

Vliv heliogeofyzikálních faktorů na zemědělskou produkci

*Jaroslav Střeščík
Geofyzikální ústav AV ČR, Praha*

Influence of heliogeophysical factors on the agricultural production

Summary: Production per hectare of the main agricultural plants in former Czechoslovakia during 1955–1988 are compared with the yearly and monthly averages of different quantities describing solar and geomagnetic activity and also with the meteorological parameters. A significant correlation between the production of corn per hectare, especially rye, has been found. Lower but still significant correlations appeared when the production was compared with some meteorological parameters. All correlations are significantly higher when the appropriate monthly values or mean values for months in the vegetation period are used instead of yearly values.

Dlouhodobá změna klimatu za poslední století vyžaduje posoudit, jaký bude její dopad na děje na Zemi, mezi něž patří též zemědělství. Na pozemské děje však mají vliv i faktory mimozemské, které také podléhají dlouhodobým změnám. Na možný vliv vnějších činitelů, především sluneční aktivity, upozornil již před delším časem Čiževskij [1]. U nás se vlivem mimozemských faktorů na zemědělskou produkci zabýval Bucha [2], tam též další reference. V tomto příspěvku se budeme věnovat mimozemským vlivům na různé zemědělské plodiny a pro porovnání vezmeme do úvahy také vlivy meteorologické.

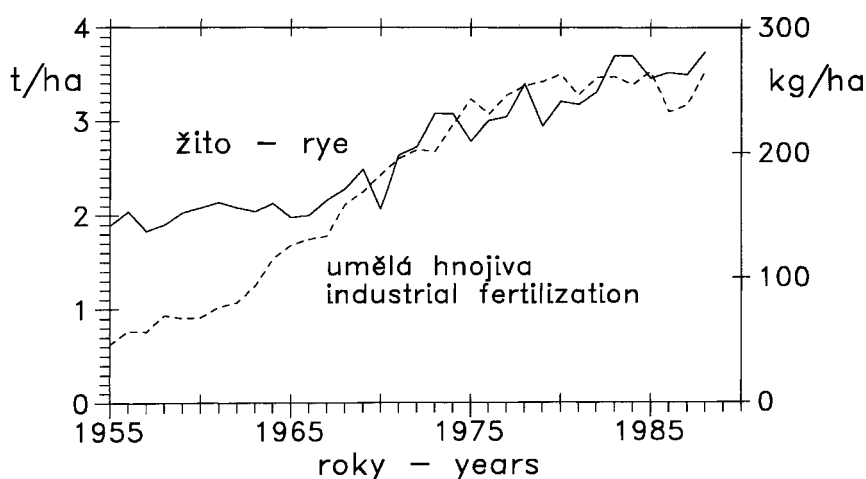
Všechna zemědělská data pocházejí ze Statistických ročenek ČSSR [3] a platí pro celé území bývalé ČSSR (v ročenkách jsou uváděny i údaje zvláště pro Českou a Slovenskou republiku). V ročenkách se uvádějí pro porovnání jeden nebo dva předcházející roky a někdy i údaje před pěti lety, takže je možno ověřit, zda údaje v jednotlivých svazcích jsou srovnatelné, zda nedošlo k nějaké změně kritérií pro uváděné hodnoty. Použili jsme období 34 let počínaje rokem 1955, kdy byla prakticky dokončena kolektivizace zemědělství, a končící rokem 1988, ještě než nastaly další změny, takže toto období lze považovat za homogenní. Jednotlivé plodiny budou popsány níže. Heliogeofyzikální data jsou brána z mezinárodních bulletinů a z materiálů observatoře Niemegek v bývalé NDR [4]; na vzdálenosti od našeho území zde nezáleží. Meteorologická data pocházejí z observatoře v Praze na Karlově [5]. Je samozřejmé, že meteorologická data z jediné stanice nelze považovat za reprezentativní pro celé území ČSSR, avšak můžeme předpokládat, že v ročních nebo i v měsíčních průměrech se rozdíl mezi jednotlivými oblastmi stírají, takže v tomto směru mohou být data z Karlova vyhovující.

