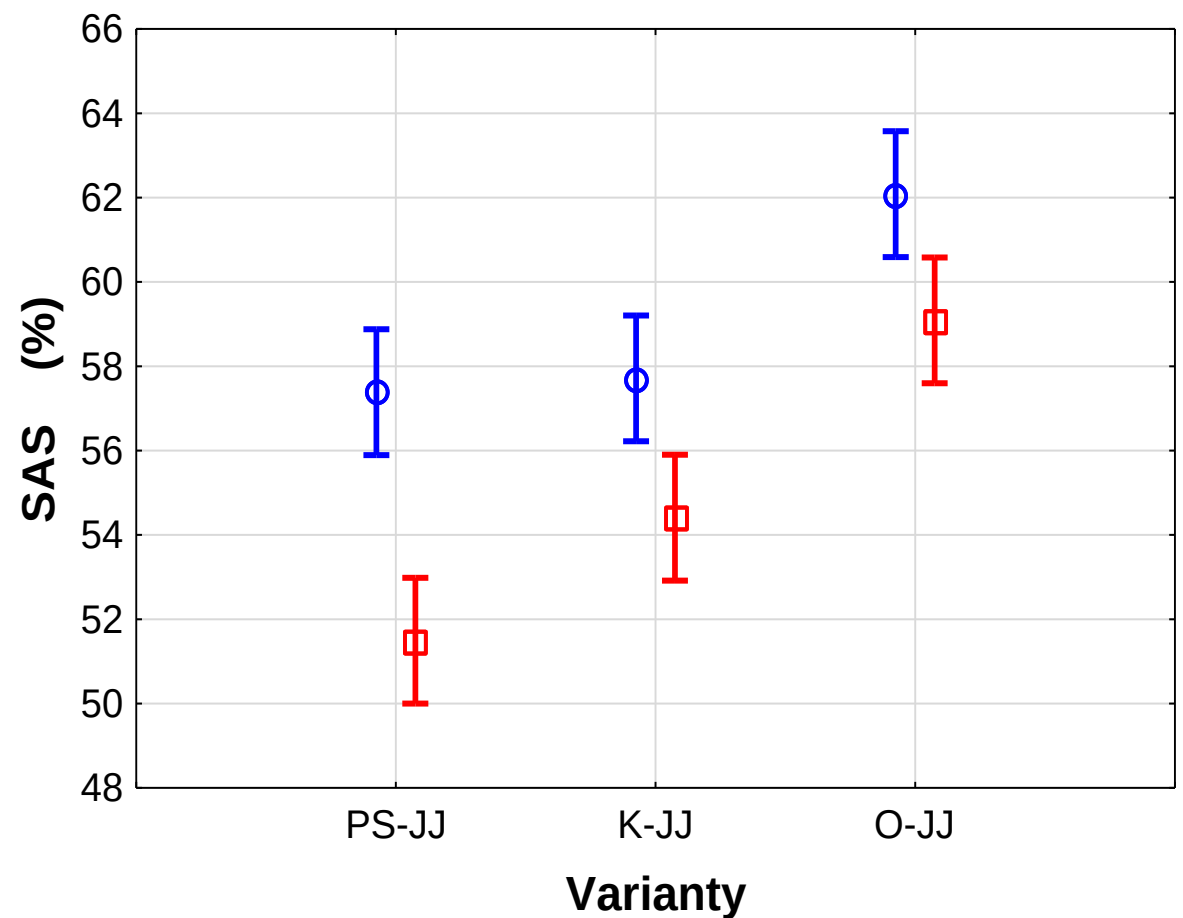
Zdroje variability	DF	Ozimá pšenice (WW)		Jarní ječmen (SB)	
		MS	p	MS	p
Varianty (A)	2	211,81	0,000	649,44	0,000
Lokality (B)	1	25064,62	0,000	792,49	0,000
Termíny vzorkování (C)	1	390,62	0,000	185,34	0,000
Roky (D)	3	425,83	0,000	442,68	0,000
Varianty*Lokality (AxB)	2	4,64	0,824	40,62	0,112
Varianty*Termíny vzorkování (AxC)	2	178,30	0,001	51,87	0,061
Varianty*Roky (AxD)	6	107,38	0,000	59,31	0,005
Lokality*Termíny vzorkování (BxC)	1	92,13	0,052	313,07	0,000
Lokality*Roky (BxD)	3	162,90	0,000	65,65	0,015
Termíny vzorkování*Roky (CxD)	3	101,44	0,007	225,84	0,000
Varianty*Lokality*Termíny vzorkování (AxBxC)	2	55,70	0,102	40,26	0,114
Varianty*Lokality*Roky (AxBxD)	6	58,67	0,028	97,63	0,000
Varianty*Termíny vzorkování*Roky (AxCxD)	6	39,86	0,135	32,75	0,104
Lokality*Termíny vzorkování*Roky (BxCxD)	3	565,34	0,000	407,56	0,000
Varianty*Lokality*Termíny*Roky (AxBxCxD)	6	26,63	0,360	62,55	0,003
Chyba	144	24,00		18,24	
Celkem	191				

