

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a biometeorologie**



**Vliv struktury porostů kukuřice seté na distribuci srážek**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Josef Modráček**

**Vedoucí práce: Ing. Václav Brant, Ph.D.**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv struktury porostů kukuřice seté na distribuci srážek" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

# Vliv struktury porostů kukuřice seté na distribuci srážek

## Souhrn

Cílem práce bylo určit vliv rozdílné struktury porostů kukuřice seté na distribuci srážek. Základem bylo hodnocení řádků vyseté kukuřice o šířce 0,75 m a 0,45 m. Úkolem bylo stanovení vlivu rozdílné šířky řádků kukuřice na změny podílu hodnot porostní srážky na nadporostní srážce. Dále se jednalo o stanovení vlivu struktury porostu na rozmístění propadlé vody v meziřádku a také o určení vlivu narůstající hodnoty indexu listové plochy a délky rostlin ve vztahu k růstové fázi na hodnoty porostní srážky.

Pokusné varianty s kukuřicí byly založeny v lokalitě Budihostice. Porosty byly založeny 15. dubna 2014 přesným secím strojem Kverneland Accord Optima HD. Měření porostní srážky probíhalo pomocí trychtýřů o průměru 125 mm se záchytnou láhví. Láhev společně s trychtýřem byla umístěna v plastové trubce, která byla svým okrajem 0,2 m nad povrchem půdy, kvůli eliminaci vniknutí odstříkující vody a půdních částic od povrchu půdy. Záchytné trychtýře pro měření porostní srážky a její rozložení v meziřádku byly umístěny v meziřádku kukuřice ve třech zónách. Jeden záchytný trychtýř byl umístěn uprostřed meziřádku, druhý ve středu poloviny meziřádku a třetí u řádku s rostlinami. V obou pokusných variantách byla současně měřena nadporostní srážka pomocí záchytného trychtýře umístěného 3,5 m nad porostem. Každý týden byla zaznamenávána délka rostlin a ve čtrnáctidenních intervalech index listové plochy.

Průměrná naměřená hodnota množství propadlé vody do porostu byla nižší v porostech s řádky širokými 0,45 m oproti řádkům 0,75 m. Důvodem bylo pravděpodobně odlišné zapojení porostu, kdy v meziřádku s kukuřicí o šířce řádků 0,75 m je více prostoru. V řádcích 0,45 m je porost pravděpodobně hustší a dochází zde k většímu překrývání listů přes sebe. To má také pravděpodobně vliv na rozmístění porostní srážky v meziřádku. V řádcích 0,75 m bylo nejvíce vody soustředěno ve středu meziřádku, což bylo způsobeno jednak volným prostorem mezi řádky a také odkapáváním vody z konců listů. Množství naměřené vody propadlé porostem ve třech hodnocených zónách klesalo sestupně od středu meziřádku k řádku rostlin. V řádcích o rozteči 0,45 m bylo rozmístění porostní srážky v meziřádku ve třech zónách zcela obdobné. Z výsledků je patrné, že v řádcích o šířce 0,45 m měl index listové plochy výraznější vliv na hodnoty podílu porostní srážky

na nadporostní srážce. Vliv indexu listové plochy byl zaznamenán především během intenzivního nárůstu biomasy od růstové fáze BBCH 30. Podíl porostní srážky na nadporostní srážce byl také ovlivněn ke konci vegetace rostlin, kdy po odkvětu docházelo k odumírání spodních listů rostlin a k ohýbání listů koncem k povrchu půdy. Oproti tomu v řádcích o šířce 0,75 m byla zjištěna výraznější závislost mezi délkou rostlin a poměrem mezi porostní srážkou a nadporostní srážkou.

**Klíčová slova:** struktura porostu, porostní srážka, intercepce, stok vody po stéble, kukuřice

# **The effect of maize crop structure on the distribution of precipitation**

## **Summary**

The aim of this work was to determine the effect of maize crop structure on the distribution of precipitation. The basis was evaluation of lines of sown maize with a width of 0.75 m and 0,45 m. The task was to determine the effect of different width of maize rows to changes in share values of throughfall on precipitation. Furthermore, it was the determination of the effect of crop structure on throughfall in interrow and also determining the influence of increasing leaf area index values and length in relation to plant growth phase to values of throughfall.

Experimental variants with maize were established in Budihostice. Vegetation was founded April 15, 2014 by the precision seeder Kverneland Accord Optima HD. The measurement of throughfall was carried out using a funnel with a diameter of 125 mm with collecting bottle. Bottle together with the funnel was placed in a plastic tube, which was its edge 0.2 m above the soil surface, in order to eliminate penetration of splashes of water and soil particles from the soil surface. The capture of the funnel to measure the throughfall and its distribution in the interrow were placed in the interrow of maize in three zones. One retaining funnel was placed in the middle of the interrow, the second in the middle of the half of interrow and the third in row with plants. In both experimental variants, the precipitation was measured simultaneously by retaining funnel placed 3.5 m above the growth. Every week the length of plants was recorded and at fortnightly intervals, leaf area index.

The average measured value of throughfall was lower in the stands with 0.45 m wide rows compared to 0.75 m rows. The reason was different vegetation engagement, when in the interrow with the maize rows with a width of 0.75 m is more space. In the rows of 0.45 m is probably denser vegetation and here there is greater overlap of leaves over each other. It is also likely to affect the deployment of throughfall in the interrow. In the rows of 0.75 m the most of water was concentrated in the middle of interrow, which was caused by the free space between lines and dripping from the ends of the leaves. Amounts of throughfall in the tree evaluated areas declined descending from the middle of interrow to a row of plants. In

row with a width of 0.45 m, the deployment of throughfall in the interrow in the three zones was completely alike. The results show that in rows with a width of 0.45 m leaf area index had a significant impact on the share value of throughfall on the precipitation. Influence of leaf area index was recorded primarily during vigorous growth in biomass from growth phase BBCH 30. The share of throughfall on precipitation was also affected by the end of the growing plants, when after flowering there is necrosis of the lower leaves of plants and bending of the leaves by the end of the soil surface. In contrast, in the rows with a width of 0.75 m significant correlation between plant length and the ratio between the throughfall and the precipitation was found.

**Keywords:** crop structure, throughfall, interception, stemflow, maize

## Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl práce a hypotéza.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Přehled literatury .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Vodní bilance.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Distribuce srážek rostlinnými pokryvy .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Stok vody po rostlině.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Porostní srážka .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5 Intercepce .....</b>	<b>17</b>
<b>3.6 Distribuce srážky v porostu kukuřice seté .....</b>	<b>18</b>
<b>3.7 Metody stanovení stoku vody po rostlině.....</b>	<b>20</b>
<b>3.8 Metody stanovení porostní srážky.....</b>	<b>21</b>
<b>3.9 Metody stanovení intercepce .....</b>	<b>22</b>
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>23</b>
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Nadporostní a porostní srážka .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Rostlinný pokryv a porostní srážka .....</b>	<b>28</b>
<b>6 Diskuze.....</b>	<b>31</b>
<b>6.1 Nadporostní a porostní srážka .....</b>	<b>31</b>
<b>6.2 Rostlinný pokryv a porostní srážka .....</b>	<b>32</b>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>33</b>
<b>8 Seznam literatury .....</b>	<b>34</b>



# 1 Úvod

Rostlinný pokryv má výrazný vliv na redistribuci srážek. Voda v porostu je rozdělována na porostní srážku, která zahrnuje vodu volně propadlou porostem a vodu odkapanou z listů. Z výsledků uváděných v literatuře je prokázáno, že do širokých řádků propadne do meziřádku větší množství vody než do úzkých řádků. To může ovlivňovat erozní procesy pod rostlinným pokryvem a také rozdílné zásobení půdy vodou v rámci celého meziřádku. Další část vody je vedena po stéble rostliny. U kukuřice je po stéble vedeno velké množství vody, které může významně ovlivňovat erozní procesy na povrchu půdy. Množství vody, které se dostane k povrchu půdy po stonku rostliny nebo porostní srážkou je ovlivňováno hustotou porostu. Významný vliv tedy hraje výška rostlin, index listové plochy a rozteč řádků. V úzkých řádcích dochází obecně k většímu pokrytí půdy listy a voda je zde soustředěna více po stéble rostliny. Tyto fakta jsou potvrzena výsledky uváděnými v literatuře. V porostech kukuřice seté existuje závislost mezi hodnotami nadporostní srážky, podílu porostní srážky a stoku vody po stéble. Někteří autoři v literatuře uvádí, že při nízkých hodnotách srážky je téměř všechna voda vedena po stéble rostliny, ale se zvyšující se množstvím a intenzitou srážky dochází k nárůstu podílu porostní srážky. Rozdílná šířka řádků kukuřice seté má také vliv na vývoj a stavbu rostlin. V úzkých řádcích dochází k vytvoření rovnoměrnějšímu kořenovému systému a lepšímu rozdělení listů, které mohou lépe využívat zdroje světla (intercepce záření) a vody. Cílem práce bylo potvrdit hypotézu o rozdílném vlivu struktury porostu kukuřice seté na distribuci srážek.

## 2 Cíl práce a hypotéza

Hlavním cílem předkládané bakalářské práce bylo stanovit vliv rozdílné rozteče řádků u porostů kukuřice seté na distribuci srážkové vody. V rámci hlavního cíle byly sledovány následující dílčí cíle:

1. Stanovit vliv struktury porostu (šířka řádků) na změny podílu porostní srážky na nadporostní srážce.
2. Určit vliv struktury porostu na rozložení porostní srážky v meziřádku.
3. Posoudit vliv hodnoty indexu listové plochy a délky rostliny ve vztahu k růstové fázi na hodnoty porostní srážky.

Výše uvedené dílčí cíle vycházejí z následujících vědeckých hypotéz:

Hypotéza č.1: Rozdílná struktura porostu bude mít na základě změny prostorového rozmístění listů vliv na hodnoty porostní srážky.

Hypotéza č.2: Odlišná struktura porostu ovlivní množství propadlé vody na povrch půdy v meziřádku.

Hypotéza č.3: Změna hodnoty indexu listové plochy a délky rostliny během vegetace ovlivní hodnoty porostní srážky.

