

A talaj nedvességtartalma és vízáteresztése közötti összefüggés

OSVÁTH JÁNOS

MTA Mezőgazdasági Kutató Intézet, Martonvásár

A talajok vízgazdálkodására vonatkozó vizsgálatoknak mezőgazdasági szempontból fontos célja az üzemi öntözésnél adagolandó vízmennyiség meghatározása. Bár rendelkezünk — elsősorban M a d o s [10] és V á r a l l y a y [Cit. in. 1] hazai viszonyok között végzett vizsgálatai alapján — a minőségileg különböző talajtípusok vízáteresztő képességéről tájékoztató eredményekkel, eljárásuk azonban, amely elsősorban a különböző talajtípusok vízgazdálkodásának összehasonlítását tűzte célul, a gyakorlati életben nem terjedt el. Kutatásaim során abból a megfontolásból indultam ki, hogy egy adott, konkrét területen folytatott öntözéses üzemben az adagolandó víz mennyiségét a tábla egyéb szempontjából nem elemzett talajának pillanatnyi nedvességi állapota döntően befolyásolja és olyan eljárást kerestem, amelynek segítségével a talaj vízáteresztő képességére a gyakorlatnak megfelelő valószínűséggel közvetlenül a talaj nedvességéből lehet következtetni. A következtetés alapjául szolgáló kísérletnél a megfigyeléseket különböző, előzetesen végrehajtott és tetszés szerinti ismert nedvességre beállított talajon végeztem. A kísérlet folyamán megfigyelt adatok alapján a talaj vízáteresztő képessége és nedvessége között exakt összefüggés állapítható meg. Az eljárás menetét 1952-ben végzett kísérletemen mutatom be.

Az összefüggések megállapításánál figyelembe veendő két talajtulajdonság, a nedvesség és a vízáteresztés, meghatározásával sokan foglalkoztak és több eljárást dolgoztak ki. A talajnedvesség vizsgálatának különböző módozatait és a vízáteresztő képesség meghatározására szolgáló eljárásokat B a l l e n e g g e r összefoglaló munkája [1] részletesen felsorolja. A nedvesség meghatározásának legpontosabb módszere a szárítószekrényes eljárás, az általánosan használt módszer egyes problémáit az utóbbi időben P l e t s e r [12] dolgozta ki. D i G l e r i a és K a z ó glicerines eljárásán [4], valamint K a z ó [7] B o u y o u c o s alkoholos égetésen alapuló módszerén kívül a piknométeres, a karbidos, továbbá K o l y a s o v komprimáló, és az elektromos vezetésen alapuló eljárásokkal állapítható meg a talaj nedvessége [cit. in. 1].

A vízáteresztő képességet a talaj mechanikai összetétele és szerkezete határozza meg. Ezt a tulajdonságot azzal a vízmennyiséggel mérjük, amely az időegység alatt a talajba beivódik. A vízáteresztő képességet vizsgálhatjuk az ún. Müntz—Lainé készülékkel [6, 11], amelyet a századforduló elején a dél-franciaországi öntözések tervezéséhez szükséges talajvizsgálatok alkalmával szerkesztették Müntz, Fauré és Lainé mérnökök, továbbá Kacsinszkij ún. „csöves” módszerével [1, 9], a „Tyimirjavez” Mezőgazdasági Akadémia Kísérleti Állomásán kidolgozott eljárással, Rabinovics eljárásával, valamint a kis területek elárasztásán alapuló különböző módszerekkel [9, 10].

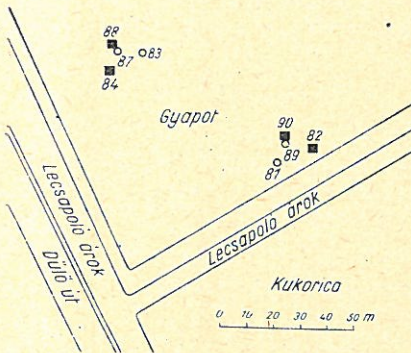
A talajnedvesség és a talaj vízáteresztő képességének kapcsolatát laboratóriumi modellkísérletekkel leginkább a szovjet kutatók vizsgálták: P r o s z k u r n y i k o v [13] különböző homokfrakciók, D o l g o v [5] pedig különböző típusú és kötöttségű

talajok összefüggéseit vizsgálta. Szintén laboratóriumban, de eredeti szerkezetű talajmintákon (kismonolitok) végeztek vizsgálatokat D v o r a c s e k és K l i m e s - S z m i k [6]. Az elsősorban tudományos érdekességű laboratóriumi vizsgálatoknál gyakorlati szempontból jelentősebbek azok a kísérletek, amelyeket hazai viszonyok között szabadföldön folytattak. M a d o s [10] saját szerkesztésű készülékkel vizsgálta a talaj nedvessége és vízáteresztő képessége közötti kapcsolatot. Tapasztalatait minőségileg felhasználják, de eljárását az öntözési gyakorlatban nem alkalmazzák. Ugyancsak a szabadföldön, Müntz—Lainé készülékkel folytatott vizsgálatai alapján, V á r - a l l y a y [cit. in. 1] a talajokat négy csoportba osztja. A csoportokat jellemző vízáteresztő képességet 25, 50, 100, illetőleg 400 mm/órában állapítja meg feltalajokra vonatkoztatva. Üzemi öntözéseknél a víz adagolására ezek az adatok általában jól tájékoztatnak.

Az alább ismertetett eljárásnak nem célja, hogy általános talajtípusokat különítsen el vízgazdálkodásuk szerint, hanem az, hogy adott, konkrét területen folytatandó öntözés esetén az adagolandó víz mennyiségét exakt módon a talaj pillanatnyi nedvességi állapotából megállapítsa, a talaj típusától függetlenül. Másodrangú kérdés, hogy az eljárás folyamán a nedvesség, illetőleg a vízáteresztés megállapításának melyik módját használjuk, fontos azonban, hogy az összefüggéseket megállapító kísérletnél és az öntözés előtti mintavételeknél alkalmazott módszerek ugyanazok legyenek. Kísérleteimnél a nedvességet szárítószekrényes eljárással, a vízáteresztő képességet pedig Müntz—Lainé készülékkel állapítottam meg.

A kísérlet leírása

A több megfigyelésből álló kísérlet beállítására mezőgazdasági szempontból egyeneműnek tekinthető területet választottam ki. A megfigyeléseket 1952. augusztus 4.



