INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/IV/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 203–213
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Krzysztof Adam Owsiak, Anna Klamerus-Iwan, Ewa Kostrzewa

WYBRANE CECHY MORFOLOGICZNE IGIEŁ I PĘDÓW SOSNY ZWYCZAJNEJ W KONTEKŚCIE OBLICZANIA POTENCJALNEJ INTERCEPCJI POJEDYNCZYCH DRZEW

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PINE NEEDLES AND BRANCH IN THE CONTEXT OF CALCULATING POTENTIAL INTERCEPTION

Streszczenie

Przedmiotem badań jest zbiornik intercepcyjny sosny zwyczajnej, który tworzy jej powierzchnia. Powierzchnia drzewa w największym stopniu różnicuje wysokość intercepcji potencjalnej, czyli maksymalnie możliwej ilości wody jaką drzewo może zatrzymać po pojedynczym deszczu. Do precyzyjnych badań nad intercepcją w warunkach laboratoryjnych określenie tylko współczynnika LAI okazało się niewystarczające. Celem przeprowadzonych badań było określenie powierzchni intercepcyjnej w oparciu o zdigitalizowany obraz igieł i pędów za pomocą programu SigmaScan 5.0 Pro. Zastosowano 2 metody uzyskania obrazów igieł – za pomocą skanera oraz aparatu fotograficznego. Uzyskane wyniki i zaproponowana metodyka pozwoliła na dokładne określenie zbiornika intercepcyjnego pojedynczego drzewa.

Słowa kluczowe: zbiornik intercepcyjny, cechy morfologiczne, powierzchnia drzewa

Summary

The object of the research is interception container which is created by the surface of pine. Surface of trees is the greatest extent varies the potential interception altitude - the maximum possible amount of water that a tree can catch after a single rain.For precise ibterception studies in the lablratory conditions only to determinate the LAI coefficient was not enough. The aim of study was to determinate interception surface of tree based on digitized images of needles and branches

using SigmaScan 5.0 Pro. Two methods were used to obtain images of needles - using scanner and a camera. The results and proposed methodology of measurement allowed to calculate the interception container of a single tree.

Key words: *interception container, morphological characteristic of trees, surface of tree*

WSTĘP

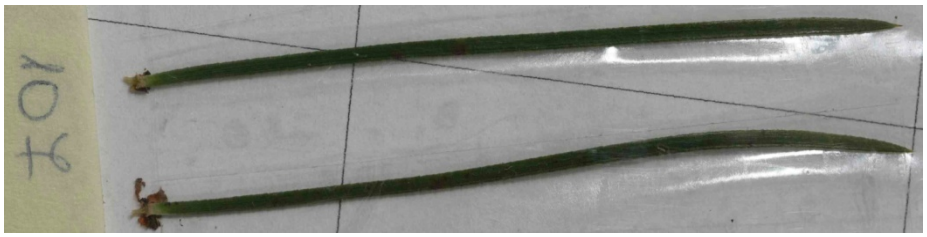
Przedmiotem badań jest zbiornik intercepcyjny drzewa, który tworzy jego powierzchnia. Takie ujęcie określenia pojemności wodnej zbiornika intercepcyjnego reprezentował Osuch [1994] oraz Osuch i in. [2005]. Podejmowane były też próby wyrażenia „maksymalnej pojemności wodnej korony" wzorami uzależniającymi ją od wskaźnika LAI - Teklehaimanot i Jarvis [1991] oraz Gomez [2001], którzy przyjęli liniową zależność.

Celem pracy było zebranie niezbędnych danych wybranych cech morfologicznych igieł i pędów, mogących posłużyć do obliczania powierzchni. Do obliczania tych cech zastosowano dwie metody uzyskania obrazu cyfrowego: skanowanie oraz zdjęcia. Dodatkowym celem pracy jest porównanie obu technik.