## 3 Přehled literatury

### 3.1 Vodní bilance

Voda slouží pro rostliny jako základní vegetační faktor. Rostliny odebírají vodu z půdního profilu pomocí kořenů s ohledem na udržení příznivé vodní bilance. Tím, že voda prochází rostlinami, zajišťuje udržování vyhovující teploty pomocí evaporace. Voda je také důležitá pro řadu biochemických reakcí. Součástí příjmu vody je rovněž absorpce živin, které jsou nezbytné pro vývoj a růst rostlin. Pomocí absorbované vody jsou živiny vedeny do míst jejich spotřeby a naopak určité produkty jsou odváděny ven z těla rostlin (Ritchie, 1998).

Voda v přírodě vytváří koloběh, který se skládá ze srážek, odtoku a výparu. Tyto procesy souhrnně nazýváme jako vodní bilance (Tlapák, et al. 1992). Pro vyjádření vodní bilance použil Kudrna (1985) následující rovnici:

$$h_s = h_{s0} + h_{sp} + E$$

jednotlivé členy rovnice vyjadřují:  $h_s$  - úhrn srážek

$h_{s0}$  - odtokové množství

$h_{sp}$  - podzemní odtok

$E$  - evapotranspirace

Voda se ukládá do půdní zásoby, ovšem může dojít i k jejím ztrátám a to např. podpovrchovým odtokem (Ritchie, 1998). Dle Brissona et al. (1991) je další významnou ztrátou vody výpar z povrchu půdy. Tento proces se nazývá evaporace. Velmi značnou ztrátou vody je odtok po povrchu půdy, který způsobuje erozi. Vodní eroze je rozrušení půdních částic, které jsou odnášeny pryč a na jiném místě se zase usazují. Vodní erozi lze rozdělit na odtokovou a kapkovou (Antal a Šurda, 2007).

Vodní bilanci porostu a půdy lze vyjádřit rovnicí dle Rambala (1995):

$$S = P - T - E - D$$

kde  $S$  – změny v obsahu půdní vody

$P$  – denní úhrn srážek

$T$  – transpirace

$E$  – půdní evaporace

$D$  – ztráta vody podpovrchovým odtokem

Larcher (1988) stanovil rovnici pro výpočet vodní bilance porostu a půdy zahrnující člen, který bere v potaz ztrátu vody, která je zachycena na povrchu vegetace a následně odpařena. Rovnice dle Larchera (1988) je vyjádřena takto:

$$Pr - L_i = \Delta W + L_E + L_o$$

Pr jsou celkové srážky.  $L_i$  vyjadřuje ztrátu vody intercepčí, která je tedy odečtena od celkových srážek.  $\Delta W$  je zásoba vody v biomase, která může být buďto kladná nebo záporná, což závisí na množství spadené vody. Člen  $L_E$  znamená ztrátu vody evapotranspirací a  $L_o$  je pak voda, která přispěje k odtoku nebo prosákne do půdy (Larcher, 1988).

### 3.2 Distribuce srážek rostlinnými pokrivy

Srážková voda dopadající na porost rostlin je podle struktury porostu dále přerozdělována. Část vody je u bylin zachycena na povrchu listů, v lesních porostech se voda na dřevinách zachytává na povrchu větví a listů. Toto zachycené množství vody se nazývá intercepce. Další část srážek propadá volně porostem, aniž by docházelo ke kontaktu s rostlinami. Do množství vody volně propadlé porostem se ovšem počítá i voda, která setrvá určitý čas na povrchu listů a poté odkape z povrchu pryč. Tedy voda, která volně propadne porostem a voda, která odkapává z listů, se obecně nazývá jako porostní srážka. U bylinných společenstev je přerozdělování srážky ovlivňováno překrýváním listů rostlin Bui a Box (1992). Jak uvádí Pivec et al. (2014) v porostech kukuřice seté vlivem překrývání listů nedochází na některé části listů k dopadu vody, oproti tomu na některých částech může být zachyceno i několik mm vody, což je zapříčiněno prohlubněmi. V lesních společenstvech nedochází pouze k překrývání listů, ale i celých větví.

Důležitou roli v přerozdělování srážky pak hraje úhel sklonu větví. Pokud jsou větve přikloněny ke kmeni, může být voda soustředěna převážně k bázi větví. Ovšem pokud jsou větve v opačném úhlu, voda z nich stéká přímo na zem a jedná se tedy o vodu tvořící porostní srážku. Opačný úhel větví, kdy svým koncem směřují k zemi, se zvětšuje se stářím rostliny. Díky pozorování v lesních porostech bylo zjištěno, že více vody je zadrženo na větvích ve vyšších patrech stromů než v těch nižších, což je zapříčiněno menším úhlem sklonu větví vůči kmeni (Ford a Deans, 1978).

Rostlinný kryt plní významnou funkci v rámci erozních procesů. Bylo zjištěno, že odloučení půdní částice je přímo ovlivněno kinetickou energií deště. Tento fakt ovšem

neplatí, pokud má voda v cestě překážku v podobě částí rostlin (Morgan, 1982). Míra odloučení částic půdy pod rostlinou je dle pokusů Nobla a Morgana (1983) závislá na počtu listů na rostlině a také na průměrné výšce listů nad povrchem půdy. Počet listů na rostlině je brán jako důležitý faktor ovlivňující vlastnosti deště po intercepci. Noble a Morgan (1983) ve svých výzkumech zjistili, že porost růžičkové kapusty snižoval o 10 až 25 % množství vody, které se dostane na povrch půdy a o 10 až 81 % energii dešťových kapek. Počet listů, průměr hlavního stonku a plocha rostlinného pokryvu jsou vzájemně propojené parametry, protože jsou důležitými projevy věku rostliny (Noble a Morgan, 1983).

### **3.3 Stok vody po rostlině**

Část srážek je zachytávána listy a větvemi dřevin a dále je vedena po stonku nebo po kmeni dolů. Tento proces se nazývá stok vody po rostlině (Schroth et al., 1999). U bylin je voda zachytávána listy a dále je vedena po stonku k úpatí rostliny. Stok vody po rostlině u polních plodin většinou tvoří větší podíl přerozdělené srážky než u lesních porostů (Rowland et al., 2005).

Taniguchi (1996) zkoumal ve svých pokusech význam stoku vody po rostlině vzhledem k doplňování půdní vody pomocí hmotnostní bilance. Výsledkem jeho studií v borovicovém lesním porostu bylo zjištění, že stok vody po rostlině je jeden z klíčových procesů významných pro půdní vodu, který v tomto lesním porostu činil 19 % z celkového zásobení půdní vody. Jelikož voda tekoucí po stonku nebo po kmeni je soustředěna u základu rostliny, je stok vody po rostlině považován jako bodový vstupní zdroj vody, který zásobuje půdu vodou ve větších hloubkách než voda propadá porostem, a to zejména v okolí kořenů (Tang, 1996). Dle Bellota (1998) může být brána koruna stromů jako trychtýř, který pomocí kmene vede zachycenou vodu směrem k bázi stromu. Množství a intenzita vody přicházející do půdy prostřednictvím stoku vody po rostlině je především ovlivněna intenzitou, množstvím a trváním srážek a také časovým rozdělením srážek za určitý čas. Ačkoliv, stok vody po kmeni tvoří u lesních společenstev menší část přerozdělené srážky, přesto může být důležitým zdrojem vody do půdní zásoby (Hutchinson a Roberts, 1981). Jak již bylo výše uvedeno, množství vody svedené po rostlině je ovlivněno intenzitou a velikostí srážek, pokud dojde k nízkým srážkovým úhrnům, nemusí proces stoku vody po rostlině nastat. To je ovlivněno schopností listů a větví zadržet určité množství vody (Tang, 1996). Toto určité množství,

kteře se liší podle druhu rostlin, je zadržováno v tenké vrstvě. Pokud je na celém povrchu listů a větví tato tenká vrstva zachycené vody, potom je maximální kapacita, kterou je porost schopen zadržet, naplněna. Po naplnění této kapacity dochází ke stoku vody z jednotlivých částí rostlin, podle druhu, dolů. Z toho plyne, že stok vody po rostlině má tendenci se zvyšovat s vyšší intenzitou srážek (Hutchinson a Roberts, 1981). Množství vody, které bude vedeno po rostlině, je ovlivňováno sklonem a plochou větví a u polních plodin sklonem a plochou listů. Oproti stromům a keřům s velkými úhly větví vedoucí velké množství vody po rostlině, byly u kukuřice největší hodnoty pozorovány na listech s úhlem 5 - 20° nad horizontálním povrchem v experimentu s dešťovou simulací (Van Elewijck, 1989a). Van Elewijck (1989a) odůvodnil zvyšující se množství vody vedené po stonku u kukuřice tím, že tato rostlina má listy s nízkým sklonem a velkou plochou a také nemá velké ztráty způsobené odkapávající vodou z okrajů listů. Oproti tomu v tropických lesích může činit významné ztráty odkapávající voda na větvích se sklonem menším než 45° (Herwitz, 1987).

Některé studie uvádějí, že existuje vzájemný vztah mezi množstvím vody vedené po rostlině, povrchem stromu a délkou kmene (Crockford a Richardson, 2000). Z toho plyne, že mohutnější a vyšší stromy mají tendenci vykazovat větší množství vody, které bude svedeno po stonku, protože mají větší plochu pro zachytávání dešťových kapek (Bui a Box, 1992; Ford a Deans, 1978).

Z pokusů Van Elewijcka (1989b) je patrné, že kukuřice soustředí velké množství vody vedené po stéble, což může být značně významné pro zásobení půdní vody, růst a povrchový odtok vody. Kukuřičné rostliny mají široké listy, které pomáhají koncentrovat velké množství vody. Tato voda může být důležitá pro vývoj rostliny a může výrazně ovlivňovat výnos. Rozdílné množství vody vedené po stéble je rozdílné v úzkých řádcích kukuřice (0,45 m) oproti běžným řádkům (0,75 m). Toto dokazují pokusy Branta et al. (2013), kde po stéble kukuřice v úzkých řádcích bylo vedeno v průměru o 28 % více vody, než v řádcích o rozteči 0,75 m.

Pokusy, které provedl Cunard (1967) dokazují, že výnos kukuřice závisí na přístupnosti a využití vody. Měření provedené Van Elewijckem (1989b) ve výsledcích ukazují, že velké množství srážek je zachytáváno listy rostliny a vedeno k půdě. V jeho pokusech je vedeno až 49 % srážek jako stok vody po rostlině (rozteč řádků kukuřice v tomto pokusu byla 0,5 m).