Na obr. 1 vidíme průměrné hektarové výnosy žita v celém sledovaném období. Prakticky stejný průběh vykazuje pšenice a ječmen. Obrázek ukazuje, jak rostla v posledních desetiletích naše životní úroveň – za 30 let vzrostly výnosy obilovin na dvojnásobek. Zčásti je to výsledek práce šlechtitelských stanic, které připravily kvalitnější odrůdy. Z větší části však toto zvýšení výnosů souvisí s obrovským nárůstem spotřeby umělých hnojiv, jak ukazuje čárkovaná křivka na témže obrázku. Jejich spotřeba vzrostla za 30 let na pětinašobek! V posledních letech již spotřeba hnojiv nerostla, spíše klesala, z důvodů asi ekonomických. Ve statistických ročenkách se uvádějí zvláště hnojiva draselná, dusíkatá a fosforečná, zmíněný vzrůst spotřeby platí pro všechny stejně. Hektarové výnosy však takový růst nevykazují. Ještě horší je to u brambor a cukrové řepy, u nichž vzrůst hektarových výnosů za 30 let není tak velký jako u obilovin, třebaže se hnojí stejně jako obiloviny.

Prohlédneme-li si růst hektarových výnosů pozorněji, zpozorujeme mnohá zvládnění, která nemají obdobu u spotřeby hnojiv. Na hektarové výnosy mají tedy vliv ještě jiné faktory, které právě způsobují krátkodobé kolísání. Toto kolísání je u všech obilovin přibližně stejné, u brambor, cukrové řepy a dalších plodin se však podstatně liší. Jistě zde budou působit faktory

meteorologické. Charakter zvlnění, zvláště u obilovin, poněkud připomíná změnu sluneční aktivity v průběhu jedenáctiletého cyklu a proto zaměříme svoji pozornost hlavně tímto směrem.

Pro další zpracování nejprve upravíme data tak, abychom vyloučili lineární růst. Ten je u každé plodiny jiný, u dat meteorologických a heliogeofyzikálních není žádný. Jednoduše proložíme souborem bodů regresní přímkou a všechny hodnoty vztáhneme k ní. Dále je ještě transformujeme tak, aby dosahovaly hodnot mezi nulou a jedničkou. V dalším budeme používat pouze takto transformované údaje. Jako první krok spočítáme korelační koeficienty mezi ročními hektarovými výnosy každé plodiny a ročními hodnotami jednotlivých heliogeofyzikálních a meteorologických veličin. Pro koeficienty počítané ze 34 dvojic je hranice 99% významnosti 0,49 a hranice 95% významnosti je 0,36. Většina koeficientů těchto hodnot nedosahuje, proto je nebudeme uvádět všechny, ale zmíníme se jen o těch statisticky významných.



Obr. 1. Hektarové výnosy žito (plná čára, levá stupnice) a spotřeba umělých hnojiv na hektar (čárkovaně, pravá stupnice) v letech 1955–1988 v ČSSR.

Fig. 1. Production of rye per hectare (solid line, left-hand scale) and application of industrial fertilizers per hectare (dashed, right-hand scale), ČSSR 1955–1988.

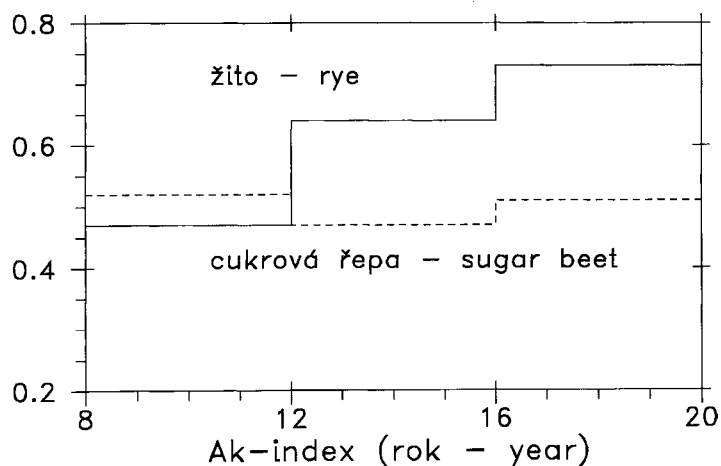
Navzdory očekávání je korelace s ročními hodnotami Wolfových čísel daleko pod hranicí 95% významnosti, pro žádnou plodinu nepřesahuje hodnotu 0,2. Proto se tímto faktorem nebudeme nadále zabývat.

