

VLIV POČASÍ NA KVALITU SEMEN BOROVICE LESNÍ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) A SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* (L.) KARST.)

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE QUALITY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) SEEDS

LENA BEZDĚČKOVÁ¹⁾ ✉ - KAREL MATĚJKA²⁾

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice, Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice, Czech Republic

²⁾IDS, Na Komořsku 2175/2a, 143 00 Praha 4, Czech Republic

✉ e-mail: bezdeckova@vulhmuh.cz

ABSTRACT

One of the factors that could affect spruce and pine stands and consequently seed quality is a long-term climate change. The aim of the presented study is to evaluate the seed quality data of these tree species between the years 1973 and 2015 in relation to the temperature and precipitation in the territory of the Czech Republic during that period. The average absolute weight of Scots pine seeds during the reference period corresponded to the value provided in the Czech Standard ČSN 48 1211 (2006); on the contrary, decrease in weight of Norway spruce seeds was apparent. No significant changes in germination energy and germination capacity have been observed over the years in regard to Scots pine. Germination energy has declined significantly in Norway spruce, and a stronger correlation has also emerged with germination capacity of full seeds. It turned out that the germination capacity of pine seeds is influenced by higher temperatures in the summer after blossom (June to August), while, in turn, the germination energy by the subsequent lower average temperatures in October to December. The correlation between total rainfall and seed quality was negative in February of the year preceding the harvest and in August of the year of harvest. Results in regard to Norway spruce showed a negative correlation between germination energy and average temperatures in March to August of the year of maturing. Correlation between precipitation and seed quality was not proved.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: *Pinus sylvestris*; *Picea abies*; semena; absolutní hmotnost; energie klíčení; klíčivost; počasí

Key words: *Pinus sylvestris*; *Picea abies*; seeds; weight of 1000 seeds; germination energy; germination capacity; weather conditions

ÚVOD

Vývojem teplot a srážek v České republice (ČR) se zabývalo v letech 1961 až 2016 mnoho autorů, někteří však jen v rámci omezených regionů. MATĚJKA (2017) uvádí, že teploty byly od šedesátých let až do roku 1982 víceméně stabilní, viditelný růst teplot nastal od roku 1983. Teplotně nejstabilnějším obdobím roku byl časný podzim (září–říjen). Naopak nejvýraznější oteplení bylo zaznamenáno v zimním období (listopad–leden). Průměrný roční vzestup úhrnu srážek za období 1961 až 2016 byl pouze 0,58 mm/rok, což je díky posledním suchým letům přibližně poloviční hodnota oproti předchozímu zpracování pro období 1961 až 2012 (MATĚJKA 2013). Od roku 1991 nebyla pozorována žádná změna ročního úhrnu srážek, zvýšila se však jak jejich variabilita v průběhu roku, tak frekvence extrémně vysokých srážkových úhrnů. Všechny popsané trendy klimatických změn mohou výrazně ovlivnit biologické a ekologické procesy na různých úrovních (např. změna růstu dřevin, omezení výskytu makromycet v určitých letech či výskyt podkorního hmyzu) až po změnu charakteru rostlinných společenstev v důsledku oteplování.

Právě v lesním hospodářství existuje významná pravděpodobnost narušení stávajících lesních ekosystémů s převahou smrku. Zásadní význam budou mít abiotické (sucho, letní přísušky, vysoká teplota a její extrémní výkyvy) i biotické iniciační stresory (např. savý a listožravý hmyz; PRETEL 2013). Meteorologické podmínky hrají důležitou roli během reprodukčních procesů jehličnatých stromů (JOHNSON et al. 2005). V jednotlivých letech se projevují více či méně významné odchylky počasí od jeho průměrného dlouhodobého stavu. Tyto odchylky jsou pro území celé České republiky vyjádřeny jako takzvané územní teploty a územní srážky, které jsou pravidelně publikovány na webu Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz). Otázkou je, jestli tyto územní odchylky počasí ovlivňují kvalitu osiva, a to i při uvědomění si skutečnosti, že lokální poměry se mohou lišit.

Smrk ztepilý má dvouletý reprodukční cyklus, borovice lesní o rok delší. U těchto jehličnanů se reprodukční cyklus zahajuje na konci jara iniciací květních primordií a zakládáním květních pupenů. Počasí v roce před kvetením má vliv na iniciaci, na vznik gamet i na proces kvetení a ovlivňuje výskyt a bohatost úrod (PALÁTOVÁ 2008). Vysoká

jarní teplota, předcházející iniciaci květních primordií, je jedním z limitujících faktorů. Nízké srážky a přiměřeně vysoké teploty v průběhu kvetení následující jaro jsou nezbytné k dostatečné produkci pylu (KARLSSON 2000), která začíná po vystoupení pylových zrn z dormance na konci zimy či v brzkém jaru (LUOMAJOKI 1993). K oplození dochází u smrku téměř ve stejném období jako u borovice a vývoj embrya je paralelní pro oba druhy (HAKANSSON 1956; SARVAS 1968). Počasí v roce zrání má vliv na pozdější kvalitu osiva. Při dozrávání semen však smrk ztepilý potřebuje nižší teploty než borovice lesní (ALMQVIST et al. 1998). Není zcela známo, které environmentální faktory mohou za ukončení morfologického dozrávání semen, i když pravděpodobně jde také o regulaci fotoperiodou (SAHLÉN, BERGSTEN 1993). Na severu Skandinávie semeno borovice dozrává morfologicky v polovině září, o dva až čtyři týdny později dožívá i fyziologicky (SAHLÉN, BERGSTEN 1994). Toho se využívá v lesnické praxi, kde se na základě teplot v období od června do konce srpna v posledním roce reprodukčního cyklu odhaduje klíčivost semen smrku i borovice (ALFJORDEN, REMRÖD 1975). Z výše uvedeného je zřejmé, že změny klimatu mohou mít přímý dopad na semennou produkci jehličnanů (množství i kvalitu). Jednou z velkých hrozeb očekávaných globálních klimatických změn je, že mohou nastat tak rychle, že některé druhy, případně celé ekosystémy, nebudou mít dostatek času se na tyto změny adaptovat (JOHNSEN et al. 2005).