Oproti tomu v měřeních, které provedl Paltineanu a Starr (2000), je při nízkých intenzitách srážek vedena většina vody v porostu kukuřice, téměř 100 %, po stonku rostliny.

Bui a Box (1992) ve svých výzkumech pozorovali tok vody po rostlině, propad srážek porostem a erozi pod rostlinami čiroku a kukuřice a zjistili, že tok vody po rostlině je větší u kukuřice, což podle nich může být způsobeno především počtem listů na rostlině, plochou listů a výškou rostliny. U čiroku bylo významné hustší uspořádání listů na stonku ve vertikální rovině vůči šroubovitému uspořádání listů na rostlinách kukuřice, což způsobovalo rozdíly v množství zachycené vody a vedené ke stonku. Čirok se tedy z výsledků této studie jevil jako více schopný infiltrovat vodu, a tím omezovat odtok vody po povrchu.

Množství vody, které se dostane do půdní zásoby, je ovlivňováno obsahem vody v půdním profilu. Tok vody po rostlině lze chápat jako hydrologický proces, který ovlivňuje biogeochemický cyklus živin. Tím, jak je voda bodově dopravována k bázi stonku, je významně ovlivňováno chemické složení půdního roztoku, stav živin, půdní vlhkost, doplňování půdní vody a procesy probíhající na svazích. Voda tekoucí po stonku a dosahující půdní profil může mít výrazný vliv na produktivitu a výnos rostlin, protože má schopnost vyluhovat hnojiva v blízkosti stonku či kmene rostlin. Množství vody svedené po rostlině a jeho chemické složení je vzájemný vztah několika činitelů, včetně meteorologických podmínek, ročních období, vlastností typických pro určité druhy a především strukturou porostu. Pokud budeme zkoumat tyto faktory zvlášť, můžeme zjistit jejich individuální ovlivňování chemického složení a množství vody vedené po rostlinách. Měření stoku vody po rostlině pro určité oblasti nebo společenstva můžeme docílit relativně spolehlivých manažerských rozhodnutí, které jsou založeny na hlavních vzájemně souvisejících faktorech, ovlivňující množství a chemické složení vody, která stéká po rostlinách (Levia, 2003).

### **3.4 Porostní srážka**

Povrch vegetace rozděluje zachycenou vodu do tří složek - jedna ze složek je označována jako porostní srážka. Jedná se o vodu, která není zachycena rostlinným povrchem, a tudíž volně propadá na povrch půdy (Trinh a Chui, 2012). Jako porostní srážka je ovšem označováno i množství vody, které kontaktuje povrch listů, ale potom z něho odkape na půdu (Staelens et al., 2008). Celkové množství vody, které se dostane pod rostlinný kryt

cestou volně padajících srážek nebo odkapávající vodou z částí rostlin, je označováno jako porostní srážka (Ford a Deans, 1978). Tato voda slouží jako plošný zdroj (Tang, 1996).

Pokud v porostu vůbec nastane odkapávání vody z listů, to záleží na kapacitě listů. Jakmile je množství vody, které jsou listy schopné zadržet, překročeno, pak dochází k započatí odkapávání. Od schopnosti porostu zadržovat určité množství vody se odvíjí čas, kdy nastane porostní srážka. V průměru se v borovicovém lese objevil propad srážek po 20 – 40 min. Voda může odkapávat z listů i za podmínek, kdy srážkové úhrny skončí, obzvláště pokud je přítomen vítr. Propad srážek porostem se zvyšuje s rostoucím množstvím srážek (Tang, 1996). Tang (1996) naměřil, že množství porostní srážky v borovicových lesích činí 50 – 75 % srážek, což naznačuje, že porostní srážka tvoří hlavní část přerozdělené srážky; pomocí infiltrace se dostává do půdního profilu a doplňuje zásobu vody v půdě. Může ovšem dojít k evapotranspiraci nebo k odtoku vody, potom dochází k menšímu zásobení půdní vody (Tang, 1996). Na zásobení půdní vody má také vliv mezerovitost porostu, protože ta významně zvyšuje porostní srážku a její prostorové rozmístění (Crockford a Richardson, 2000).

Noble a Morgan (1983) ve svých výzkumech, týkajících se kapkové eroze v porostu růžičkové kapusty, popisují důležitý vliv porostní srážky na odlučování půdních částic. Je brán ohled na volně padající část vody porostem a také na kapky, které vznikají na listech. Ulpívající voda na listech je označována jako dočasně zachycená porostní srážka. V tento okamžik dochází na listech ke splývání vody do větších kapek, které mohou dosahovat průměru většího než 4 mm. Tím, že jsou kapky větší, tak mohou získávat i větší energii a při dopadu způsobovat závažnější odloučení částic povrchu půdy.

Paltineanu a Starr (2000) měřeními zjistili, že s postupným stárnutím kukuřice dochází k ohýbání listů vrcholem k povrchu půdy, což má výrazný vliv na množství vody v porostní srážce. Průměrné hodnoty porostní srážky z celkové nadporostní srážky během vegetace se pohybovaly mezi 34 – 40 %, ovšem před sklizní kukuřice byly hodnoty vyšší a to 68 – 74 %. Tyto průměrné hodnoty získané během vegetace naznačují, že množství vody v porostní srážce je závislé na růstové fázi rostliny. Paltineanu a Starr (2000) poskytují informace potřebné k pochopení přerozdělování srážek pod rostlinným krytem kukuřice od založení porostu po sklizeň. Rozložení rostlinného pokryvu má výrazný vliv na porostní srážku. Porostní srážka má pak dílčí vliv na erozi pod rostlinným pokryvem, což dokazují pokusy (Bui a Box, 1992), jelikož tvoří většinu přerozdělené srážky pod rostlinami.



### 3.5 Intercepce

Jako intercepce je označována část srážek, která se zachytává na povrchu listů a následně je odpařena (Crockford et al., 1996a). Tím že je voda z povrchu odpařena, dochází k ochuzování půdy o vodu. Při dešťových srážkách dopadá voda na listy a naplňuje určitou kapacitu listů, voda může být držena na listech po určitou dobu a pomocí procesu zvaný evaporace se může dostat zpět do atmosféry. Ovšem když dojde k naplnění kapacity listů, voda pak není odpařována, ale je dopravována prostřednictvím stoku po rostlině nebo porostní srážkou k povrchu půdy (Dunkerley, 2000). Množství vody, které bude zachyceno rostlinným pokryvem, se odvíjí od indexu listové plochy. Index listové plochy se pak úměrně zvětšuje s rostoucí plochou rostlinného krytu (Van Dijk a Bruijnzeel, 2001).

Ford a Deans (1978) uvádí, že pokud dopadá srážka na porost pod úhlem, pak hlavní roli v zachytávání srážek hraje vrcholová větev a hlavní přeslen vyčnívající nad rostlinný porost. Obdobný fakt znázorňuje ve výzkumu Crockford a Richardson (2000), že k větší evaporaci zachycené vody dochází hlavně na částech rostliny v horních patrech. Důležitým faktorem ovlivňující množství vody zadržené v porostu představuje druh rostliny (Muoghalu a Johnson, 2010). Od toho se odvíjí různá výška určitého druhu, jeho rozložení větví, listů a tím určitá hustota porostu (Skau, 1964).

Intercepce lze chápat jako rozdíl mezi nadporostní a porostní srážkou, přičemž nadporostní srážka je celková srážka vyskytující se nad porostem. Čistá srážka je pak označována ta, která kontaktuje porost a je rozdělena na porostní srážku a stok vody po rostlině (McJannet et al., 2007a). Dle McJannet et al. (2007b) docházelo v deštných lesích ke ztrátám vody intercepce zejména během měsíců, kdy panovalo sucho, než během měsíců, kdy bylo vlhko. K velkým ztrátám pak došlo během týdne, kdy souvisle pršelo, ale pouze v malém množství. Z těchto výsledků lze usoudit vzájemný vztah mezi intercepce, množstvím a trváním srážek. Najevo také vyšla velká kapacita listů pro zadržení vody, která byla následně odpařena. Výsledkem studie McJannet et al. (2007b) je, že na ztráty vody způsobené výparem z lesních porostů má výrazný vliv struktura porostu, podnebí a dešť. David et al. (2006) na základě měření, v dubovém lese ve Středozeří, uvádějí, že se zvyšující se intenzitou deště nabývá i ztráta vody intercepce, ovšem relativní ztráta vody intercepce, což je poměr ztráty vody intercepce k dešťovým srážkám, se snižuje, jakmile dochází ke zvýšení intenzity deště. Tato tvrzení podložená výsledky se shodují i s dalšími studiemi

(Jetten, 1996). Naměřené hodnoty Davida et al. (2006) ztrát vody intercepce dosahují kolem 21 % z koruny stromů a téměř 9 % z povrchu půdy. Tyto hodnoty jsou ovšem nižší oproti hodnotám Ruttera (1963), který naměřil v deštných lesech ztrátu vody intercepce pohybující se až kolem 35 % z celkových srážek. Tyto odlišné hodnoty jsou způsobené rozdílnou hustotou lesních porostů a je zřejmé, že hustota porostu významně ovlivňuje hodnoty intercepce a výparu týkající se jak listové plochy, tak povrchu půdy (David, 2006). Intercepce hraje významnou roli v přerozdělování dešťových srážek v porostu zejména při hodnotách nižších než 5 mm (Tang, 1996).

Noble a Morgan (1983) se domnívají, že intercepce hraje důležitou roli ve změně hodnot energie kapek a také mění jejich velikost před dopadem na půdní povrch. Tím, že voda přichází do kontaktu s povrchem listů, může být obohacena o minerální a organické látky, které jsou pak vedeny prostřednictvím vody do půdy (Brinson et al., 1980). Levia a Herwitz (2002) zkoumali vliv úhlu sklonu větví na obohacení vody o chemické prvky. Pokusy prováděli na větvích o sklonu 5, 20 a 38° nad horizontální rovinou. Výsledkem jejich bádání bylo, že k největšímu vyluhování chemických prvků dochází na větvích o sklonu 20°. Tento výsledek je odůvodňován tím, že zachycená srážka na větvích o tomto sklonu zde pobývá delší časový interval než na větvích o úhlu 5 a 38°. Na větvích o sklonu 5° dochází k odkapávání vody a na větvích o sklonu 38° se voda pohybuje vyšší rychlostí, takže zde není takové množství zachycených chemických prvků.