1. ábra

A szarvasi ÖRKI gazdaságának Galambos-dűlői gyapotföldjén végzett megfigyelések elrendezése. Az üres körrel jelzett pontok a keret nélküli (N), a fekete kockával jelzettek a keretes (K) megfigyelési helyek

és 8. napjai között a szarvasi ÖRKI Gazdaságának galambosi dűlőjében végeztem. A tábla növényállománya (gyapot) azon a területen látszólag kiegyenlített volt. Az egyes megfigyeléseket lehetőleg rövid időközön belül folytattam, arra törekedvén, hogy az észlelések gyakorlatilag azonos körülmények között jöjjenek létre. Mivel a vizsgálat évében augusztus elején, a szélsőségesen csapadékmentes és forró nyár következtében a talaj természetes állapotában igen száraz volt, a vízáteresztő képességet döntően befolyásoló talajnedvességet mesterségesen, előzetes beáztatással irányíthattam, a megfigyelések előtt 1—3 nappal a különböző nedvességi állapotok elérésére a talajt 2×2 m-es keretben beáztattam.

A nyolc megfigyelés fele — K o s z t y a k o v [8] javaslata szerint megszerkesztett — keretes, fele keretnélküli Müntz—Lainé készülékkel történt. Megfigyelések előtt minden esetben botfúróval [1] mintát vettem a talaj

előzőleg többé-kevésbé beáztatott, felső 50 cm-éből és a talajrétegek nedvességét a vett minták alapján, 10 cm-ként külön-külön, a mintavételt követően azonnal, szárítószekrényben kiszárítva a szokásos módon állapítottam meg.

A szóban forgó terület talaját egyéb tulajdonság tekintetében nem vizsgáltam meg. A talajviszonyokra vonatkozólag általában Szabolcs és Darab [14] vizsgálatai nyújtanak tájékoztatást.

A fenti szempontok szerint tervezett kísérlet területi elrendezését az I. ábra, munkamenetét pedig a hivatkozott megfigyelési jegyzőkönyv (jky) számaait is feltüntetve alábbi összeállítás tartalmazza (K betűvel a keretes, N betűvel a keret nélküli megfigyeléseket jelölve).

Munka napja	Óra	Jegyzőkönyvi szám	A munka megnevezése
Aug. 4.	7,30—10,30	81	N megfigyelés
	15,00	89—90	Nedvesítés 90 mm
	15,00—18,00	82	K megfigyelés
Aug. 5.	7,15—10,15	83	N megfigyelés
	11,00	87—88	Nedvesítés 90 mm
	14,30—17,30	84	K megfigyelés
Aug. 7.	7,45—10,45	87	N megfigyelés
	14,45—17,45	88	K megfigyelés
	Aug. 8.	7,30—10,30	89
	14,30—17,30	90	K megfigyelés

A megfigyelésnél nyert adatok

A megfigyelések előtt kb. fél órával végzett talajmintavételek a következő adatokat adták három ismétlés átlagában (v = nedvesség a talaj száraz súlyszázalékában, u = a talajszint átlagos mélysége, amelyre a $v\%$ vonatkozik, az aláhúzott $v\%$ -értékek a megfigyelési sorozatban tapasztalt maximális nedvesség = v_{max}).

I. táblázat

A talaj nedvességtartalmának ($v\%$) és a talajszint mélységének (u) tapasztalt adatai a vízáteresztő-képesség vizsgálata előtti mintavételek alapján a keret nélküli (N) és keretes (K) megfigyeléseknél

Talaj- mély- ség (u) cm	N 81	K 82	N 83	K 84	N 87	K 88	N 89	K 90
	Talajnedvesség ($v\%$)							
5	5,21	3,41	4,05	2,85	<u>29,96</u>	24,00	21,39	20,62
15	12,92	11,21	12,11	14,42	24,16	<u>24,56</u>	23,45	23,24
25	19,53	16,87	17,14	19,55	22,59	21,22	24,22	24,94
35	22,14	17,62	18,93	<u>22,05</u>	23,66	21,21	26,37	<u>26,24</u>
45	<u>24,35</u>	<u>20,20</u>	<u>21,24</u>	21,73	24,43	22,60	<u>27,10</u>	26,19

A nedvességi mintavétel után közvetlenül beállítottam az áteresztő képességet jelző Müntz—Lainé készüléket. A készülék hengerében a terep felett három órán át kb. 3—4 cm vízszintet állandósítottam. Mivel azonban ez a magasság is ingadozik, a tartály mércéjével egyidejűleg a hengerben levő vízszint magassága is leolvasandó

volt. A két vízszintből minden egyes leolvasási időközre vonatkozólag korábbi dolgozatomban [11] ismertetett módon kiszámítható a vízáteresztés sebessége mm/perc-ben. Megfigyelési sorozatonként tehát 18 értékpárral rendelkezem a jegyzőkönyvek alapján, amelyek között az egyik érték a készülék megindításától eltelt időtartam (x) percekben, a másik az arra vonatkozó áteresztő képesség (y) mm/perc-ben kifejezve. A megfigyelések során a 2. táblázatban feltüntetett eredmények adódtak.

Nem tévesztendő szem elől, hogy a megfigyelések csekély száma miatt általános következtetésekre csak akkor kerülhet sor, ha további megfigyelések is hasonló értelmű összefüggésekre vezetnének. Ebben az esetben az alábbiakban ismertett eljárás a talaj

2. táblázat

A talaj vízáteresztőképességének (y) és a vízborítás időtartamának (x) tapasztalt adatai

Idő, perc (x)	N 81	K 82	N 83	K 84	N 87	K 88	N 89	K 90
	Vízáteresztés mm/perc (y)							
(5)	(7,5)	(8,6)	(8,2)	(4,2)	(5,4)	(0,7)	(2,9)	(3,1)
15	3,8	5,7	6,1	1,2	0,4	0,3	3,5	0,7
25	3,3	5,2	5,4	0,7	0,8	0,2	2,8	0,6
35	3,1	4,9	3,2	0,7	0,5	0,2	2,4	0,4
45	2,9	4,8	7,0	0,7	0,8	0,1	2,8	0,3
55	3,5	4,6	5,2	0,6	0,4	0,2	2,4	0,3
65	3,0	4,9	4,9	0,4	0,1	0,1	2,4	0,1
75	2,7	4,2	5,4	0,6	0,5	0,3	2,2	0,2
85	2,8	4,4	4,4	0,3	0,4	0,3	2,0	-0,1
95	2,6	4,3	4,6	0,5	0,5	0,2	2,0	0,0
105	2,6	4,3	4,1	0,7	0,4	0,0	2,7	0,2
115	2,7	4,6	4,6	0,0	0,2	0,1	1,9	0,5
125	2,7	4,2	4,8	0,3	0,5	-0,2	2,3	0,1
135	2,5	3,7	6,0	0,5	0,1	0,8	1,8	-0,1
145	2,3	4,5	1,5	0,1	0,3	-0,2	2,5	0,0
155	2,5	4,1	4,5	0,2	0,4	0,4	2,1	0,1
165	2,6	4,5	3,9	0,4	0,5	-0,1	2,3	0,1
175	2,6	2,6	3,7	0,0	0,5	0,4	2,5	0,1

tulajdonságainak jellemzésére és az öntözővíz adagolásának általános eljárására hasznos támpontot nyújthat. A keretes és keret nélküli megfigyeléseket elkülönítve kell tárgyalni.