Něco jiného je však geomagnetická aktivita. Pro ni jsme použily tři způsoby číselného vyjádření. Prvním je prostý součet tříhodinových K-indexů ΣK , druhým index Ak, oba ze stanice Niemegek (na naší stanici Budkov se index Ak v dřívějších letech neuváděl), třetím celosvětový index aa. Geomagnetická aktivita jen velmi přibližně sleduje aktivitu sluneční, proto kterákoli veličina může vykazovat s geomagnetickou aktivitou zcela jinou korelaci než se sluneční aktivitou.

Nejvyšší korelace vůbec byla nalezena mezi geomagnetickým indexem Ak a hektarovým výnosem žito, činí 0,61. O něco nižší hodnoty vyjdou pro index ΣK a ještě nižší pro aa, avšak stále ještě významné. U pšenice a ječmene jsou všechny hodnoty nižší, významné jsou jen pro index Ak (0,37 pro obě plodiny). Kukuřice pěstovaná na zrno, brambory, cukrová řepa a olejniny vykazují vesměs korelace s geomagnetickou aktivitou statisticky nevýznamné, stejně jako snůška medu. Hrubá zemědělská produkce vyjádřená v Kčs a přepočtená tak, aby jednotlivé roky byly srovnatelné, však koreluje s geomagnetickou aktivitou lépe, protože je dána především výnosem obilovin. Korelační koeficient překračuje 0,5. Ve Statistické ročence se také uvádí zvláště hrubá rostlinná a živočišná produkce. Korelace pro rostlinnou produkci je o něco vyšší než pro živočišnou.

Na obr. 2 je ukázána závislost hektarových výnosů žito a cukrové řepy na ročních hodnotách Ak-indexu ve zvolených pásmech. Ta jsou volena tak, aby přibližně stejný počet roků spadl do

každého pásma. Velmi podobný graf jako pro žito dostaneme i pro další obiloviny, graf pro brambory nebo kukuřici připomíná spíše graf pro řepu. Pro jiné indexy geomagnetické aktivity dostaneme prakticky totéž jako pro Ak-index. Použití nepřepočtených hodnot hektarových výnosů není metodicky správné, protože by nebyl stejný podíl let ze začátku a z konce období ve všech skupinách podle velikosti Ak-indexu.



Obr. 2. Průměrné přepočtené hektarové výnosy žito (plná čára) a cukrové řepy (čárkovaně) v ČSSR v letech 1955–1988 v závislosti na roční hodnotě indexu Ak.

Fig. 2. Mean relative production per hectare of rye (solid line) and of sugar beet (dashed line) in ČSSR 1955–1988 in dependence on the annual value of Ak-index.

Roční průměry meteorologických veličin, teploty vzduchu, srážek, oblačnosti, vlhkosti vzduchu dávají s výnosy jednotlivých zemědělských plodin korelace skoro vždy statisticky nevýznamné. Hranice 95% významnosti je překročena jen u snůšky mezi korelované s oblačností ($-0,39$), což lze očekávat (více oblačnosti = méně medu). Obecně je nejlepší korelace s oblačností, případně s relativní vlhkostí vzduchu u všech plodin (i když stále nevýznamná). Menší je pro srážky, zřejmě z důvodu jejich značné proměnlivosti s místem. Graf pro meteorologické parametry sestavený stejně jako obr. 2 je vzhledem k nízké korelaci většinou plochý a nevýrazný.

Tyto nízké korelace napovídají, že dosavadní výpočty budou pravděpodobně značně nepřesné. Skutečně je lze považovat pouze za první přiblížení, za jakési potvrzení, že nějaká korelace zde existuje. Podstata věci je v tom, že metodicky není odůvodněné použití průměrných ročních hodnot heliogeofyzikálních nebo meteorologických veličin. Vždyť např. obilí se sklízí v létě a úroda už pochopitelně nezávisí na tom, jaká bude geomagnetická aktivita nebo počasí ve zbývajících měsících do konce roku. Naopak u plodin setých na podzim mohou mít určitý vliv také přírodní podmínky v podzimních měsících předcházejícího roku, tedy krátce po zasetí.