Absolutní hmotnost semen, která informuje o jejich velikosti, je sice geneticky podmíněna, ale závisí i na podmínkách, ve kterých stromy rostou. V našich klimatických poměrech může být ovlivněna zejména nadmořskou výškou. Ve vyšších polohách je kratší vegetační doba, proto jsou zde semena daného druhu menší. Na velikost semen má vliv i stáří porostu, např. semena ze starých porostů mají menší absolutní hmotnost než semena z porostů mladších. Velikost, a tím i hmotnost semen, může být ovlivněna též výživou, zásobením vodou a osvětlením koruny. Obecně se očekává, že semena ze semenných sadů budou větší a těžší. Podle některých literárních pramenů mají těžší semena větší embrya, více zásobních látek, jsou často vitálnější (KARLSSON 2000) a předpokládá se nejen jejich vyšší klíčivost a energie klíčení, ale také lepší vzcházivost a růst semenáčků alespoň v počátečních etapách vývoje.

Zpracováním archivovaných výsledků rozborů kvality osiva u vybraných dřevin podle různých hledisek se ve výzkumné stanici Kunovice (dříve Uherské Hradiště) zabývalo více autorů (MACHANÍČEK, PRUDIČ 1988, 1989a, 1989b; PROCHÁZKOVÁ 2002; PROCHÁZKOVÁ, BEZDĚČKOVÁ 2011). Tito autoři se však ve své práci nezaměřili na možný vliv počasí na výslednou kvalitu osiva.

Cílem této studie je zhodnotit trendy kvality osiva dvou našich hlavních jehličnatých dřevin v období 1973 až 2015 ve vztahu k průběhu teplot a srážek na území ČR v daném období.

MATERIÁL A METODIKA

Byla vyhodnocena archivovaná data rozborů kvality semen borovice lesní (1983 až 2015) a smrku ztepilého (1973 až 2015). Celkem bylo zpracováno 1750 vzorků borovice lesní a 3334 vzorků smrku ztepilého (tab. 1). Energie klíčení, klíčivost a absolutní hmotnost semen po vylučení byla hodnocena podle ČSN (1972, 1997 a 2006) v laboratoři Semenářské kontroly ve VS Kunovice. Absolutní hmotnost je od roku 1997 stanovena u 8×100 semen oproti dřívějším čtyřem opakováním. Od roku 2006 bylo jako klíčící hodnoceno semeno s klíčkem dosahujícím čtyřnásobné délky semen, zatímco v předcházejících letech byla jako klíčící hodnocena semena s klíčkem dosahujícím délky semene. Energie klíčení byla hodnocena po 7 dnech od zahájení zkoušky, celková klíčivost po 21 dnech.

Ke statistickému vyhodnocení energie klíčení a klíčivosti semen z úrod během let 1973–2015 byla použita korelační a regresní analýza. Vzhledem k tomu, že v jednotlivých letech byl zpracováván rozdílný

počet vzorků, nebyla regresní analýza prováděna s využitím originálních dat, ale s použitím dvou základních statistik – mediánu – vypočtených ze všech analýz pro daný rok. Medián byl zvolen jako vhodnější statistika nežli aritmetický průměr. Použití mediánu může být považováno za robustní metodu, která je méně závislá na případném výskytu odlehklých (případně chybových) hodnot. Byla použita jednoduchá lineární regrese

$$\text{Var} = a + b \times \text{rok},$$

kde Var je jedna ze zmíněných statistik (medián).

Proveden byl odhad závislosti sledovaných charakteristik semen na počasí v ČR, a to v roce kvetení a v roce zrání. K tomuto účelu byly vybrány územní teploty a územní srážky v ČR, které jsou publikovány Českým hydrometeorologickým ústavem (<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>; MATĚJKA 2013, 2017). Zahrnuty byly hodnoty pro řadu měsíců předcházejících sběru semen. Územní teploty pro ČR v roce předcházejícím roku sklizně osiva jsou označeny T_{p1} až T_{p12} pro měsíce leden až prosinec. Obdobné územní teploty pro měsíce v roce sklizně jsou označeny T_1 až T_{12} . Úhrn měsíčních srážek je označen obdobně P_{p1} a P_{p12} , respektive P_1 až P_{12} . Jako první byla vypočtena lineární korelace (Pearsonův korelační koeficient r) mezi územní charakteristikou pro jednotlivé měsíce a daným parametrem semen vyjádřeným pomocí výše zmíněných mediánů. Dále byly vypočteny průměry územních charakteristik pro ty po sobě následující měsíce, v nichž jednotlivé korelační koeficienty ukazovaly na podobnou závislost. Tak byla rozlišena období, než vykazuje dřevina statisticky významnou závislost, která byla dále popsána korelačním koeficientem a příslušnou regresní rovnicí.

Data byla statisticky zpracována pomocí programu STATISTICA, verze 8 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA; HILL, LEWICKI 2007).