### **3.6 Distribuce srážky v porostu kukuřice seté**

Distribuce srážek v porostu kukuřice seté je ovlivňována roztečí vysetých řádků. Dle některých studií (Sharratt a McWilliams, 2005) vzdálenost vysetých řad rostlin může ovlivňovat stavbu rostliny, která pak má vliv na průnik světla, vody a živin do porostu. Tím, jak jsou rostliny daleko od sebe, může být ovlivňováno výsledné místo, kde voda přijde do kontaktu s půdou.

Tok vody rostlinným porostem je rozdělován do dvou cest. Jedna z cest je stok vody po rostlině a druhá je porostní srážka, která zahrnuje vodu volně propadlou a vodu odkapanou z listů (Sharratt a McWilliams, 2005). Stok vody po stéble u kukuřice tvoří významné množství přerozdělené srážky z důvodu velké listové plochy. Zachytáváno je tedy velké množství vody, jestli voda bude vedena po stéble nebo bude tvořit porostní srážku,

o tom rozhoduje úhel sklonu listu vzhledem k vodorovné hladině. Pokud budou listy na rostlině směřovat ke stonku, pak bude voda ve větší míře vedena po něm. Se stářím rostliny může docházet k tomu, že listy se ohýbají svými konci k povrchu půdy a voda po nich tedy směřuje opačným směrem, potom je zvyšována hodnota porostní srážky. Pochopitelně úhel sklonu listů u kukuřice není závislý pouze na stáří rostliny, ale také na odrůdě (Paltineanu a Starr, 2000; Ford a Deans 1978).

V pokusech Paltineanu a Starr (2000) naměřili rozdíly ve vsakování vody do půdy při rozdílném zpracování půdy a setí. Pokusy byly založeny na konvenčním zpracování půdy a na bezorebném zpracování půdy, kde řádky byly zasety 0,76 m od sebe. Při menších srážkových úhrnech (do 15 mm) docházelo k lepšímu vsakování vody v řádcích kukuřice, která byla založena bezorebným způsobem. U konvenčního způsobu zpracování bylo překvapivým výsledkem větší zvýšení obsahu půdní vody v místech, kde byla kolej po traktoru, než v místech, kde kolej nebyla. Tyto výsledky mohou být způsobeny několika faktory jako je např. půdní škraloup nebo sklon povrchu půdy. Při větších srážkových úhrnech (až do 72 mm za 24 h) docházelo stále k většímu prosakování vody do půdního profilu v řádcích bezorebného zpracování půdy než v oblasti mezi řádky. Výsledkem těchto studií jsou tedy poznatky, že v řádcích bezorebného zpracování půdy docházelo k většímu vsakování vody do větších hloubek oproti ostatním pozicím. Infiltrace v řádcích bezorebného zpracování půdy byla dvakrát rychlejší než v řádcích konvenčních, což naznačuje interakci vlivů přednostně vyvolaných toků vody porostem rostlin, způsobem zpracování půdy a pozicí řádků.

Bui a Box (1992) zkoumali erozní procesy pod porosty kukuřice a čiroku. Kukuřice byla založena s roztečí řádků 0,33 m a čirok s roztečí 0,25 m. Významnou roli zde hrálo postavení listů na stonku rostlin, jejich počet a plocha. Další významnou roli v redistribuci srážek představovala vzdálenost rostlin v zasetých řadách a také vzdálenost mezi zasetými řadami. Tato fakta pak ovlivňovala porostní srážku čiroku a kukuřice. Navzdory větší hustotě porostu čiroku byla naměřena vyšší průměrná hodnota stoku vody po rostlině u kukuřice, ovšem porostní srážka dosahovala vyšších hodnot u čiroku. U kukuřice kolem 1/3 vody vedené po stonku oteklo po povrchu a zbytek byl infiltrován i s celkovým množstvím porostní srážky, kdežto u čiroku došlo k povrchovému odtoku části porostní srážky, ale celkové množství vody steklé po rostlině bylo infiltrováno. Jako hlavní činitel eroze se jeví porostní srážka, proto více sedimentů k transportu je k dispozici pod rostlinami čiroku. Stok vody

po rostlině může být nebezpečným erozním činitelem při větším obsahu půdní vody, kdy voda je méně infiltrována, zůstává na povrchu a způsobuje odnos částic. Hustota porostu ovlivňuje zakrytí povrchu půdy, což může mít za následek větší intercepci na povrchu listů a následnou evaporaci z listové plochy.

Pivec et al. (2014) zkoumali vliv rozdílné šířky řádků kukuřice na rozdělování srážek. Jednalo se o variantu s roztečí řádků 0,75 m a 0,45 m. výsledky tohoto pokusu naznačují, že v řádcích 0,45 m jsou rovnoměrněji rozmístěné listy rostlin a tím je odlišné pokrytí půdy než v řádcích 0,75 m. Tím, že v užších řádcích je zachyceno více vody na listech, je pak výrazně ovlivněna distribuce srážek v porostu a také erozní procesy pod rostlinným pokryvem. Toto je ve shodě s dříve dosaženými výsledky, kde Brant et al. (2013) zjistili, že do meziřádku v porostech o rozteči 0,75 m propadlo více vody oproti rozteči řádků 0,45 m. U varianty s roztečí 0,75 m dochází k největšímu propadu vody uprostřed meziřádku a poté se směrem k rostlině snižuje. U řádků 0,45 m je voda soustředěna blíže k rostlině.

### **3.7 Metody stanovení stoku vody po rostlině**

Herwitz (1987), Manfroi et al. (2004) a Crockford a Richardson (1996b) ve svých pokusech měřili stok vody po rostlině pomocí hadice, která byla předem podélně rozříznuta a potom připevněna vzestupně kolem kmene stromu, a tím tvořila spirálu. Ke kmeni byla připevněna pomocí silikonového tmele, aby byl vytěsněn prostor mezi kmenem a hadicí. Podobným způsobem měřili Brinson et al. (1980), ovšem místo rozříznuté hadice použili uretanovou pěnu, ze které vytvořil kanálek okolo kmene pro sběr vody. Voda pak byla vedena do sběracích nádob, které při překročení jejich kapacity ještě měly zásobní velké nádoby, které pojaly větší množství vody. Místo těchto nádob mohl být umístěn u ústí hadice přístroj pro okamžité měření objemu vody steklé po rostlině (Herwitz, 1987). Serrato a Diaz (1998) používali pro měření stoku vody po rostlině speciální box, kde byla použita trubka, která byla kolem kmene a odváděla vodu do skladovací nádoby. Jiným způsobem se pak měří stok vody po rostlině u polních plodin. U kukuřice měřili Paltineanu a Starr (2000) stok vody po rostlině pomocí polyethylenových pytlů umístěných ke stonku rostlin. Voda z těchto pytlů byla odváděna pomocí hadice a čerpadla do sběracích nádob. Bui a Box (1992) používali u kukuřice a čiroku kelímky, které upevnili ke stonku každé rostliny. V laboratorních podmínkách Van Elewijck (1989b) zjišťoval stok vody po rostlině pomocí nálevky, kterou

umístil na stéblo kukuřice. Do této nálevky byla sváděna voda ze stébla a dále vedena hadičkou do odměrného válce. Brant et al. (2013) měřili stok vody po stéble kukuřice pomocí trychtýřů umístěných na bázi rostliny, voda z trychtýřů byla odváděna pomocí hadičky do sběrných nádob. Van Elewijck (1989b) porovnával naměřené hodnoty stoku vody po rostlině s hodnotami, které byly předem stanoveny podle rovnice pro výpočet stoku vody po rostlině u kukuřice. Tuto rovnici si ovšem musel upravit, protože zatím nikdo nepoužil specifickou rovnici, která by pro určení stoku vody po rostlině kukuřice vyhovovala.

### **3.8 Metody stanovení porostní srážky**

Brinson et al. (1980) používali pro měření porostní srážky v lesních porostech trychtýře o průměru 1,2 m, ve kterých byla umístěna laminátová síta. Voda z těchto trychtýřů byla odváděna pomocí potrubí do plastových nádob. V oblasti o velikosti půl hektaru bylo rozmístěno 15 trychtýřů (Brinson et al., 1980). Obdobným způsobem prováděli sbírání vody z porostní srážky Muoghalu a Johnson (2010), Oyarzún et al. (2011), Chiwa et al. (2010), Vis (1986) a Gómez et al. (2002), kteří použili plastové láhve, jež byly zakončeny trychtýřem a umístěny v určité výšce nad povrchem země. Trychtýře byly též opatřeny sítky pro zachytávání hrubých nečistot. Bui a Box (1992) porostní srážku v porostu kukuřice seté neměřili žádnými zařízeními, ale vypočítali množství vody propadlé porostem odečtením vody, která stekla po rostlině od celkové srážky. Další možností, kterou použil Noble a Morgan (1983) v laboratorních podmínkách, je umístění desky pod rostlinu, v jeho případě to byla růžičková kapusta, po které steče propadlá srážka a je svedena otvorem do nádoby. Takto se dá snadno zjistit množství vody odkapané z listů i čistě propadlé vody porostem. Paltineanu a Starr (2000) měřil propad srážek porostem pomocí skleněných nádob umístěných na dřevěné desce. Nádoby s deskou byly umístěny mezi zasetými řadami a kolmo k nim. Poslední nádoby na koncích desky byly umístěny 0,05 m od stonku rostlin kukuřice. Do každé skleněné nádoby bylo přidáno malé množství oleje, aby bylo zabráněno evaporaci po dešti nebo umělém zavlažování. McJannet et al. (2007a) použili pro měření porostní srážky 6 m dlouhé PVC žlaby, které měly v průměru 0,1 m. Ty pak ústily pod určitým úhlem sklonu do nádoby o velkém objemu, kam soustředily zachycenou vodu. Žláby i otvor nádoby byly opatřeny železnými sítý proti vniknutí nežádoucích nečistot.