Adatok feldolgoása

Mivel a tapasztalati adatok minden elővigyázat ellenére szükségképpen hibásak, ezért olyan összefüggés keresendő, amely a szóban levő tulajdonságoknak a várható legvalószínűbb értékeit adja. A legvalószínűbb összefüggés matematikai módszerekkel [2] számítható ki.

Négy (81, 83, 87 és 89. jkv. számú) megfigyelési sorozattal rendelkezünk a keret nélküli és ugyanennyivel (82, 84, 88 és 90. jkv. számú) a keretes észlelések révén. Mind-egyik sorozat tizenhét x értéket (idő) és ugyanennyi, ezeknek megfelelő y értéket (sebesség) tartalmaz. Az x értékek közei egyenlők. A 2. ábrából is látható, hogy a vízáteresztő képesség görbéi hiperbola jellegűek. A vízáteresztő képességet az idő függvényében homogén körülmények között vizsgálva többen [3, 6, 8, 11] azonos típusú össze-

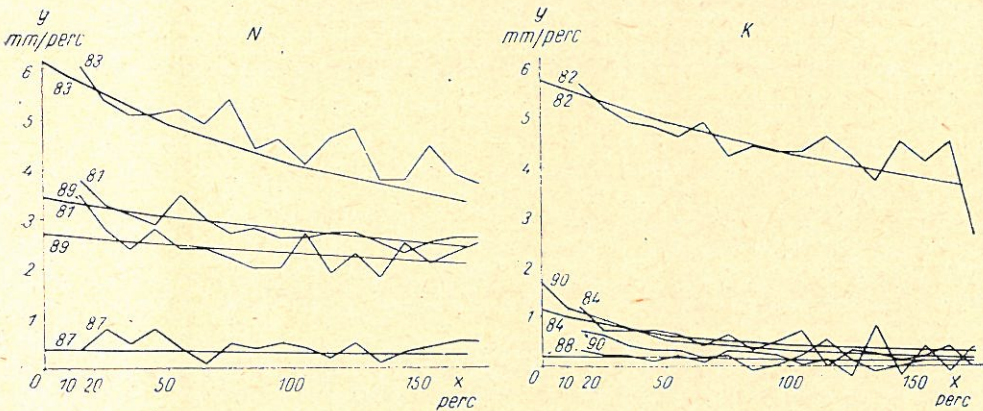
függésekre jutottak. A szóbanlevő görbék a véletlen és a különböző hibák okozta egyenetlenségeit kiküszöbölő ún. „sima”-görbe típusa nem egyenlőszárú hiperbola, mivel azzal való megközelítés még a gyakorlat számára sem használható, durva és szisztematikus eltéréseket okoz. Nem lineáris törtfüggvény sem, mivel ez esetben az y negatív értéket is felvehet, ami lehetetlen.

Az egyszerűbb hiperbola-típusok közül tehát az alábbi három áll még rendelkezésre :

- a) Kosztyakov által ajánlott [8] negatív kitevőjű hatványgörbe,
- b) az exponenciális görbe negatív kitevőjű alakja és
- c) az alábbi törtfüggvény

$$y = \frac{a}{x + b} \tag{I}$$

A (I.) képletben a független változó, $x =$ a megfigyelés kezdete óta eltelt időtartam, a függő változó, $y =$ a talaj vízáteresztő képessége. Az állandókat az abc első betűivel jelöljük. A három szóba jöhető görbetípus megegyezik abban is, hogy negatív y értéket pozitív x érték esetén sohasem ad és mindegyik két (a és b) állandóval rendelkezik. Az ismertetendő eljárás a fenti három görbetípus bármelyikével elvégezhető. Itt az (I.) típusú törtfüggvényt vesszük a vízáteresztő képesség jellemzésére, mivel a megközelítéshez szükséges számítások ennél aránylag a legegyszerűbbek.



2. ábra

A 2. táblázat keret nélküli (N) és keretes (K) sorozatainak tapasztalatai adatait négy, egymástól független (I) függvény (sima görbe) helyettesíti

Mivel az első időközben leolvasott víznyelés az időjárásnak és egyéb külső hatásoknak legjobban kitett felső, művelt talajréteg vízvezetésére vonatkozik, a megközelítés során ezért a továbbiakban az első időköznek megfelelő értékpárokat mindig figyelmen kívül fogjuk hagyni.

A kiválasztott (I.) függvény két ismeretlen állandóját, az a -t és a b -t úgy kell tehát megválasztanunk, hogy a megfigyelt y értékek és a meghatározott függvény által

kiszámított értékek közötti eltérések négyzetösszege minimum legyen. A legkisebb négyzetek elvének megfelelően (Σ az összegezés műveletét jelenti):

$$a_j = \frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{\Sigma z (x - \bar{x})} \quad (\text{II})$$

$$b_j = a_j \bar{z}_j - \bar{x} \quad (\text{III})$$

ahol, ha a számításba vett értékpárok száma n , j = az egyes megfigyeléseket megkülönböztető indexszám és

$$z = 1/y$$

$$z = \Sigma z/n$$

$$\bar{x} = \Sigma x/n$$

Elvégezvén a fent kijelölt számításokat a 2. táblázat adatai alapján, a következő állandókat nyerjük:

3. táblázat

Az I függvény a_j és b_j állandóinak értéke a tapasztalt adatok alapján

Keret nélküli megfigyelések (N)			Keretes megfigyelések (K)		
Jegyzőkönyvi szám	a_j	b_j	Jegyzőkönyvi szám	a_j	b_j
81	1335	384	82	1647	286
83	1196	192	84	63	55
87	153	392	88	57	318
89	1533	563	90	37	22

A fenti állandókat az (I.) képletbe helyettesítve a következő függvényekhez jutunk:

$$y_{81} = \frac{1335}{x + 384}$$

$$y_{82} = \frac{1647}{x + 286}$$

$$y_{83} = \frac{1196}{x + 192}$$

$$y_{84} = \frac{63}{x + 55} \quad (\text{IV})$$

$$y_{87} = \frac{153}{x + 392}$$

$$y_{88} = \frac{57}{x + 318}$$

$$y_{89} = \frac{1533}{x + 563}$$

$$y_{90} = \frac{37}{x + 22}$$

A (IV.) függvények alapján számított adatok (2. ábra) elég jól megegyeznek a 2. táblázat tapasztalati adataival. Az (I.) képletek előnyösen helyettesítik a tizenhét párból álló sorozatokat.

