

Acta horticulturae et regiotecturae 1

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 1–5

## ŠTATISTICKÁ ZÁVISLOSTЬ POTREBY ZÁVLAHY OD FENOLOGICKEJ FÁZY

### STATISTICAL DEPENDENCE OF IRRIGATION DOSAGE ON PHENOLOGICAL PHASE

Klára HENNYEYOVÁ, Zuzana PALKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Irrigation is an important factor of agricultural production. The most productive regions are in periodic lack of natural rainfall, and its unequal distribution during the vegetation period. Supplement irrigation helps to keep water status of soil and plants at the level that is favourable for their physiological processes during individual growth phases. The usage of appropriate irrigation system can meet different needs of plants for supplement irrigation during the whole vegetation. Finally, it can influence the amount of production. The agricultural enterprises regard the production and economic effect of irrigation as the main criterion of its usage. The results of the theoretical research, as well as the practical applications prove that mastery of complicated management systems and processes demands usage of probability approach based models, i.e. stochastic and simulation models. These models cannot be realized without computer programmes. In the simulation of irrigation processes there can be used the simulation model of retrospective moisture balance. The results of this model provide adequate information for determination of appropriate irrigation dosages during the vegetation period, with respect to the varieties of plants.

**Key words:** irrigation system, irrigation dosage, simulation model, retrospective moisture balance, statistical dependence

Poľnohospodárske plodiny možno pestovať len v oblastiach s vyhovujúcimi klimatickými podmienkami ako z hľadiska teplotného, tak aj vodného režimu. Nevyhovujúce klimatické podmienky spôsobujú nízke úrody a v prípadoch obzvlášť nevyhovujúcich klimatických podmienok môže dôjsť i k úplnému zničeniu úrody.

Potrebu zavlažovania v jednotlivých oblastiach a regiónoch SR určuje predovšetkým deficit vodných zrážok a ich ročné rozloženie, ale aj ďalšie klimatické činitele, napr. teplota vzduchu a sýtosný doplnok. Faktormi, ktoré u nás určili potenciálnu potrebu závlah, boli tiež disponibilita vodných zdrojov na zavlažovanie a pôdne pomery. Pôda značne ovplyvňuje využitie intenzifikačných činiteľov a tým aj ekonomiku zavlažovania. Preto sa umiestnenie závlah uprednostňuje na pôdach, ktoré prinášajú maximálny ekonomický efekt.

Výstavba a prevádzka závlah vyžaduje na jednej strane veryšoké investičné a prevádzkové náklady, na druhej strane má kladne ovplyvňovať výsledky rastlinnej výroby. Využívanie výbudovaných závlah u nás však nie je na požadovanej úrovni, či už ide o plošné využívanie alebo krytie vlahovej potreby jednotlivých plodín. Mnohé závlahové sústavy sú dnes nefunkčné, zastarané a nevyužívajú sa aj z dôvodu zlej ekonomickej situácie poľnohospodárskych podnikov.

Pri optimalizácii procesu späťho s využívaním závlahových sústav je potrebné brať do úvahy veľké množstvo experimentálno-štatistických údajov, ktorých spracovanie nie je možné bez využitia exaktných metód matematického modelovania, využitia simulácií a následne počítačového riešenia daných modelov. Poľnohospodárska výroba sa realizuje v prostredí, ktoré nie je deterministické, ale stochasticke vo svojich všetkých parametroch. Nie je možné s určitosťou predpovedať správanie sa tohto prostredia.

Optimalizáciou využívania závlahových sústav a možnosťou využívania informačných technológií v závlahovom hospodárstve sa zaoberajú vo svojich prácach Benetin, Okenka a Húška (1975), Spitz a Korsuň (1992), Simoník (1997), Simoník, Palková a Okenka (2004), Hennyeyová a Palková (2006) a ďalší.

## Materiál a metódy

Metoda sledovania pôdnej vláhy za dostatočne dlhé obdobie v krátkych časových intervaloch dáva možnosť presnejšieho určenia skutočnej variability charakteristik vlahovej potreby rastlín. Priame sledovanie za dlhé časové obdobie nie je možné. Výhodné je retrospektívne vyhodnotenie vlahovej potreby plodín na základe denných meteorologických údajov. Postup výpočtu vlahovej potreby je typickým simulačným postupom s možnosťou aplikácie na počítači.