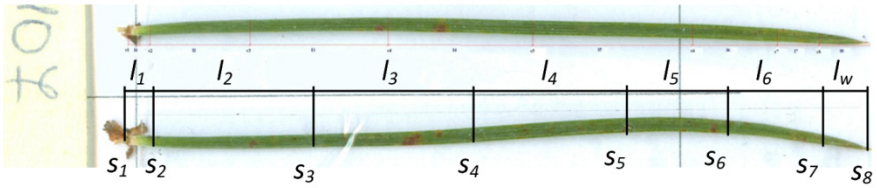
Określenie cech morfologicznych ma na celu dokładną analizę kształtu igły oraz jej powierzchni, dzięki czemu będzie można obliczyć powierzchnię korony oraz całego drzewa, a tym samym powierzchnię potencjalnego zbiornika intercepcyjnego Pomiary wybranych cech morfologicznych igieł oraz pędów na podstawie, których obliczona zostanie powierzchnia wykonano za pomocą programu SigmaScan 5.0 Pro pomiary przeprowadzono na 5-letnim drzewku sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*). Mają również odpowiedzieć na pytanie czy zastosowana metodyka jest właściwa oraz która metoda tzn. skanowania czy zdjęć, jest efektywniejsza do określenia powierzchni pojedynczego drzewa.

METODYKA BADAŃ

Drzewko podzielono na odcinki według pojedynczych pędów oraz roczników. Odcinek A to wierzchołek drzewka, kolejne litery alfabetu oznaczają niżej położone pędy boczne. Z każdego odcinka pobrano po 5 par igieł, mierząc ich położenie na pędzie, tzn. odległość od wierzchołka. Każda para igieł po namoczeniu została zważona, sfotografowana z uwzględnieniem ich położenia na pędzie, za pomocą aparatu Canon 450D z obiektywem Canon 100 mm Macro oraz zeskanowana w rozdzielczości 1200dpi skanerem HP Scanjet G4010. Przykłady zeskanowanej oraz sfotografowanej pary igieł przedstawiają rysunki 1 i 2.



Rysunek 1. Fotografia igły.
Figure 1. Photography of the needle



Rysunek 2. Skan igły
Figure 2. Scan of the needle

Przed wykonaniem zdjęć oraz skanów dokonano kalibracji obrazu za pomocą siatki kwadratów, którą sfotografowano oraz zeskanowano. Uzyskane obrazy igieł analizowano za pomocą programu SigmaScan 5.0 Pro. Mierzono ich szerokości w miejscach charakterystycznych, tam gdzie zmieniała się szerokość igły oraz długości powstałych w ten sposób odcinków (rys. 2).

W celu obliczenia powierzchni pędów, zmierzono ich średnicę z dokładnością do 0,01 mm na początku i na końcu każdego odcinka, za pomocą mikrometru oraz ich długość.

Określono ile igieł znajdowało się na pędach, zliczając liczbę igieł na 5cm odcinku, przeliczono ich ilość na całą powierzchnię pędu na podstawie średnicy średniej. Wiedząc ile igieł znajdowało się na drzewku można było przeliczyć powierzchnię całego aparatu asymilacyjnego.

Dodatkowo na podstawie zdjęć korony drzewka pomierzono powierzchnię rzutu korony, za pomocą programu SigmaScan 5.0 Pro oraz określono współczynnik LAI.

Pomierzone szerokości oraz długości igieł posłużyły do obliczenia powierzchni, którą określono w następujący sposób:

– w części dolnej i środkowej jako powierzchnię boczną połowy walca według następującego wzoru:

$$P_{d,i} = \left(\frac{\pi s_{śr,i}}{2} + s_{śr,i}\right) l_i \quad (1)$$

gdzie:

P_d – powierzchnia dolnej, środkowej części igły [mm^2],
$s_{śr,i}$ – średnia szerokość dla i-tego odcinka [mm],
l_i – długość i-tego odcinka [mm],
– w części wierzchołkowej według wzoru:

$$P_w = P_s + P_t \quad (2)$$

gdzie:

P_w – powierzchnia części wierzchołkowej igły [mm^2],
P_s – połowa powierzchni bocznej stożka [mm^2],
P_t – powierzchnia trójkąta [mm^2].