Összefüggés a vízáteresztő képesség és a talaj nedvessége között

Ha kiszámítjuk az 1. táblázatban található nedvesség-százalékok átlagát (\bar{v}) sorozatonként és összehasonlítjuk az így kapott eredményeket a sorozatokat jellemző függvények állandóinak számértékével, akkor azt tapasztaljuk, hogy az átlagos nedvesség és a görbe nagysága közötti kapcsolat nem teljes. Pl. a nagyobb értékeket reprezentáló 90 jkv. számú függvényhez nagyobb \bar{v} érték (24,24) tartozik, mint az x-ten-

gelyhez közelebb fekvő 88 számú görbe esetében (22,72). Végül azt is meg lehet állapítani a táblázatokból, hogy a talaj nedvessége és víznyelését jellemző függvényeinek a és b állandói közötti összefüggés csak meglehetősen magasrendű függvénnyel fejezhető ki, ami a gyakorlat számára nem lenne megfelelő eredmény. Az állandók sem egymás között, sem a nedvesség \bar{v} értékeivel kapcsolatban nem azonos sorrendben változnak, nem is szólva arról, hogy nagy nedvességkülönbségek gyakran kis különbségeket okoztak az állandók értékében és fordítva.

Mindezek alapján a fenti táblázatok adatainak matematikai megformulása ilyen módon nem vezet célra. Csupán annyit állapíthatunk meg, hogy egy talaj vízáteresztő képességének mérve általában negatív korrelációban van a felső, 50 cm-es talajréteg nedvességtartalmával, ez a kapcsolat azonban nem elég szoros. A korrelációs koefficiens az a , b és \bar{v} értékeket tekintve $R = 0,88$.

4. táblázat

Összefüggés az I függvény állandói és a tapasztalt talajnedvességi adatok között

Jegyzőkönyvi szám	Függvények állandói		Maximális talajnedvesség (v_{max})		u/v_{max} cm/%
	a	b	%-a	mélysége (u) cm	
Keret nélküli megfigyelések					
83	1196	192	21,24	45	2,1
81	1335	384	24,35	45	1,8
89	1533	563	27,10	45	1,7
87	153	392	29,96	5	0,2
Keretes megfigyelések					
82	1647	286	20,20	45	2,2
84	63	55	22,05	35	1,6
90	37	22	26,24	35	1,3
88	57	318	24,56	15	0,6

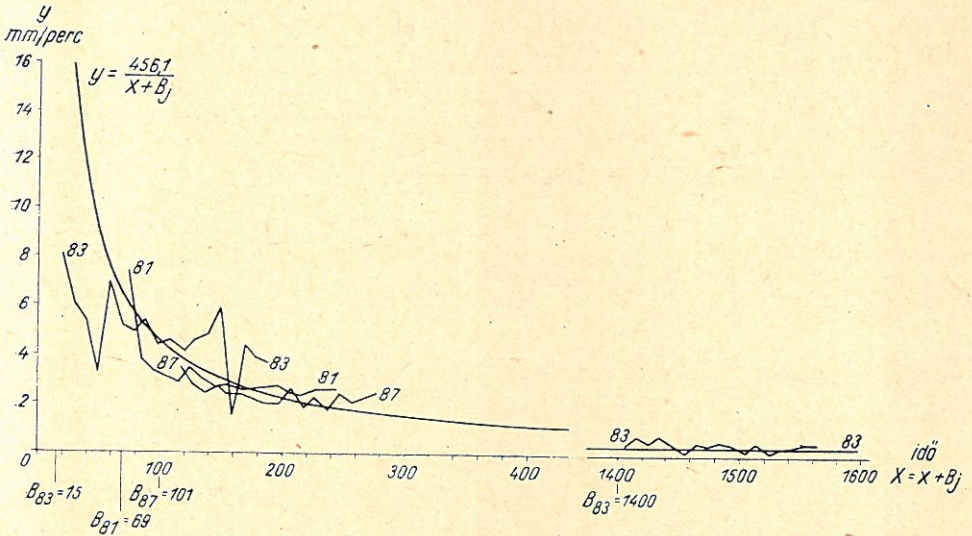
Vizsgáljuk meg, hogy milyen összefüggés van a talaj vízáteresztő képessége (y) és talaj nedvessége (v) között figyelembe véve a különböző nedvességi adatoknak (v) talajszint (u) szerinti megoszlását is. A v értékek megoszlásának csupán azok kiemelkedő értékeit (extrémumait: v_{max}), vesszük figyelembe az alábbi táblázatok összeállításánál (a jkv. számokat a csökkenő vízáteresztő képesség rangsorába rendeztük).

A 4. táblázatból látható, hogy az utolsó rovat értékeinek változása következetesen csökken, vagyis nagy y értékeket reprezentáló függvényekhez mindig nagyértékű, kis y értékeket jellemző függvényekhez mindig kis értékű u/v_{max} tartozott (2. ábra). Az összefüggés a víznyelési görbék és a talaj legnedvesebb rétegének elhelyezkedését képviselő u/v_{max} értékek között a nedvesség átlagaival (\bar{v} értékekkel) való összefüggésnél szorosabb ($R = 0,90$). Ezért ezt az összefüggést használjuk fel problémánk megoldásánál.

A 4. táblázat szerint azonban a függvényeket jellemző állandók változásai már nem követik következetesen az u/v_{max} változásait, holott számszerű kapcsolatok kiszámításánál éppen erre volna szükségünk. Nem követünk el túl nagy hibát, ha a két állandó közül az egyiket minden sorozatban azonosnak vesszük és a másik állandó ezáltal megváltozott értékét újra, sorozatonként kiszámítva keresünk kapcsolatot a víznyelés és a nedvesség között. Ennek megfelelően két megoldás lehetséges, attól függően, hogy az a vagy a b állandót rögzítjük.

Első megoldás

Tegyük egyenlővé mindegyik sorozatban az (I.) képletben szereplő a_j állandókat és számítsuk ki újra sorozatonként a b_j értékeket olyan módon, hogy ezáltal ne vétsünk a legkisebb négyzetek elve ellen. A víznyelési görbének ilyen módon való jellemzése



3. ábra

Az első megoldás eredményeinek grafikus ábrázolása. A 2. táblázat keret nélküli (N) sorozatainak tapasztalatai adatait egyetlen (V) függvény (sima görbe) helyettesíti

egy kézenfekvő hipotézis jogosultságát teszi próbára. E hipotézis szerint minden egyes talajtípust egy jellegzetes, a nedvességi állapottól független

$$y = A/X \quad (V)$$

görbe jellemezze ($X = x + B_j$). A teljes görbe azonban csak abszolút száraz talaj esetében jelentkezne, nedvesebb talaj esetében pedig a görbének bizonyos kezdeti része elmaradna. A görbe tehát a koordináta rendszerhez képest transzformálna, növekvő nedvességnél ugyanis — a hiperbola B_j állandójának sajátos értékénél fogva — az y tengely mindig jobban és jobban balra tolna. Teljes telítettségénél az y tengely végtelenül balra kerülne ($B_j = \infty$).