Výpočet potreby závlahovej vody sa zakladá na sledovaní obsahu vody v pôde pre jednotlivé časové intervale (závlahové cykly), čo sa dosahuje vyhodnocovaním bilančnej rovnice pôdnej vody postupne od začiatku až do konca vegetačného obdobia, ktoré sa rozdelí na  $J$  (počet) časových intervalov (cyklov). Bilančná rovnica podľa Benetina (1975) má tvar:

$$W_j = W_{j-1} + \alpha \cdot Z_j + M_{dj} + \Delta W_{hj} - V_{cj}^s - O_{cj} + W_k \quad (1)$$

kde:

$W_j$  – zásoba vody v pôde v  $j$ -tom cykle (mm)

$W_{j-1}$  – zásoba vody v pôde v  $j-1$  cykle (mm)

$Z_j$  – zrážky v  $j$ -tom cykle (mm)

– súčiniteľ využitia zrážok, ktorý udáva, aká časť zrážok vysiakne do pôdy,

$M_{dj}$  – smerodajná závlahová dávka pre aktívnu vrstvu pôdy, určená na základe rozdielu medzi počtom vodnej kapacitou (PK) a bodom zníženej dostupnosti (BZD) podľa odporúčaní autorov takto:

– ak je rozdiel do 35 mm je  $M_{dj} = 30$  mm

– ak je rozdiel od 36 mm do 45 mm je  $M_{dj} = 40$  mm

– ak je rozdiel od 46 mm do 55 mm je  $M_{dj} = 50$  mm

– prírastok zásoby vody v aktívnej vrstve pôdy

– aktuálna spotreba vody na evapotranspiráciu v  $j$ -tom cykle (mm)

$O_{zj}$	– odtok zrážkovej vody cez pôdny profil k podzemnej vode v $j$ -tom cykle (mm)
$W_{kj}$	– kapilárny prítok vláhy do aktívnej vrstvy pôdy z podzemnej vody v $j$ -tom cykle (mm)
$j$	– 0, 1, ..., $J$ – poradie cyklu 0 – cyklus pred začiatkom vegetačného obdobia $J$ – celkový počet cyklov.

Pri použití retrospektívnej metódy sa najprv vypočítajú závlahové dávky, a to z kontinuálneho sledovania vývinu obsahu vody v pôde a následne spočítaním závlahových dávok v jednotlivých vegetačných obdobiah sa môžu určiť merné závlahové množstvá. Tieto merné závlahové množstvá pri retrospektívnej metóde výpočtu potreby závlahovej vody viac zodpovedajú prevádzkovým podmienkam zavlažovania ako pri výpočte merného závlahového množstva z úhrnu využiteľných zrážok celého vegetačného obdobia. Pri bilancovaní pôdnej vody postupne po niekoľkodenných časových intervaloch (cykloch) sa určí výskyt, počet a veľkosť skutočne potrebných závlahových dávok tak, ako tieto vyplývajú z priebehu klimatických podmienok počas vegetačného obdobia a tiež vývinových a rastových nárokov plodín na zabezpečenie vodom.

Spresnením jednotlivých členov bilančnej rovnice a riešením retrospektívnej vlahovej bilancie pomocou simulačného modelu na počítači sa zaoberali Benetin, Okenka a Húška (1975). Riešenie vychádza z výpočtu bilancie vody v aktívnej vrstve pôdy so zreteľom na podiel kapilárneho prítoku vody na krytí evapotranspirácie. Program výpočtu bilancie sa zostavoval tak, aby sa bilancia mohla naraziť počítat pre 10 plodín a pre ľubovoľne zvolený počet rokov (obyčajne 30–50).