Hodnoty SAS (%) ozimé pšenice (OP) po dvouleté vojtěšce a jarního ječmene (JJ) po cukrovce při různých způsobech zpracování půdy. Konfidenční intervaly charakterizují měření provedená ve 4 letech, na 4 opakováních, ve 2 termínech vzorkování, n=32 (modrá - ZB, červená - IH).

Ozimá pšenice po vojtěšce (OP)



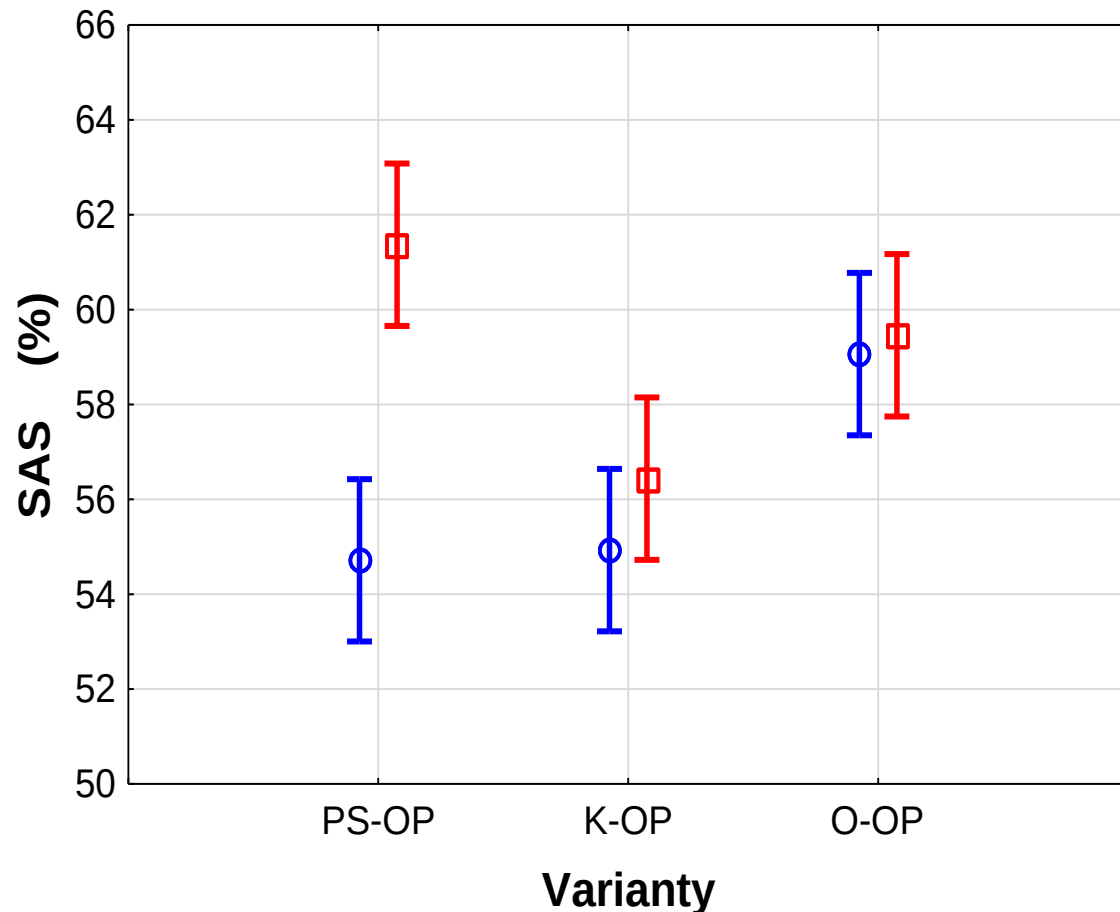
Jarní ječmen po cukrovce (JJ)