Az így nyert összefüggések, valamint a tapasztalati értékek grafikus ábrájából (3. ábra) megállapítható, hogy hipotézisünk nem volt teljesen jogosult. A várakozásnak megfelelően a sorozatok tapasztalati görbének súlypontja a kiszámított hiperbolán fekszenek, de a tapasztalati görbék annál kevésbé simultak a kiszámítottéhoz, minél szárazabb volt a talaj. Megállapíthatjuk tehát, hogy a nedvesség változásával nem változnak lineárisan a tapasztalt y értékek. Az első megoldást a keretes megfigyelések megközelítésére alkalmazva negatív B_j értékeket nyerünk. A hipotézis tehát elvetendő.

Második megoldás

A vízáteresztő képesség (y), a nedvesség-százalék (v), a talajmélység (u), valamint az idő (x) számszerű kapcsolata egy másik módon is megállapítható. Kísérreljük meg

most az összefüggés vizsgálatát oly módon, hogy nem az a , hanem a b értékeket vegyük azonosnak ugyanazon talajnál.

$$y_j = \frac{\alpha_j}{x + \beta} \tag{VI}$$

Az új α_j és az új β állandók kiszámítása az előző megoldásban közölt elvek szerint történik.

$$\alpha_j = \frac{\beta + \bar{x}}{\bar{z}_j} \tag{VIIa}$$

$$\beta = \frac{\sum b_j}{m} = \bar{b}_j \tag{VIIb}$$

A (VII) formulákkal kifejezett számításokat elvégezvén, az alábbi eredményekre jutunk:

5. táblázat

Összefüggés a VI. függvény állandói és a tapasztalt talajnedvességi adatok között

Jegyzőkönyvi szám	A VI. függvény állandói		Talajszint: maximális nedvesség cm/% u/v_{max}	$V = (u/v_{max})^3$
	α_j	β		
Keret nélküli megfigyelések				
83	1992	383	2,1	9,26
81	1331	383	1,8	5,83
89	1114	383	1,7	4,91
87	147	383	0,2	0,008
Keretes megfigyelések				
82	3358	681	2,2	10,65
84	325	681	1,6	4,10
90	234	681	1,3	2,20
88	109	681	0,6	0,22

A második módszer értelmében meghatározott görbék a galambos-dűlői víznyelésekre vonatkozólag az alábbiak:

$$\begin{aligned}
 y_{83} &= \frac{1992}{x + 383} & y_{82} &= \frac{3358}{x + 681} \\
 y_{81} &= \frac{1331}{x + 383} & y_{84} &= \frac{325}{x + 681} \\
 y_{89} &= \frac{1114}{x + 383} & y_{90} &= \frac{234}{x + 681} \\
 y_{87} &= \frac{147}{x + 383} & y_{88} &= \frac{109}{x + 681}
 \end{aligned} \tag{VIII}$$

A (VIII) függvények a tapasztalati értékeket igen jól fedik. Most e második módszer szerint megállapított függvények és az 1. táblázat u/y_{max} értékei közötti össze-

függést kell még kifejezni. Mivel β minden sorozatban egyenlő, a (VIII) függvények csupán az α értékében különböznek egymástól. A kapcsolat az α_j és az u/v_{\max} értékek között nyilvánvaló, ha összehasonlítjuk az 5. táblázat második (α_j) és negyedik (u/v_{\max}) oszlopában a megfelelő értékeket. Az összefüggés számszerű kifejezése végett közelítsük meg ezeket az értékeket keret nélküli sorozatok esetén egy harmadfokú parabolával (4. ábra).

$$\alpha_N = c \left[\frac{u}{v_{\max}} \right]^3 + d \quad (\text{IX})$$

A c és d állandók konkrét értékeinek kiszámítása az alábbi képletekkel történik:

$$c = \frac{\Sigma V \Sigma \alpha - m \Sigma V \alpha}{(\Sigma V)^2 - m \Sigma V^2} \quad (\text{X})$$

$$d = \frac{\Sigma V \Sigma V \alpha - \Sigma V^2 \Sigma \alpha}{(\Sigma V)^2 - m \Sigma V^2}$$

ha

$$V = \left[\frac{u}{v_{\max}} \right]^3$$

Esetünkben a következő értékeket nyerjük: $c = 199,2$, $d = 149,6$. Az α_j állandó értékét tehát a talajnedvességi adatokból (u , v) könnyen kiszámíthatjuk az alábbi összefüggés alapján:

$$\alpha \text{ (számított)} = 199 \left[\frac{u}{v_{\max}} \right]^3 + 150 \quad (\text{XI})$$

A tapasztalt (5. táblázat α_j oszlopa) és számított (XI. képlet és 6. táblázat) α_j értékek kitűnően megegyeznek (4. ábra N) úgy, hogy példánk négy keret nélküli észlelési sorozatát az alábbi egyetlen függvénnyel reprezentálhatjuk (5. ábra N).

$$y_N = \frac{199 \left[\frac{u}{v_{\max}} \right]^3 + 150}{x + 383} \quad (\text{XII})$$

Általánosságban tehát a szóban levő talaj nedvességi megoszlása (u , v), a talaj áteresztőképessége (y) és a vízzel való elborítás időtartama (x) között keret nélküli megfigyelések esetén a következő összefüggés áll fenn:

$$y_N = \frac{c \left[\frac{u}{v_{\max}} \right]^3 + d}{x + \beta} \quad (\text{XIII})$$

A v_{\max} és az ennek megfelelő u értéket a tapasztalati adatokból (1. táblázat) közvetlen leolvasás útján nyerjük. A fenti általános képletben (XIII) szereplő β állandók értékét a (VIIb), a c és d állandók értékét pedig olyan módon állapítjuk meg, hogy először kiszámítjuk a (VIIa) formula alapján a tapasztalati értékeknek legjobban megfelelő α_j értékeket, majd ezek alapján a c és d állandók értékét (X) egyenletek segítségével közelítjük meg. Itt meg kell jegyezni, hogy mikor az α_j értékeket a v_{\max} értékekkel hoz-

zuk kapcsolatba, a függvény típusa az adatoknak megfelelően választandó ki és a talaj típusától, az itt nem tárgyalt tulajdonságaitól függően, más is lehet.

