

Vliv počasí na výnos a kvalitu pšenice

Zemědělství stojí v současné době před mimořádně těžkým úkolem, a to udržet při zvyšující se variabilitě klimatu a stále častějších extrémech počasí rostoucí trend výnosů pšenice. Situaci komplikují čím dál vyšší náklady na vstupy – od hnojiv, osiv až po lidskou práci. Přibývají také legislativní omezení pro používání agrochemikálií. V sázce je však zajištění obživy pro očekávaných devět miliard obyvatel naší planety v roce 2050. Vědci se shodují na tom, že i za této situace je zvyšování výnosů možné a že stále existují v efektivitě pěstování pšenice rezervy.

Pšenice, kukuřice a rýže představují tři základní pilíře výživy současného lidstva. S ohledem na osetou plochu je pšenice nejpěstovanější plodinou vůbec, a to jak v celosvětovém měřítku, tak i u nás. Pšenice je plodina velmi adaptabilní, oblast jejího pěstování sahá na severní polokouli od rovníku až po 60° zeměpisné šířky, což, pro představu, zahrnuje i jižní část Švédska. Světová produkce pšenice se na základě rostoucí poptávky zvýšila v posledních 30 letech téměř o 40 %, přibližně z 560 na 775 mil. tun. Protože možnosti rozšiřování plochy pěstování jsou omezené a výměry zemědělských ploch obecně spíše klesají, jedinou možností, jak reagovat na stále rostoucí poptávku, je zvyšování hektarových výnosů. Počátek rychlého nárůstu výnosů pšenice je datován do 60. let 20. století, jako důsledek systematického zavádění nejrůznějších forem technologického pokroku do zemědělské praxe. Byly vyšlechtě-

ny nové krátkostébelné a zároveň výnosnější odrůdy pšenice, začaly být využívány vědecky podložené technologie pěstování včetně zavedení používání umělých hnojiv a pesticidů a došlo k významnému pokroku při vývoji specializované mechanizace.

Mohou růst výnosy pšenice i nadále?

Trend nárůstu výnosů pšenice od 60. let 20. století zatím v celosvětovém měřítku stále pokračuje. Týká se to i České republiky (graf 1), stejně jako např. Polska, Ruska nebo Ukrajiny. V některých zemích, např. v Německu, Velké Británii, Švýcarsku nebo ve Francii, bylo již koncem 90. let pozorováno zpomalení nárůstu výnosů nebo dokonce jejich pokles (graf 2). Jedná se většinou o země, kde byly, a i přes současnou stagnaci stále jsou, výnosy pšenice poměrně vysoké. Například ve Velké Británii se v letech 2015–2020 ročníkový průměrný výnos pohyboval

mezi 7,0–9,0 t/ha, ve Francii 5,9–7,8 t/ha a v Německu 6,7–8,1 t/ha.

Vědci se intenzivně zabývali příčinami stagnace výnosů v těchto zemích a došli k závěru, že je možné je rozdělit do dvou skupin. Na jedné straně se jedná o dopady změn v agrotechnických postupech, které byly vyvolány ekonomickými, politickými nebo jinými omezujícími legislativními zásahy. Zejména jde o snížení úrovně dusíkatého hnojení, omezení používání některých pesticidů a také snížení podílu osevních ploch luskovin a jetelovin, v důsledku čehož je pšenice pěstována po méně vhodných předplodinách. Na druhé straně se jedná o méně příznivé klimatické podmínky, jejich velkou variabilitu a častější výskyt extrémů. Podrobnější analýzy výsledků jednotlivých sklizňových let z těchto zemí ve vztahu k počasí ukázaly, že se na výnosech negativně projevilo zejména sucho v období odnožování a sloupkování a nepříznivé podmín-

ky v období plnění zrna – buď velmi vysoké teploty a s tím spojený teplo-tní stres rostlin nebo naopak abnormálně vlhké počasí doprovázené nízkými teplotami a nízkou úrovní slunečního svitu.