Riešenie bilančnej rovnice vychádza z uzavretého vegetačného cyklu, ktorý začína 1. marca a končí 28. februára nasledujúceho roku. Bilancia vody v pôde sa uskutočňuje v dobe od 1. marca do 31. októbra. V tomto bilančnom období počítame so stratami vody v pôde formou evapotranspirácie. Bilancia vody sa sleduje na základe denných pozorovaní klimatických údajov, pričom tieto sú sumarizujú v rámci jednotlivých cyklov, ktorých dĺžka je voliteľná (vhodná dĺžka cyklu je 5–10 dní). Dĺžka vegetačného cyklu je udávaná v dňoch počnúc 1. marcom, ktorý považujeme za začiatok 1. cyklu.

Presnosť výpočtu vlahovej bilancie na počítači závisí od presnosti vstupných údajov a určenia funkčných závislostí.

Vstupné údaje potrebné pre simulačný model vlahovej bilancie sú rozdelené do troch skupín:

- **meteorologické údaje** – zrážky jednotlivých dní vegetačného obdobia, priemerné denné teploty vzduchu, priemerné denné hodnoty vlhkostného deficitu vzduchu, tzv. sýtostné doplnky – údaje za 20–40 ročné obdobie,
- **vstupné údaje o pôde** – charakterizované pôdnymi hydrolimitmi, akými sú plná vodná kapacita, poľná vodná kapacita, dolná hranica optimálnej vlhkosti, bod zníženej dostupnosti pôdnej vody pre rastliny, bod vădnutia, infiltráčny súčinatel', filtračný súčinatel' a súčinatel' využiteľnosti zrážok, údaje o podpovrchovej vode a pod.,
- **vstupné údaje o rastline** – termická konštanta (suma priemerných denných teplôt potrebná na rast plodiny), termín siatia, suma teplôt potrebná na vzkľičenie rastliny od jej začiatia, čas vzádenia rastliny na povrch pôdy, dĺžka vegetačného obdobia, celková potenciálna vlahová potreba rastliny za vegetačné obdobie a pod.

Na základe vstupných údajov o pôde, rastline a klimatických údajov sa začína výpočtový proces bilancie pôdnej vláhy retrospektívou metódou. Na začiatku sa vypočítá počet cyklov

vegetačného obdobia (uvažuje sa s 5-dňovými cyklami). Cykly vegetačného obdobia sú usporiadané do jednotlivých časových fáz celého vegetačného obdobia a na základe toho sa uskutočňuje bilancovanie do termínu siatia, bilancovanie od siatia do klíčenia, bilancovanie od klíčenia do vzádenia a bilancovanie po vzádení až do zberu.

Výstupná zostava pozostáva z troch častí, ktoré vytvárajú ucelený výstup:

- podrobnej informácie o rastlinách a ich vlahovom režime v sledovanom období,
- veľkosť závlahovej dávky v jednotlivých cykloch sledovaného roku,
- súčet závlahových dávok za jednotlivé cykly vegetačného obdobia.

Pre ďalšie využitie výsledkov získaných retrospektívou metódou sledovania potreby závlahy v jednotlivých cykloch vegetačného obdobia je potrebné výsledky štatisticky spracovať, t. j. skúmať štatistickú závislosť potreby doplnkovej závlahy od fázy vegetačného obdobia.

Pri skúmaní štatistickej závislosti treba riešiť dve úlohy:

- a) **charakterizovať priebeh tejto závislosti**, t. j. odhadnúť funkčný vzťah, podľa ktorého sa mení závisle premenná pri zmenách nezávisle premenných,
- b) **posúdiť tesnosť závislosti**, t. j. určiť charakteristiky, informujúce o tom, do akej miery uvažované nezávisle premenné vysvetľujú variabilitu závisle premennej.

## Výsledky a diskusia

Riešením modelu retrospektívnej vlahovej bilancie je výpočet vlahovej potreby plodín za 30-ročné obdobie v jednotlivých cykloch vegetačného obdobia.

