

## OCENA STATYSTYCZNA WPŁYWU NAWODNIEŃ ŚCIEKAMI MIEJSKIMI NA ZRÓŻNICOWANIE WYSOKOŚCI I UDATNOŚCI UPRAW SOSNY I MODRZEWIA NA GLEBACH PIASZCZYSTYCH

*Konrad Julian Tomaszewski.*

Materiał badawczy stanowiły wyniki prac dendrometrycznych, wykonanych na Stacji Hydrologiczno-Leśnej Instytutu Badawczego Leśnictwa w Puczniewie na 14 kwaterach siedmioletniej uprawy sosny oraz na 20 kwaterach ośmioletniej uprawy modrzewia. Uprawy te od pięciu lat nawadniane były ściekami miejskimi systemem smużno-stokowym.

Ogólną charakterystykę nawodnień w okresie wegetacji lub w ciągu całego roku podano w poniższym zestawieniu w mm:

| Średnia jednorazowa dawka | Suma roczna     |
|---------------------------|-----------------|
| minimalna 173             | minimalna 400   |
| maksymalna 352            | maksymalna 3000 |

Na wszystkich kwaterach przeprowadzano corocznie pomiary wysokości drzewek, a w 1975 r. na trzech kwaterach z sosną wykonano pomiary grubości w środkach kolejnych rocznych przyrostów wysokości. Łatwość pomiaru sprawia, że wysokość młodych drzewostanów, a zwłaszcza upraw, jest dość powszechnie stosowana w badaniach jako wstępny wskaźnik efektu produkcyjnego różnych zabiegów hodowlanych i melioracyjnych.

W celu zbadania zależności między wysokością a ogólną ilością i sposobem wprowadzania ścieków każdą z kwater nawadnianych w okresie wegetacji scharakteryzowano średnią dawką nawodnienia ( $D$ ) i współczynnikiem zmienności tej dawki ( $V_D$ ), średnią długością przerwy między kolejnymi nawodnieniami ( $P$ ) i współczynnikiem zmienności tej przerwy ( $V_P$ ) oraz współczynnikiem wykorzystania czasu nawodnień ( $W$ ). Wskaźnik ten obliczano ze stosunku ilości ścieków faktycznie wprowadzonej na uprawy do tej ilości, która przy danej dawce i przerwie między na-

wodnieniami zostałaaby wprowadzona w przypadku ścisłego przestrzegania harmonogramu nawodnień.

Związek między wysokościami upraw modrzewia ( $H_{Mo}$ ) i sosny ( $H_{So}$ ) a niektórymi z wymienionych charakterystyk obrazują następujące równania regresji:

$$(1) \quad \bar{H}_{Mo} = 217,38 - 17,187 \cdot \sqrt{\bar{P}} + 23,41 \cdot \bar{D}/V_D + 50,57 \cdot \frac{1}{W}$$

(współczynnik korelacji  $R = 0,8535$ ),

$$(2) \quad \bar{H}_{So} = 232,92 - 17,21 \cdot \sqrt{\bar{P}} + 75,179 \cdot \frac{\sqrt{\bar{D}}}{V_D}$$

(współczynnik korelacji  $R = 0,8830$ ).