### **3.9 Metody stanovení intercepce**

McJannet et al. (2007a), Marin et al. (2000) určili zadržanou vodu na porostu, vypočítáním rozdílu mezi hrubou srážkou a čistou porostní srážkou. Jako hrubá srážka je bráno množství vody nad rostlinným porostem a jako čistá srážka je celkové množství vody pod rostlinným pokryvem získané pomocí stoku vody po rostlině a porostní srážky. Obdobným způsobem zjistil množství intercepce Skau (1964) u jalovce.

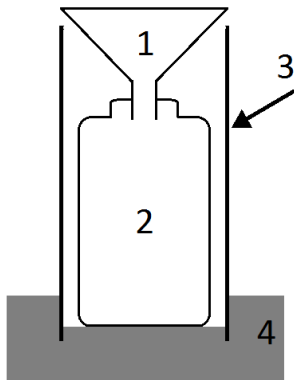
## 4 Materiál a metody

V roce 2014 byly založeny polní pokusy v lokalitě Budihostice nacházející se ve Středních Čechách (50°04'34.45"N, 14°09'22.351"E). Nadmořská výška pokusného pozemku byla 220 m.n.m. Půdní typ experimentálního pozemku byla černozem. Pro území Budihostice mírně převyšuje potenciální evapotranspirace nad celkovými srážkami (Pivec et al., 2006). Cílem pokusů bylo hodnocení porostů silážní kukuřice o rozteči řádků 0,45 m a 0,75 m. Základní zpracování půdy na pokusných plochách proběhlo klasicky pomocí podzimní orby a následné jarní přípravy mělkým kypřičem. Vyset byl hybrid kukuřice PR38N86 pomocí přesného secího stroje Kverneland Accord Optima HD. Výsev proběhl 15. dubna 2014. Pokusná plocha činila 0,5 ha. Počet rostlin u porostu s řádky 0,45 m dosahoval hodnoty 85 556 kusů na hektar a u řádků širokých 0,75 m 86 667 kusů na hektar. Tabulka 1 dokumentuje průměrné vzdálenosti rostlin v řádku. U varianty s úzkými řádky (0,45 m) byla vzdálenost 0,266 m a u varianty s širokými řádky (0,75 m) 0,154 m. U obou porostů bylo prováděno shodné hnojení a ochrana rostlin. Hodnocena byla porostní srážka ( $P_{th,mm}$ ), tedy přímý propad vody porostem a voda odkapaná z listů. Pro měření vody propadlé porostem byly použity trychtýře o průměru 0,125 m v kombinaci s láhví soustředící zachycenou vodu o objemu 0,5 l. Trychtýře i s láhvemi byly umístěny v plastových trubkách. Hrana trychtýře byla svým horním okrajem umístěna 200 mm nad povrchem půdy z důvodu eliminace vniknutí odstříkující vody a rozstříknutých půdních částic. Umístění trychtýřů s láhvemi znázorňuje obrázek 1. V meziřádcích byly hodnoceny tři zóny propadu srážek. Na jednu variantu bylo celkem použito 21 trychtýřů. Sedm trychtýřů bylo umístěno těsně u řádku kukuřice, dalších sedm ve středu meziřádku a sedm uprostřed poloviny meziřádku. Rozmístění jednotlivých trychtýřů znázorňuje obrázek 2.

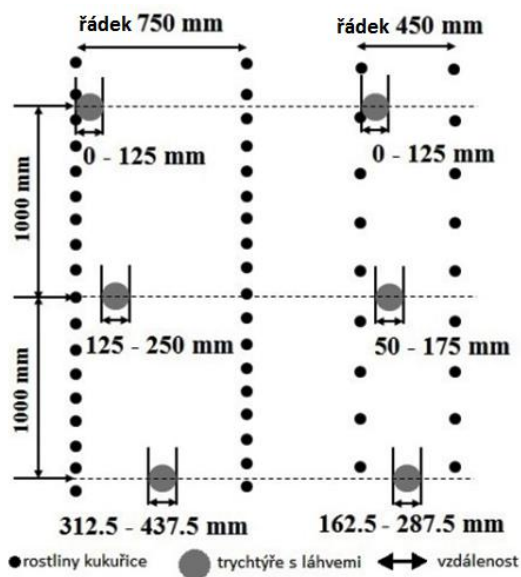
**Tab. 1:** Termín výsevu kukuřice, počty rostlin na jeden hektar a průměrná vzdálenost mezi rostlinami, získané tři týdny po výsevu, v řádcích s roztečí 0,45 m a 0,75 m.

Rok	termín setí	šířka řádků (m)	počet rostlin (ha)	průměrná vzdálenost mezi rostlinami (m)
2014	15.4.	0.45	85 556	0.266
		0.75	86 667	0.154

**Obr. 1:** Schéma záchytných trychtýřů použitých k hodnocení porostní srážky. 1 – trychtýř, 2 – láhev, 3 – plastová trubka, 4 - půda



**Obr. 2:** Rozmístění trychtýřů pro zachytávání porostní srážky v meziřádcích kukuřice s roztečí 0,75 m a 0,45 m.



Další dva trychtýře byly umístěny svým horním okrajem 3,5 m nad povrchem půdy. Tyto trychtýře sloužili k určení hodnoty nadporostní srážky ( $P$ , mm). Pro ověření přesnosti naměřené nadporostní srážky trychtýři bylo provedeno srovnání s hodnotami nadporostní srážky ( $P_{rg}$ , mm) stanovené srážkoměrem SR 03 (Meteoservis, CZ). Vztah mezi  $P$  a  $P_{rg}$  za rok 2014 lze vyjádřit vztahem:  $P = 0.947 * P_{rg}$ ,  $r = 0.997$ . Vzhledem k vývoji porostů byla každý týden zaznamenávána BBCH růstová fáze rostlin (Meier, 2001) a také délka rostlin ( $L$ , m). V jednotlivých variantách (0,45 m a 0,75 m) bylo vždy hodnoceno 20 rostlin. Do růstové fáze



BBCH 61 byla délka rostliny hodnocena od báze až po nejvýše natažený list a od BBCH 61 probíhalo měření od báze rostliny až k vrcholu květenství. Každých čtrnáct dnů byly stanoveny hodnoty indexu listové plochy ( $LAI$ ) pomocí analýzy infrasnímek listové plochy, kdy odebrané listy byly rozprostřeny vedle sebe a zachyceny pomocí upraveného fotoaparátu Nikon Coolpix 995. Získané snímky byly poté zpracovány pomocí programu Adobe Photoshop CS5. Tyto hodnoty byly vždy získávány z deseti rostlin na každé variantě. Pro získávání hodnot  $L$  a  $LAI$  byly rostliny odebírány úhlopříčně na pokusné parcele. Dále byly stanoveny denní vypočtené hodnoty délky rostlin ( $L_{cal}$ , m) a denní hodnoty  $LAI_{cal}$  pro určení závislosti porostní srážky ( $P_{th}$ ) na hodnotách délky rostlin ( $L$ ) a indexu listové plochy ( $LAI$ ). Tabulky 2 a 3 dokumentují výpočtové algoritmy a hodnoty parametrů rovnic pro stanovení denních hodnot  $L_{cal}$  a  $LAI_{cal}$ . Statistické analýzy byly provedeny pomocí programu Statgraphics® Plus 4.0.  $L_{cal}$  a  $LAI_{cal}$  byly stanoveny pomocí programu Mini32 ver.403.18.

**Tab. 2:** Hodnoty parametrů pro výpočet kalkulované délky rostlin ( $L_{cal}$ , m) v roce 2014, Model:  $L_{cal} = \text{par1}/(\text{par2} + \exp(-(DOY/\text{par3})^2))$ .  $DOY$  – den v roce,  $r$  – korelační koeficient, \* stupeň spolehlivosti 95.0 %,  $n$  – počet členů výběrového souboru.  $DOY$  – den v roce,  $r$  – korelační koeficient mezi hodnotami  $L$  a  $L_{cal}$ ,  $L$  – měřená délka rostlin (m).

šířka řádků						
Rok	(m)	par1	par2	par3	$R$	$n$
2014	0.45	0.0021	0.0008	-66.67	0.995*	15
	0.75	0.0023	0.0009	-66.99	0.997*	15

**Tab. 3:** Hodnoty parametrů pro výpočet kalkulované hodnoty indexu listové plochy ( $LAI_{cal}$ ) v roce 2014, Model:  $LAI_{cal} = \text{par1}/(\text{par2} + \exp(-(DOY/\text{par3})^2))$ .  $LAI$  – měřená hodnota,  $r$  – korelační koeficient, \* stupeň spolehlivosti 95.0 %,  $n$  – počet členů výběrového souboru.  $DOY$  – den v roce,  $r$  – korelační koeficient mezi  $LAI$  a  $LAI_{cal}$ ,  $LAI$  – měřená hodnota indexu listové plochy.