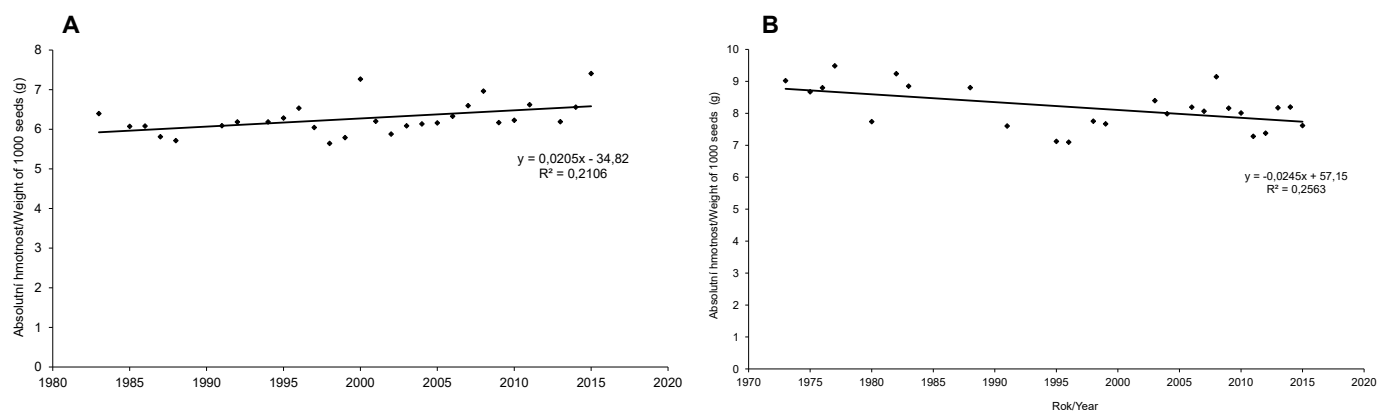
VÝSLEDKY A DISKUSE

Borovice patří mezi dřeviny s pravidelnou kratší periodicitou plodnosti 2–3 roky. Za sledované období se střídaly úrody slabší i střední; bohaté úrody se objevovaly pouze mezi lety 1983 až 1999, o čemž svědčí i počty zpracovaných vzorků (tab. 1). Průměrná absolutní hmotnost semen borovice lesní (6,3 g) za sledované období odpovídala tabulkové hodnotě, uvedené v ČSN 48 1211 (1972, 1997, 2006). Mezi jednotlivými lety nebyly nalezeny významné váhové rozdíly (obr. 1A).

Smrk patří mezi dřeviny se semennými roky co tři a více let. Stejně jako u borovice se střídaly slabší úrody s těmi bohatšími. Nejvíce vzorků bylo zpracováno v roce 1980 (tab. 1), kdy po desetileté neúrodě a značném vyčerpání zásob semen ze sklizně 1971/1972 byla opět bohatá úroda semen smrku (NOVÁK 1987). Až na výjimky je zjevný pokles absolutní hmotnosti smrkového semene oproti tabulkové hodnotě 8,8 g (obr. 1B), což zaznamenali také MACHANÍČEK a PRUDIČ (1988).

Kvalita osiva je dána především energií klíčení a dále samotnou klíčivostí. U borovice lesní nebyly pozorovány během let žádné významné změny u energie klíčení a klíčivosti semen čistých i plných (obr. 2A, 2B; 3A, 3B). Nejlepší kvality dosáhlo osivo borovice v roce 1997 s energií klíčení 89 % a klíčivostí 95 %. Nejnižší kvalitu mělo osivo v roce 2001, kdy energie klíčení byla něco přes 50 %, přičemž klíčivost nedosáhla ani 80 %. Vliv na celkovou kvalitu v tomto roce nemělo ani osivo ze semenných sadů (energie klíčení 55 %, klíčivost 75 %, data neuvedena).

U smrku ztepilého byla zaznamenána nejvyšší energie klíčení semen čistých i plných (nad 90 %) v roce 1988. V tomto roce vysokou energii klíčení ovlivnilo osivo, zaklíčené v krátké době po vylučení. Od roku 2006 můžeme pozorovat větší pokles energie klíčení, a to až na 3 % (obr. 4A, 4B). Toto snížení zřejmě nebylo způsobeno vlivem klimatických změn, ale odlišným metodickým hodnocením vyklíčených semen (viz část Materiál a metodika). I přes tyto extrémně odlehklé


Obr. 1

Absolutní hmotnost semen borovice lesní (A) a smrku ztepilého (B) v jednotlivých letech

Fig. 1

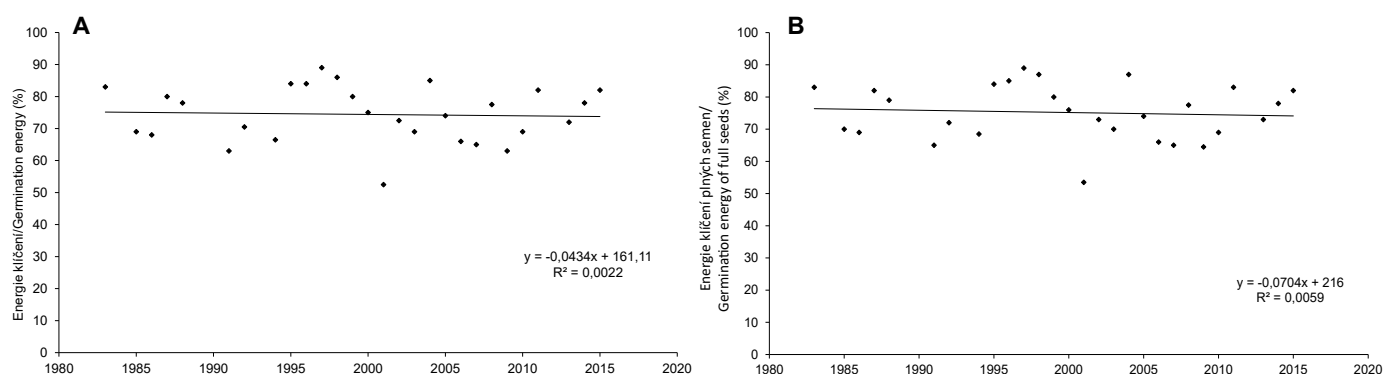
Average weight of 1000 Scots pine seeds (A) and Norway spruce seeds (B) in individual years

Tab. 1.