Połowę powierzchni bocznej stożka P_s obliczamy według wzoru:

$$P_s = \pi \frac{s}{4} \sqrt{s^2 + l^2} \quad (3)$$

gdzie:

s – szerokość igły [mm],
l – długość wierzchołkowego odcinka [mm].

Powierzchnię trójkąta P_t według wzoru:

$$P_t = \frac{s}{2} l \quad (4)$$

gdzie:

s – szerokość igły [mm],
l – długość wierzchołkowego odcinka [mm]/

Powierzchnia całkowita igły jako sumę powierzchni poszczególnych odcinków:

$$P_{igły} = \sum_{i=1}^{n} (P_{d,i}) + P_w \quad (5)$$

Obliczone powierzchnie dla skanów i zdjęć zostały sprawdzone testem t dla prób zależnych. Przyjęto poziom istotności p = 0,05. Test ten przeprowadzono również dla długości oraz grupując powierzchnię według roczników igieł.

W stosunku do pędów ich powierzchnię obliczano według poniżej przedstawionej metodyki. Wykorzystano tutaj wzór na powierzchnię boczną walca:

$$P_{pędu} = \pi d_{śr} h \quad (6)$$

gdzie:

P_p – powierzchnia pędu [mm²],
$d_{śr}$ – średnia średnica pędu [mm],
h – długość pędu [mm].

Liczbę igieł na pędach obliczono, przeliczając ilość igieł na 5 cm odcinku na całą powierzchnię pędu. Wartości te sprawdzono testem t dla prób zależnych z wartościami rzeczywistymi (zliczono ilość wszystkich igieł na danych pędach).Następnie obliczono liczbę igieł przypadającą na jednostkę powierzchni, dzieląc liczbę igieł pomnożoną przez 100, przez powierzchnię 5 cm odcinka.

Mając daną liczbę igieł na całym drzewku, obliczono średnią powierzchnię aparatu asymilacyjnego (wszystkich par pomierzonych igieł), pomnożone te wartości przez siebie i uzyskano powierzchnię asymilacyjną całego drzewka.

