

Podíl plevelové složky na depozici znečišťujících částic v agrofytocenóze

Particle deposition on the weed component in agrophytocenosis

Pavel Kovář, Jiří Dostálek, Helena Koblihová, Tomáš Frantík
a Hana Stejskalová

KOVÁŘ P., DOSTÁLEK J., KOBLIHOVÁ H., FRANTÍK T. et STEJSKALOVÁ H. (1987): Podíl plevelové složky na depozici znečišťujících částic v agrofytocenóze. [Particle deposition on the weed component in agrophytocenosis]. — *Preslia, Praha, 59 : 349—356.*

Significant differences were observed in the seasonal particle deposition on stands of spring wheat with various weed components. Spring wheat stands (1) without weeds, (2) with a monospecific weed component of *Chenopodium album* L. s. str. and (3) with several species of the original weed community were compared in terms of the deposition capacity of crop and weed components. In general, wheat without weeds intercepted and retained a several times higher quantity of the local atmospheric fallout than wheat mixed with weeds. In the presence of a number of phenologically different weed species there is an important decrease in the deposit polluting the harvested crop biomass.

Botanický ústav ČSAV, 252 43 Příhonice u Prahy, Československo

Tato práce je součástí úvodní studie do širšího projektu, jehož cílem je komplexněji objasnit roli plevelové složky v agrofytocenóze. Při sběru dat bylo využito pokusného uspořádání a identického materiálu k zpracování vzorků jako v případě prací DOSTÁLEK et al. (1987), KOBLIHOVÁ et al. (1987), FRANTÍK (1987), STEJSKALOVÁ (1988).

Zachycování a zadržování atmosférického znečištění rostlinnými porosty se studovalo z různých aspektů. Tzv. depoziční studie se nejčastěji zabývají vlivem porostní struktury (HOSKER 1973, SMITH 1977, LEGG et PRICE 1980, KOVÁŘ 1984, aj.), vlivem počasí (BARRY et CHAMBERLAIN 1963, HEINEMANN et al. 1974, WIMAN 1981, KOVÁŘ et BRABEC 1985) anebo vlivem vlastností částic (ROMNEY et al. 1963, GARLAND et COX 1982, KOVÁŘ et al. 1987) na ukládání znečištění v porostu.

Přístupy jsou buď přísně experimentální (laboratorní — využití např. aerodynamických resp. větrných tunelů) nebo naopak terénní (často náhodně lokalizovaná i časovaná měření). Nejméně časté byly doposud studie sezónního nebo víceletého chodu depozice a v terénních, pečlivě aranžovaných pokusech. Bohatá literatura k tématu je komentována v rešerši (KOVÁŘ 1983, KOVÁŘ et MEJSTŘÍK 1987). Mnohem více je známo o zdrojích, pohybu a generálních účincích znečištění než o jejich chování v prostředí, zejména v porostech rostlin. O tom, že rostliny mohou hrát očištnou roli v různých prostředích tím, že na svůj povrch vážou často značný podíl celkového spadu, se dnes už všeobecně ví (např. RICH 1968, HANSON et THORNE 1973, KOVÁŘ

et al. 1982) a podrobněji se studují mechanismy depozičního procesu (např. CHAMBERLAIN 1983). Lze odlišit vyhraněné rostlinné typy „depozičně silné a slabé“, zpravidla v závislosti na počtu tzv. sedimentačních dutin, ovšem v rámci obrovské proměnlivosti rostlin i stavu prostředí je velmi těžké nalézt jednoznačné kritérium pro predikci depoziční schopnosti (KOVÁŘ 1983a). Tento ekotoxikologický aspekt má význam zejména v polních kulturách, kde jde o hledání strategie kultivace směřující k co nejnižší kontaminaci biomasy plodin v době sklizně. O tom, jak vypadá sezónní bilance transportu částic v kultuře kukuřice ve srovnání s nesklízeným trávníkem, vypovídá studie z blízkosti tepelné elektrárny (KOVÁŘ et BRABEC 1987). Jinak vypadá průběh depozice u porostů s jednou nebo několika sklizněmi za vegetační sezónu a u porostů nesklízených (BRABEC et al. 1981, KOVÁŘ et al. 1982, KOVÁŘ et MEJSTŘÍK 1987). Sezónní měření atmosférického spadu i depozitu na rostlinách lze rovněž interpretovat jako příspěvek k bioindikaci resp. bio-monitorování (KOVÁŘ 1985, BRABEC et KOVÁŘ 1986).