Počet vzorků zpracovaných v jednotlivých letech

Number of samples tested in individual years

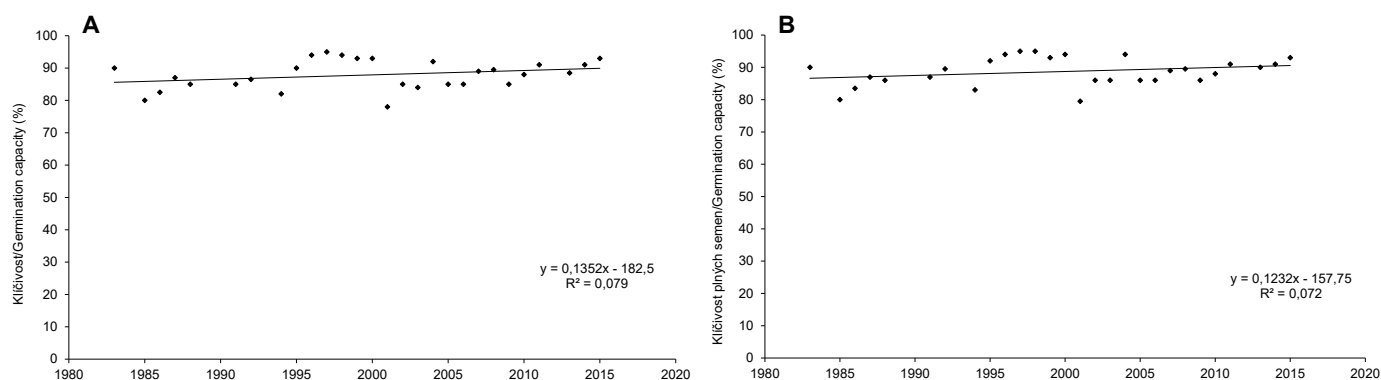
Borovice lesní/Scots pine		Smrk ztepilý/Norway spruce	
Rok zrání/ Year of ripening	Počet vzorků/ Number of samples	Rok zrání/ Year of ripening	Počet vzorků/ Number of samples
1983	117	1973	6
1985	69	1975	6
1986	20	1976	71
1987	127	1977	256
1988	43	1980	660
1991	56	1982	90
1992	14	1983	112
1994	46	1988	292
1995	143	1989	5
1996	79	1991	186
1997	68	1995	85
1998	117	1996	38
1999	143	1998	160
2000	17	1999	46
2001	30	2003	217
2002	70	2004	121
2003	37	2006	161
2004	17	2007	25
2005	59	2008	55
2006	97	2009	107
2007	59	2010	23
2008	26	2011	46
2009	50	2012	4
2010	73	2013	186
2011	25	2014	138
2013	76	2015	238
2014	47		
2015	25		
Suma/Sum	1750		3334

**Obr. 2.**

Energie klíčení čistých (A) a plných (B) semen borovice lesní podle roku zrání (použit medián hodnot z celého území ČR)

Fig. 2.

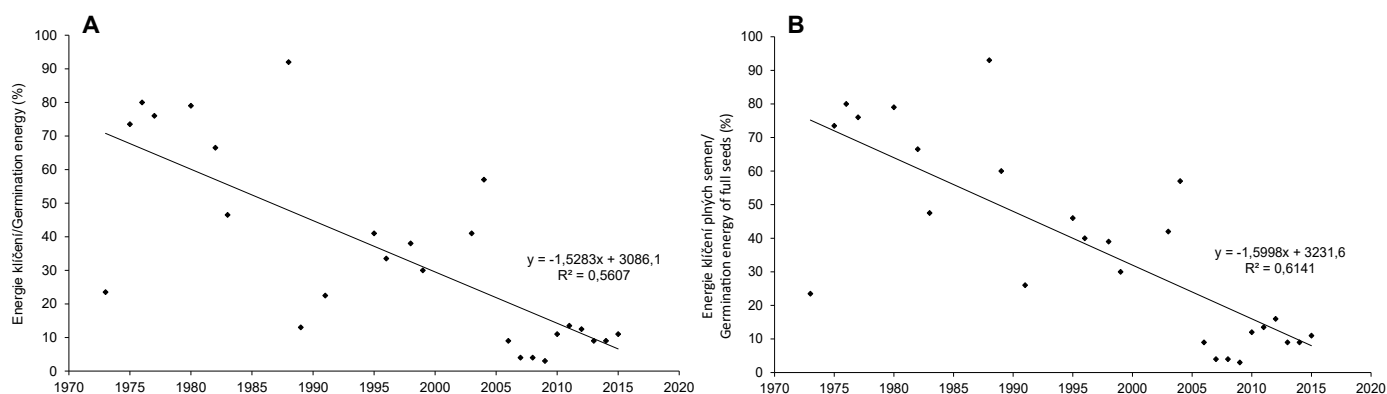
Germination energy (A) and germination energy of full seeds (B) of Scots pine seeds according to the year of maturing (used median of values from the whole territory of the Czech Rep.)

**Obr. 3.**

Klíčovost čistých (A) a plných (B) semen borovice lesní podle roku zrání (použit medián hodnot z celého území ČR)

Fig. 3.

Germination capacity (A) and germination capacity of full seeds (B) of Scots pine seeds according to the year of maturing (used median of values from the whole territory of the Czech Rep.)

**Obr. 4.**

Energie klíčení čistých (A) a plných (B) semen smrku ztepilého podle roku zrání (použit medián hodnot z celého území ČR)

Fig. 4.

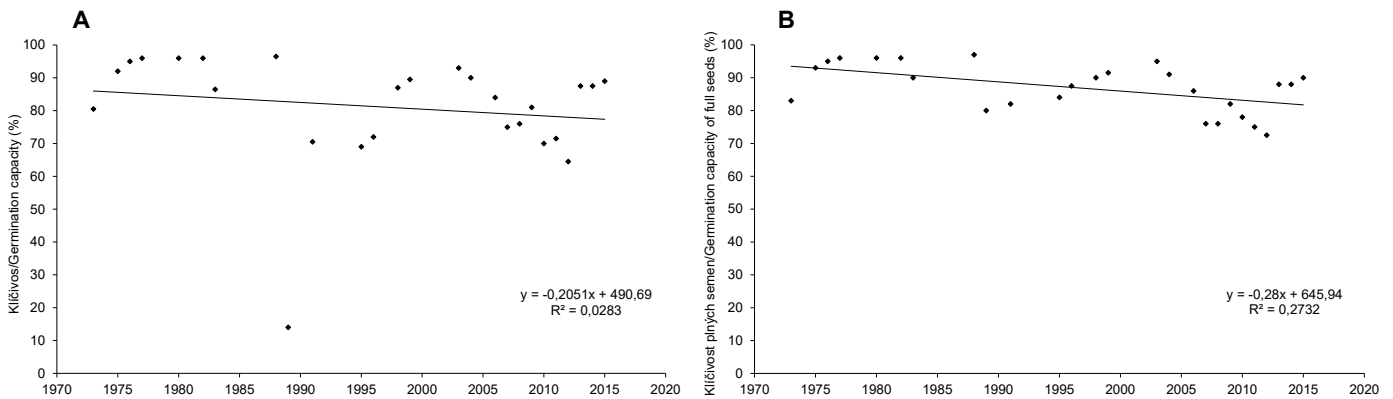
Germination energy (A) and germination energy of full seeds (B) of Norway spruce seeds according to the year of maturing (used median of values from the whole territory of the Czech Rep.)

hodnoty lze pozorovat v průběhu let signifikantní pokles energie klíčení čistých i plných semen smrku ztepilého. Klíčivost čistých semen se pohybovala mezi 70–96 %. Výjimkou byla velmi nízká klíčivost 14 % v roce 1989, zde však byl zpracován malý počet vzorků (tab. 1; obr. 5A). U klíčivosti čistých semen nebyl pozorován klesající trend tak jako u energie klíčení, silnější korelace se objevila pouze u klíčivosti plných semen (obr. 5B).