Cestou je efektivnější využívání dostupných zdrojů

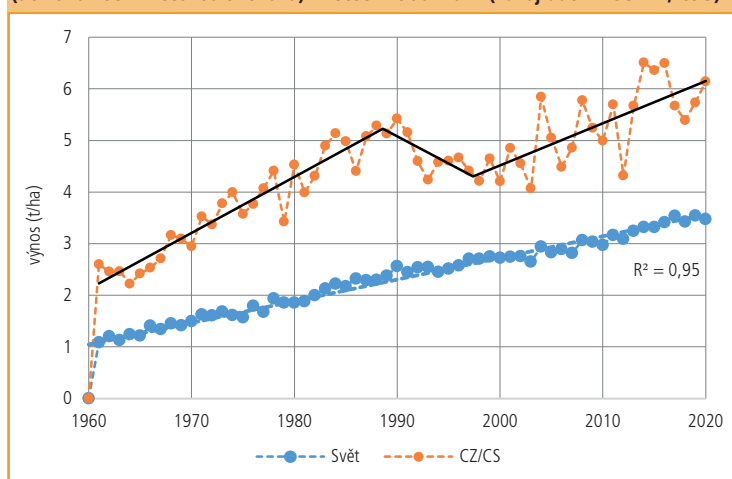
Obecně vzato, výnos i kvalita pšenice závisí na prostředí, zejména na počasí a půdních podmínkách v místě pěstování, dále na agrotechnice pěstování a také na vlastnostech konkrétní odrůdy. Tyto faktory působí v praxi všechny současně a vzájemně se ovlivňují. Vědci poukazují na to, že jedinou možnou cestou k udržení rostoucího trendu výnosů pšenice je lepší využití všech dostupných zdrojů, a to právě prostřednictvím intenzivního studia všech aspektů interakcí odrůda x prostředí x agrotechnika. Shodují se na tom, že tento výzkum musí být komplexní a zároveň využí-



Průběh ročníku má významný vliv na výši a kvalitu sklizně

Foto David Bouma

Graf 1 – Průměrné hektarové výnosy pšenice ve světě a v České republice (do roku 1992 v Československu) v letech 1960–2021 (zdroj dat: FAOSTAT, ČSÚ)





vat nejmodernější metody. Je třeba do něj zapojit odborníky na výživu a ochranu rostlin, šlechtitele, a také agronomy, aby výsledky výzkumu mohly být rychle využity pro optimalizaci pěstebních technologií v praxi. Důraz je kladen zejména na zvýšení efektivity využití hnojení, zejména zohlednění skutečnosti, že pro určitou konkrétní odrůdu není možné dosáhnout maximálního výnosu zrna a maximálního obsahu bílkovin stejným schématem hnojení. S tím souvisí nutnost diferencovat strategii hnojení pro různé účely využití pšenice. Úsilí šlechtitelů je třeba zaměřit na to, aby nové genotypy pšenice dokázaly pro daný účel dodat dusík optimálně využít, a zároveň aby vybrané genotypy byly odolné vůči stresovým podmínkám. Výsledky polních pokusů ukazují, že široká paleta moderních odrůd, která je již v současnosti zemědělské praxi k dispozici, je velkým a zdaleka ne zcela využitým

potenciálem v intenzifikaci pěstování pšenice. Reakce jednotlivých odrůd na různou intenzitu pěstování i na různé klimatické podmínky se výrazně liší, což má za následek velký rozdíl v rentabilitě vložených nákladů. Také je třeba v praxi více využívat nové technologie, jako je precizní zemědělství, rozvíjet a používat moderní diagnostické metody a kombinovat klasickou pesticidní ochranu s přípravky na biologické bázi. Větší důraz je nutno klást na péči o půdu, na zlepšení jejích vlastností, zejména schopnosti lépe zadržet vodu a živiny, protože faktory limitující růst rostlin, jako jsou teplota a srážky, jsou v současných podmínkách změny klimatu stále více variabilní a vyskytují se v extrémech. Vědci upozorňují, že hlavní příčina rozdílů mezi potenciálním a aktuálním výnosem se může lišit pro každý region nebo lokalitu a že tradiční jednotné pojetí faktorů omezujících výnos musí nahra-

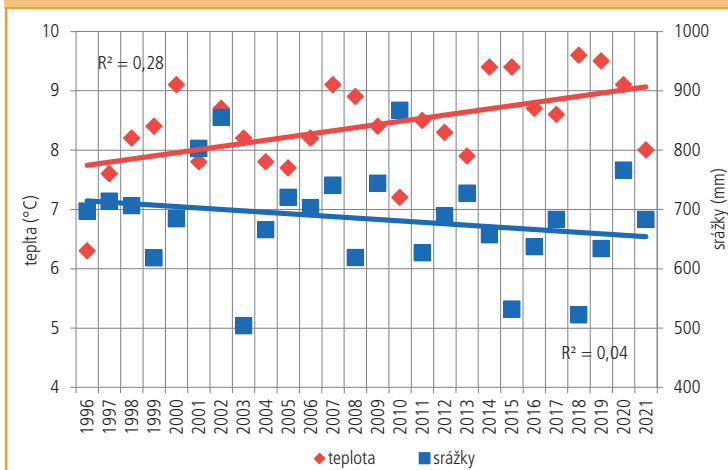
dit úhel pohledu z daného konkrétního místa.