Při výběru plodin pro znečištěná území lze využít přístupu srovnávacího rozdílné adaptivní strategie rostlin, případně různé metabolické typy (KOVÁŘ 1982a, b, 1987, 1988), odkud pak vede cesta k hledání plodinových ideotypů pro dané podmínky. To už souvisí se šlechtitelstvím a ekologickým managementem.

Méně náročné a rychleji využitelné je sledovat jinou cestu: podchytit roli plevelové porostní složky při depozici a pokusit se kvantifikovat podíl různých typů plevelové komponenty na zadržení pevného znečištění. Jak naznačují dále prezentované výsledky, tento podíl může být významný.

MATERIÁL A METODY

Informace o lokalitě, pokusných plochách a experimentálním uspořádání jsou v práci DOSTÁLEK et al. (1987). Pro zjištění depozitu byly odebrány vzorky z porostů pšenice bez plevelu, pšenice s merlíkem bílým (*Chenopodium album* L. s. str.), pšenice s původním plevelovým společenstvem a z plevelového společenstva bez plodiny.

Vzorky nadzemní biomasy odebrané z pokusných čtverců o velikosti $0,25 \times 0,25$ m ve 4 až 8 opakováních byly v destilované vodě zbaveny depozitu a ten byl tlakovou filtrací zachycen na filtračních papírech. Totéž se týká i spadu zachyceného do spadových polyetylenových nádob standardního průměru 0,09 m a výšky 0,14 m. Při 60 °C byla biomasa usušena a zvážena. Depozit a spad byl spálen při 400 °C v pecce pro odstranění organického podílu (pylová zrna, organický podíl druhotné zvedlých částic z půdy, zbytky hmyzu apod.).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vstupní hypotézou bylo, zda přítomnost plevelové složky ovlivňuje nejen růstové charakteristiky plodiny resp. celého porostu, ale také zda pozměňuje jeho depoziční schopnost. V kladném případě vyvstává další otázka: způsobuje tento vliv zvýšení nebo snížení depoziční schopnosti porostu a do které komponenty porostu je tok částic usměrněn? Dá se předpokládat, že plevel zachytí významný podíl atmosférického znečištění a přispějí tím k očištění sklizené nadzemní hmoty plodiny. Vliv může být i nepřímý — změnou růstových charakteristik ovlivňujících depoziční schopnost plodiny.

Z obr. 1 lze vyčíst následující skutečnosti. Jednoznačný je trend hromadění depozitu na všech složkách porostu (obr. 1a), zatímco spad sezónně kolísá, v tomto případě dokonce v sezóně klesá. Liší se však úhrnná kvantita depozitu na sledovaných rostlinách. Ve směsné kultuře merlíku bílého a pšenice je depozit rozdělen v pšenici a merlíku přibližně v poměru 5 : 1 — plo-

dina je znečištěna víc. Nicméně v kultuře pšenice bez plevele, jejíž biomasa dosahuje přibližně stejných hodnot jako ve směsi (výnos je konkurencí neovlivněn), je křivka kumulace depozitu strmější (a hodnoty značně vyšší) k srpnovému odběru. Teprve potom se průběh vyrovnává, zatímco u pšenice ve směsi naproti tomu teprve po tomto odběru graduje. Možné vysvětlení je, že díky posunuté fenologii pšenice ve směsi (zpoždění v růstové fázi, ovlivnění strukturálních vlastností — např. inklinace listů pšenice, cf. BRABEC et al. 1981) je depoziční schopnost nižší.