Pre ďalšie využitie takto získaných výsledkov je potrebné určiť rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia. Na spracovanie výsledkov vlahovej bilancie sme použili tabuľkový procesor EXCEL. Vstupné údaje sú uvedené v tabuľke 1. Tabuľka obsahuje sumárne závlahové dávky za 30-ročné obdobie vypočítané pomocou retrospektívnej vlahovej bilancie v 5-dňových cykloch vegetačného obdobia pre jednotlivé pestované plodiny. Prvý cyklus vegetačného obdobia začína 1. marca. Zosumarizovaním vypočítaných závlahových dávok po šiestich cykloch (t. j. po 30 dňoch) dostaneme rozdelenie sumárnych závlahových dávok za jednotlivé mesiace vegetačného obdobia.

Prepočítaním údajov z tabuľky 1 dostaneme rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia a súhrnné merné závlahové množstvá, ktoré sú uvedené v tabuľke 2.

Rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia možno znázorniť aj graficky. Na obrázku 1 je znázorené rozdelenie závlahových dávok počas vegetačného obdobia pre repu cukrovú.

Ak získané výsledky porovnáme s hodnotami potreby doplnkovej závlahy a merných závlahových množstiev uvádzaných v ON 83 0635, zistíme, že vo väčšine prípadov sú závlahové dávky i merné závlahové množstvá vypočítané pomocou modelu pre priemerný rok nižšie. Časové rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia je zhodné s rozdelením, ktoré uvádzajú normy. Nakoľko podklady pre retrospektívnu vlahovú bilanciu boli získané za 30-ročné obdobie, výsledky možno považovať za štatisticky preukazné.

**Tabuľka 1** Požiadavky vybraných plodín na doplnkovú závlahu v mm

Cyklus (1)	Plodina (2)					
	pšenica ozimná (3)	kukurica (4)	repa cukrová (5)	repa kŕmna (6)	trávne miešanky (7)	lucerna (8)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	60	0
7	170	0	0	0	90	0
8	70	30	0	0	30	30
9	140	0	30	30	60	0
10	160	40	30	30	60	40
11	0	0	0	0	100	0
12	0	0	0	0	180	60
13	180	0	0	0	220	120
14	180	0	50	50	60	180
15	0	90	30	0	250	80
16	120	0	50	50	90	70
17	110	0	40	0	190	80
18	120	140	0	0	30	130
19	60	50	90	40	140	0
20	0	110	140	110	270	170
21	240	120	40	60	240	80
22	120	340	40	60	250	160
23	0	60	50	80	70	50
24	0	110	90	160	260	50
25	0	230	160	150	180	30
26	0	300	0	60	110	170
27	0	180	180	60	570	100
28	0	110	230	240	170	50
29	0	180	110	120	110	170
30	0	180	60	120	230	180
31	0	60	230	120	410	80
32	0	180	300	240	170	140
33	0	60	180	240	390	130
34	0	120	160	120	310	370
35	0	60	240	300	90	0
36	0	120	170	60	310	90
37	0	0	60	120	100	100
38	0	0	120	60	190	190
39	0	0	120	60	280	240
40	0	0	120	120	110	80
41	0	0	240	120	200	120
42	0	0	180	60	90	180
Spolu (9)	1 670	2 870	3 540	3 040	6 670	3 720

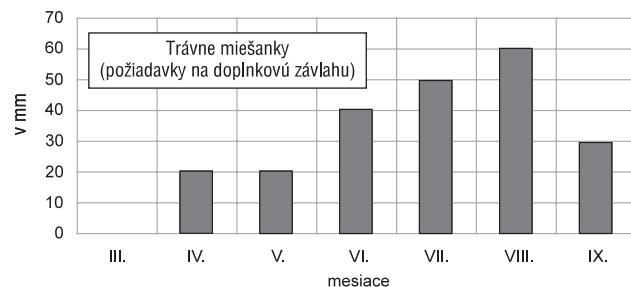
**Table 1** Needs of selected plants for the supplement irrigation in mm  
(1) cycle, (2) plant, (3) wheat, (4) maize, (5) sugar beet, (6) feed beet, (7) grass, (8) lucerne, (9) together