Situace v České republice

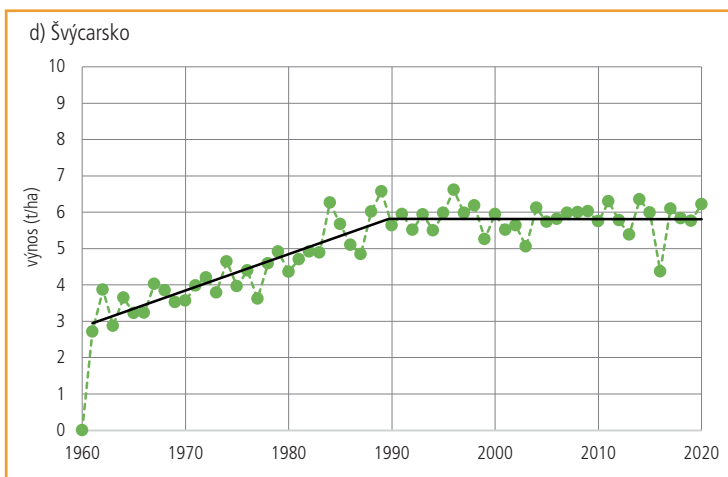
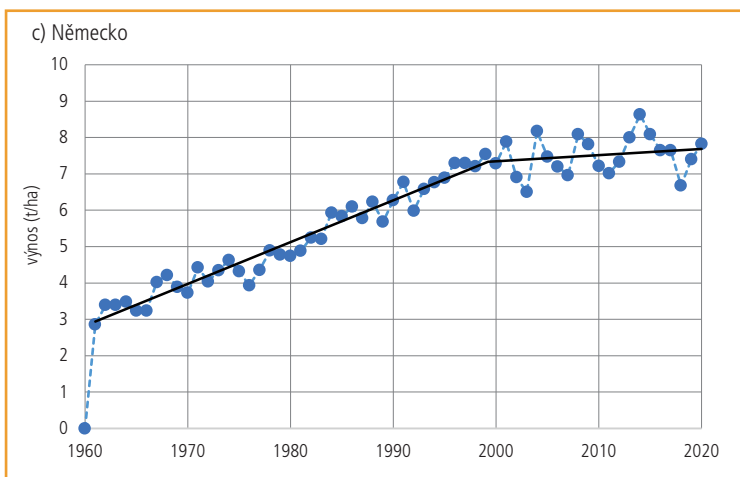
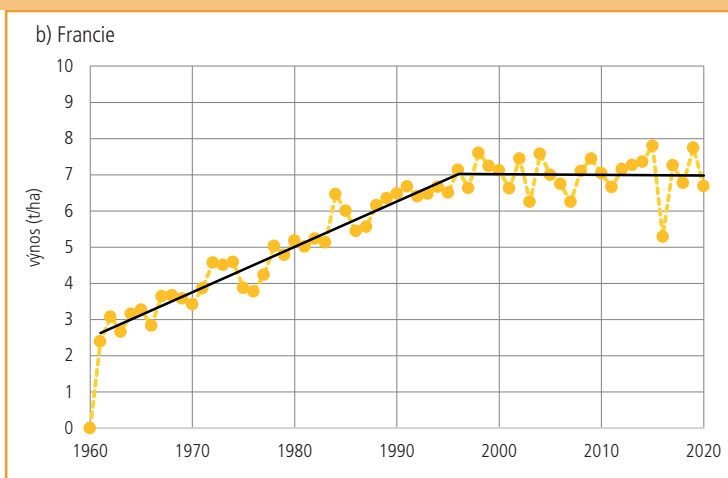
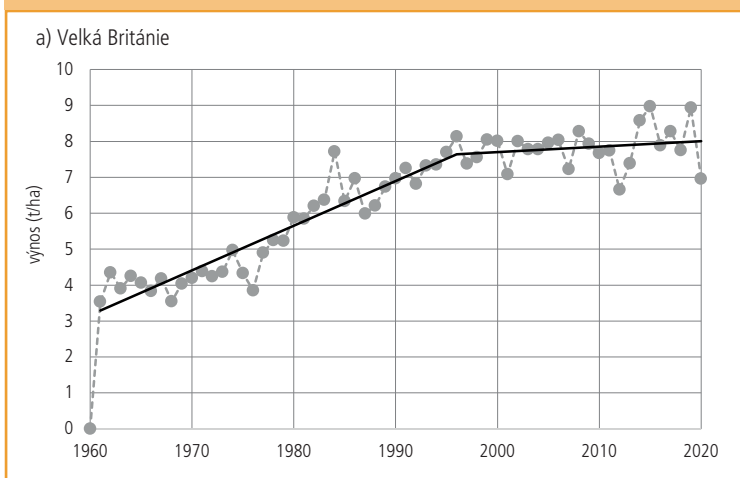
U nás je trend nárůstu výnosů pšenice zatím víceméně stabilní, byl ovšem výrazně přerušen v obdo-