Graf znázorňující, jak velký podíl z celkového spadu za uplynulý úsek sezóny složky porostu zachytí (obr. 1b) zhruba potvrzuje předešlé. Křivky tzv. relativního depozitu (který je mírou depoziční schopnosti) dokumentují a ještě zvýrazňují sezónní kumulativní trend. Konfrontujeme-li je s průběhem biomasy, nápadná je koincidence poklesu depoziční kapacity u pšenice bez plevelů s mírným poklesem její biomasy na konci sezóny. Dá se to vysvětlit pokročilejší fenologií, kdy došlo již k opadu spodních listů (to se týká i merlíku bílého), zatímco pšenice ve směsi zvyšuje depoziční schopnost současně s růstem biomasy.

Podporu těmto tvrzením poskytuje i graf tzv. specifického depozitu (udává, kolik depozitu připadá na jednotku biomasy), kdy křivky mají charakteristický tvar asymetrického otevřeného U (obr. 1c), který se ovšem liší u jednotlivých porostů resp. jejich složek. (Tvar křivky je dán počátečním značným „zašpiněním“ mladých rostlinek, někdy i částicemi půdy odstříknutými s kapkami deště, avšak rychlý pokles signalizuje, že v prodlužovací fázi je růst rychlejší než přírůstky depozitu a teprve v období zastavení růstové fáze dochází k opětovnému nárůstu díky tomu, že část depozitu se v rozbujelé struktuře s početnými sedimentačními dutinami již stabilizovala a další sycení spadem pokračuje až k určité limitní hodnotě). U merlíku je přiděl částic na jednotku biomasy celosezónně nejvyšší a sklon ramen křivky nejstrmější. U obou pšenice je trend podobný, ale nárůst u kultury bez plevele v druhé polovině sezóny je rychlejší. Při srovnání merlíku a pšenice v poměru biomasy (obr. 1d) vynikne při konfrontaci křivek specifického depozitu (obr. 1c) očištná role merlíku — jeho biomasa je relativně nejvíce znečištěna.

Vztah depozičních charakteristik k srážkám dokresluje obr. 1e s vynesenými denními srážkovými úhrny v průběhu vegetační sezóny. Přestože testování přímého vztahu depozice a srážek nepřineslo jednoduchou (např. lineární) závislost, z porovnání jednotlivých odběrových období plyne přibližná koincidence zvýšených srážek s kumulací depozitu u pšenice. Tento mechanismus (splavení původně rovnoměrně rozptýlených částic do úzlabných sedimentačních dutin, jejich stmelení a rezistence vůči další erozi) byl u graminoidních rostlin popsán v práci BRABEC et al. (1981).

Další hypotézou při práci s různými typy plevelové složky porostu byl následující odhad: na rozdíl od monospecifické složky kultury nemusí ve vícedruhovém plevelovém společenstvu docházet k hromadění depozitu v průběhu sezóny a plevelová složka může odfiltrovat ještě podstatnější podíl sezónního spadu. To je založeno na předpokladu, že autochtonní plevelové společenstvo je složeno z druhů fenologicky značně oddálených a vzájemně se v sezóně střídajících, takže biomasa jednotlivých druhů je vystavena depozici pouze po relativně krátký úsek sezóny a za jiných meteorologických situací, které buď pomáhají nebo ruší v depozičním procesu.

Na obr. 2 je vidět zcela odlišný trend než u jedno- či dvoudruhových kultur

na obr. 1. Absolutní kvantum depozitu u pšenice rostoucí ve směsi s pleveli má v sezóně vyrovnaný, jen mírně narůstající průběh s konečnou hodnotou stejnou jako u porostu pšenice s merlíkem. K hromadění depozitu u plevelů, ať už v porostu bez plodiny nebo s ní, vůbec nedochází, naopak pokles se s postupující vegetační sezónou zvyrazňuje.