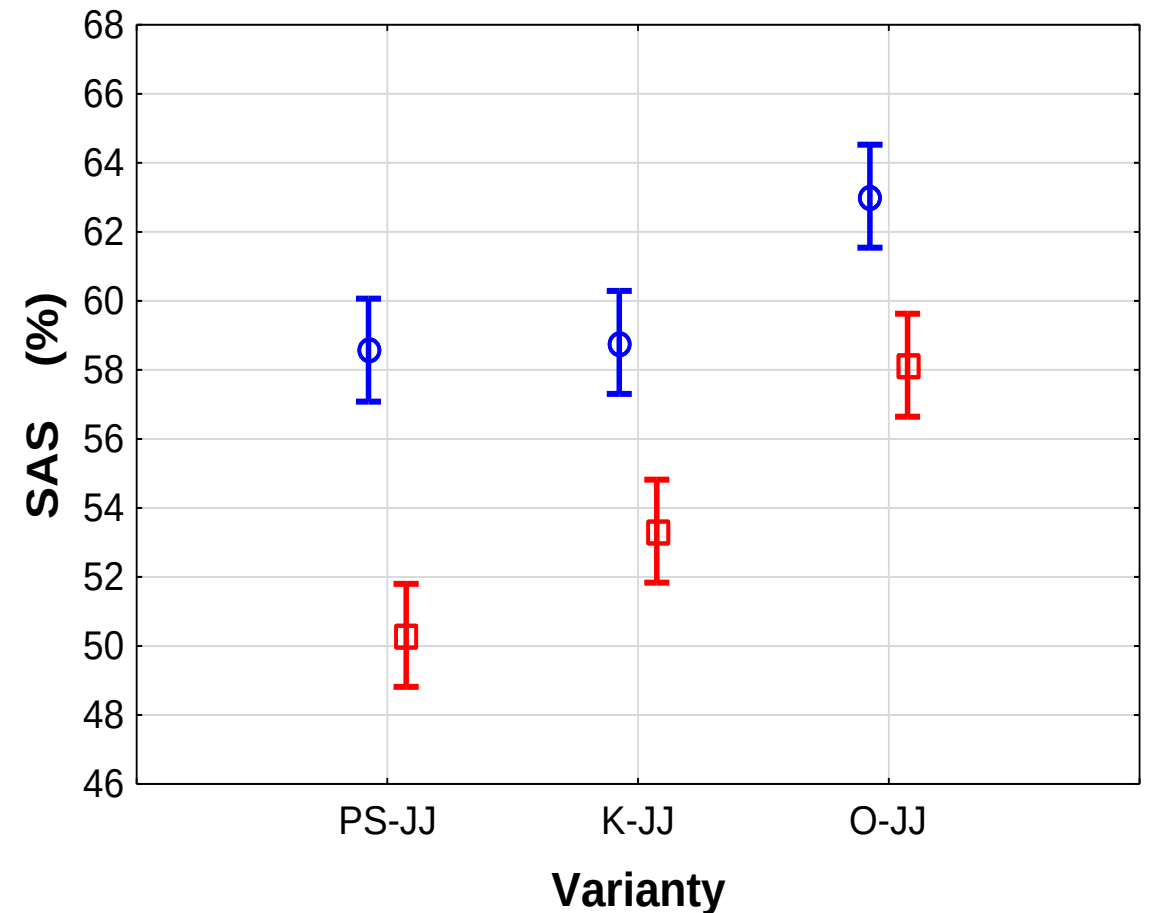
Hodnoty SAS (%) ozimé pšenice (OP) po dvouleté vojtěšce a jarního ječmene (JJ) po cukrovce při různých způsobech zpracování půdy.

Konfidenční intervaly charakterizují měření provedená ve 4 letech, na 4 opakováních, na 2 lokalitách, n=32 (**modrá – jarní vzorkování**, **červená – letní vzorkování**).