bí mezi lety 1990–2000, a to jako následek celospolečenských změn v roce 1989 (graf 1). Poté se rostoucí trend výnosů obnovil, ale na základě dosavadních dat se zdá, že se nárůst oproti předcházejícímu období (1960–1990) mírně zpomalil. To však

Graf 3 – Průměrná roční teplota a roční úhrn srážek v České republice v letech 1996–2021 (zdroj dat: ČHMÚ)



Graf 2 a–d – Průměrné hektarové výnosy pšenice v letech 1960–2021 v některých evropských zemích (zdroj dat: FAOSTAT)





bude možné spolehlivěji posoudit až podle výsledků následujících let. V dosahovaných výnosech jsou patrné značné meziroční výkyvy, jejichž příčinou je velká variabilita počasí v jednotlivých letech. Nejnižší výnos za posledních přibližně 15 let byl zaznamenán v roce 2012 (4,34 t/ha), naopak nejvyšších výnosů bylo dosaženo ve třech po sobě jdoucích letech 2014–2016 (6,61–6,50–6,57 t/ha) a téměř srovnatelný výnos pak byl dosažen také v dosud posledním sklizňovém roce 2021 (6,47 t/ha).

Vliv počasí na výnos

Výrazné zvýšení variability průběhu počasí, jehož jsme nyní svědky, je jedním z projevů probíhající změny klimatu. Typické jsou vlny vysokých teplot, dlouhá období sucha a následné přívalové srážky. Právě zvyšování variability počasí vede

v současné době ke značným rozdílům ve výnosech zemědělských plodin, a to jak mezi jednotlivými ročníky, tak také mezi regiony. Například dlouhodobé změny podmínek, jako je nárůst teploty a zvyšování koncentrace CO_2 , jako hlavní projevy změny klimatu, jsou otázkou desetiletí. Není proto snadné odpovědět jednoznačně na otázku, zda a jak se tyto změny již reálně projevují v dosahovaných výnosech pšenice, protože v průběhu desetiletí jsou změny

ve výnosech průběžně ovlivňovány pokroky ve šlechtění, lepší úrovni ochrany rostlin a agrotechniky a dalšími změnami.

V grafu 3 je pro území České republiky od roku 1996 znázorněna průměrná roční teplota a celkový roční úhrn srážek. Jsou použita volně přístupná data Českého hydrometeorologického ústavu. Je zřejmé, že průměrná roční teplota mírně stoupá, zatímco roční úhrn srážek má velmi mírně klesající tendenci