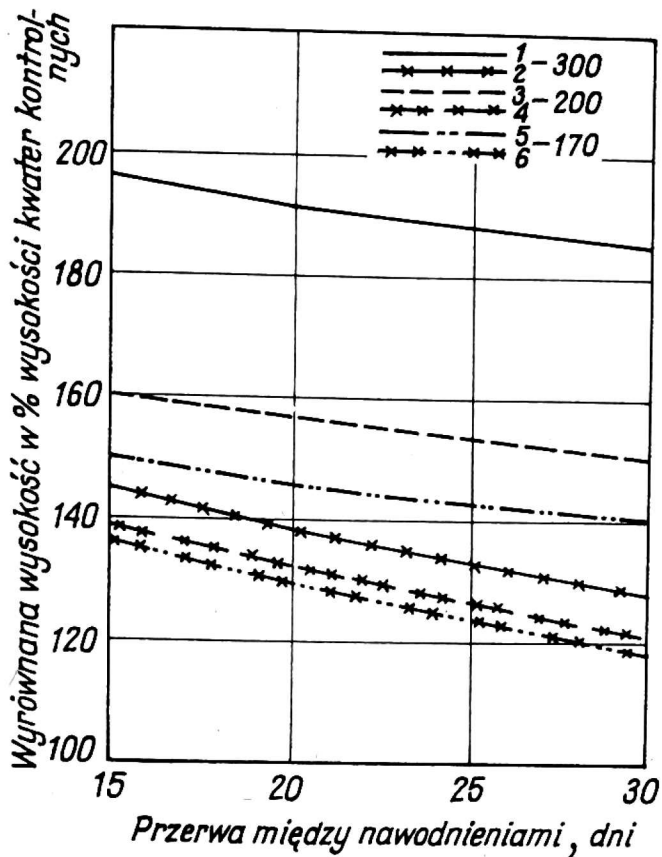
Jak wiadomo, w celu wyprowadzenia równań regresji wielokrotnej niezbędne jest dokładne poznanie charakteru, a w razie konieczności — „wyprostowanie” zależności między każdą z par uwzględnianych zmiennych. Ponieważ materiał badawczy jest skąpy, nie ma gwarancji, że warunki te zostały spełnione. Na podstawie przytoczonych równań nie można więc wyciągać wiążących wniosków. Pozwalają one jedynie na postawienie następujących hipotez.

— Wysokość upraw modrzewia i sosny na lekkich glebach piaszczystych, zalewanych w okresie wegetacyjnym ściekami miejskimi, zależy od długości okresu, jaki upływa średnio między kolejnymi nawodnieniami. Im okres ten jest dłuższy, tym mniejsze powinny być wysokości upraw, pod warunkiem, że wartości pozostałych zmiennych równania regresji są zbliżone.

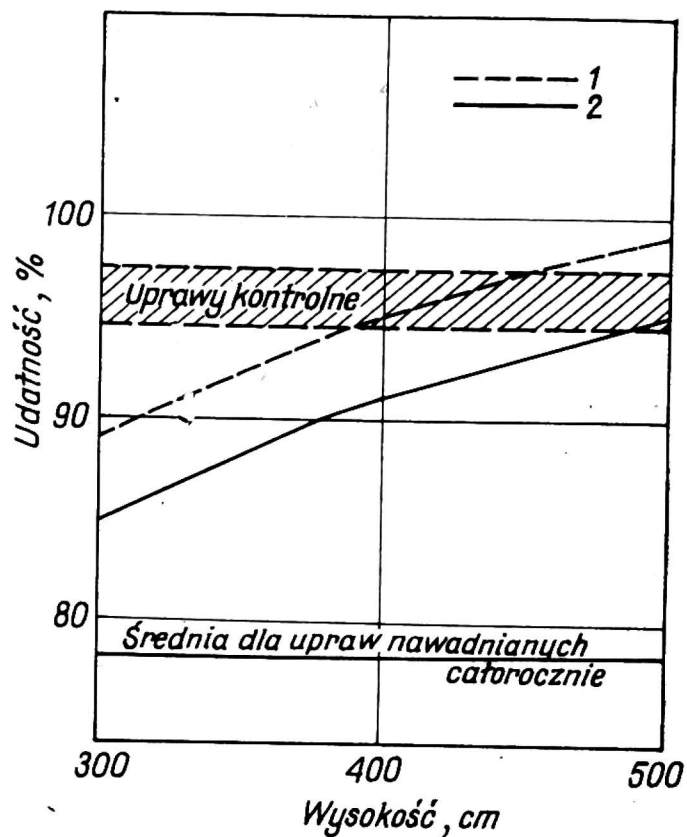
— Wysokość upraw zależy także od dawki nawodnienia. Na kwaterach zalewanych jednorazowo dużą dawką o małej zmienności należy spodziewać się największych wysokości drzewek.