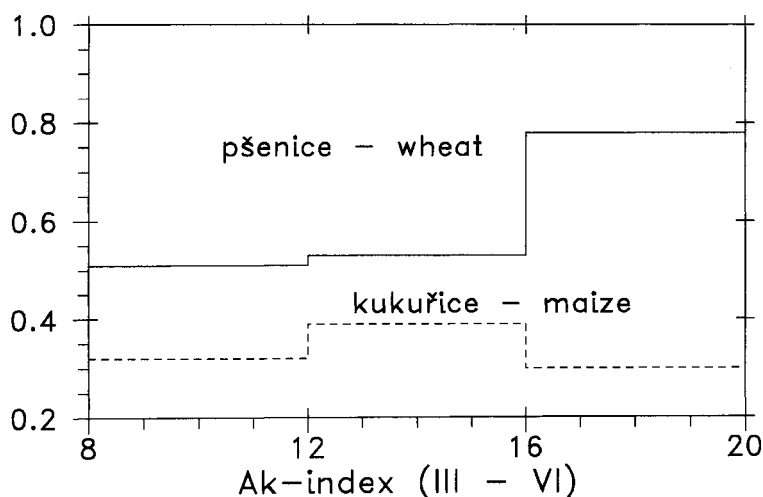
Jako další krok vytvoříme časové řady jednotlivých heliogeofyzikálních a meteorologických veličin pro každý měsíc zvlášť. Tedy např. geomagnetická aktivita lednová, únorová atd., totéž pro teplotu, srážky aj. K tomu ještě hodnoty platné pro druhou polovinu předcházejícího roku, celkem tedy 18 řad pro každou veličinu. Korelační koeficienty jsme spočítali stejným způsobem jako pro roční data. Z tohoto velkého množství tabulek uvedeme jen nejdůležitější výsledky.

Především se potvrzují nízké a statisticky nevýznamné korelace všude tam, kde takové lze očekávat. To znamená mezi výnosem dané plodiny a každou fyzikální veličinou v těch měsících, kdy už je tato plodina sklizena. Dále v měsících na začátku roku, tj. před zasetím nebo v období vegetačního klidu, opět platí pro každou plodinu a fyzikální veličinu. A samozřejmě pro všechny veličiny v podzimních měsících předcházejícího roku, jde-li o plodiny seté na jaře.

V období růstu jsou ovšem korelace vyšší. Korelace s geomagnetickou aktivitou (index Ak) je významná od března do června, pak klesá. Nejvyšší je pro žito v dubnu (0,64), ale i v ostatních měsících přesahuje hodnotu 0,5. Také pro pšenici a ječmen přesahují korelační koeficienty alespoň

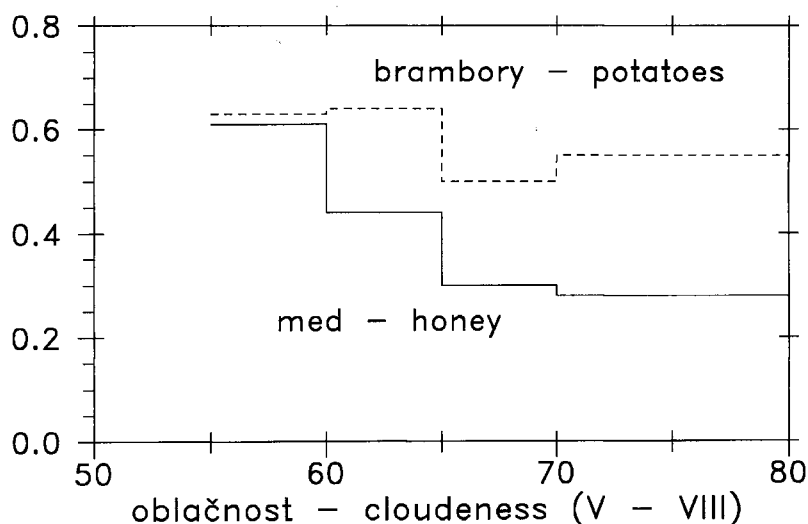
95% mez významnosti. Pro ostatní geomagnetické indexy jsou korelace nižší stejně jako u ročních dat. Významnost 95% je překročena ještě u hroznů v květnu, pro ostatní plodiny jsou i měsíční korelace nevýznamné.