Reprodukční cyklus u borovice je tříletý. Květní primordia se u nich iniciují na jaře a v časném létě roku předcházejícího kvetení. Na jaře dalšího roku dochází ke kvetení a opylení, poté se růst pylové láčky zastavuje a nastává období klidu (dormance). Třetím rokem po oplození embryo pokračuje ve vývoji a semeno na podzim dozrává (PALÁTOVÁ 2008).

Teploty a srážky v různých částech roku, respektive v celém období od zakládání květních pupenů až po sběr zralých semen, ovlivňují kvalitu semen různým způsobem a v různé míře. Je tedy odůvodnitelné položit si otázku, jak se mění korelace mezi vlastnostmi osiva

a charakteristikami počasí (teplotou vzduchu a úhrnem srážek) v jednotlivých měsících (obr. 6A, 6B a 7A, 7B). Pro dosažení morfologické zralosti semene, jež je předpokladem vysoké klíčivosti, musí být dosaženo určité průměrné teploty nebo sumy teplot během léta (SIMAK 1980; HENTTONEN et al. 1986). Ukázalo se, že klíčivost semen borovice ovlivňují vyšší teploty v letním období roku následujícího po kvetení (červen až srpen), energii klíčení zase následně nižší průměrné teploty v říjnu až prosinci. Teploty uprostřed druhé zimy, především v únoru, by opět měly být vyšší (obr. 6A, tab. 2). Korelace mezi úhrnem srážek a kvalitou osiva byla negativní v únoru v roce předcházejícím sběru osiva a v srpnu v roce sběru (obr. 6B). Zřejmě tedy zvýšené srážky těsně před kvetením a v závěrečné době dozrávání semen působí negativně na kvalitu osiva. Naopak je naznačen pozitivní vliv dostatku srážek (kladná hodnota korelačního koeficientu) ve vegetačním období následujícím po kvetení (zvláště pro květen), přestože hodnoty nejsou statisticky signifikantní. Pro žádné delší období (úhrn srážek za několik měsíců) se nepodařilo nalézt statisticky signifikantní korelaci obdobně, jak tomu je u průměrných teplot vzduchu.



Obr. 5. Klíčivost čistých (A) a plných (B) semen smrku ztepilého podle roku zrání (použit medián hodnot z celého území ČR)

Fig. 5. Germination capacity (A) and germination capacity of full seeds (B) of Norway spruce seeds according to the year of maturing (used median of values from the whole territory of the Czech Rep.)

Tab. 2. Korelace a regrese mezi teplotou (územní charakteristiky pro ČR) a kvalitou semen borovice lesní a smrku ztepilého; hodnoceno pro medián
Correlation and regression between temperature (territorial characteristics for the Czech Republic) and median of quality of Scots pine and Norway spruce seeds

Teplota/Temperature	Dřevina a zkouška/Species and test	r	p	a	b
E(T _{p6'} , T _{p7'} , T _{p8'})	Scots pine K	+0,3886	0,0410	86,4	+1,84
	Scots pine KP	+0,4501	0,0162	87,1	+2,04
E(T _{p10'} , T _{p11'} , T _{p12'})	Scots pine EKP	-0,3601	0,0598	76,2	-2,92
	Scots pine K	+0,3846	0,0433	87,8	+0,58
E(T ₂)	Scots pine KP	+0,4171	0,0272	88,6	+0,60
	Norway spruce EK	-0,5772	0,0020	46,5	-17,95
E(T ₃ , T ₄ , T ₅ , T ₆ , T ₇ , T ₈)	Norway spruce EKP	-0,5834	0,0018	49,4	-18,15
	Norway spruce KP	-0,4188	0,0332	89,1	-3,42

r – korelační koeficient/correlation coefficient

p – pravděpodobnost chyby/error probability

a, b – regresní koeficienty/regression parameters

E(x₁, x₂, ...) – aritmetický průměr hodnot x₁, x₂, .../arithmetic mean of values x₁, x₂, ...

T_m – průměrná teplota v měsíci m daného roku/
average air temperature in month m of the given year

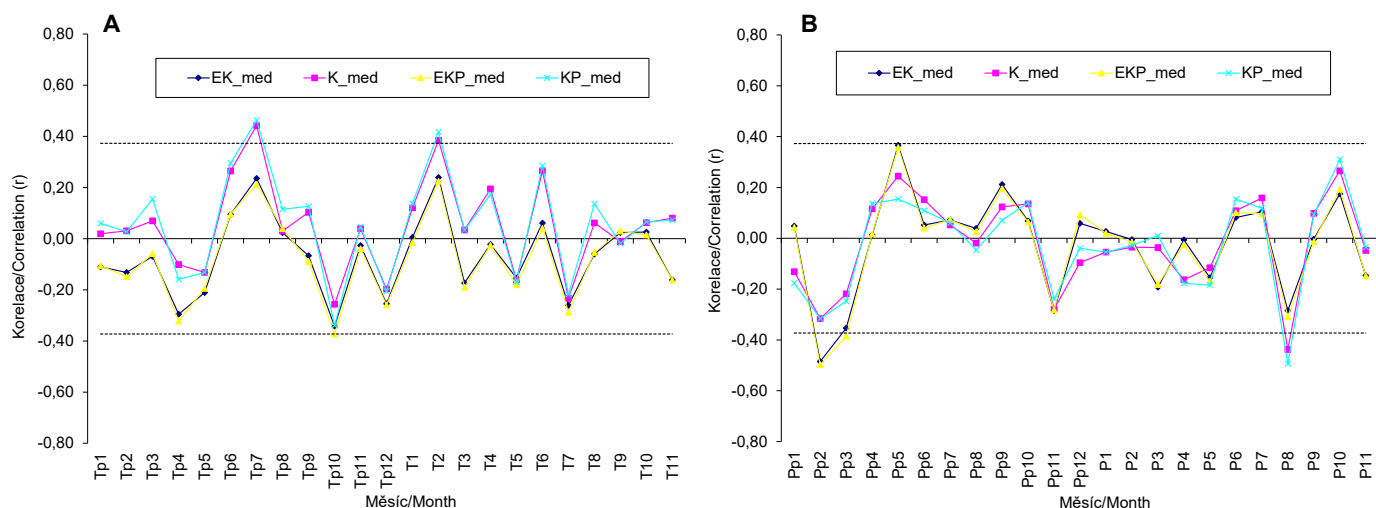
T_{pm} – průměrná teplota v měsíci m předcházejícího roku/
average air temperature in month m of the previous year