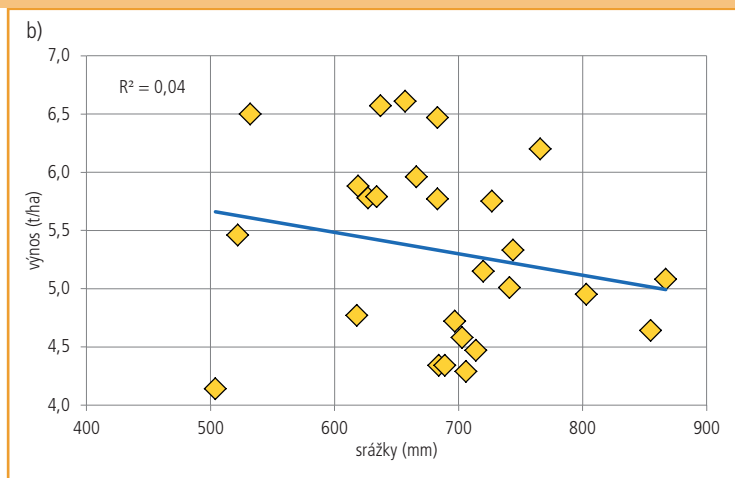
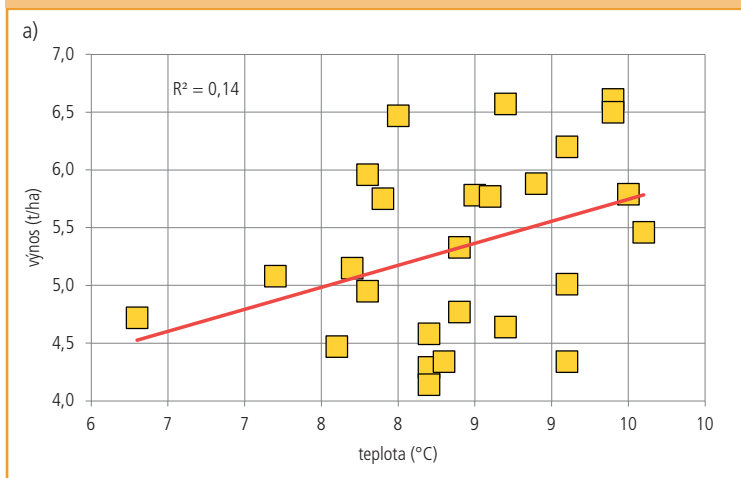
s výraznou roční variabilitou. Mezi průměrnou roční teplotou a výnosy pšenice (data: Český statistický úřad) za sledované období od roku 1996 existuje určitá kladná korelační závislost, tj. vyšších výnosů bylo častěji dosaženo v letech s vyšší průměrnou teplotou (graf 4a), mezi ročním úhrnem srážek a výnosy je závislost spíše záporná (graf 4b). Statisticky průkazné však tyto závislosti nejsou (tabulka). Je pravděpodobné, že se jedná více o koincidenci obecného

Korelační koeficienty mezi charakteristikou sklizně pšenice (výnos, kvalita) a počasím (teplota, srážky) za určité období daného sklizňového roku (zdroj dat: počasí – ČHMÚ, kvalita pšenice – Agrotest)

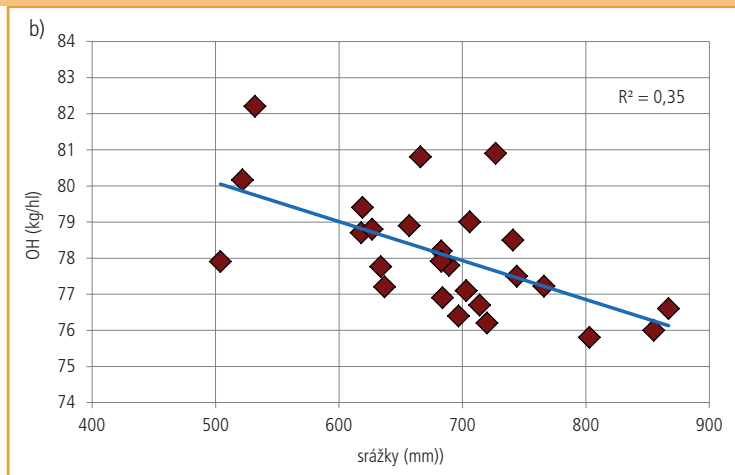
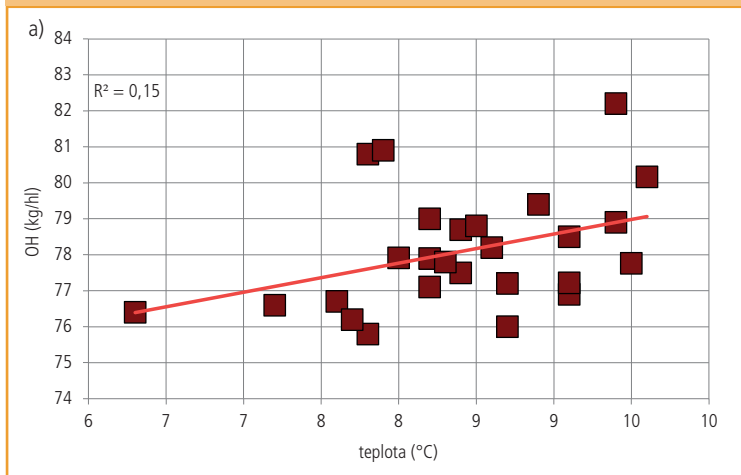
Měsíc/znak	1.–12.		4.		5.		6.		7.		8.	
	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
Výnos	0,37	–0,21	0,03	–0,09	–0,53	0,17	0,02	0,06	0,28	–0,24	0,03	0,00
OH	0,39	–0,59	0,23	–0,27	–0,11	–0,17	–0,01	0,08	0,27	–0,55	0,38	–0,42
FN	0,41	–0,36	0,20	–0,30	–0,12	0,04	0,22	0,07	0,34	–0,57	0,46	–0,25
N–látky	0,47	–0,20	0,23	–0,14	0,04	0,11	0,70	–0,08	0,47	–0,39	0,28	0,04