Ozimá pšenice po vojtěšce (OP)

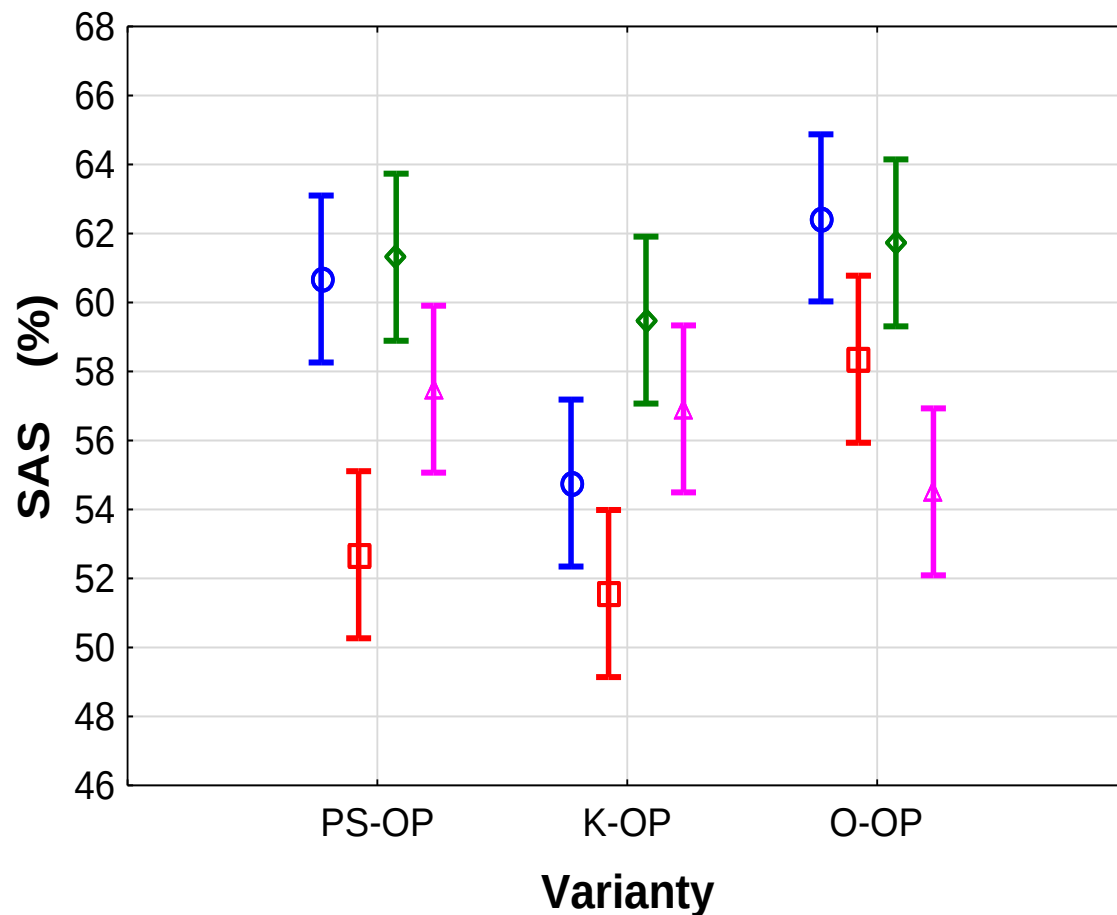


Jarní ječmen po cukrovce (JJ)