EK – energie klíčení/germination energy

EKP – energie klíčení plných semen/germination energy of full seeds

K – klíčivost čistých semen/germination capacity

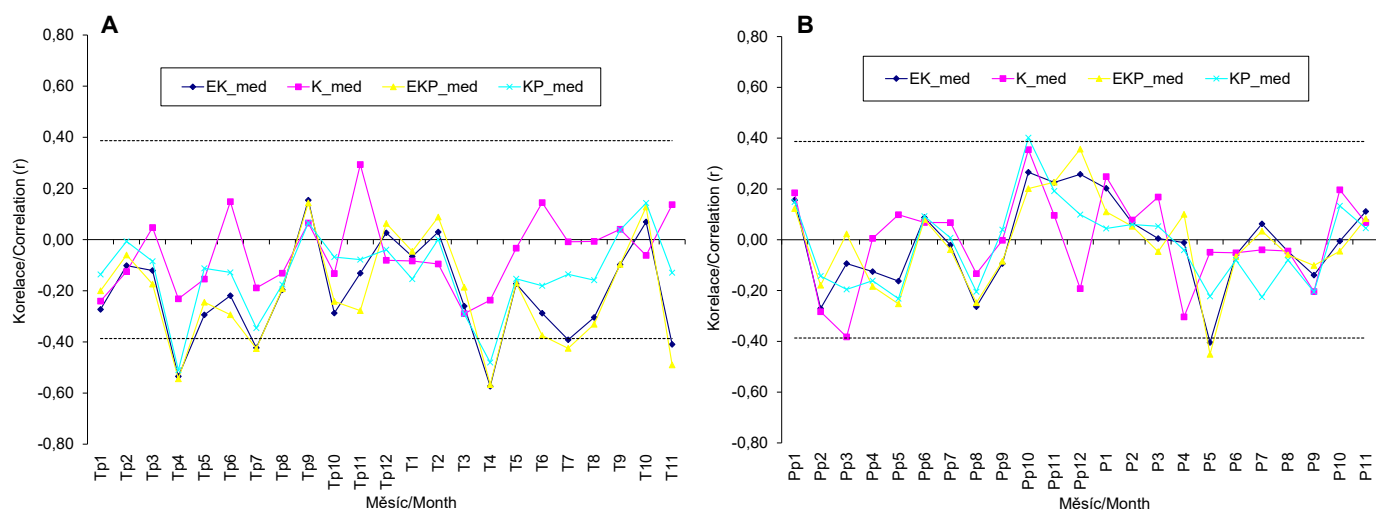
KP – klíčivost plných semen/germination capacity of full seeds

**Obr. 6.**

Korelační koeficient (vertikální osa) mezi územními teplotami vzduchu (A) a územním úhrnem srážek (B) v jednotlivých měsících sledovaného období předcházejícího sběru osiva a mediánem sledovaných parametrů osiva borovice lesní (EK – energie klíčení, K – klíčivost, EKP – energie klíčení plných semen, KP – klíčivost plných semen). Čárkované linie označují kritické meze koeficientu r na hladině 5 %

Fig. 6.

Correlation coefficient (vertical axis) between the territorial air temperatures (A) and the territorial sum of the precipitation (B) in the individual months of the monitored period preceding the seed harvest and the median of the monitored parameters of the Scots pine seeds (EK – germination energy, K – germination capacity, EKP – germination energy of full seeds, KP – germination capacity of full seeds). Dashed lines denote critical limits of the r coefficient at the level of 5 %

**Obr. 7.**

Korelační koeficient (vertikální osa) mezi územními teplotami vzduchu (A) a územním úhrnem srážek (B) v jednotlivých měsících sledovaného období předcházejícího sběru osiva a mediánem sledovaných parametrů osiva *Picea abies* (EK – germination energy, K – germination capacity, EKP – germination energy of full seeds, KP – germination capacity of full seeds). Čárkované linie označují kritické meze koeficientu r na hladině 5 %

Fig. 7.

Correlation coefficient (vertical axis) between the territorial air temperatures (A) and the territorial sum of the precipitation (B) in the individual months of the monitored period preceding the seed harvest and the median of the monitored parameters of the Norway spruce seeds (EK – germination energy, K – germination capacity, EKP – germination energy of full seeds, KP – germination capacity of full seeds). Dashed lines denote critical limits of the r coefficient at the level of 5 %

U smrku probíhá reprodukční cyklus dva roky. V prvním roce se zakládají květní primordia, ve druhém stromy kvetou, dochází k opylení a oplození, přičemž embryo dozrává ještě téhož roku (PALÁTOVÁ 2008). Obrázek 7A znázorňuje příslušné korelační koeficienty mezi měsíční průměrnou teplotou vzduchu a kvalitou osiva. Výsledky ukázaly zápornou korelaci mezi energií klíčení a průměrnými teplotami v březnu až srpnu daného roku zrání (tab. 2). V souvislosti s výše uvedeným poklesem klíčivosti a energie klíčení v průběhu sledovaných let však vyvstává otázka, je-li tento pokles následkem vzrůstu průměrných teplot, nebo se jedná o souběžný, na teplotách nezávislý jev. Tomuto tvrzení by nasvědčoval i vyšší korelační koeficient energie klíčení a klíčivosti (zde pouze pro plná semena) a roku dozrávání semen ve srovnání s odpovídajícím korelačním koeficientem k průměrným teplotám (tab. 2, obr. 4A, 4B a 5B).