Tabuľka 2 Rozdelenie potreby doplnkovej závlahy v mm

Mesiac (1)	Plodina (2)					
	pšenica ozimná (3)	kukurica (4)	repa cukrová (5)	repa kŕmna (6)	trávne miešanky (7)	lucerna (8)
III.	0	0	0	0	0	0
IV.	20	0	0	0	20	0
V.	20	0	0	0	20	20
VI.	0	30	20	20	40	20
VII.	0	40	30	30	50	20
VIII.	0	20	40	40	60	30
IX.	0	0	30	20	30	30
Spolu (9)	40	90	120	110	220	120

Table 2 Distribution of the need of the supplement irrigation in mm

(1) month, (2) plant, (3) wheat, (4) maize, (5) sugar beet, (6) feed beet, (7) grass, (8) lucerne, (9) together

Obrázok 1 Rozdelenie závlahových dávok (plodina: trávne miešanky)  
Figure 1 Distribution of the irrigation dosages (plant: grass)

Výpočet rozdelenia závlahových dávok počas vegetačného obdobia je vhodný ako zdroj informácií pre prijatie adekvátnych agrotechnických opatrení, zistenie potreby závlahovej techniky a množstva závlahovej vody vo väzbe na jednotlivé druhy pestovaných plodín.

Po spracovaní grafov z výsledkov retrospektívnej metódy, kde sa zaznamenávajú jednotlivé závlahové dávky v cykloch vegetačného obdobia, je možné pristúpiť k skúmaniu štatistickej závislosti medzi nezávisle premennou (fáza vegetačného obdobia) a závisle premennou (konkrétna závlahová dávka).

Nájdenie a popisanie funkčnej závislosti je v praxi pomerne náročné, pretože nie je jednoduché zistiť, ktorý typ krivky by najlepšie vyhovoval danej závislosti.

Keďže pri sledovaní závislosti medzi fázou vegetačného obdobia a veľkosťou doplnkovej závlahy ide jednoznačne o nelineárny vzťah, je možné uvažovať s rôznymi typmi nelineárnych funkcií. Ako najvhodnejšia je exponenciálna krivka 1., 2. alebo 3. stupňa, t. j. s dvoma, troma alebo štyrmi parametrami typu:

$$y'_j = e^{a_0 + a_1 x_j} \quad (2)$$

$$y'_j = e^{a_0 + a_1 x_j + a_2 x_j^2} \quad (3)$$

$$y'_j = e^{a_0 + a_1 x_j + a_2 x_j^2 + a_3 x_j^3} \quad (4)$$

kde:

- $y'_j$  – závisle premenná (vyrovnané hodnoty)
- $x_j$  – nezávisle premenná,  $j = 1, 2, \dots, m$
- $a_0, a_1, a_2, a_3$  – regresné koeficienty
- $m$  – počet pozorovaní

Funkcie (2), (3) a (4) sme transformovali na lineárne:

$$w'_j = b_0 + b_1 \cdot z_j \quad (5)$$

$$w'_j = b_0 + b_1 \cdot z_j + b_2 \cdot z_j^2 \quad (6)$$

$$w'_j = b_0 + b_1 \cdot z_j + b_2 \cdot z_j^2 + b_3 \cdot z_j^3 \quad (7)$$

kde:

$$\begin{aligned} w'_j &= \ln y'_j & b_0 &= a_0 & b_2 &= a_2 \\ z_j &= x_j & b_1 &= a_1 & b_3 &= a_3 \end{aligned}$$

Regresné koeficienty  $b_0, b_1, b_2$  resp.  $b_3$  sme odhadli metódou najmenších štvorcov. Pre zistenie funkčnej závislosti a odhad parametrov sme vypracovali program, ktorý sa na základe zadania vstupných údajov ( $x_j$  – cyklus vegetačného obdobia a  $y'_j$  – závlahové dávky) vypočítajú metódou najmenších štvorcov parametre  $b_0, b_1, b_2, b_3$  a vyrovnané hodnoty pre 3 typy exponenciálnych kriviek podľa vzťahov (2), (3) a (4). Na koniec sa graficky znázorní priebeh každej exponenciálnej krivky a posúdi sa tesnosť štatistickej závislosti, ako je uvedené na obrázku 2.