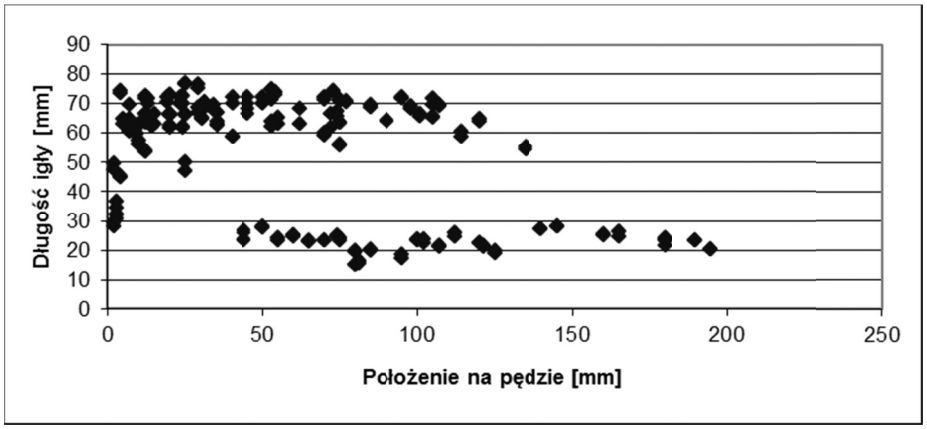
ANALIZA I WYNIKI BADAŃ

Największe igły w I roczniku znajdują na pędzie 3B, dla skanów wartość największej powierzchni wynosi 257,0 mm², a dla zdjęć 259,8 mm², natomiast minima odnotowano na pędzie 6C, igły te miały wielkość 55,6 mm² (według skanów) i 56,1 mm² (według zdjęć).W drugim roczniku najmniejsza igła znajdowała się na pędzie 6C: 21,5 mm² (skany) i 22,9 mm² (zdjęcia), natomiast największa na pędzie 3C: 57,7 mm² (skany) i 57,3 mm² (zdjęcia). Odnotowane długości igieł przedstawiają się porównywalnie w obu metodach. Maksymalne wartości w pierwszym roczniku dla skanów i zdjęć wynoszą: 77,1 mm oraz 78,2 mm, igły te znajdowały się na pędzie A – w przypadku skanów i na pędzie 1B – według danych ze zdjęć. Najmniejsze wartości długości igieł stwierdzono na pędzie 6C: 28,1 mm (skany) oraz 28,5 mm (zdjęcia).

W drugim roczniku igieł najdłuższe znajdowały się na pędzie 3C: 28,4 mm (skany), 29,0 mm (zdjęcia), natomiast najkrótsze na pędzie 6C i mierzyły one 15,1 mm według skanów, oraz 15,0 mm według zdjęć. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, iż długość igły nie zależy od jej położenia na pędzie.

Średnia szerokość pojedynczych igieł w pierwszym roczniku mieści się w przedziale od 0,78 mm do 1,28 mm (skany) oraz od 0,76mm do 1,36 mm (zdjęcia). W drugim roczniku wartości te przedstawiają się następująco: od 0,49 mm do 0,79 mm w przypadku skanów oraz od 0,50 mm do 0,76 mm według pomiarów ze zdjęć.

Najwięcej par igieł na jednostkę powierzchni przypada na pędach drugorocznych (średnio 7 par na cm^2) oraz na niektórych pierwszorocznych m.in. na pędzie 6C Ir gdzie wynosiła ona 14 par na cm².



Rysunek 3. Rozkład długości igły względem jej położenia na igle
Figure 3. Needle length distribution relative to its position on the needle

Tabela 1. Powierzchnia igliwia na poszczególnych pędach
Table 1. Surface of needles on the individual branches

Pęd	Liczba wiązek igieł na pędzie	Skany		Zdjęcia	
		Średnia powierzchnia igły [mm²]	Powierzchnia igieł na pędzie [mm²]	Średnia powierzchnia igły [mm²]	Powierzchnia igieł na pędzie [mm²]
A	84	224,3	18823,9	224,8	18865,5
1B	67	175,4	11772,5	175,7	11790,1
2B	44	195,2	8686,4	196,9	8760,8
3B	54	215,3	11732,8	220,4	12007,6
4B	45	197,3	8935,8	197,0	8925,9
5B	56	202,8	11336,3	203,5	11377,4
6B	59	191,0	11248,4	192,2	11321,7
7B	23	188,9	11772,5	194,3	12007,6
1C Ir	11	190,2	2016,0	180,3	1911,1
1C IIr	38	36,8	1397,4	37,0	1408,2
2C Ir	21	165,2	3472,2	166,3	3496,8
2C IIr	49	36,5	1791,2	39,8	1951,0
3C Ir	50	178,0	8935,5	187,0	9384,8
3C IIr	100	46,9	4666,6	48,3	4804,1
4C Ir	53	146,2	7678,0	151,5	7952,7
4C IIr	86	32,2	2783,9	33,8	2917,3
5C Ir	34	166,5	5714,9	167,0	5732,3
5C IIr	59	37,6	2219,0	36,1	2132,8
6C Ir	38	118,6	4463,7	117,5	4423,4
6C IIr	10	37,8	392,0	38,2	395,7
suma			139839,1		141566,9