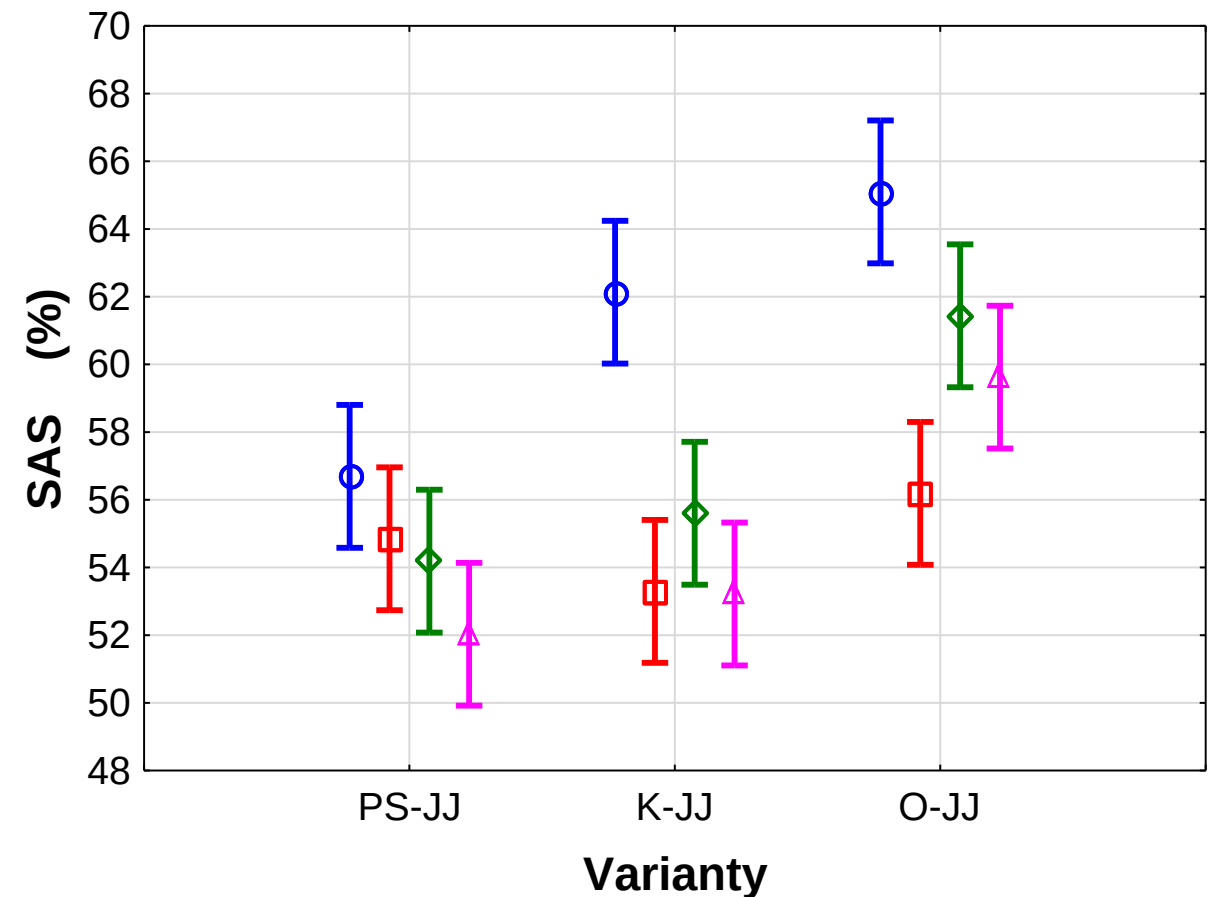


Hodnoty SAS (%) ozimé pšenice (OP) po dvouleté vojtěšce a jarního ječmene (JJ) po cukrovce při různých způsobech zpracování půdy. Konfidenční intervaly charakterizují měření provedená na 2 lokalitách, na 4 opakováních, ve 2 termínech vzorkování, n=16 (modrá - 2018, červená - 2019, zelená - 2020, fialová - 2021).