Depoziční schopnost pšenice (obr. 2b) zhruba obkresluje průběh absolutního depozitu. Plevelé jak bez plodiny, tak ve směsi s pšenicí ukazují rapidní pokles. Zdaleka nejvyšší hodnoty má porost bez plodiny, zvláště na začátku sezóny — konfrontace s grafem biomasy (obr. 2d) naznačuje, že se naplno uplatňuje mechanismus mezidruhovému konkurence a kolísání biomasy je dáno střídáním subdominant. Naproti tomu plevelová složka je limitována plodinou (biomasa je mnohonásobně menší a zhruba stejná po celou vegetační sezónu), takže k vážné konkurenci mezi pleveli patrně nedochází. Přestože biomasa samotné pšenice (natož směsného porostu jako celku) víc než dvojnásobně převyšuje biomasu plevelů bez plodiny, absolutní i relativní depozit je téměř po celou sezónu vyšší u samotných plevelů (teprve při posledním odběru vede pšenice).

Graf sezónního průběhu specifického depozitu (obr. 2c) dokládá největší zatížení plevelové složky ve směsi s plodinou (biomasa je znečišťována rovněž druhotně, translokací depozitu z vyšších bylinných pater pšenice). Nejmenší hodnoty (o řád nižší) vykazuje pšenice. Plevelový porost má zhruba střední hodnoty mezi oběma předchozími a sestupný trend. Nápadné je, že ani jedna křivka tentokrát nezachovává charakteristický tvar U (ověřený u jednodruhových porostů): patrně se ve vícedruhovém porostu v průběhu dynamického vývoje daleko rovnoměrněji částice distribuují do všech porostních složek.

Předběžná prospekce literatury ukazuje, že práce zabývající se depoziční částic selektivně pro různé strukturální složky zemědělských porostů, jsou řídké. RUSSELL (1965) upozornil na důležitost studia rozsahů retence v zemědělských porostech ve vztahu k přenosu radioaktivity v potravních řetězcích. Lze uvést sérii studií s radioaktivně značenými částicemi různé velikosti (WITHERSPOON et TAYLOR 1969, 1970, 1971). Tyto práce se týkají zejména mechanismů retence různých morfologických typů plodin (čirok, sója, podzemnice olejná aj.), zjišťují např., že plodiny s velkou listovou plochou mají tendenci vykazovat malé rozdíly v intercepci, vztahujeme-li ji k rozměrům částic. Podobně CHAMBERLAIN a CHADWICK (1972) studovali

Obr. 1. — Sezónní průběh depozice částic v porostu pšenice s merlíkem bílým a pšenice bez plevelů (všechny absolutní hodnoty jsou vztaženy na 1 m²): ————— pšenice bez plevelů; — — — — pšenice rostoucí ve směsi s merlíkem; — . — . — merlík rostoucí ve stejné směsi s pšenicí; spád; v grafu (e) jsou vyneseny denní úhrny srážek.

Fig. 1. — Seasonal course of particle deposition in a spring wheat stand with *Chenopodium album* s. str. and in a spring wheat stand without weeds; all values for 1 m²: ————— spring wheat without *Chenopodium album* s. str.; — — — — spring wheat growing in mixture with *Chenopodium album* s. str.; — . — . — *Chenopodium album* s. str. in the same mixture with spring wheat; fallout; daily sums of precipitation are plotted in the graph (e).