OH – objemová hmotnost, FN – číslo poklesu, N–látky – obsah bílkovin, T – teplota, S – srážky; tučně jsou vyznačeny statisticky průkazné korelace

Graf 4 a–b – Vztah mezi hektarovým výnosem pšenice v České republice a a) průměrnou roční teplotou, b) ročním úhrnem srážek (zdroj dat: počasí – ČHMÚ, výnosy – ČSÚ)



Graf 5 a–b – Vztah mezi objemovou hmotností (OH) pšenice a a) průměrnou roční teplotou, b) ročním úhrnem srážek v daném sklizňovém roce (zdroj dat: počasí – ČHMÚ, kvalita pšenice – Agrotest)





Sucho urychluje dozrávání porostu



Foto David Bouma

trendu nárůstu výnosů v důsledku změny odrůdové skladby, lepší úrovně ochrany a hnojení se současnými projevy změny klimatu než o přímý efekt zvýšení výnosu v důsledku zvýšení teploty. Tyto výsledky však potvrzují fakt, že pšenice je plodinou relativně vůči suchu odolnou a dokáže se s ním do značné míry vyrovnat.

Roční klimatické údaje nereflektují dostupnost vody a teplotní poměry v jednotlivých růstových fázích pšenice. Protože je používána hodnota průměrného

výnosu pro celou ČR, nelze průběh počasí vztáhnout konkrétně k jednotlivým růstovým fázím, ale jen k údajům za jednotlivé měsíce. Nejsilnější, statisticky průkazná negativní závislost byla zjištěna mezi výnosem a průměrnou teplotou v měsíci květnu (korel. koef. $-0,53$, tabulka). Jednoznačně se tak potvrdila lidová pranostika „Studený máj v stodole ráj“. Korelace výnosu se srážkami v měsíci květnu je sice kladná (korel. koef. $+0,17$), není však statisticky průkazná.