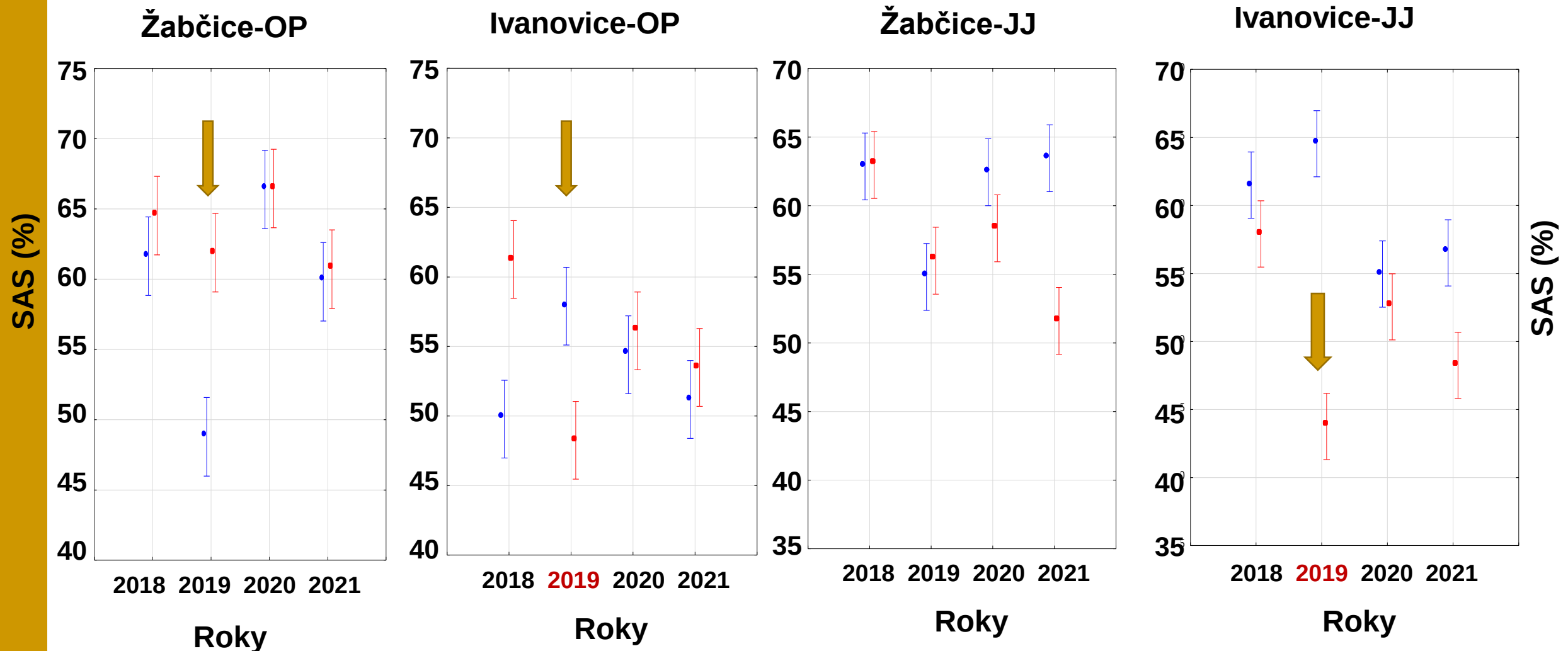
Ozimá pšenice po vojtěšce (OP)



Jarní ječmen po cukrovce (JJ)



Hodnoty SAS (%) – interakce lokalit x roků x termínů vzorkování. Konfidenční intervaly charakterizují měření 3 variant zpracování půdy a 4 opakování, n=12
(**modrá – jarní vzorkování**, **červená – letní vzorkování**).