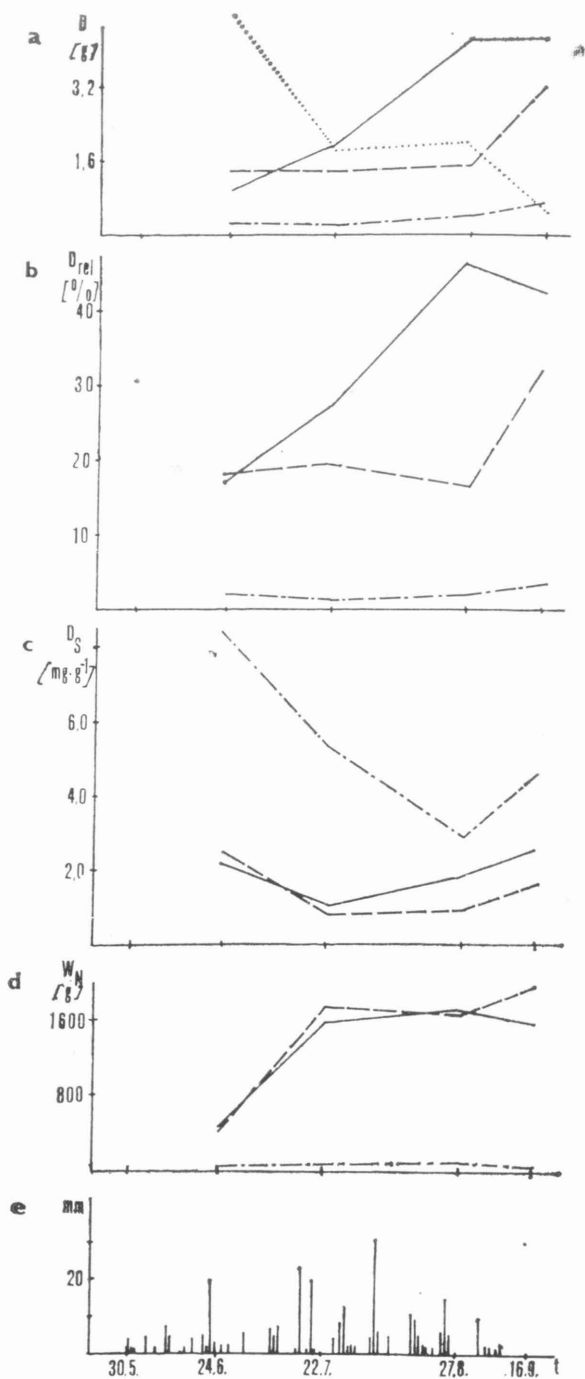
Symbols (Figs. 1 and 2):

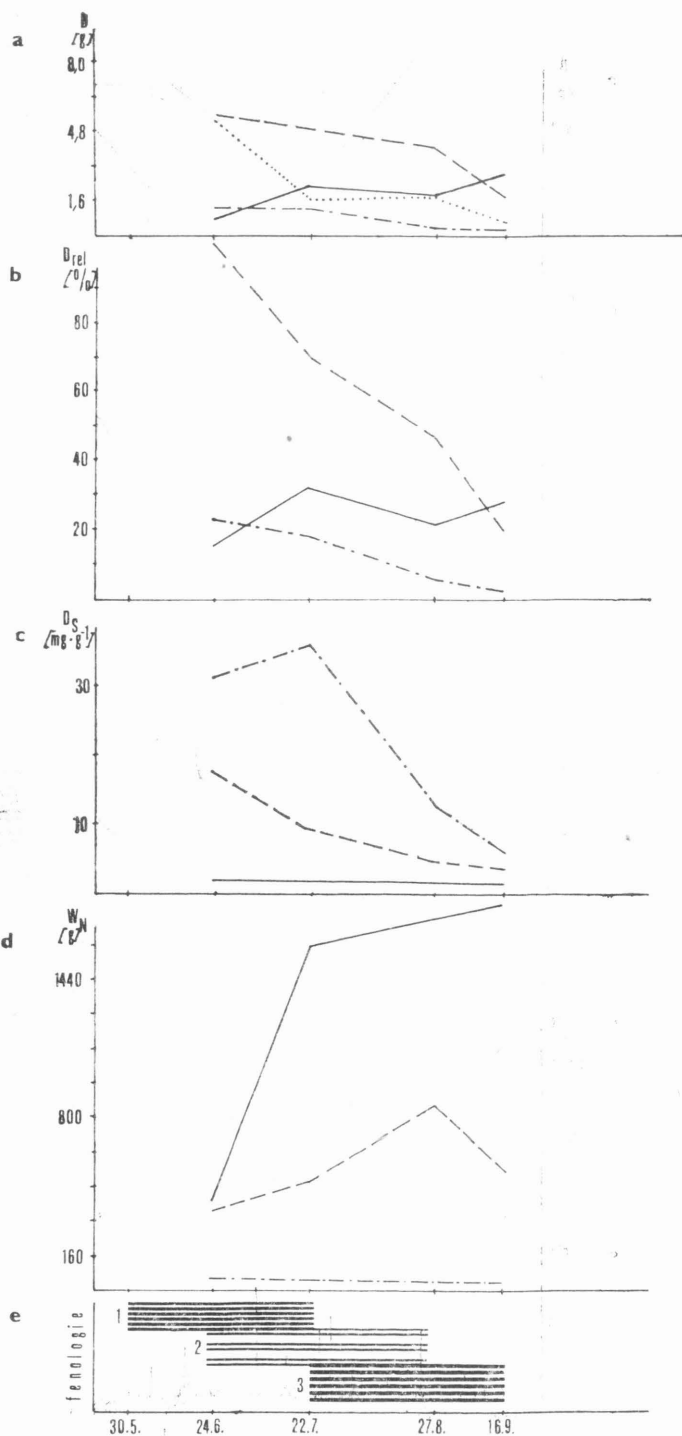
(a) D — absolutní depozit (net deposit)