Vliv počasí na kvalitu

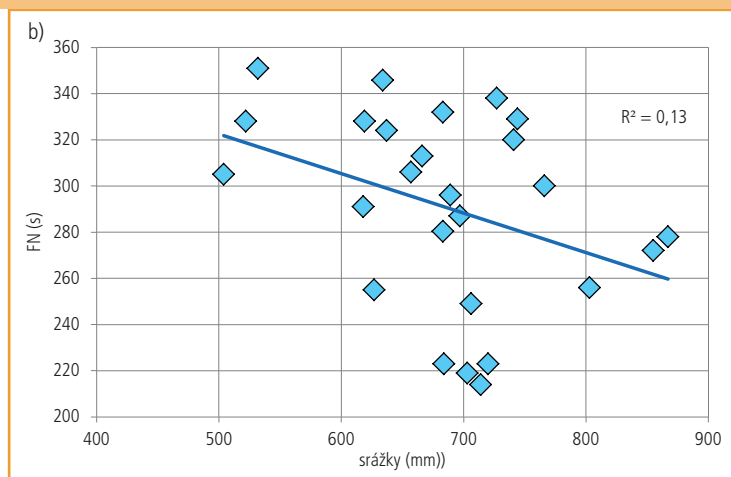
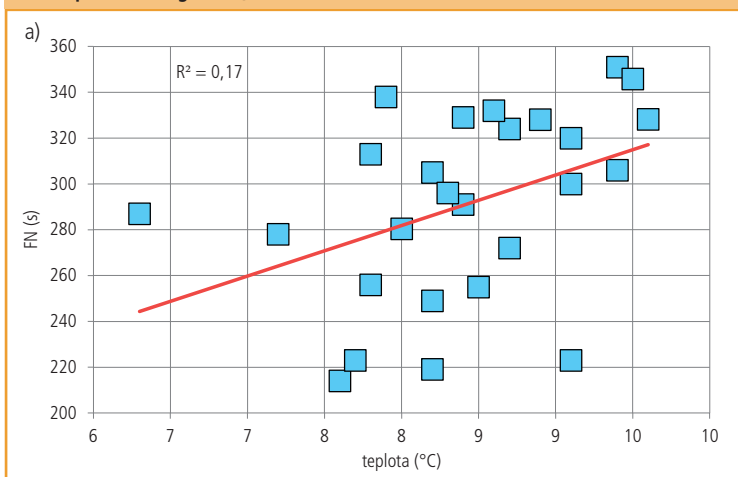
Kvalita pšenice je, stejně jako výnos, ovlivňována prostředím, agrotechnikou, odrůdou a jejich vzájemnými interakcemi. Na jednotlivých kvalitativních parametrech se tyto faktory projevují různou měrou. S použitím údajů o kvalitě pšenice z monitoringu kvality potravinářských obilovin, který Agrotest každoročně za podpory Ministerstva zemědělství provádí, bylo pro stejné období jako pro výnos (1996–2021) provedeno také hodnocení vlivu počasí na kvalitu. Celkem byly pro statistické zpracování použity údaje z analýz přibližně 20 000 vzorků pšenice. Graf 5 znázorňuje vztah mezi průměrnou roční teplotou a dosaženou objemovou hmotností pšenice. Je zřejmé, že v letech s vyšší průměrnou roční teplotou byla objemová hmotnost pšenice vyšší (graf 5a), naopak se zvyšujícím se celkovým úhrnem srážek byla objemová hmotnost nižší (graf 5b). Obdobná závislost byla zjištěna také pro číslo poklesu (graf 6a,b) a obsah bílkovin (NL, graf 7a, b). Statistické vyhodnocení těchto závislostí ukázalo, že nejsilnější je negativní vztah mezi ročním úhrnem srážek a objemovou hmotností pšenice



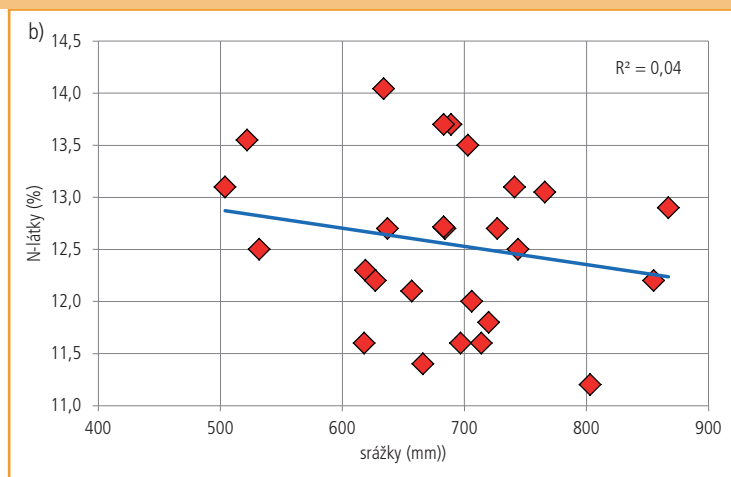
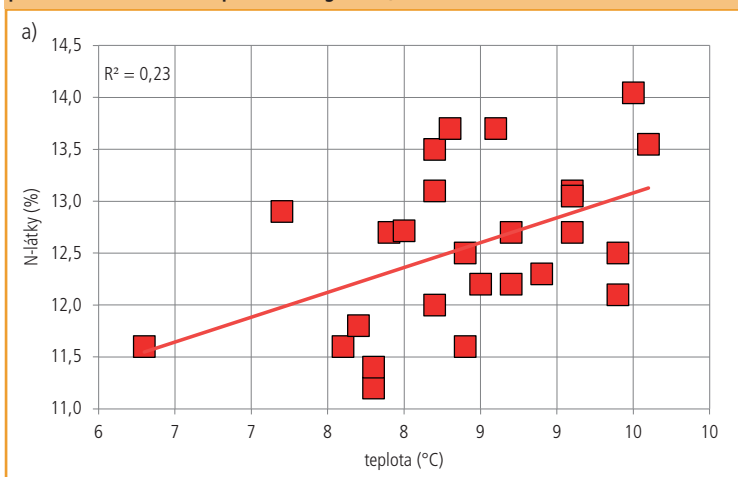
Deštivé počasí při sklizni má negativní vliv na kvalitu