šířka řádků						
Rok	(m)	par1	par2	par3	$R$	$n$
2014	0.45	7.6714E-5	2.2084E-5	52.3402	0.998*	9
	0.75	3.8263E-5	1.0029E-5	51.8555	0.993*	9

## 5 Výsledky

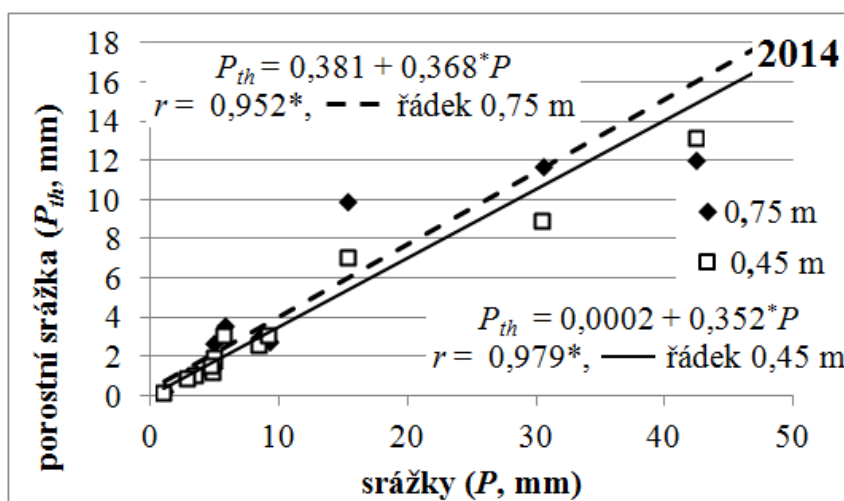
### 5.1 Nadporostní a porostní srážka

V tabulce 4 je uveden počet srážek a jejich velikost v roce 2014. Dále je zde uvedena průměrná hodnota podílu  $P$  (mm) /  $P_{th}$  (mm, průměr hodnocených zón) v závislosti na sumě srážky. V závislosti na sumě srážky se hodnota  $P/P_{th}$  pohybovala v rozmezí 1,54 až 6,75. U obou variant porostů byl pomocí provedených měření prokázán pozitivní vzájemný vztah mezi hodnotou nadporostní srážky ( $P$ , mm) a průměrnou hodnotou porostní srážky ( $P_{th}$ , mm). Průměrná hodnota porostní srážky byla vypočtena jako průměr z 3 měřených zón v meziřádku kukuřice. Vzájemný vztah mezi  $P/P_{th}$  znázorňuje graf 1. Při zvyšujícím se množství srážky ( $P$ ) bylo prokázáno, že v řádcích o šířce 0,75 m byly vyšší hodnoty porostní srážky ( $P_{th}$ ), než v řádcích 0,45 m (graf 1). Nejvyšší průměrný podíl  $P_{th}$  (% ,  $P = 100\%$ ) v rámci jednotlivých zón meziřádku v porostech za sledované období během vegetace byl stanoven v řádcích 0,75 m. Hodnota podílu  $P_{th}$  na  $P$  (%) v řádcích 0,75 m klesala směrem od středu meziřádku k řádku rostlin, tyto hodnoty znázorňuje graf 2. V hodnocených zónách 50 – 175 mm a 162,5 – 287,5 mm v řádcích s šířkou 0,45 m byly naměřeny nižší hodnoty podílu  $P_{th}$  (%) na  $P$  a v zóně 0 – 125 mm vyšší hodnoty podílu  $P_{th}$  (%) na  $P$  oproti řádkům 0,75 m (graf 2). V porostu s řádky o šířce 0,75 byly stanoveny následující průměrné hodnoty podílu  $P/P_{th}$  (%): v zóně 0 – 125 mm od řádku rostliny 27 %, v zóně ve středu poloviny meziřádku 125 – 250 mm 45 % a v zóně uprostřed meziřádku 312,5 – 437,5 mm 46,8 %. V porostu s řádky 0,45 m v zóně 0 – 125 mm 28,3 %, v zóně 50 - 175 mm 29,8 % a v zóně 162,5 – 287,5 mm 30,7 %.

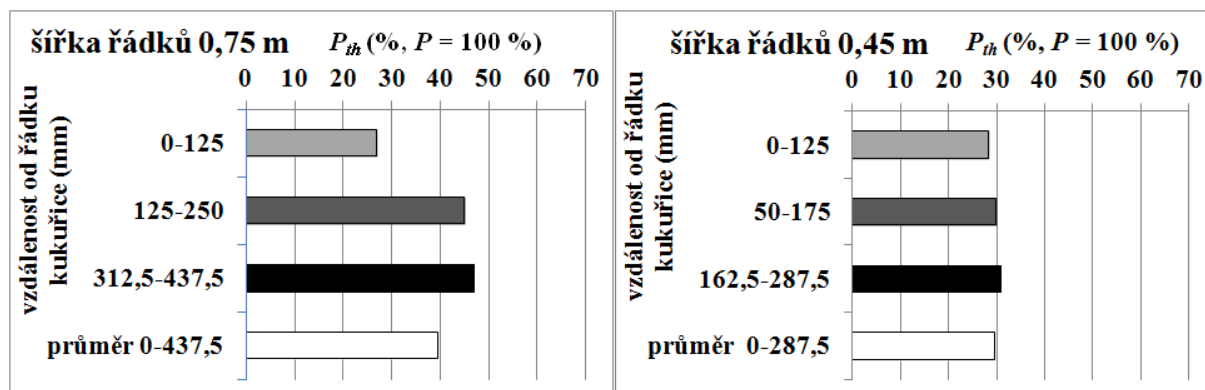
**Tab. 4:** Množství srážek podle velikosti, průměrný podíl mezi nadporostní srážkou a průměrem porostní srážky v řádku v porostu kukuřice s úzkými (0,45 m) a širokými (0,75 m) řádky v roce 2014.

velikost jednotlivých srážek (mm)	počet srážek podle velikosti	$P/P_{th}$	
		šířka řádků (m)	
		0.75	0.45
		rok 2014	
$0 \leq 2$	1	4.7	6.75
$2 \leq 5$	5	2.85	3.21
$5 \leq 10$	3	2.55	2.71
$10 \leq 15$	0		
$15 \leq 20$	1	1.54	2.18
$20 \leq 25$	0		
$25 \leq 30$	0		
$30 \leq 35$	1	2.61	3.42
$> 35$	2	2.93	2.86
<b>Celkem</b>	<b>13</b>		

**Graf 1:** Vliv šířky řádků kukuřice na hodnoty porostní srážky ( $P_{th}$ , mm) v závislosti na nadporostní srážce ( $P$ , mm) v roce 2014. Hodnoty porostní srážky vyjadřují průměrnou hodnotu v meziřádku. Naměřené hodnoty jsou odpovídající pro období od 15. 6. do 19. 8. 2014.  $r$  – korelační koeficient, \* stupeň spolehlivosti 95.0 %.



**Graf 2:** Vliv šířky řádků kukuřice na hodnoty porostní srážky ( $P_{th}$ , %) v rámci meziřádku v roce 2014. Nadporostní srážka ( $P$ , mm) představuje 100%.

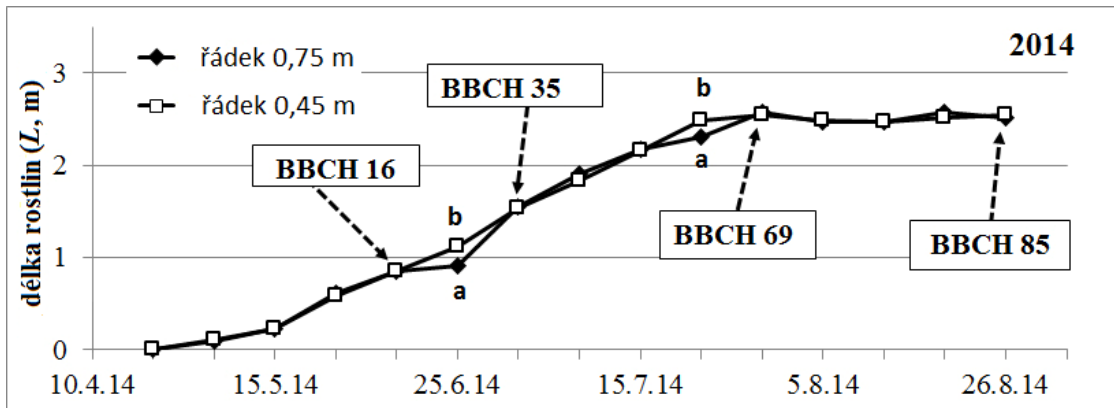


## 5.2 Rostlinný pokryv a porostní srážka

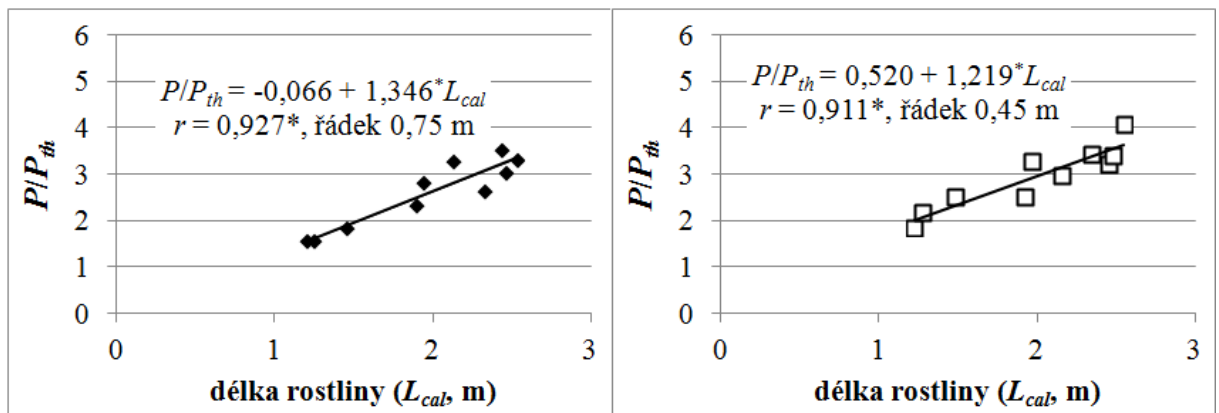
V grafu 3 jsou zobrazeny vybrané BBCH fáze a dynamika délky hodnocených rostlin kukuřice v roce 2014. Dále je z grafu patrné, že v řádcích o šířce 0,45 m byly ve dvou případech zaznamenány statisticky průkazné rozdíly ve výšce rostlin ve srovnání s rostlinami v porostu o šířce řádků 0,75 m. Graf 4 dokumentuje vzájemný vztah mezi denní hodnotou délky rostliny ( $L_{cal}$ , m) a poměrem mezi nadporostní srážkou ( $P$ , mm) a průměrnou hodnotou porostní srážky v řádku ( $P_{th}$ , mm). Použité hodnoty  $L_{cal}$  a  $P/P_{th}$  v modelu odpovídali období, kdy se rostliny nacházely ve fázi BBCH 30 až BBCH 70. Během této doby vegetace byla stanovena nejvyšší míra závislosti mezi proměnnými. Díky hodnotám korelačních koeficientů byla stanovena těsnější závislost mezi  $L_{cal}$  a  $P/P_{th}$  u porostů s řádky širokými 0,75 m.

Tabulka 5 dokumentuje naměřené hodnoty indexu listové plochy ( $LAI$ ) pro sledované varianty porostů v roce 2014. V grafu 5 je zobrazen vzájemný vztah mezi vypočtenými denními hodnotami indexu listové plochy ( $LAI$ ) a  $P/P_{th}$ . Pomocí hodnot korelačních koeficientů byla stanovena u řádků o šířce 0,45 m těsnější závislost mezi vypočítanou hodnotou indexu listové plochy  $LAI_{cal}$  a poměrem mezi nadporostní srážkou ( $P$ ) a průměrnou hodnotou porostní srážky ( $P_{th}$ ). Tuto závislost dokumentuje graf 5.