Na zistenie miery tesnosti závislosti sa pre každý typ exponenciálnej krivky počíta index korelácie:

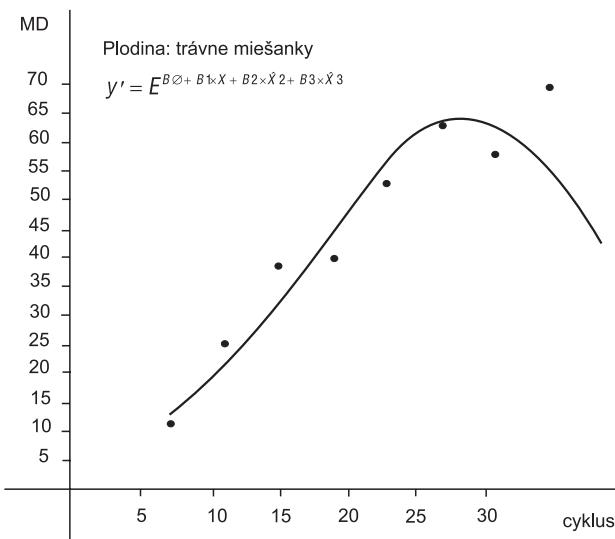
$$i_k = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - y'_j)^2}{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

kde:

- $y_j$  – skutočné hodnoty závisle premennej
- $y'_j$  – vyrovnané hodnoty závisle premennej
- $\bar{y}$  – priemerná hodnota skutočných hodnôt

Index korelácie sa ďalej testuje F-testom – testom nezávislosti. Testujeme nulovú hypotézu  $H_0 : i_k = 0$  oproti  $H_1 : i_k > 0$ . Po vypočítaní a otestovaní všetkých typov kriviek sa na základe hodnoty indexu korelácie a výsledku F-testu určí najvhodnejší funkčný vzťah potreby závlahy v závislosti od fázy vegetačného obdobia pre konkrétnu plodinu.

V súčasných ekonomických podmienkach, keď cena vstu-pov do poľnohospodárstva aj do prevádzky závlah neustále stúpa, zmena využívania a prevádzkovania závlah je viac ako aktuálna. Ide hlavne o orientáciu na zavlažovanie takých druhov a odrôd plodín, pri ktorých je najväčší produkčný a ekonomický efekt závlahovej vody, o uplatnenie takého závlahového



**Obrázok 2** Funkčná závislosť potreby doplnkovej závlahy od fázy vegetačného obdobia

**Figure 2** Functional dependence of the need of supplement irrigation on the phase of vegetation period

režimu, ktorý je pri jednotlivých plodinách a pri daniach pôdnoklimatických podmienkach z fyziologického, ekonomickejho a ekologickejho hľadiska najvhodnejší. Na základe dlhorocných výskumov medzi vhodné plodiny pre pestovanie v závlahových podmienkach patria najmä repa cukrová, krmne okopaniny, zemiaky, trávne miešanky, lucerna, ďatelina, ovoce, zelenina a iné. Ako menej vhodné sú obilníny (pšenica, jačmeň, raž, ovos), pri ktorých sa len minimálne zvyšujú úrody vplyvom závlahy.

Pri projektovaní závlahových sústav limitujúci faktor je voda. Pokial by závlahová sústava bola predimenzovaná, bola by finančne náročná a v mnohých prípadoch by sa nemohla využiť pre nedostatok vody. Ak by bola poddimenzovaná, nestačila by plne pokryť požiadavky plodín na doplnkovú závlahu. Z uvedeného dôvodu je potrebné projektovať závlahovú sústavu tak, aby maximálne zabezpečovala krytie vlahovej potreby pestovaných plodín v osevnom postupe pri minimálnych nákladoch. Dôležitou úlohou v tomto prípade je zistiť potrebu množstva závlahovej vody a jeho rozloženia počas vegetačného obdobia.