(b) D_{rel} — relativní depozit (depoziční schopnost) /relative deposit (deposition capacity)/

(c) D_s — specifický depozit (specific deposit)

(d) W_N — nadzemní biomasa (sušina) /aboveground (dry) biomass/





vliv morfologie (ječmene) na zachycení či odražení v pokusu použitých částic (osiny způsobují tzv. „Bounce off“ efekt — odskakování částic). WEST et al. (1980) uvádějí důležitost kompetice mezi rostlinami při depozičních experimentech. Role plevelů v depozici částic u rostlinných kultur však pravděpodobně studována nebyla, a proto je třeba doporučit, aby se tomuto problému věnovala speciální pozornost.

Poděkování

Autoři děkují paní E. Kalinové za revizi anglického textu.

SUMMARY

It was found in our experimental field plots that the weed component of a spring wheat stand purifies significantly the harvested crop biomass in that it decreased the proportion of atmospheric particles deposited on the plants. A weed community of several species captures the intercepted particles of air pollution more efficiently than a monospecific weed component (in our case a stand of *Chenopodium album* L. s. str.). This is due to the number of seasonally alternating weed subdominants (they substitute one another and are phenologically different).

LITERATURA

- BARRY P. J. et CHAMBERLAIN A. C. (1963): Deposition of iodine onto plant leaves from air. — Health Physics, Oxford, 9 : 1149—1157.
- BRABEC E., KOVÁŘ P. et DRÁBKOVÁ A. (1981): Particle deposition in three vegetation stands: seasonal change. — Atmospheric Environment, Oxford, 15 : 583—587.
- BRABEC E. et KOVÁŘ P. (1986): Plants as fallout gauges: A case in passive bioindication. — In: PAUKERT J. [ed.] (1986): Proc. IVth Int. Conf. "Bioindicators Deteriorationis Regionis", June 28—July 2, 1982, Liblice near Prague, Czechoslovakia, p. 35—42.
- CHAMBERLAIN A. C. (1983): Fallout of lead and uptake by crops. — Atmospheric Environment, Oxford, 17 : 693—706.
- CHAMBERLAIN A. C. et CHADWICK R. C. (1972): Deposition of spores and other particles on vegetation and soil. — Ann. Appl. Biol., London, 71 : 141—158.
- DOSTÁLEK J., KOBLÍHOVÁ H., KOVÁŘ P., FRANTÍK T. et STEJSKALJÁ H. (1987): K biologii vybraných druhů z okruhu *Chenopodium album* agg. — Preslia, Praha, 59 : 315—340.
- FRANTÍK T. (1987): Srovnání dvou metod zjišťování listové plochy porostu. — Preslia, Praha, 59 : 357—359.
- GARLAND J. A. et COX L. C. (1982): Deposition of small particles to grass. — Atmospheric Environment, Oxford, 16 : 2699—2702.
- HANSON G. P. et THORNE L. (1972): Vegetation to reduce air pollution. — Lasca Leaves, New York, 20 : 60—65.
- HEINEMANN K., VOGT K. J. et ANGELETTI L. (1974): Deposition and biological half-life of elemental iodine on grass and clover. — Ms. paper presented at the Symposium on Atmosphere-Surface Exchange of Particulate and Gaseous Pollutants, pp. 1—16, Richland, USA].