Z meteorologických veličin vychází nejvyšší korelace pro oblačnost, i když obvykle ani zde nedosahuje 95% hranice významnosti (číselně jen 0,2 – 0,3). Nejvíce se jí blíží u obilovin a je kladná. Naopak pro snůšku medu je korelace významná a záporná, nejvyšší je v červnu a červenci (–0,46). Obdobné, ale slabší korelace vycházejí pro relativní vlhkost vzduchu. Pro teplotu a hlavně pro srážky jsou velmi nízké. Důvodem je pravděpodobně velká místní proměnlivost srážek, což znamená, že data z jedné stanice dobře nevyhovují.



Obr. 3. Průměrné přepočtené hektarové výnosy pšenice (plná čára) a kukuřice (čárkovaně) v ČSSR v letech 1955–1988 v závislosti na hodnotě indexu Ak od března do června.

Fig. 3. Mean relative production per hectare of wheat (solid line) and of maize (dashed line) in ČSSR 1955–1988 in dependence on the mean value of Ak-index from March to June.



Obr. 4. Průměrná přepočtená snůška medu na jedno včelstvo (plná čára) a hektarové výnosy brambor (čárkovaně) v ČSSR v závislosti na průměrné oblačnosti od května do srpna.

Fig. 4. Mean relative production of honey per bee-swarm (solid line) and of potatoes per hectare (dashed line) in ČSSR depending on the mean cloudiness from May to August.

Na základě těchto výsledků můžeme shrnout údaje o jednotlivých fyzikálních veličinách za vegetační období do jedné hodnoty jakožto průměr za několik vhodně zvolených měsíců. Pro obiloviny vybereme období od března do června včetně, pro brambory, řepu a kukuřici od května do srpna včetně. Tyto průměry pak vykazují vůbec nejvyšší korelaci s výnosy zemědělských plodin. Nejvyšší je pro žito a geomagnetický index Ak: 0,69. Příliš pozadu nezůstávají ani ostatní obiloviny a hrozny. Korelace výnosů ostatních plodin s geomagnetickou aktivitou je i nadále slabá, navíc pro ně nevyhovuje zvolené vegetační období. Graficky relativní výnos některých plodin při různých úrovních Ak-indexu ukazuje obr. 3.

Vlivy meteorologické jsou i v tomto případě pod hranicí 95% významnosti. Významná je pouze kladná korelace oblačnosti s výnosem olejnin (0,41) a záporná se snůškou medu (-0,43), v obou případech pro období květen až srpen. Graficky je výnos některých plodin v závislosti na různé oblačnosti uveden na obr. 4.

Na závěr si dovolíme přibližný odhad vývoje v budoucnosti. Podle dlouhodobé předpovědi bude sluneční aktivita v nejbližších desetiletích klesat, tj. maxima jedenáctiletých cyklů nebudou tak vysoká jako dosud. Souběžně s tím bude celkově nižší i geomagnetická aktivita a tím i její příspěvek k výnosu obilovin.

LITERATURA

- [1] Čiževskij A. L. (1976): Zemnoje echo solnečnych bur. Mysl, Moskva.
- [2] Bucha V. (1976): Changes in the geomagnetic field and solar wind – causes of changes of climate and atmospheric circulation. *Studia geophys. et geod.* 20, 346–365.
- [3] Statistická ročenka ČSSR (1955 – 1988), SNTL, Praha.
- [4] Jahrbuch 1955 des Adolf-Schmidt-Observatoriums für Erdmagnetismus in Niemegek, Potsdam 1956 (a následující ročníky do r. 1988).
- [5] Měsíční přehled meteorologických pozorování na Karlově, (všechny měsíce 1955–1988),