Równania (1) i (2) wykorzystano do określenia wysokości, jakie przeciętnie osiągać powinny uprawy modrzewia i sosny w przypadku stosowania różnych dawek i częstotliwości nawodnień. W obliczeniach przyjęto, iż współczynnik zmienności dawki wynosi 25%, a współczynnik wykorzystania czasu nawodnień — 0,577 (średnia wartość dla upraw sosny). Wyrównane wysokości modrzewia i sosny wyrażono w procentach wysokości upraw kontrolnych, a określone w ten sposób względne wskaźniki efektu produkcyjnego nawodnień umieszczono w układzie współrzędnych, w zależności od długości przerwy między zalewami (rys. 1). Analiza wykresu prowadzi do kolejnych stwierdzeń:

— w wyniku nawadniania w okresie wegetacji leśnych gleb lekkich ściekami miejskimi uprawy modrzewia i sosny przekraczają pod wzglę-



Rys. 1. Wpływ nawodnień ściekami na wysokość upraw sosny i modrzewia: 1, 3, 5 — modrzew, dawka 300, 200, 170 mm; 2, 4, 6 — sosna, dawka 300, 200, 170 mm



Rys. 2. Wpływ ścieków na udatność upraw: 1 — dla współczynnika zmienności dawki 25%, 2 — dla współczynnika zmienności 60%

dem wysokości poziom normalny, określony na podstawie kwater kontrolnych,

- reakcja modrzewia jest wyraźnie większa niż sosny,
- spadek wysokości upraw sosny w miarę wzrostu długości przerwy między nawodnieniami jest bardziej intensywny niż w przypadku modrzewia; mniejsze znaczenie ma tu natomiast wartość jednorazowej dawki,
- jednorazowa dawka wyraźnie wpływa na wysokość upraw modrzewia.

Cztery kwatery z modrzewiem zalewano w ciągu roku. W celu sprawdzenia, czy wpłynęło to na wysokość upraw, nawodnienia letnie na tych kwaterach scharakteryzowano średnią dawką i współczynnikiem zmienności dawki, długością przerwy między kolejnymi zabiegami oraz współczynnikiem wykorzystania czasu nawodnień. Następnie wyodrębniono grupę kwater o podobnej charakterystyce, lecz nawadnianych wyłącznie w okresie wegetacji. Utworzono też grupę kwater nawadnianych często i dużą dawką oraz rzadko i małą dawką. Stosując test  $Q$  sprawdzono istotność różnic między średnią wysokością upraw na kwaterach nawadnianych całorocznie a średnimi wysokościami upraw na kwaterach na-

## Istotność różnic między efektami nawodnień letnich i całorocznych

| Obiekt doświadczenia  | Charakterystyka nawodnień letnich<br>(wartości średnie) |                           |                                     |   |                                   | Średnia<br>wysokość<br>z 4 powtórzeń<br>(cm) | Półprze-<br>dział ufności<br><i>D</i> | 334,2- <i>H</i> |
|---|---|---------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
|   | dawka<br>jednorazowa<br>(mm)                            | zmienność<br>dawki<br>(%) | przerwa w<br>nawodnieniach<br>(dni) | współczynnik<br>wykorzystania<br>czasu nawod-<br>nień | wysokość<br>z 4 powtórzeń<br>(cm) |  |                                       |                 |
| Kwatery nawadniane całorocznie                                    | 267   | 31,6                      | 21                                  | 0,636   | 334,23                            | 81,4   |                                       |                 |
| Kwatery nawadniane w lecie, jak<br>kwatery nawadniane całorocznie | 282   | 53,7                      | 26                                  | 0,680   | 318,95                            | 81,4   | 15,3                                  |                 |
| Kwatery nawadniane w lecie, często<br>i dużą dawką                | 285   | 29,0                      | 13                                  | 0,645   | 460,83                            | 81,4   | 126,6                                 |                 |
| Kwatery nawadniane w lecie, rzad-<br>ko i małą dawką              | 182   | 32,0                      | 38                                  | 0,609   | 330,52                            | 81,4   | 3,7                                   |                 |