**Graf 3:** Průměrné hodnoty výšky rostlin kukuřice ( $L$ , m) a BBCH fáze v porostech s šířkou řádků 0.45 a 0.75 m v roce 2014. Rozdílné indexy u průměrných hodnot dokumentují statisticky průkaznou diferenci (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ).



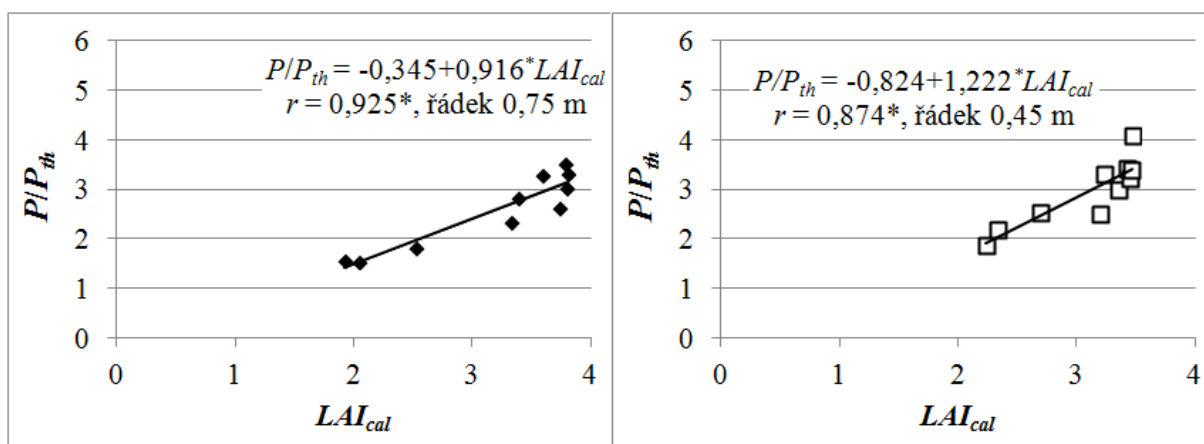
**Graf 4:** Závislost mezi vypočítanou výškou rostlin ( $L_{cal}$ , m) a poměrem mezi nadporostní srážkou ( $P$ , mm) a průměrnou hodnotou porostní srážky ( $P_{th}$ , mm). V modelu jsou použity hodnoty  $L_{cal}$  and  $P/P_{th}$  pro období, kdy se rostliny nacházely ve fázi BBCH 30 až 70.  $r$  – korelační koeficient, \*stupeň spolehlivosti 95.0 %.



**Tab. 5:** Hodnoty indexu listové plochy (*LAI*) v roce 2014.

Rok	šířka řádků (mm)	
	450	750
15.4.14	0	0
1.5.14	0.016	0.011
28.5.14	0.197	0.203
10.6.14	0.763	0.738
25.6.14	2.150	1.597
9.7.14	3.193	3.604
23.7.14	3.599	3.642
5.8.14	3.306	3.724
19.8.14	3.486	3.764
2.9.14	3.590	3.198

**Graf 5:** Závislost mezi vypočítanou hodnotou indexu listové plochy ( $LAI_{cal}$ ) a poměrem mezi nadporostní srážkou ( $P$ , mm) a průměrnou hodnotou porostní srážky v meziřádku ( $P_{th}$ , mm). V modelu jsou použity hodnoty  $LAI_{cal}$  and  $P/P_{th}$  pro období, kdy se rostliny nacházely ve fázi BBCH 30 až 70.  $r$  – korelační koeficient, \*stupeň spolehlivosti 95.0 %.



## 6 Diskuze

### 6.1 Nadporostní a porostní srážka

Graf 1 dokumentuje pozitivní korelaci mezi nadporostní srážkou ( $P$ , mm) a porostní srážkou ( $P_{th}$ , mm). Tento vzájemný vztah mezi  $P$  a  $P_{th}$  je shodný s výsledky publikovanými v literatuře (Paltineanu a Starr, 2000). Z dosažených výsledků je patrné, že v porostu kukuřice s řádky širokými 0,75 m dochází v průměru k většímu propadu vody do meziřádku než u kukuřice o šířce řádků 0,45 m. U řádků 0,75 m docházelo k největšímu propadu vody do středu meziřádku a směrem k rostlinám se množství propadlé vody snižovalo (graf 2). U řádků o šířce 0,45 m dle naměřených výsledků nebyl výrazný rozdíl v množství propadlé vody mezi měřenými zónami (graf 2). Tyto rozdílné výsledky v obou pokusných variantách jsou pravděpodobně způsobeny větším prostorem mezi řádky u varianty 0,75, kde nedochází k tak velkému pokrytí půdy listy rostlin, jako u řádků 0,45 m. U této varianty s užšími řádky je porost více zapojený a dochází k většímu překrývání listů, což má za následek menší množství volně propadlé vody porostem na povrch půdy a větší zachytávání srážky a následné odkapávání vody z listů na listy v nižších vrstvách, kde dochází k odkapávání na povrch půdy nebo k vedení vody ke stonku rostliny. U kukuřice s úzkými řádky (0,45 m) je více vody vedeno po stonku kukuřice, což dokazují pokusy, které provedl Brant et al. (2013), kde průměrné hodnoty stoku vody po rostlině dosahovali až o 28% vyšších hodnot než u řádků 0,75 m. Větší množství vody vedené po stonku kukuřice v úzkých řádcích dokazují i výsledky Paltineanu a Starr (2000) a Van Elewijck (1989b). Z tohoto plyne, že u úzkých řádků je soustředěno větší množství srážkové vody blíže ke stonku kukuřice. Významný vliv zde má i velikost srážky. Paltineanu a Starr (2000) poukazují na to, že při menších srážkách narůstá hodnota podílu mezi stokem vody po rostlině a porostní srážkou a s narůstající velikostí srážky hodnota tohoto podílu klesá. Ve srovnání s dřívějšími pokusy (Brant et al., 2013) lze sledovat variabilitu v propadu srážky mezi řádky kukuřice na základě hodnoty podílu porostní srážky ( $P_{th}$ ) na nadporostní srážce ( $P$ ). Stanovené hodnoty podílu  $P_{th}$  na  $P$  (%) odpovídají hodnotám výsledků některých autorů, jejichž výsledné hodnoty v porostech kukuřice se pohybovaly od 34 do 74 % (Paltineanu a Starr, 2000; Bui a Box, 1992). Dle těchto autorů může být variabilita hodnot propadu vody porostem způsobena proměnlivostí porostu. Dalším vysvětlením variability podílu  $P_{th}$  na  $P$  (%) vzhledem k dřívějším výsledkům (Brant et

al., 2013) může být rozdílná velikost srážek, počet srážek, intenzita srážky, velikost kapek nebo úhel dopadu srážky.

## 6.2 Rostlinný pokryv a porostní srážka

Z výsledků v grafu 4 lze usoudit, že délka rostlin a hodnoty  $LAI$  mají vliv na poměr mezi nadporostní srážkou ( $P$ ) a porostní srážkou ( $P_{th}$ ). S přibývajícím výškou rostlin a hodnotou  $LAI$  nastává snížení podílu porostní srážky ( $P_{th}$ ) vzhledem k nadporostní srážce ( $P$ ). Tento vztah byl potvrzen pro období vývoje porostu od růstové fáze BBCH 30 až do BBCH 70. Důvodem poklesu hodnoty  $P_{th}$  ve vztahu k  $P$  od růstové fáze BBCH 30 je intenzivní růst rostlin kukuřice a tím postupné zvětšování plochy listů a zapojování porostu a následkem toho zvětšující se pokryv půdy. Na tyto příčiny poukazují někteří autoři v literatuře (Sharrat a McWilliams, 2005). Opačná tendence, tedy zmenšování pokryvnosti půdy, nabývá se stárnutím rostliny (od konce kvetení), kdy se u listů mění úhel postavení vzhledem k vodorovné hladině a to tak, že horní polovina listů se svým koncem ohýbá k povrchu půdy. Tuto měnící se strukturu porostu zapříčiněnou stárnutím rostlin pozorovali ve svých pokusech Paltineanu a Starr (2000). S postupným stárnutím rostlin kukuřice také dochází k odumírání některých listů ve spodních patrech. Vzhledem k těmto skutečnostem dochází pravděpodobně ke změnám množství vody vedené po stéble kukuřice a vody odkapané z okrajů listů. Výsledkem stárnutí rostliny jsou změny ve struktuře porostu, které ovlivňují přerozdělování srážek. Je prokázáno, že u porostů s řádky širokými 0,75 m vzhledem k vlivu porostu byla těsnější závislost mezi délkou rostliny a podílem  $P/P_{th}$ . Naopak graf 5 dokumentuje významnější vliv  $LAI$  na hodnoty  $P/P_{th}$  u řádků 0,45 m. Vysvětlením pro tuto skutečnost je výraznější zapojení porostu a tím větší pokryvnost půdy listy kukuřice u varianty s úzkými řádky (0,45 m). Na tuto skutečnost poukazují ve svých pokusech Sharrat a McWilliams (2005), kteří zkoumali mikroklimatické rozdíly v porostech kukuřice s šířkou řádků 0,38 m, 0,57 m a 0,76 m.



## 7 Závěr

Z dosažených výsledků lze vyvodit tyto závěry:

1. Z provedených měření vyplívá, že v porostu o šířce řádků 0,45 m byl prokázán menší podíl porostní srážky na nadporostní srážce ve srovnání s porostem o řádcích 0,75 m.
2. V řádcích o šířce 0,75 docházelo k většímu propadu vody uprostřed meziřádku a směrem k rostlinám se množství propadlé vody snižovalo. Oproti tomu v řádcích o šířce 0,45 m byl propad vody porostem ve třech měřených zónách v meziřádku rovnoměrněji rozložený.
3. S přibývajícím výškou rostlin a narůstající hodnotou indexu listové plochy dochází k snižování podílu porostní srážky na nadporostní srážce. Toto bylo prokázáno od růstové fáze BBCH 30, kdy u rostlin kukuřice nastává intenzivní růst. Naopak se stárnutím rostliny a ubýváním pokrývnosti půdy dochází ke zvyšování podílu porostní srážky na nadporostní srážce.