Obr. 2. — Sezónní průběh depozice částic u porostu pšenice s vícedruhovou plevelovou složkou a u porostu plevelového společenstva bez pšenice (absolutní hodnoty jsou vztaženy na 1 m²): —.—.— plevel ve směsi s pšenicí; — — — — pšenice ve směsi; — — — — plevelové společenstvo bez pšenice; spad; v grafu (e) je schematicky znázorněn fenologický posun subdominant plevelového společenstva.

Fig. 2. — Seasonal course of particle deposition in a spring wheat stand with several weed species and in a weed community without a crop plant (all values for 1 m²): —.—.— weed in the mixture with spring wheat; — — — — spring wheat in the mixture; — — — — weed community without spring wheat; fallout; phenological shift of subdominants in the weed community is shown schematically in the graph (e). (1) časné druhy (early species) — *Sinapis arvensis*, *Thlaspi arvense*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Lamium amplexicaule*; (2) letní druhy (summer species) — *Sonchus asper*, *S. arvensis*, *Fumaria officinalis*, *Chenopodium album*, *C. suecicum*; (3) pozdní druhy (late summer species) — *Galinsoga parviflora*, *G. ciliata*, *Cirsium arvense*, *Fagopyrum convulvulus*, *Polygonum lapathifolium*.