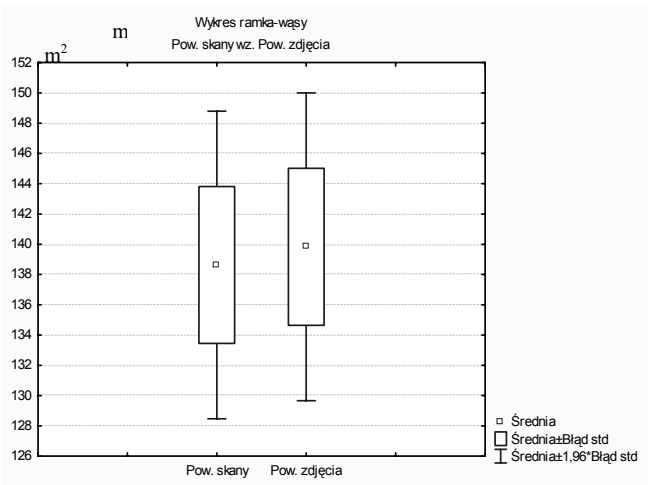
Powierzchnia igliwia poszczególnych pędów charakteryzuje się dużą rozbieżnością, średnia dla pędów pierwszorocznych wynosi 9139,8 mm², dla drugorocznych 2268,2 mm². W całej powierzchni igliwia, suma powierzchni pędów drugorocznych stanowi ok. 10%.

Do sprawdzenia zależności pomiędzy pomiarami wykonanymi na skanach oraz zdjęciach użyto testu t dla prób zależnych. Test ten przeprowadzono dla powierzchni (tab. 2) oraz grupując dane według roczników (tab. 3 i 4). Przyjęto poziom istotności 0,05.

Tabela 2. Wynik testu t dla prób zależnych dla powierzchni ze skanów oraz zdjęć
Table 2. Result of t-test for dependent samples to the surface of the scans and photos

Test T dla prób zależnych (stat) Zaznaczone różnice są istotne z p < ,05000								
	Średnia	Odch.st.	ważnych	Różnica	Odch.st. - Różnica	t	df	p
Pow. skany	138,6	72,9						
Pow. zdjęcia	139,8	73,0	198	-1,20	9,541538	-1,774	197	0,078

Wynik testu dla obliczonych powierzchni stwierdza istotność pomiędzy pomiarami wykonanymi za pomocą skanera oraz aparatu fotograficznego. Średnia dla skanów wynosi 139,8 mm^2, dla zdjęć 138,6 mm^2.



Rysunek 4. Zmienność wartości pomiędzy grupą danych ze skanów oraz zdjęć
Figure 4. Variability between the group of data from scans and photos

Na rysunku 4 większe wartość przyjmuje powierzchnia obliczona ze zdjęć. Różnica ta jednak nie jest duża i spełnia warunek istotności.

Tabela 3. Wynik testu dla I rocznika igieł
Table 3. The result of the test.forI year needles

	Średnia	Odch.st.	ważnych	Różnica	Odch.st.	t	df	p
Pow. skany	181,4	37,7						
Pow. zdjęcia	182,8	37,2	138	-1,5	10,91	-1,60	137	0,112

Tabela 4. Wynik testu dla II rocznika igieł
Table 4. The result of the test for II years needles

	Średnia	Odch.st.	ważnych	Różnica	Odch.st.	t	df	p
Pow. skany	40,4	19,3						
Pow. zdjęcia	40,9	16,9	60	-0,6	5,18	-0,83	59	0,412

W tabelach 3 i 4 wyniki testów wskazują na istotność pomiarów w obu metodach. Dla II rocznika igieł stwierdza się większą zgodność pomiędzy pomiarami (różnica wynosi jedynie 0,6 mm).