Keretes megfigyelések esetén pl. ez a függvénytípus kísérletünk talaján is eltér a keret nélküli megfigyelések típusától, itt ugyanis a következő görbe látszik megfelelőnek (4. ábra) :

$$\alpha_K = f(g)^V \tag{XIV}$$

$$\log \alpha_K = \log f + V \log g$$

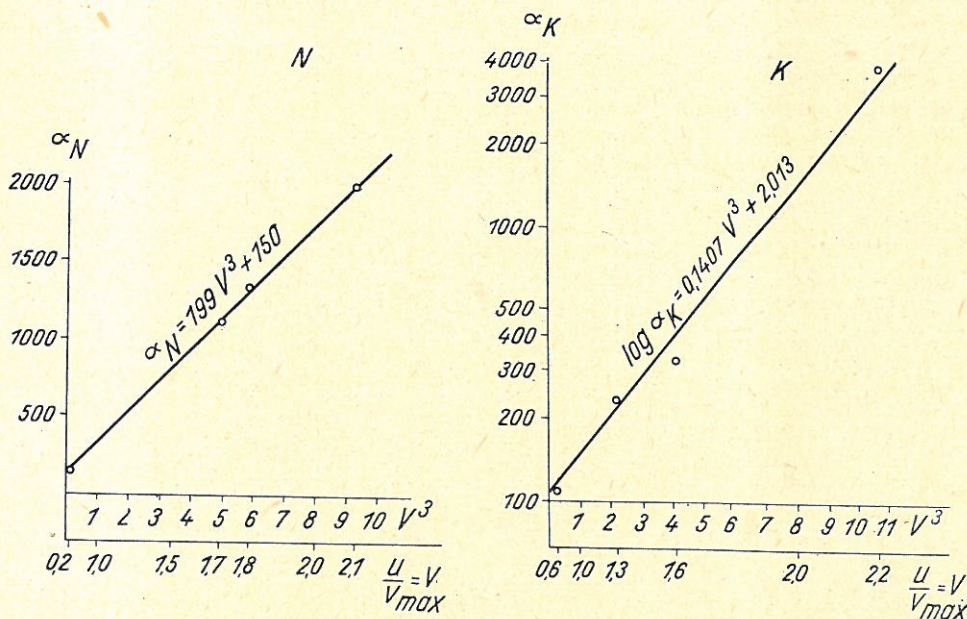
amelynek két állandóját a következő képletek segítségével határozhatjuk meg :

$$F = \frac{\Sigma V \Sigma V \log \alpha - \Sigma V^2 \Sigma \log \alpha}{[\Sigma V]^2 - m \Sigma V^2}$$

$$G = \frac{\Sigma V \Sigma \log \alpha - m \Sigma V \log \alpha}{[\Sigma V]^2 - m \Sigma V^2} \tag{XV}$$

ahol $f = \text{num log } F$ és $g = \text{num log } G$, végül $V = (u/v_{\max})^3$. Adatainkra alkalmazva az állandók értékéül a következőket nyerjük : $F = 2,01265$, ($\text{num log } F = f = 103$) és $G = 0,1407$ ($\text{num log } G = g = 1,383$), vagyis

$$\alpha \text{ (számított)} = 103 \left(\frac{u}{v_{\max}} \right)^3 \tag{XVI}$$

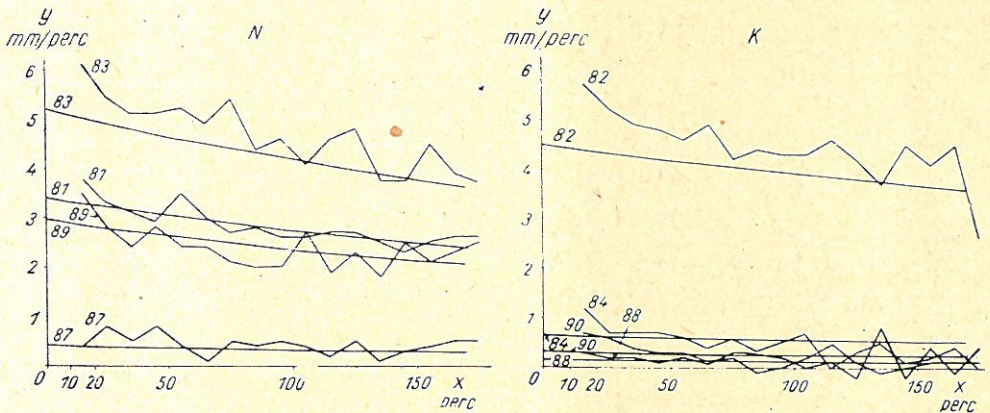


4. ábra

Az állandók megközelítése. N : keret nélküli megfigyelések esetén a V^3 , α_N értékeknek megfelelő pontok igen jó megközelítésben a lineáris (XI) függvény mentén helyezkednek el. K : keretes megfigyelések esetén a V^3 , $\log \alpha_K$ értékeknek megfelelő pontok megközelítőleg a lineáris (XVI) függvény mentén helyezkednek el

A tapasztalt (5. táblázat α_j oszlopa) és számított (XVI. képlet és 6. táblázat) α_j értékek elég jól megegyeznek (4. ábra K). A négy keretes észlelési sorozatot az alábbi egyetlen függvénnyel reprezentálhatjuk (5. ábra K).

$$y_K = \frac{103(1,383) \left(\frac{u}{v_{\max}}\right)^3}{x + 681} \quad (\text{XVII})$$



5. ábra

A 2. táblázat keret nélküli (N) és keretes (K) sorozatainak tapasztalatait egyetlen (XII, ill. XVII) függvény (sima görbe) helyettesíti

Általánosságban tehát a szóban levő talaj nedvességi megoszlása (u, v), a talaj átteresztőképessége (y) és a vízzel való elborítás időtartama (x) között *keretes megfigyelések* esetén a következő összefüggés áll fenn:

$$y_K = \frac{f(g) \left(\frac{u}{v_{\max}}\right)^3}{x + \beta} \quad (\text{XVIII})$$

Végül összeállítjuk a (VIIa) képletek alapján nyert és a (XI), illetőleg a (XVI). képletek alapján számított α állandók táblázatát összehasonlítás végett.

6. táblázat

Az α állandók összehasonlítása a VII., XI. és XVI. függvények alapján

Jegyzőkönyvi szám	Keret nélküli megfigyelések		Jegyzőkönyvi szám	Keretes megfigyelések	
	VII. a.	XI.		VII. a.	XVI.
	képletek alapján az α értékek			képletek alapján az α értékek	
83	1992	1993	82	3358	3245
81	1331	1310	84	325	389
89	1114	1128	90	234	210
87	147	152	88	109	110

A keretes megfigyelések esetén, mint láttuk, a talaj vízáteresztő képességének összefüggése a talaj kezdeti nedvességi állapotával más típusú volt, mint a keret nélküli megfigyeléseknél. A különbség előre várható volt. Gyakorlatilag ez a megállapítás azt jelenti, hogy ársztás vagy csörgedeztetés esetén más víznyelési sebességgel kell számolnunk, mint barázdás öntözés esetén.