wadnianych tylko w lecie. Półprzedział ufności  $D$  przy poziomie istotności  $p_\alpha = 0,05$  wyniósł 81,4. Z tabeli wynika, że tylko w jednym przypadku wysokość upraw nawadnianych w ciągu całego roku okazała się istotnie różna od wysokości kwater nawadnianych tylko w lecie. Można więc przypuszczać, że nawadnianie całoroczne nie prowadzi do istotnego zwiększenia wysokości upraw.

Nawadnianie ściekami wpływać może nie tylko na wartość miąższości i jej elementów, lecz również na przebieg procesu ustępowania drzew. Stwierdziliśmy poprzednio, że uprawy nawadniane intensywnie osiągają większe wysokości niż nawadniane z małą częstotliwością i małą dawką. Drzewka wcześniej dochodzą do zwarcia, wcześniej rozpoczyna się zjawisko selekcji naturalnej. Zwiększenie procentu drzew wypadłych wskutek wzmoczonego przyrostu pojedynczych osobników jest zjawiskiem normalnym. Nawadnianie ściekami prowadzić może jednak do nadmiernego nasilenia procesu ustępowania drzew. Decydować o tym może toksyczne działanie niektórych substancji zawartych w ściekach, powstawanie lokalnych zastoisk lub — przeciwnie — miejsc, do których ścieki w ogóle nie docierają, sztuczne wydłużenie okresu aktywności fizjologicznej drzew, niedostateczne wykształcenie systemów korzeniowych itp.

Dla upraw modrzewia, nawadnianych w okresie wegetacji, wprowadzono równanie regresji, obrazujące zależność między udatnością ( $U$ ), tj. stosunkiem liczby żywych drzewek do początkowej ilości sadzonek a wysokością upraw i zmiennością dawki jednorazowego zalewu:

$$(3) \quad U = 121,158 - 73,952 \cdot \frac{100}{H} - 1,452 \sqrt{V_D}$$

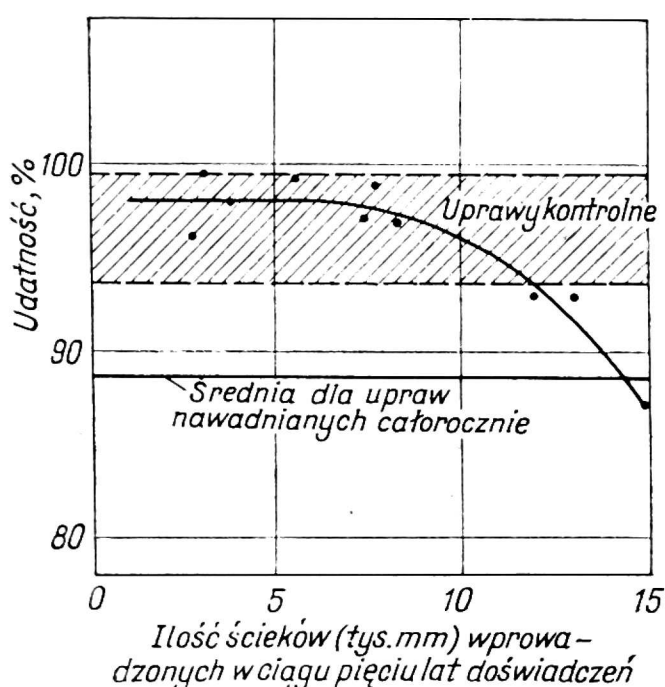
(współczynnik korelacji  $R = 0,7916$ ).