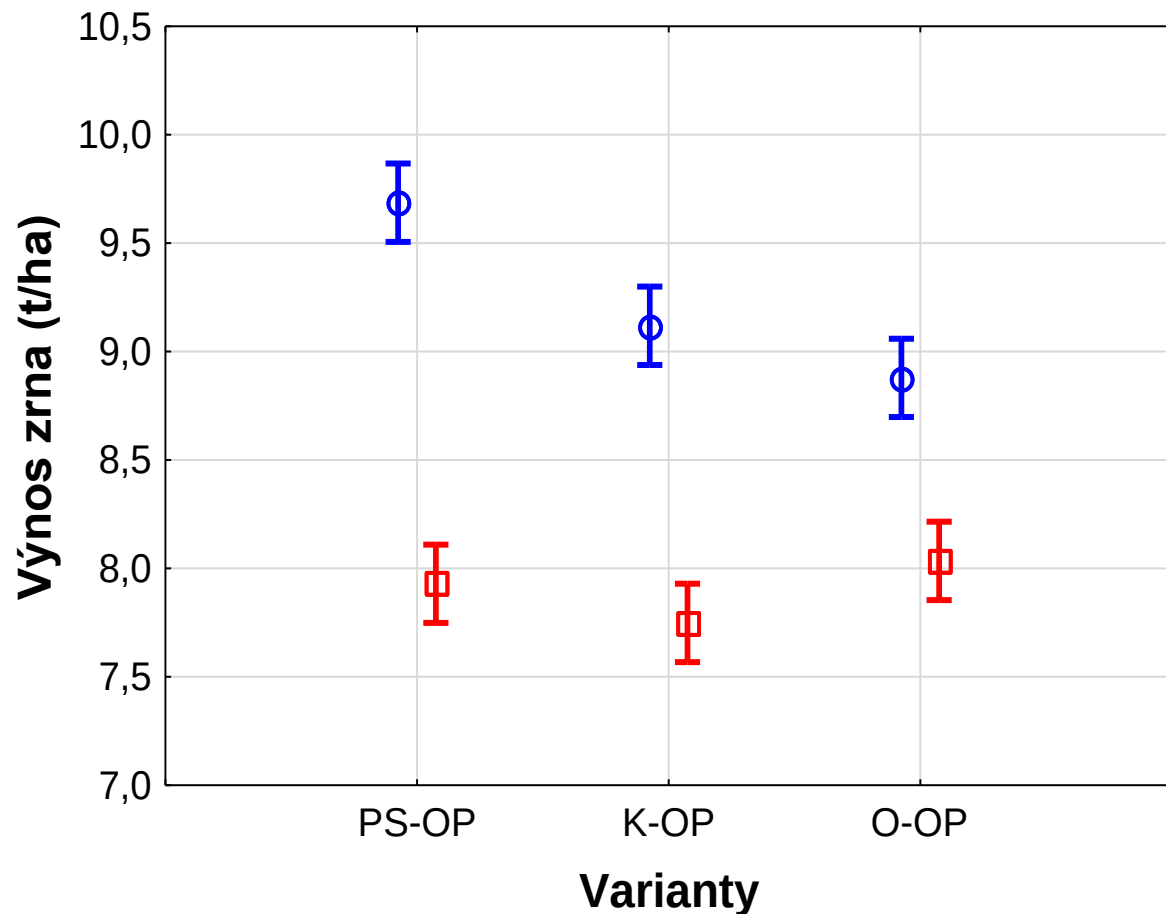


Analýza variance výnosu zrna (t/ha) ozimé pšenice (OP) a jarního ječmene (JJ) porovnávaných variant zpracování půdy

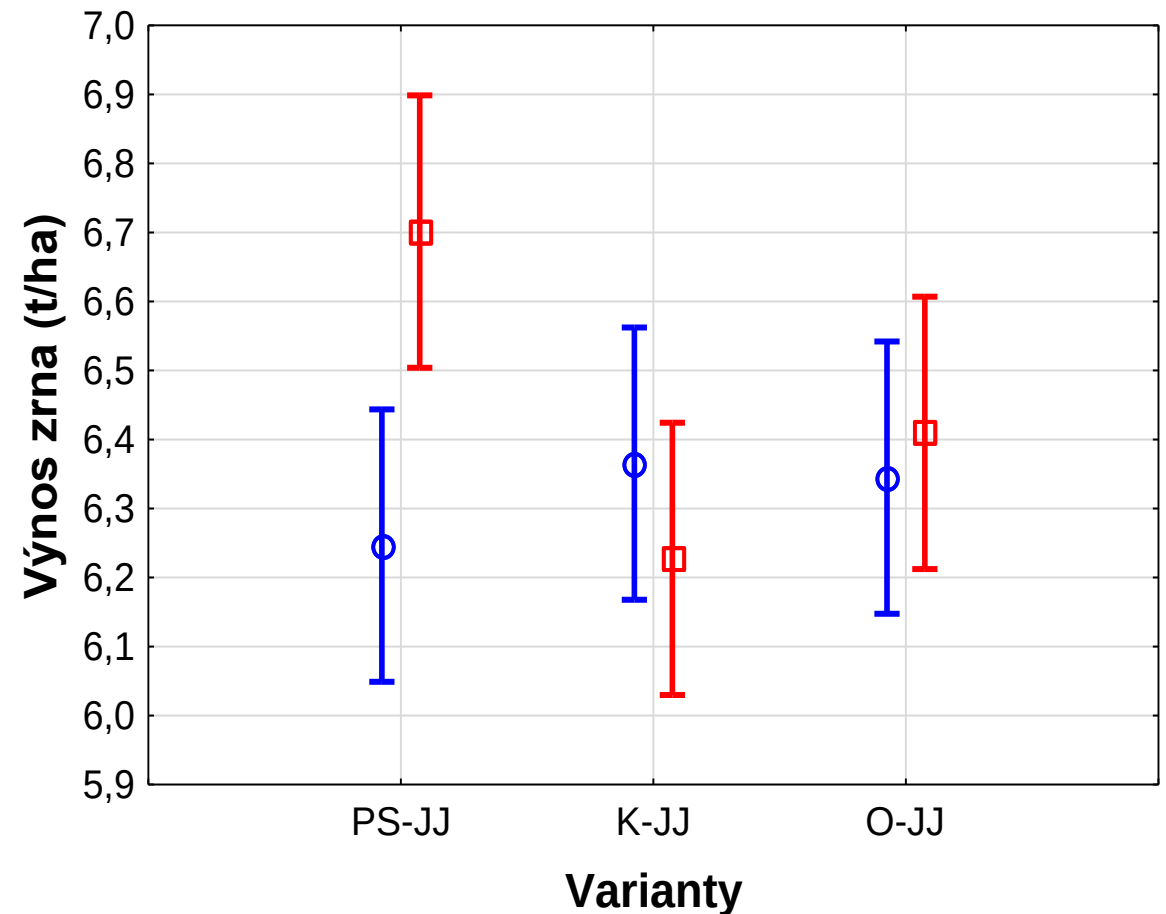
Zdroje variability	DF	Ozimá pšenice		Jarní ječmen	
		MS	p	MS	p
Varianty (A)	2	1,41	0,000	0,25	0,206
Lokality (B)	1	42,06	0,000	0,39	0,120
Roky (C)	3	158,71	0,000	46,98	0,000
Varianty*Lokality (A x B)	2	1,68	0,000	0,73	0,013
Varianty*Roky (A x C)	6	0,12	0,502	0,90	0,000
Lokality*Roky (B x C)	3	31,47	0,000	0,39	0,067
Varianty*Lokality*Roky (A x B x C)	6	1,17	0,000	0,66	0,001
Chyba	72	0,13			
Celkem	95				