Rok 2015 byl meteorologicky extrémní. Jarní měsíce březen a duben se zařadily mezi měsíce teplotně a srážkově normální. Avšak letní sezóna byla druhá nejteplejší od roku 1961. Vyšší průměrné měsíční teploty v červnu až srpnu spolu s horkými vlnami, kdy teplota převýšila 35 °C, měly zajisté negativní vliv i na lesní porosty. Také srážkový úhrn za letní sezónu (červen až srpen) 161 mm byl pátý nejnižší pro uvedené období na území ČR od roku 1961 (VALERÍANOVÁ et al 2015). Tyto vysoké teploty a deficit srážek však neovlivnil v takové míře lokální úrody a následně i kvalitu smrkového osiva. Naopak, rok 2015 byl charakterizován nadprůměrnou produkcí semenného materiálu smrku ztepilého (ZPRÁVA 2016), o čemž svědčí úroda i počet zpracovaných rozborů (tab. 1). Osivo si udrželo stejné jako ve dvou předešlých letech vysokou klíčivost nad 85 %. Zjištěná data opět podporují domněnku, že vyšší teplota během roku zrání nemusí mít negativní dopad na kvalitu osiva smrku a že dlouhodobý trend poklesu energie klíčení či klíčivosti je ovlivněn ještě i jinými, zatím nezjištěnými faktory. Korelace mezi srážkami a kvalitou osiva nebyla prokázána, přestože v některých měsících se zjištěné korelační koeficienty blížily významným hodnotám (obr. 7B).

Grafy vývoje vlastností osiva v čase (obr. 1–5) ukazují nejen určité trendy vývoje těchto vlastností, ale i možnost jejich periodické změny. Sledované období zahrnovalo přibližně 2,5 (pro smrk; délka periody více než 15 let) až 3 (pro borovici; délka periody přibližně 10 let) takové periody. Analýza periodicity však není předmětem této studie hlavně proto, že délka sledovaného období nezaručuje důvěryhodnou analýzu periodicity, tedy to, že místo skutečné periodicity by byla analyzována nějaká pseudoperiodicita. Navíc je známo, že i charakteristiky počasí se mohou měnit s určitou periodou, přičemž někdy bývá zmiňována perioda sluneční aktivity s délkou přibližně 11 let.

ZÁVĚR

Zpracovaná data ukázala, že kvalita osiva borovice lesní se v průběhu let výrazně nemění. U semen smrku ztepilého energie klíčení a klíčivost plných semen významně klesá, tento pokles však nemusí být zapříčiněn vyššími teplotami v době zrání. Naopak, v letech 2014–2016, kdy se i Česká republika potýkala s velkými výkyvy teplot, byly u některých smrkových porostů zaznamenány bohaté úrody s dobrou kvalitou osiva, což dává předpoklad pro vytváření dlouhodobých skladových zásob.

Poděkování:

Článek byl zpracován v rámci poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – rozhodnutí č. RO0117 (č.j. 6779/2017-MZE-14151) – ústavní výzkumný projekt „Stabilizace a rozvoj funkcí lesa v měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ALFJORDEN G., REMRÖD J. 1975. New methodology for prediction of seed germinability of Scots pine and Norway spruce seed. Inf. No. 3, Institute for Forest Tree Improvement, Uppsala, Sweden.
- ALMQVIST C., BERGSTEN U., BONDESSON L., ERIKSSON U. 1998. Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather station. Canadian Journal of Forest Research, 28: 1530–1535.
- ČSN 48 1211. 1972. Zkoušky jakosti plodů a semen. Česká technická norma. Praha, Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření: 35 s.
- ČSN 48 1211. 1997. Lesní semenářství – Sběr, jakost a zkoušky jakosti plodů a semen lesních dřevin. Česká technická norma. Praha, Český normalizační institut: 56 s.
- ČSN 48 1211. 2006. Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. Česká technická norma. Praha, Český normalizační institut: 56 s.
- HAKANSSON A. 1956. Seed development of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. Medd. Statens Skogsforsknings Institut, 46 (2): 23.
- HENTTONEN H., KANNINEN M., NYGREN M., OJANSUU R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in Northern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research, 1: 243–249.
- HILL T., LEWICKI P. 2007. STATISTICS: Methods and Applications [online] [cit. 2017–06–07]. Dostupné na/Available on: <http://www.statsoft.com/textbook/.htm>.
- JOHNSEN Ø., FOSSDAL C. G., NAGY N., MØLMANN J., DÆHLEN O. G., SKRØPPA T. 2005. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. Plant, Cell and Environment, 28 (9): 1090–1102.
- KARLSSON CH. 2000. Seed production of *Pinus sylvestris* after release cutting. Canadian Journal of Forest Research, 30: 982–989.
- LUOMAJOKI A. 1993. Climatic adaptation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten). In: Finland based on male flowering phenology. Acta Forestalia Fennica, 242: 1–28.
- MACHANIČEK J., PRUDIČ Z. 1988. Proměny některých parametrů jakosti lesního osiva během 25 let v Západočeské pahorkatině, Českomoravské vrchovině a Moravskoslezských Beskydech. Práce VÚLHM, 73: 9–147.
- MACHANIČEK J., PRUDIČ Z. 1989a. Rozbor základních parametrů jakosti lesního osiva smrku a modřínu v ČR v období 1961–1985. Práce VÚLHM, 74: 49–87.
- MACHANIČEK J., PRUDIČ Z. 1989b. Rozbor základních parametrů jakosti lesního osiva borovice a jedle v ČR v období 1961–1985. Práce VÚLHM, 74: 89–125.
- MATĚJKA K. 2013. Klimatické gradienty a modelování lesních vegetačních stupňů v ČR. In: Friedl M. (ed.): Geobiocenologie a její aplikace v lesnictví a krajinářství. Sborník prací z mezinárodní konference konané 6.–7. prosince 2012 v Brně, Česká republika. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 103–118. Geobiocenologické spisy, 15.
- MATĚJKA K. 2017. Vývoj teplot a srážek v ČR od roku 1961. [online]. [cit. 2017–05–03]. Dostupné na/Available on: <http://www.infodatasys.cz/climate/KlimaCR1961.htm>.
- NOVÁK P. 1987. Krátkodobé a dlouhodobé ovlivnění jakosti osiva smrku mimořádnými klimatickými poměry semenného roku 1980. Autoreferát disertace. Uherské Hradiště, VÚLHM – VS: 27 s.