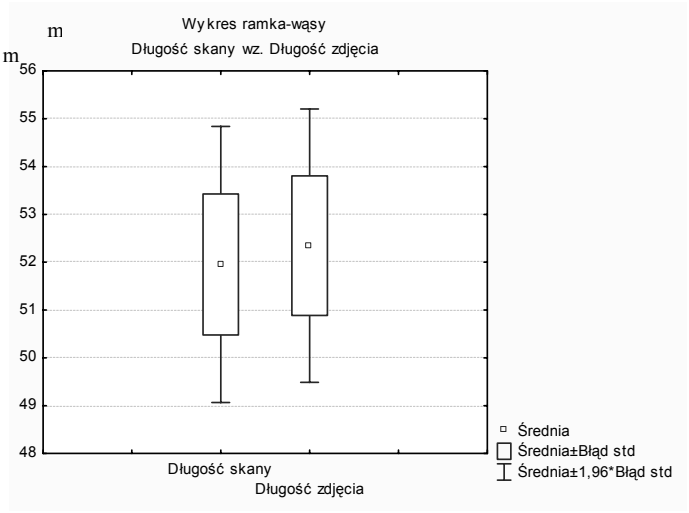
Test t dla prób zależnych przeprowadzony dla pomierzonych odległości również pozwala na stwierdzenie niewielkich różnic pomiędzy wartościami z zeskanowanych obrazów oraz zdjęć cyfrowych. Różnice te kształtują się na poziomie 0,39 mm, co pozwala stwierdzić, że zachowana jest istotność testu (tab 5, rys. 5).

Tabela 5. Wynik testu t dla prób zależnych dla pomierzonych długości igieł
Table 5. Result of t-test for dependent samples for the measured length of the needles

Test T dla prób zależnych (stat) Zaznaczone różnice są istotne z p < ,05000								
	Średnia	Odch.st.	ważnych	Różnica	Odch.st. – Różnica	t	df	p
Długość skany	52,0	20,7						
Długość zdjęcia	52,3	20,5	198	-0,39	3,81	-1,453	197	0,148

W celu sprawdzenia poprawności obliczeń w stosunku do liczby igieł, zliczono na kilku pędach rzeczywistą ilość par igieł.

Uzyskane wartości sprawdzono za pomocą testu t dla prób zależnych. Wynik testu potwierdził poprawność obliczeń, gdyż obie zmienne były od siebie zależne (tab. 6). Podobną metodę liczenia igieł zastosował Osuch (1994) w określaniu zbiornika intercepcyjnego sosny zwyczajnej. Obliczał on liczbę igieł na 10 cm odcinkach, którą przeliczał następnie na średnią liczbę igieł przypadającą na1 cm długości gałązek pobieranych z kilku miejsc korony drzewka.



Rysunek 5. Zmienność wartości w pomiarach długości skanów oraz zdjęć
Figure 5. Variability in the measurement of the length of scans and photos

Tabela 6. Test t dla prób zależnych obliczony dla liczby igieł rzeczywistej oraz obliczonej
Table 6. T-test for dependent samples calculated for the actual number of needles and the calculated

Test T dla prób zależnych (ilość igieł) Zaznaczone różnice są istotne z p < ,05000								
	Średnia	Odch.st.	ważnych	Różnica	Odch.st. - Różnica	t	df	p
Rzeczywista ilość igieł	45	18						
Obliczona na powierzchnię	46	19	14	-0,912	9,1561	-0,37273	13	0,715

Skany i zdjęcia dały wymierne rezultaty przy określaniu powierzchni. Obliczona powierzchnia intercepcyjna według obu metod różni się o ok. 1%. W tabeli 7 umieszczono również wartość LAI, która została obliczona na podstawie powierzchni igliwia, oraz powierzchni rzutu korony.

Tabela 7. Całkowita powierzchnia drzewka
Table 7. The total area of the tree

Powierzchnia pędów [mm^2]	Powierzchnia [mm^2]		Powierzchnia całkowita [mm^2]		Powierzchnia rzutu korony [mm^2]	LAI	
	zdjęcia	skany	zdjęcia	skany		zdję-cia	skany
34527,6	141566,9	139839,1	64153	174366,7	64153	2,21	2,18

Otrzymane wartości LAI mieszczą się w przedziale określonym przez Turnera (2001) dla rocznych upraw, który wynosi od 2 do 4.