Összefoglalás

Abból a megfontolásból kiindulva, hogy egy adott, konkrét területen folytatott öntözéssel üzemben az adagolandó víz mennyiségét a tábla egyéb szempontból nem elemzett talajának pillanatnyi nedvességi állapota döntően befolyásolja, olyan összefüggést kerestem a talaj nedvességi állapota és a vízáteresztés sebessége között, amelynek alapján az adagolandó víz mennyisége egy előzetes kísérletsorozat megfigyelt adatai alapján számszerűen, exakt módon megállapítható és egyetlen formulával kifejezhető. A vizsgálatok során arra az eredményre jutottam, hogy a talaj nedvességi állapota ebben az összefüggésben legcélszerűbben a $V = u/v_{\max}$ hányadossal jellemezhető, amelynél a nevező a felső 50 cm-es talajszintben talált legnagyobb nedvességet, a számláló pedig ennek centiméterben kifejezett mélységét jelenti. Általában a vízborítás kezdetétől eltelt időtartam (x) és a talaj vízáteresztőképessége ($y =$ az időegység alatt a talajba ivódott víz mennyisége) közötti összefüggést az

$$y = \frac{\alpha}{x + \beta} \quad (\text{VI})$$

függvény jól reprezentálja, ahol α valamilyen függvénye az u/v_{\max} hányadosnak. Az $\alpha = \varphi(u/v_{\max})$ függvény és a β állandó meghatározására két példát mutatok be.

A (VI) függvényben szereplő β állandó sajátos értéke egy előzetes, — azonos talajon, különböző nedvességek mellett folytatott — kísérletsorozat folyamán nyert tapasztalati adatok alapján a szokásos megközelítési eljárások segítségével (VIIb képlet) határozható meg. Az α állandó meghatározásánál először a különböző nedvességi állapotoknak megfelelő α_j értékeket kell a (VIIa) képlettel külön-külön megállapítani, majd kiválasztandó az $\alpha = \varphi(u/v_{\max})$ függvény típusa, amely esetenként, a vizsgált talajtól függően, különböző lehet. A függvénytípus kiválasztása úgy történik, hogy az α és a V függvényt, változóinak transzformálásával, lineárisra tesszük. A függvénytípus ismeretében a (VI) függvény számlálójának állandói a lineáris kapcsolat megközelítésével megállapíthatók. — A számított és tapasztalt értékek között mutatkozó csekély eltérések véletlen hatásoknak tulajdoníthatók.

Érkezett: 1957. június 15.

Irodalom

- [1] Ballenegger, R.: Talajvizsgáló módszertan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1953.
- [2] Bogárdi, J.: Korrelációs számítás és alkalmazása a hidrológiában. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1952.
- [3] Oserkaszov, A. A.: Talajjavítás-öntözés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1952.
- [4] di Gléria, J. & Kazó, B.: Agrokémia és Talajtan. 1. 99. 1951.
- [5] Dolgov, Sz. I.: A talajnedvesség mozgékonyságának vizsgálata és hozzáférhetősége a növények részére. SzU. Tud. Akad. Moszkva. 1948.
- [6] Dvoracek, M. & Klimes-Szmik, A.: Agrokémia és Talajtan. 1. 321. 1952.
- [7] Kazó, B.: Agrokémia és Talajtan 1. 321. 1952.
- [8] Kosztyakov, N. A.: A melioráció alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1955.

- [9] *Leszták, J.-né*: Agrokémia és Talajtan. 5. 307. 1956.
 [10] *Mados (Kotzman), L.*: Öntözésügyi közlemények. 1. 89. 1939.
 [11] *Osváth, J.*: A talaj vízáteresztőképességének vizsgálata Müntz-Lainé készülékkel. Öntözés időszakos kérdései. 1954.
 [12] *Pletser, J.*: Időjárás. 6. 46. 1957.
 [13] *Proszkurnyikov, Sz. M.*: Homokkal végzett kísérletek adatai a kapillaris víz mozgására. Tr. G. G. I. Leningrád. 8. 1948.
 [14] *Szabolcs, I. & Darab, K.*: Agrokémia és Talajtan. 3. 117. 1954.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ВЛАЖНОСТЬЮ И ВОДОПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПОЧВЫ

Я. Ошват

Сельскохозяйственный Научно-Исследовательский Институт Академии Наук Венгрии г. Мартонвашар

Резюме

Количество оросительной воды в поливных хозяйствах должно зависеть от состояния влажности почвы в данный момент. Автор проводил исследования по выявлению связи между состоянием влажности почвы и скоростью просачивания воды. Эти данные могли дать возможность точно установить и численно, при помощи одной формулы выразить количество оросительной воды. В ходе исследований оказалось, что наиболее целесообразной для выражения этой связи явилась формула $V = u/v_{\max}$, выражающая состояние влажности почвы. Знаменатель обозначает максимальную влажность в верхнем 50 см слоя почвы, а числитель — глубину почвенного слоя в см. Связь между временем (x) от начала пуска воды и водопротокной способностью почвы ($y =$ количество воды, впитывающейся в почву за единицу времени), выражается формулой

$$y = \frac{\alpha}{x + \beta} \quad (\text{VI.})$$

где α пропорциональна дроби u/v_{\max} . Для определения соотношения $\alpha = \varphi(u/v_{\max})$ и β автор приводит две примера.

Величину β , входящую в уравнение VI., можно определить исходя из данных предварительных опытов, проведенных на той же почве при различных степенях влажности (уровень VII. б). Для определения α необходимо сначала определить величину α_j при различных степенях влажности, при помощи уравнения VII. а. Потом нужно выбрать тип функции $\alpha = \varphi(u/v_{\max})$ который в зависимости от различных почв может быть различным. Выбор типа функции происходит таким образом, что переменные величины α и V путем трансформации превращаются в линейные. Зная тип функции можно вычислить постоянные величины числителя функции VI путем аппроксимации линейной связи. Незначительное различие между вычисленными и полученными опытным путем величинами, объясняется случайностью.

Таблица 1. Опытные данные по содержанию влаги в почве ($v\%$) и глубина горизонтов почвы (u) полученные перед исследованием по водопротокной способности в опытах без рам (N) и методом рам (K).

Таблица 2. Опытные данные по водопротокной способности почвы (y) и по продолжительности времени затопления почвы (x).

Таблица 3. Величины постоянных α_j и b_j функции I, полученные опытным путем.