## 8 Seznam literatury

- Antal, J., Šurda, P. Methodology of splash erosion measurement in the field conditions [online]. International Scientific Conferenc. 17. – 20. září 2007 [cit. 10. prosince 2014]. Dostupné z <[http://cbks.cz/SbornikPolana07/pdf/Antal\\_Surda.pdf](http://cbks.cz/SbornikPolana07/pdf/Antal_Surda.pdf)>.
- Bellot, J., Escarre, A. 1998. Stemflow and throughfall determination in a resprouted Mediterranean holm-oak forest. *Annals of Forest Science*. 55. 847 – 865 s.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Gemerlová, M., Kroulík, M. 2013. Distribuce srážek v porostech kukuřice seté. *Agromanuál*. 8 (5). 87 – 89 s.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Gemerlová, M., Kroulík, M., Škeříková, M. 2014. Distribuce srážek a erozní procesy v porostech kukuřice s rozdílnou šířkou řádků. *Agromanuál*. 9 (4). 110 – 113 s.
- Brinson, M.M., Bradshaw, H.D., Holmes, R.N., Elkins, J.B. 1980. Litterfall, stemflow, and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest. *Ecology*. 61 (4). 827 – 835 s.
- Bui, E.N., Box, J.E., Jr. 1992. Stemflow, rain throughfall, and erosion under canopies of corn and sorghum. *Agronomy Journal*. 56 (1). 242 – 247 s.
- Crockford, R. H., Richardson, D. P., Sageman, R. 1996a. Chemistry of rainfall, throughfall and stemflow in a eucalypt forest and a pine plantation in south – eastern Australia: 1. Rainfall. *Hydrological Processes*. 10 (1). 1 – 11 s.
- Crockford, R. H., Richardson, D. P., Sageman, R. 1996b. Chemistry of rainfall, throughfall and stemflow in a eucalypt forest and a pine plantation in south-eastern Australia: 3. Stemflow and total inputs. *Hydrological Processes*. 10 (1). 25 – 42 s.
- Crockford, R. H., Richardson, D. P. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes*. 14 (16 – 17). 2903 – 2920 s.

- Cunard, A.C. 1967. Maize agronomy, Part 4: Other factors. *World Crops*. 19 (4). 45 – 56 s.
- David, T. S., Gash, J. H. C., Valente, F., Pereira, J. S., Ferreira, M. I., David, J. S. 2006. Rainfall interception by an isolated evergreen oak tree in a Mediterranean savannah. *Hydrological Processes*. 20 (13). 2713 – 2726 s.
- Dunkerley, D. 2000. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. *Hydrological Processes*. 14 (4). 669 – 678 s.
- Ford, E. D., Deans, J. D., 1978. The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young sitka spruce plantation. *Journal of Applied Ecology*. 15 (3). 905 – 917 s.
- Gómez, J. A., Vanderlinden, J., Giráldez, J. V., Fereres, E. 2002. Rainfall concentration under olive trees. *Agricultural Water Management*. 55 (1). 53 – 70 s.
- Herwitz, S. R. 1987. Raindrop impact and water flow on the vegetative surfaces of trees and the effects on stemflow and throughfall generation. *Earth Surface Processes and Landforms*. 12 (4). 425 – 432 s.
- Hutchinson, I., Roberts, M. 1981. Vertical variation in stemflow generation. *Journal of Applied Ecology*. 18 (2). 521 – 527 s.
- Chiwa, M., Onozawa, Y., Otsuki, K. 2010. Hydrochemical characteristics of throughfall and stemflow in a Moso-bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest. *Hydrological Processes*. 24 (20). 2924 – 2933 s.
- Jetten, V. G. 1996. Interception of tropical rain forest: Performance of a canopy water balance model. *Hydrological Processes*. 10 (5). 671 – 685 s.
- Kudrna, K. 1985. *Zemědělské soustavy*. SZN. Praha. 719 s. ISBN: 07-007-8504-11.
- Larcher, W., Bauer, V., Houba, M., Květ, J., Bohdan, S. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia. Praha. 361 s.

- Levia, D.F. Jr., Herwitz, S.R. 2002. Winter chemical leaching from deciduous tree branches as a function of branch inclination angle in central Massachusetts. *Hydrological Processes*. 16 (14). 2867 – 2879 s.
- Levia, D. F., Frost, E. E. 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology*. 274 (1 - 4). 1 – 29 s.
- Manfroi, O. J., Koichiro, K., Nobuaki, T., Masakazu, S., Nakagawa, M., Nakashizuka, T., Chong, L. 2004. The stemflow of trees in a Bornean lowland tropical forest. *Hydrological Processes*. 18 (13). 2455 – 2474 s.
- Marin, C. T., Bouten, W., Sevink, J. 2000. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. *Journal of Hydrology*. 237 (1). 40 – 57 s.
- McJannet, D., Wallace, J., Reddell, P. 2007b. Precipitation interception in Australian tropical rainforests: II. Altitudinal gradients of cloud interception, stemflow, throughfall and interception. *Hydrological Processes*. 21 (13). 1703 – 1718 s.
- McJannet, D., Wallace, J., Reddell, P. 2007a. Precipitation interception in Australian tropical rainforests: I. Measurement of stemflow, throughfall and cloud interception. *Hydrological Processes*. 21. 1692 – 1702 s.
- Meier, U. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph, 2. Edition [online]. Braunschweig. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 2001 [ cit. 28. listopadu 2014]. Dostupné z [https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCH\\_engl2001.pdf](https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCH_engl2001.pdf).
- Morgan, R. P. C. 1982. Splash detachment under plant covers: results and implications of a field study. *American Society of Agricultural Engineers*. 25 (4). 987 – 991 s.

- Muoghalu, J. I., Johnson, S. O., 2000, Interception, pH and solid content of rainfall in Nigerian lowland rain forest. *African Journal of Ecology*. 38 (1). 38 – 46 s.
- Noble, Ch. A., Morgan, R. P. C. 1983. Rainfall interception and splash detachment with a brussels sprouts plant: a laboratory simulation. *Earth Surface Processes and Landforms*. 8 (6). 569 – 577 s.
- Oyarzún, C. E., Godoy, R., Staelens, J., Donoso, P. J., Verhoest, N. E. C. 2011. Seasonal and annual throughfall and stemflow in Andean temperate rainforests. *Hydrological Processes*. 25 (4). 623 – 633 s.
- Paltineanu, I.C., Starr, J.L. 2000. Preferential water flow through corn canopy and soil water dynamics across rows. *Agronomy Journal*. 64 (1). 44 – 54 s.
- Pivec, J., Brant, V., Moravec, D. 2006. Analysis of the potential evapotranspiration demands in the Czech Republic between 1961 – 1990. *Biologia*. 61 (19). 294 – 299 s.
- Pivec, J., Brant, V., Škeříková, M., Zábanský, P., Kroulík, M., Chyba, J. 2014. Stok vody po rostlinách v porostech kukuřice. *Agromanuál*. 9 (9 – 10). 80 – 81 s.
- Rambal, S. 1995. From daily transpiration to seasonal water balance: An optimal use of water?. Academic publishing. Amsterdam. 38 – 51 s.
- Ritchie, J. T. 1998. Soil water balance and plant water stress, East Lansing: Department of crop and soil sciences. State universe. 41 – 53 s.
- Rowland, D. L., Sorensen, R. B., Balkcom, K. S., Lamb, M. C. 2005. Estimating Stem Water Flow in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Under Different Irrigation Methods. *Peanut Science*. 32. 81 – 90 s.
- Rutter, A.J. 1975. The hydrological cycle in vegetation. *Vegetation and the Atmosphere* (I. L. Monteith, ed.). 1. 111–154 s.

- Serrato, F. B., Diaz, A. R. 1998. A simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: “ interception flow collection box”. *Hydrological Processes*. 12 (3). 471 – 481 s.
- Sharratt, B. S., McWilliams, D. A. 2005. Microclimatic and Rooting Characteristics of Narrow - Row versus Conventional - Row Corn. *Agronomy Journal*. 97 (4). 1129 – 1135 s.
- Schroth, G., Ferreira da Silva, L., Wolf, M. A., Teixeira, W. G., Zech, W. 1999. Distribution of throughfall and stemflow in multi-strata agroforestry, perennial monoculture, fallow and primary forest in central Amazonia, Brazil. *Hydrological Processes*. 13. 1423 – 1436 s.
- Staelens, J., Schrijver, A. D., Verheyen, K., Verhoest, N. E. C. 2008. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. *Hydrological Processes*. 22. 33 – 45 s.
- Taniguchi, M., Tsujimura, M., Tanaka, T. 1996. Significance of stemflow in groundwater recharge. 1: Evaluation of the stemflow contribution to recharge using a mass balance approach. *Hydrological Processes*. 10 (1). 71 – 80 s.
- Tang, Ch. 1996. Interception and recharge processes beneath a *Pinus elliotii* forest. *Hydrological Processes*. 10 (11). 1427 – 1434 s.
- Tlapák, V., Legát, V., Šálek, J. 1992. Voda v zemědělské krajině. Brázda: Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha. 318 s. ISBN: 80-209-0232-5.
- Trinh, D. H., Chui, T. F. M. 2012. An empirical method for approximating canopy throughfall. *Hydrological Processes*. 27 (12). 1764 – 1772 s.
- Van Dijk, A. I. J. M., Bruijnzeel, L. A. 2001. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part 1: Model description. *Journal of Hydrology*. 247 (3). 230 – 238 s.

- Van Elewijck, L. 1989a. Influence of leaf and branch slope on stemflow amount. *Catena*. 16 (4 – 5). 525 – 533 s.
- Van Elewijck, L. 1989b. Stemflow on maize: a stemflow equation and the influence of rainfall intensity on stemflow amount. *Soil Technology*. 2 (1). 41 – 48 s.
- Vis, M. 1986. Interception, drop size distributions and rainfall kinetic energy in four Colombian forest ecosystems. *Earth Surface Processes Landforms*. 11 (6). 591 – 603 s.