WNIOSKI I OCENA METODY

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów została określona: średnia szerokość, długość i powierzchnia igieł, powierzchnia pędów oraz ilość igieł na poszczególnych pędach. Przeprowadzono również analizę statystyczną testem t dla prób zależnych, dzięki której stwierdzono porównywalność otrzymanych za pomocą obu metod wyników. Powierzchnia całego drzewka wyniosła około 1761 cm² (wartość uzyskana za pomocą skanów), w tym powierzchnia pędów wynosi niecałe 345 cm², natomiast igieł 1416 cm². Ponadto określono powierzchnię rzutu korony na podstawie zdjęcia cyfrowego, która wyniosła 641,5 cm². Średnia ilość par igieł na pędach wyniosła około 6 par na cm^2. Średnia szerokość igieł z pierwszego rocznika wynosi 1,04 mm natomiast z drugiego 0,64 mm. Średnia długość igieł wynosiła dla I rocznika 64,5 mm, dla II 23,1 mm.

Uzyskane wartości z pomiarów w przypadku zdjęć są nieco wyższe na co wskazuje rys. 7, może być to związane z kalibracją obrazu lub z wyższą rozdzielczością uzyskanego obrazu za pomocą skanera.

Zastosowany obiektyw Canon EF 100 mm Macro charakteryzuje się znikomą dystorsją oraz aberacją chromatyczną co pozwoliło zminimalizować zniekształcenia obrazu związane z właściwościami optycznymi obiektywów i pominięcie ich przy analizie otrzymanych obrazów.

Z przeprowadzonych badań można wysnuć następujące wnioski i propozycje:

– wyniki analizy statystycznej zastosowanych metod uzyskania obrazów igieł na podstawie których określane były wybrane cechy morfologiczne igieł pozwalają na zamienne ich stosowanie,

– z obu zaproponowanych metod uzyskania obrazu cyfrowego igieł zdjęcia cyfrowe pozwalają na szybsze uzyskanie obrazu niż przy użyciu skanera,

– w kontekście dostępnych badań nad pojemnością zbiornika intercepcyjnego sosny zwyczajnej powierzchnię igieł oblicza się jako jej rzut na płaszczyzną poziomą, zaproponowana metodyka obliczania powierzchni igieł i pędów pozwala na dokładniejsze określenie zbiornika intercepcyjnego pojedynczego drzewa, ponieważ uwzględnia ona kształt igły,

– uzyskane w ten sposób dane skutecznie posłużyły jako zmienne do modelowania zależności pomiędzy powierzchnią drzewa a intercepcją potencjalną,

– proponowana metodyka uzyskania obrazów cyfrowych igieł może być zastosowana do określania powierzchni asymilacyjnej innych gatunków drzew iglastych i liściastych,

– istnieje potrzeba prowadzenia badań mających na celu zebranie danych dotyczących wielkości zbiornika intercepcyjnego drzew, którego ekwiwalentem jest powierzchnia tych drzew w różnych przedziałach wiekowych.

BIBLOGRAFIA

Gomez J. A., Giraldez, J. V., Fereres E.,. *Rainfall interception by Olive trees in relation to leaf area*. Applied Water Management 49: 65-76. 2001.

Osuch B.,. *Opad netto w drzewostanie na tle właściwości retencyjnych powierzchni roślin*. Zesz. Nauk. PK, Monografia 166. 1994.

Osuch B., Homa A., Feliks M.. *Opis pojemności zbiornika intercepcyjnego sosny zwyczajnej*, Czasopismo Techniczne, PK, Kraków. 2005.

Teklehaimanot Z., Jarvis P. G.,. *Direct measurement of evaporation of intercepted water from forest canopies*. Journal of Applied Ecology 28: 603-618. 1991.

Turner M. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process* Springer, Apr 27, 2001.

Dr inż. Krzysztof Adam Owsiak
k.owsiak@ur.krakow.pl
Dr inż. Anna Klamerus-Iwan
annaklamerus.iwan@gmail.com
Mgr inż. Ewa Kostrzewa
Katedra Inżynierii Leśnej
Uniwersytet Rolniczy im,H.Kołłątaja
Al.29 Listopada 46
31-425 Kraków