Таблица 4. Связь между постоянными величинами функции I и влажностью почвы, полученной опытным путем.

Таблица 5. Связь между постоянными величинами функции VI и влажностью почвы, полученной опытным путем.

Таблица 6. Сравнение данных на основании функций VII, XI, XVI.

Рис. 1. Расположение мест наблюдений на хлопковом поле в опытном хозяйстве Сарвашского института рисоводства и мелиорации. Кружками обозначены места наблюдений без рам (N), черными квадратиками места наблюдений методом рам (K).

Рис. 2. Четыре функции, независимых друг от друга (I) (простая кривая) обозначают опытные данные, приведенные в таблице 2 из опытов без рам (N) и методом рам (K).

Рис. 3. Графическое изображение результатов первого соображения. Опытные данные, приведенные в таблице 2, в опыте без рам (N) замещаются одной функцией (V) (простая кривая).

Рис. 4. Аппроксимация постоянных N: в случае опытов без рам точки, соответствующие величинам V^3 , α_N в хорошей аппроксимации расположены вдоль линейной функции (XI). K: в случае опытов методом рам точки соответствующие величинами V^3 , $\log \alpha_K$ приблизительно расположены вдоль линейной функции (XVI).

Рис. 5. Опытные данные, приведенные в таблице 2 из опытов без рам (N) и методом (K) замещаются одной (XII) функцией (простая кривая).

Über den Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Wasserdurchlässigkeit des Bodens

J. OSVÁTH

Forschungsinstitut für Landwirtschaft der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Martonvásár

Zusammenfassung

In Anbetracht des entscheidenden Einflusses, den der momentane Feuchtigkeitsgehalt eines — weitgehender nicht analysierten Bodens auf die erforderliche Menge der Wassergabe bei Bewässerungskultur auf einer bestimmten, gegebenen Fläche ausübt, — habe ich zwischen Bodenfeuchtigkeit und Durchlässigkeitsgeschwindigkeit Zusammenhänge gesucht, um hieraus an Hand von Beobachtungsdaten einer vorangehenden Versuchsserie die Menge der Wassergabe zahlenmässig, exakt bestimmen und mit einer einzigen Formel ausdrücken zu können. Die Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass der Feuchtigkeitsgrad des Bodens in diesem Zusammenhange zweckmässig mit dem $V = u/v_{\max}$ Quotient zu charakterisieren ist, wo der Nenner die in der oberen Bodenoberschicht bis zu 50 cm Tiefe festgestellte maximale Feuchtigkeit, der Zähler die bezügliche, in cm ausgedrückte Tiefe bedeutet. Der Zusammenhang zwischen der ab Überflutungsbeginn verstrichenen Zeitspanne (x) und der Wasserdurchlässigkeit des Bodens ($y =$ die während einer Zeiteinheit aufgesogene Wassermenge) wird im allgemeinen durch die Funktion

$$y = \frac{\alpha}{x + \beta} \quad (VI)$$

gut beschrieben, wo α eine Funktion des u/v_{\max} Quotienten ist. Für die Bestimmung der $\alpha = \varphi(u/v_{\max})$ Funktion und der Konstante β sind zwei Beispiele vorgeführt.

Der eigentliche Wert der in Funktion (VI) stehenden Konstante β kann aus den empirischen Daten einer vorangehenden, auf gleichem Boden, bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden geführten Versuchsserie mit den üblichen Näherungsverfahren (Formel VII.b.) bestimmt werden. Zur Bestimmung der Konstante α sind zuerst die den verschiedenen Feuchtigkeitsstufen entsprechenden α_i Werte laut Formel (VII. a.) gesondert zu errechnen; sodann ist der $\alpha = \varphi(u/v_{\max})$ Funktionstyp auszusuchen, der je nach dem geprüften Boden unterschiedlich sein kann. Der Funktionstyp wird auf die Weise ausgesucht, dass die Funktion von α und V durch Transformierung ihrer Veränderlichen linear gestellt wird. Im Kenntnis des Funktionstyps können die Konstanten im Zähler der Funktion (VI) durch Näherung des linearen Zusammenhanges bestimmt werden. — Die zwischen den errechneten und den empirischen Werten erscheinenden geringen Abweichungen können Zufallsfaktoren zugeschrieben werden.

Abb. 1. Anlage der auf einem Baumwollfeld des Forschungsinstitutes für Bewässerung und Reisbau, Szarvas, durchgeführten Beobachtungen. Die mit einem Kreis bezeichneten Stellen bedeuten rahmenlose (N), die mit schwarzem Viereck bezeichneten dagegen mit Rahmen umgebene (K) Beobachtungsstellen.

Abb. 2. Die empirischen Daten der in Tabelle 2 angeführten rahmenlosen (N) und mit Rahmen umgebenen (K) Beobachtungsreihen sind durch vier, von einander unabhängige (I) Funktionen (glatte Kurven) ersetzt.

Abb. 3. Graphische Darstellung der Ergebnisse aus der ersten Lösung. Die empirischen Daten der in Tabelle 2 angeführten, rahmenlosen (N) Beobachtungsreihen sind durch eine einzige (V) Funktion (glatte Kurve) ersetzt.

Abb. 4. Näherung der Konstanten. N: bei den rahmenlosen Beobachtungen liegen die den V^3 , a_N Werten entsprechenden Punkte mit guter Näherung entlang der linearen (XI) Funktion. K: bei den mit Rahmen umgebenen Beobachtungen fallen die den V^3 , a_K Werten entsprechenden Punkte annähernd neben den linearer (XVI) Funktion.

Abb. 5: Die empirischen Daten der in Tabelle No. 2 angeführten rahmenlosen (N) und mit Rahmen umgebenen (K) Beobachtungsserien sind durch eine einzige (XII) Funktion (glatte Kurve) ersetzt.

Tabelle 1. Empirische Daten der Bodenfeuchtigkeit ($v\%$) und der bezüglichen Bodentiefe (u) laut Probenahme vor Durchführung der Durchlässigkeitsprüfung in den rahmenlosen (N) und mit Rahmen (K) eingestellten Beobachtungen.

Tabelle 2. Empirische Daten der Wasserdurchlässigkeit (y) und der Überflutungsdauer (x).

Tabelle 3. Die auf Grund der empirischen Daten erhaltenen Werte der Konstanten a_j und b_j in Funktion I

Tabelle 4. Zusammenhänge zwischen den Konstanten der Funktion I. und den empirischen Bodenfeuchtigkeits-Daten.

Tabelle 5. Zusammenhänge zwischen den Konstanten der Funktion VI und den empirischen Daten der Bodenfeuchtigkeit.

Tabelle 6. Vergleich der Konstanten auf Grund der Funktionen VII, XI und XVI.