Równanie to pozwala na postawienie hipotezy, że udatność upraw modrzewia, nawadnianego w okresie wegetacyjnym, spada wraz ze spadkiem średniej wysokości. Gdyby zwiększone tempo ustępowania drzew wynikało ze wzmoczonego przyrostu pojedynczych osobników, zależność powinna być odwrotna. Wydaje się więc, że ze względu na udatność niekorzystne są takie sposoby nawadniania, które wpływają na obniżenie możliwego efektu produkcyjnego. Szczególnie niekorzystne wydaje się być stosowanie zmiennych jednorazowych dawek nawodnienia, co znalazło wyraz w przytoczonym wzorze. Uprawy modrzewia nawadniane prawidłowo, a więc osiągające znaczne wysokości, charakteryzuje udatność zbliżona do tej, którą stwierdzono na uprawach kontrolnych. Ilustruje to wykres 2. Przedstawiono tu zależność między udatnością a wysokością upraw modrzewia, nawadnianego w okresie wegetacji. Punkty wykresu określono na podstawie równania (3). Zaznaczono także warto-

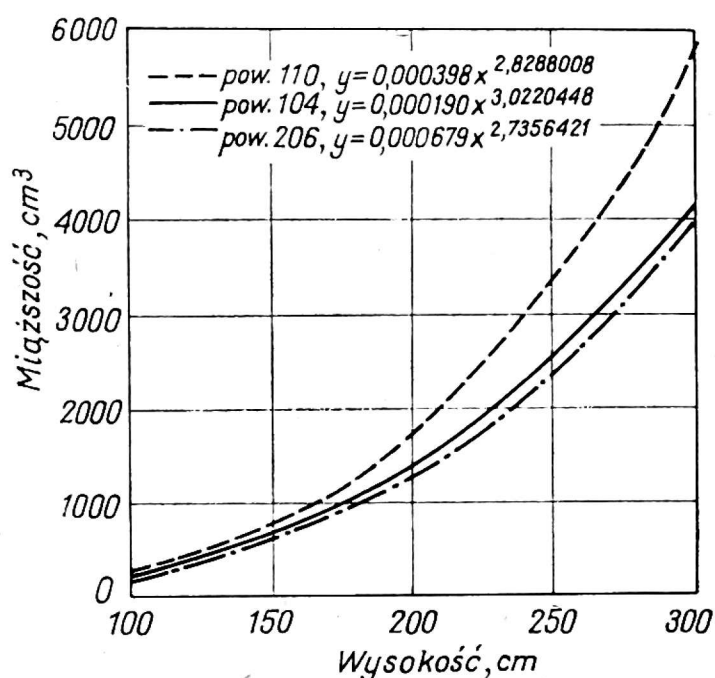


ści wskaźników udatności upraw kontrolnych i upraw nawadnianych w okresie całego roku.

Wskaźnik udatności upraw sosny, nawadnianej w okresie wegetacji, okazał się najsilniej związany z ogólną ilością ścieków wprowadzonych w ciągu 5 lat doświadczenia. Wskaźnik korelacji prostoliniowej osiągnął tu wartość 0,8583. W rzeczywistości związek jest silniejszy, bowiem zależność między ilością wprowadzonych ścieków a wskaźnikiem udatności jest krzywoliniowa. Ilustruje to wykres 3. Na wykresie zaznaczono także wartości udatności upraw kontrolnych i upraw nawadnianych w okresie całego roku.