- HOSKER R. P. (1973): Estimates of dry deposition and plume depletion over forests and grassland. — In: Proc. IAEA Symp. "Physical Behavior of Radioactive Contaminants in the Atmosphere", Vienna.
- KOBLIHOVÁ H., FRANTÍK T., KOVÁŘ P., DOSTÁLEK J. et STEJSKALOVÁ H. (1987): Interakce vybraných druhů rodu *Chenopodium* s jarní pšenicí. — *Preslia*, Praha, 59 : 341–348.
- KOVÁŘ P. (1982a): Plant strategies and the crop cultivation strategy in polluted environment (preliminary communication). — *Ekológia (ČSSR)*, Bratislava, 1 : 337–342.
- KOVÁŘ P. (1982b): Environmental pollution and relevant strategies of crop cultivation. — In: Proc. V1th Inter. Symp. Probl. Land Ecol. Res. "Ecosystem Approach to the (Agricultural) Landscape", Panel No. 2, October 25–30, 1982, Piešťany, Czechoslovakia [unpaginated].
- KOVÁŘ P. (1983): Povrchová depozice částic u vybraných rostlinných porostů se zaměřením na zemědělské kultury. — Ms. [Kand. dis. práce, depon. in Bot. ústav ČSAV, Průhonice].
- KOVÁŘ P. (1983b): Zachycování a zadržování pevných aerosolů vegetací. — *Stud. Inform. ÚVTIZ, Ř. Ochr. a Tvor. Život. Prostř. v Zem. a Les.*, Praha, 1 : 5–51.
- KOVÁŘ P. (1984): Pollution problem in agroecosystems: Transport of atmospheric particles in a grass stand and in a maize stand (Balance field study): In: BRANDT J. et AGER P. [red.] (1984): Proc. 1st Inter. Seminar of IALE "Methodology in Landscape Ecological Research and Planning", October 15–19, 1984, Roskilde, Denmark, p. 121–126.
- KOVÁŘ P. (1985): Measurements of particle deposition in crop plants: A case of bioindication and/or biomonitoring. — In: Proc. VIIth Inter. Symp. Probl. Land Ecol. Res. "The Topical Problems of Landscape Ecological Research and Planning", Panel No. 3, October 21–26, 1985, Pezinok, Czechoslovakia [unpaginated].
- KOVÁŘ P. (1987): Srovnání sezónní depozice znečišťujících částic v porostech s dominantami odlišné morfologie a adaptivní strategie. — *Rostl. Vyr.*, Praha, 33 : 17–26.
- KOVÁŘ P. (1988): A comparison of different life strategies and morphological types of plants in the process of seasonal deposition. — *Sci. Total Environ.*, Amsterdam [in press].
- KOVÁŘ P., BRABEC E. et HOLUBOVÁ J. (1982): Particle deposition in Prague grasslands. — *Ekológia (ČSSR)*, Bratislava, 1 : 251–256.
- KOVÁŘ P. et BRABEC E. (1985): Vliv počasí na depozici znečišťujících částic v rostlinném porostu. — *Rostl. Vyr.*, Praha, 31 : 1197–1204.
- KOVÁŘ P. et MEJSTŘÍK V. (1987): Particle deposition: Environmental interactions with the vegetation (a review). — In: Perspectives in Environmental Botany, Lucknow, India [in press].
- KOVÁŘ P. et BRABEC E. (1987): Balance and seasonal course of particle deposition in stands of grass and maize. — *Sci. Total Environ.*, Amsterdam, 65 : 227–240.
- KOVÁŘ P. et MEJSTŘÍK V. (1987): Interception and retention of atmospheric particles by stands of alfalfa and maize. — *Sci. Total Environ.*, Amsterdam, 65 : 215–225.
- KOVÁŘ P., BRABEC E. et RIEGEROVÁ A. (1987): Size spectra of particulate matter in herbaceous stands. — *Sci. Total Environ.*, Amsterdam, 65 : 241–246.
- LEGG B. J. et PRICE R. I. (1980): The contribution of sedimentation to aerosol deposition to vegetation with a large leaf area index. — *Atmospheric Environment*, Oxford, 14 : 305–309.
- LITTLE P. et WIFFEN R. D. (1977): Emission and deposition of petrol engine exhaust Pb. I. Deposition of exhaust Pb to plant and soil surfaces. — *Atmospheric Environment*, Oxford, 11 : 437–447.
- RICH S. (1968): Plants as air purifiers. — *Front. Plant Sci.*, New Haven, 21 : 6–7.
- RUSSELL R. S. (1965): Interception and retention of airborne material on plants. — *Health Physics*, Oxford, 11 : 1305–1315.
- SMITH W. H. (1977): Removal of atmospheric particulates by urban vegetation: implications for human and vegetative health. — *Yale J. Biol. Med.*, New Haven, 50 : 185–197.
- STEJSKALOVÁ H. (1988): K výzkumu mykotrofie u rodu *Chenopodium*. — *Preslia*, Praha [sub prelo].
- WEST D. C., McLAUGHLIN F. B. et SHUGART H. H. (1980): Simulated forest response to chronic air pollution stress. — *J. Envir. Qual.*, Madison, 9 : 43–49.
- WIMAN B. (1981): Aerosol collection by Scots pine seedlings: design and application of a wind tunnel method. — *Oikos*, Copenhagen, 36 : 83–92.
- WITHERSPOON J. P. et TAYLOR F. G., JR. (1969): Retention of a fallout simulant containing ¹³⁴Cs by pine and oak trees. — *Health Physics*, Oxford, 17 : 825–829.
- WITHERSPOON J. P. et TAYLOR F. G., JR. (1970): Interception and retention of a simulated fallout by agricultural plants. — *Health Physics*, Oxford, 19 : 493–499.
- WITHERSPOON J. P. et TAYLOR F. G., JR. (1971): Retention of 1–44 u simulated fallout particles by grasses. — *Health Physics*, Oxford, 22 : 261–266.

Došlo 20. srpna 1986