V súčasnosti, keď sa kladie dôraz na minimalizáciu vstupov do výroby a systém precízneho poľnohospodárstva, bude potrebné hľadať postupy, ktoré umožnia plánovať dodávku minimálnych množstiev vody tak, aby sa zásoba vody v pôdnom profile udržiavala na úrovni blízkej k dolnej hranici optimálnej vlhkosti, čo súčasné technológie lokalizovanej závlahy najmä pod povrchom pôdy umožňujú. Týmto spôsobom sa zníži aktuálna evapotranspirácia a teda aj spotreba vody. Cieľom bude teda definovať kapacitu závlahovej sústavy na doplnenie chýbajúceho množstva vody v pôdnom profile v koreňovej sústave priebežne, pričom stabilné závlahové sústavy môžu rovnako dopĺňať nedostatok vody v pôde.

## Súhrn

Závlahy sú významným stabilizačným faktorom poľnohospodárskej výroby. Najprodukčnejšie oblasti sa vyznačujú periodickým nedostatkom prirozených zrážok a ich nerovnomerným rozdelením počas vegetačného obdobia. Doplnková závlaha umožňuje udržiať vodný režim pôdy a plodín na takej úrovni, ktorá je priaznivá pre ich fyziologické procesy v jednotlivých rastových fázach. Uplatnenie správneho závlahového režimu umožňuje kryť rozdielne požiadavky plodín na doplnkovú závlahu v priebehu celej vegetácie, čo sa v konečnom dôsledku premietne vo výške produkcie. Hlavným kritériom využívania závlah z hľadiska poľnohospodárskych podnikov je produkčný a hlavne ekonomický efekt závlahovej vody. V dôsledku teoretických výskumov aj praktických aplikácií sa ukazuje, že pre poznanie zložitých systémov a procesov riadenia sú vhodné modely založené na pravdepodobnostnom prístupe, t. j. stochastické a simulačné modely. Tieto modely nie je možné realizovať bez použitia počítačov. Na modelovanie procesov v oblasti závlahového hospodárstva je možné využiť simulačný model retrospektívnej vlahovej bilancie. Výsledky tohto modelu poskytujú vhodné informácie na zistenie potreby závlahových dávok počas vegetačného obdobia v závislosti od druhu pestovaných plodín.

**Kľúčové slová:** závlahová sústava, závlahová dávka, simulačný model, retrospektívna vlahová bilancia, štatistická závislosť

## Literatúra

- BENETIN, J. – OKENKA, I. – HÚSKA, D. 1975. Výpočet vlahovej potreby rastlín retrospektívou metódou s využitím počítačov strojov : Záverečná správa. Nitra : VŠP, 1975. 25 s.
- HENNYEYOVÁ, K. – PALKOVÁ, Z. 2006. Využitie informačných technológií a simulačných modelov v závlahovom hospodárstve : Monografia. Nitra : SPU, 2006, 108 s. ISBN 80-8069-715-9
- HENNYEYOVÁ, K. – OKENKA, I. 1999. Simulačné modelovanie procesu prevádzky závlah. In: Sborník prací z mezinárodní vědecké konference Agrární perspektivy VIII. Praha : ČZU, 1999, s. 623–626.
- ON 83 0635 – Potreba závlahovej vody pri doplnkovej závlahe.
- SIMONÍK, J. 1997. Stochasticke viacvariantné modelovanie procesu zavlažovania. In: Vedecké práce VÚZH č. 23, Bratislava, 1997, s. 199–211.
- SIMONÍK, J. – PALKOVÁ, Z. – OKENKA, I. 2004. Racionalizácia a modelovanie zavlažovania poľných plodín postrekom : Monografia. Nitra, 2004, 169 s. ISBN 80-8069-380-3
- SPITZ, P. – KORSUŇ, S. 1992. Použití matematické simulace a optimalizace k navrhovaniu závlahových sústav. In: Vedecké práce VÚZH, č.20, Bratislava, 1992, s.45–56.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Klára Hennyeyová, CSc., Katedra informatiky FEM SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 037/641 41 98, e-mail: Klara.Hennyeyova@uniag.sk; doc. Ing. Zuzana Palková, PhD., Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky TF SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 037/641 47 65, e-mail: Zuzana.Palkova@uniag.sk