Rys. 3. Wpływ ścieków na udatność upraw sosny



Rys. 4. Zależność między miąższością a wysokością drzewek z upraw sosnowych

Z wykresów 2 i 3 wynika, że uprawy modrzewia i sosny wydają się źle znosić nawadnianie ściekami miejskimi przez okres całego roku, reagując wzmożonym tempem ustępowania drzew. Większość upraw, nawadnianych w okresie wegetacji, znajduje się po pięcioletnim okresie doświadczeń w polu „wypadu normalnego”. Zaobserwowano jednak pewne tendencje zmian udatności, które zdają się wskazywać na to, że istnieje związek między tempem ustępowania drzew a intensywnością (sosna) i sposobem (modrzew) wykonywania nawodnień letnich.

Na trzech kwaterach sosnowych: nie nawadnianej (kwatera nr 206), nawadnianej całorocznie (104) i nawadnianej w okresie wegetacji (110) wykonano pomiar grubości drzewek w środkach kolejnych rocznych przyrostów wysokości. Dzięki tym pomiarom można było określić miąższość

każdego drzewka, stosując w tym celu zasady wzorów sekcyjnych. Zależność między miąższością a wysokością dla każdej kwatery wyrównano metodą najmniejszych kwadratów do linii o równaniu  $y = ax^b$ . Wyraźnie odmienny przebieg linii zależności (rys. 4) dla kwatery 110 wskazuje, że wysokość może nie stanowić dostatecznego wskaźnika efektu produkcyjnego, związanego z nawadnianiem upraw.

W związku z tym planuje się przeprowadzenie szerszych badań nad wpływem nawadniania gleb lekkich ściekami miejskimi na miąższość upraw.

*K. Ю. Томашевски*

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРОШЕНИЯ ГОРОДСКИМИ  
СТОЧНЫМИ ВОДАМИ НА ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ ВЫСОТЫ  
И ПРИЖИВАЕМОСТИ КУЛЬТУР СОСНЫ И ЛИСТВЕННИЦЫ НА ПЕСЧАНЫХ  
ПОЧВАХ

Резюме

Исследовательский материал составляют результаты дендрометрических измерений культуры сосны и лиственницы на 30 участках орошаемых городским сточными водами и на 4 контролях. Применяя принцип многократной корреляции были выведены эмпирические уравнения, на основании которых видно, что по мере увеличения частоты и дозы орошения, увеличивается рост культур сосны и лиственницы. Реакция лиственницы более отчетливая. Тест Такэя-Снедэкора не показал существенных различий между эффектами круглогодичных и вегетационных орошений. Кажется, что круглогодичное орошение может усилить процесс убытка деревьев. Существует тоже связь между процессом убытка деревьев а способом вегетационного орошения.

Средняя высота культур может не являться достаточной мерой производственного эффекта связанного с орошением легких лесных почв городскими сточными водами.

*K. Tomaszewski*

STATISTICAL APPRAISAL OF THE EFFECT OF IRRIGATION  
WITH MUNICIPAL SEWAGE UPON THE DIFFERENTIATION OF GROWTH  
AND SUCCESS OF YOUNG PLANTATIONS OF PINE AND LARCH ON SANDY  
SOILS

Summary

Study material provided results of dendrometric measurements of young plantations of pine and larch on 30 plots irrigated with municipal sewage and 4 control plots. While applying principles of multiple correlation, preliminary empirical equ-

ations were derived, on the base of which it was indicated that along with the increase in frequency and a single dose of irrigation, there increases the height of larch and pine plantations. More obvious is the response by larch. The Q Tukey-Snedecor's test failed to indicate the significance of differences between effects of yearlong and vegetation season irrigations. It seems that the yearlong irrigation may affect positively the process of tree mortality. There exists also relationship between tree mortality and the way of the performance of irrigation during vegetation season.

The mean height of plantations may not provide a sufficient measure of the productive effect connected with the irrigation of light forest soils with municipal sewage.

Mgr inż. *Konrad Tomaszewski*

Instytut Badawczy Leśnictwa — Zakład Gospodarki Wodnej

ul. Wery Kostrzewy 3, Warszawa

Kierownik Zakładu: doc. dr Feliks Biłkiewicz