Výnosy zrna (t/ha) ozimé pšenice (OP) po dvouleté vojtěšce a jarního ječmene (JJ) po cukrovce při různém způsobu zpracování půdy. Konfidenční intervaly charakterizují měření provedená ve 4 letech, na 4 opakováních, $n=16$ (**modrá - ZB**, **červená - IH**).

Ozimá pšenice po vojtěšce (OP)



Jarní ječmen po cukrovce (JJ)



Sumarizace výsledků I

Výnos zrna (t/ha) ozimé pšenice po vojtěšce (OP) a jarního ječmene po cukrovce (JJ) byl ovlivněn faktory v sestupném pořadí: roky, lokality a způsob zpracování půdy. U OP byla nejvýznamnější interakce roky x lokality a u JJ varianty x roky.

Při pěstování **ozimé pšenice po vojtěšce** byla **SAS** ovlivněna hodnocenými faktory v sestupném pořadí: lokalita, rok, termín odběru a intenzita zpracování půdy.

Při pěstování **jarního ječmene po cukrovce** byla SAS ovlivňována hodnocenými faktory v sestupném pořadí: termín odběru, lokalita, intenzita zpracování půdy a rok.

SAS byla nejvíce ovlivněna interakcemi: **lokalita x termín odběru x rok** pro obě skupiny variant zpracování půdy (**OP a JJ**). Tyto faktory „překrývaly“ vliv hodnocených variant zpracování půdy na SAS.

Sumarizace výsledků II

I přes působení faktorů s větším vlivem na SAS než zpracování půdy, odhalilo čtyřleté hodnocení významně vyšší SAS pro orbu (O) ve srovnání s kypřením (K) při pěstování ozimé pšenice po vojtěšce.

Při pěstování jarního ječmene po cukrové řepě se SAS zvyšovala s intenzitou zpracování půdy a SAS u orby (O) byla významně vyšší než u kypření (K) a přímého setí (PS).

Nárůst hodnot SAS významně nekoreloval se zvýšením výnosu zrna hodnocených variant.

Tyto výsledky nejsou v souladu s běžně uváděnými poznatky v odborné literatuře.

Závěry

Výsledky ukazují vysokou citlivost SAS (podobně jako výnosu polních plodin) na různé faktory s časovými a prostorovými vlivy.

Ty zvyšují variabilitu hodnot SAS, což překrývá rozdíly mezi variantami hodnocených pěstebních opatření a zpřísňuje jejich statistické ověřování, které vyžaduje víceleté hodnocení.

Dopady procesů ovlivněných pěstebními opatřeními na SAS je třeba posuzovat komplexně s přihlédnutím ke všem dostupným informacím.

Subsoil

Chisel Plow

Vertical Till

Moldboard Plow

Strip Till

Field Cultivator

Shallow Disk

Děkuji Vám za pozornost

<https://blog-crop-news.extension.umn.edu/2021/10/from-cover-crops-to-tillage-how-soil.html>