Foto David Bouma

Graf 6a–b – Vztah mezi číslem poklesu (FN) pšenice a a) průměrnou roční teplotou, b) ročním úhrnem srážek v daném sklizňovém roce (zdroj dat: počasí – ČHMÚ, kvalita pšenice – Agrotest)



Graf 7a–b – Vztah mezi obsahem bílkovin v zrna pšenice (N-látky) a a) průměrnou roční teplotou, b) ročním úhrnem srážek v daném sklizňovém roce (zdroj dat: počasí – ČHMÚ, kvalita pšenice – Agrotest)



(korel. koef. $-0,59$), statisticky průkazné jsou také kladné závislosti mezi teplotou a obsahem bílkovin v zrna pšenice (korel. koef. $+0,47$) a mezi teplotou a číslem poklesu (korel. koef. $+0,41$, tabulka).

Výsledky hodnocení vlivu počasí v jednotlivých měsících ukazují zejména na kladnou souvislost mezi obsahem bílkovin a teplotou v měsíci červnu, což odpovídá období ukládání asimilátů do zrna pšenice. Statisticky průkazný, i když slabší, je tento vztah také pro teplotu v měsíci červenci. Červencové srážky mají naopak na obsah bílkovin negativní vliv. Z praktického hlediska technologické kvality zrna pšenice má však vztah „vyšší teplota – vyšší obsah bílkovin“ své limity. Velmi vysoké teploty, zejména pokud jsou provázeny nedostatkem srážek, mohou způsobit, že obsah bílkovin v zrna může být velmi vysoký (18–20 %), kvalita

bílkovin však již z technologického hlediska vyhovující není. Výsledky potvrdily jednoznačně negativní vliv srážek v období zralosti na objemovou hmotnost i na číslo poklesu – korelační koeficienty mezi srážkami v měsíci červenci a oběma těmito parametry byly záporné, statisticky průkazné. Naproti tomu teplota v měsíci červenci měla na objemovou hmotnost i na číslo poklesu vliv kladný, závislost však byla slabší než v případě srážek a korelační koeficienty byly neprůkazné (tabulka).

Závěr

Výnosy pšenice v České republice mají po určité stagnaci v letech 1990–2000 nadále rostoucí trend, a to i v současných podmínkách změny klimatu. Ta se u nás, stejně jako jinde, projevuje jak dlouhodobými změnami, zejména nárůstem teplot, tak také zvýšením variability počasí

a jeho extrémními projevy. Jedinou možnou cestu k udržení rostoucího trendu výnosů pšenice vidí vědci v lepším využívání všech dostupných zdrojů a poukazují na to, že stále existují rezervy. Mezi stěžejní principy řadí péči o půdu, tak aby lépe zadržovala vodu a živiny, lepší využívání vlastností jednotlivých odrůd, zvýšení efektivity hnojení, využívání nových technologií a moderních diagnostických metod. Prostor pro zvyšování efektivity pěstování pšenice je i v podmínkách našeho zemědělství. Klimatické podmínky jsou u nás pro pěstování pšenice v zásadě velmi příhodné, ovšem různé oblasti pěstování pšenice mohou být nepříznivými klimatickými jevy různě zranitelné. Např. zatímco v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti je výnos ovlivňován více celkovým úhrnem srážek za vegetaci a jejich nedostatek se okamžitě negativně projevuje,

v jiných oblastech může mít závažnější dopad delší období nižších teplot s nízkou úrovní slunečního svitu. Proto se zvyšující se variabilita počasí bude stále více odrážet nejen na ročníkové, ale i regionální variabilitě výnosů. *

Článek vznikl s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotestu fyto, s. r. o. (MZE-RO1118).



RNDr. Ivana Polišenská, Ph.D.,
Ing. Ondřej Jirsa, Ph.D.,
Agrotestu fyto, s. r. o.