- PALÁTOVÁ E. 2008. Zakládání lesa I. Lesní semenářství. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 119 s.
- PRETEL J. 2013. Změny klimatu v Česku. Současný vývoj a pravděpodobný výhled [online]. Vesmír, 92: 605. [cit. 2017-07-10]. Dostupné/Available on: <http://www.vesmir.cz/clanek/zmeny-klimatu-v-cesku>.
- PROCHÁZKOVÁ Z. 2002. Jakost semen borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) z úrod v letech 1994–2000. In: Borovice-semenářství, školkařství, pěstování. Sborník referátů celostátního semináře. Mimoň 25. červen 2002. Praha, Česká lesnická společnost: 9–11.
- PROCHÁZKOVÁ Z., BEZDĚČKOVÁ L. 2011. Kvalita semen smrku, borovice, modřínu, jedle a buku v posledních 50ti letech. In: Foltánek V. (ed.): Aktuální problematika lesního školkařství České republiky v r. 2011. Sborník referátů ze semináře. Lísek u Bystřice nad Pernštejnem, 24.–25. listopad 2011. Brno, Tribun EU: 21–29.
- SAHLÉN K., BERGSTEN U. 1993. Artificial ripening of early collected Scots pine cones and cones attached to branches. In: Edwards D. G. W. (ed.): Dormancy and barriers to germination. Proceedings of an international symposium of IUFRO project group P2.04–00 (seed problems). Victoria, B. C., 23–26. Apr. 1991. Victoria, Pacific Forestry Centre: 113–120.
- SAHLÉN K., BERGSTEN U. 1994. Predicting anatomical maturity of *Pinus sylvestris* L. seeds in Northern Fennoscandia. Scandinavian Journal of Forest Research, 9: 154–157.
- SARVAS R. 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. Metsatieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, 67 (5): 84 s.
- SIMAK M. 1980. X-radiography in research and testing of forest seeds. Umeå, Swedish University of Agricultural Sciences: 32 s.
- VALERIÁNOVÁ A., CRHOVÁ L., SANDEV M. 2015. Průběh počasí od ledna do září 2015. Data českého hydrometeorologického ústavu. Lesnická práce, 94: 728–729.
- ZPRÁVA. 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. [online]. [cit. 8. června 2017]. Dostupné na World Wide Web: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/publikace-a-dokumenty/Zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-CR/zprava-o-stavu-lesa-2015.html>.

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE QUALITY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) SEEDS

SUMMARY

Norway spruce and Scots pine belong to the most important tree species in the Czech Republic. Historically, both of them have been always closely related to our forestry, and we expect that they will also remain irreplaceable in the future. One of the factors that could negatively affect spruce and pine forests, and consequently seed quality is a long-term climate change. The aim of the presented study is to evaluate the seed quality data of these trees between 1973 and 2015 (for pine), and 1983 and 2015 (for spruce) in relation to the course of temperature and precipitation in the Czech Republic during that period.

In total, 1750 specimens of Scots pine and 3334 specimens of Norway spruce (Tab. 1) were processed. Weight determination (the 1000 seeds weight), germination energy and germination capacity of both clear and full seeds were evaluated. Weight of the seeds was detected till 1997 for 4×100 seeds, and since 1997 for 8×100 seeds. The germination energy was evaluated after 7 days, the total germination capacity after 21 days. A regression and correlation analysis was used for the statistical evaluation of seed germination energy and germination capacity. Correlation coefficient was established between the territorial air temperatures and the total rainfall in the individual months of the monitored period preceding the seed harvest and the median of the seed parameters monitored (germination energy and germination capacity of clear and full seeds).

The average weight of Scots pine seeds (6.3 g) over the reference period corresponded to the table value provided in the Czech standard ČSN 48 1211 (2006) (Fig. 1A). Decrease in average weight of the Norway spruce seeds was obvious; the average value defined for spruce seed (8.8g, ČSN 2006) did not tally (Fig. 1B).

The seed quality is given mainly by the germination energy and the actual germination capacity. No significant changes in germination energy and germination capacity of both clear and full seeds (Fig. 2A, B and 3A, 3B) were observed during the years in regard to Scots pine. In Norway spruce, a significant decrease in germination energy of both clear and full seeds can be observed over the years (Fig. 4A, 4B). No decreasing trend was observed in regard to germination capacity of clear (Fig. 5A) as it happened for germination energy, with a stronger correlation appearing only in regard to germination capacity of full seeds (Fig. 5B).

Temperatures and precipitation in different parts of the year, or throughout the entire period, from the formation of flower buds to the harvesting of mature seeds, affect the quality of the seeds in different ways and to varying degrees. It turned out that the germination capacity of pine seeds is influenced by higher temperatures in the summer after blossom (June to August), while the germination energy, in contrast, by the subsequent lower average temperatures in October to December. Temperatures in the middle of the second winter, especially in February, should again be higher (Fig. 6A, Tab. 2). The correlation between total rainfall and seed quality was negative in February of the year preceding the harvest and in August of the year of harvest (Fig. 6B). Norway spruce results showed a negative correlation between the germination energy and the average temperatures in March to August of the specific year of maturation (Tab. 2). Correlation between precipitation and seed quality has not been proven, although in some months the correlation coefficients were approaching significant values.

The processed data showed that the quality of the Scots pine seeds has not changed significantly over the years. Germination energy and germination capacity of full Norway spruce seeds significantly decreased, but this decrease is not probably due to higher temperatures at the time of maturing. On the contrary, in the last three years, when the Czech Republic has also been experiencing high temperature fluctuations, some of the spruce stands have been harvested with high seed yields, which is a prerequisite for creating long-term stocks.

Zasláno/Received: 01. 09. 2017

Přijato do tisku/Accepted: 21. 11. 2017