

ANTONI BEDNAREK, MARCIN MAKOWIEC

## Próba określenia wpływu cięć trzebieżowych na przenikanie światła do dna drzewostanu sosnowego

Попытка определения влияния рубок ухода на проникновение света до полога соснового насаждения

A trial of determination of the influence of thinning cuts on the penetration of light to the ground of pine stand

### 1. WSTĘP

**E**nergia promieniowania Słońca dochodząca do wnętrza lasu wpływa istotnie na procesy egzotermiczne zachodzące w ściółce, skład gatunkowy runa oraz ogólne procesy wzrostowe i rozwojowe drzew. Charakter rocznego przebiegu i wielkość natężenia światła wewnątrz lasu w dużym stopniu zależy od wieku, składu gatunkowego i struktury drzewostanu (3, 4, 6, 10). Dotychczasowe badania pola światła na dnie lasu prowadzone były głównie w drzewostanach naturalnych lub mało zniekształconych przez człowieka. W Polsce zagadnieniem tym, w różnych zespołach leśnych Białowieskiego i Kampinoskiego Parku Narodowego, zajmowali się Słomka, Dunikowski i Orlicz (2, 6, 7, 8, 9).

Głównym receptorem energii promieniowania Słońca w lesie są korony drzew, które ją w znacznym stopniu pochłaniają i odbijają (3, 5, 6, 8, 9). Stąd też cięcia trzebieżowe, umożliwiające swobodniejszy dopływ promieniowania Słońca do dna lasu poprzez modyfikację struktury koron i redukcję liczebności drzew są ważnym zabiegiem gospodarczym sprzyjającym intensyfikacji procesów rozwojowych drzewostanu. Niemniej, zagadnienie wpływu trzebieży na wielkość przenikania światła do wnętrza lasu i reakcji drzew na rozluźnienie warstwy koron jest jeszcze mało poznane. W Polsce dotychczas badania tego typu w drzewostanach sosnowych i świerkowych prowadził jedynie Dunikowski (1).

Celem pracy jest określenie wpływu nasilenia cięć trzebieżowych w drzewostanach sosnowych II klasy wieku rosnących na siedlisku boru świeżego na wielkość przenikania światła do dna lasu.

## 2. TEREN I METODYKA BADAŃ

Opracowanie wykonano w ramach problemu „Badania nad doskonaleniem metod trzebieży” koordynowanego przez Instytut Badawczy Leśnictwa. Pomiary przeprowadzono na 8 powierzchniach doświadczalnych Katedry Produkcyjności Lasu SGGW-AR, położonych w Puszczy Białej na terenie nadl. Ostrów Mazowiecka. Powierzchnie usytuowane były w drzewostanach sosnowych rosnących na siedlisku boru świeżego w oddz. 157 a (drzewostan 36-letni bonitacji I) i oddz. 181 a (drzewostan 35-letni bonitacji Ia). Na powierzchniach tych w r. 1983 wykonano cięcia trzebieżowe o różnym nasileniu:

oddz. 157 a:

- pow. nr 9 — trzebież dolna słaba (TDK)
- pow. nr 10 — trzebież selekcyjna + trzebież dolna silna (TS + TDS)
- pow. nr 11 — trzebież selekcyjna + trzebież dolna umiarkowana (TS + TDU)
- pow. nr 12 — trzebież dolna silna (TDS)

oddz. 181 a:

- pow. nr 1 — trzebież selekcyjna + trzebież dolna silna (TS + TDS)
- pow. nr 2 — trzebież selekcyjna + trzebież dolna słaba (TS + TDK)
- pow. nr 3 — trzebież dolna silna (TDS)
- pow. nr 5 — trzebież dolna słaba (TDK)

Nateżenie światła mierzono w lesie na wysokości 1 m, w 30 punktach na każdej z 8 powierzchni badawczych (razem w 240 punktach). Równolegle do pomiarów w lesie prowadzono pomiary światła w terenie odkrytym, w 1 punkcie. Na wszystkich powierzchniach badawczych pomiary wykonano w czasie pogody pochmurnej (zachmurzenie 10 chmurami Stratus) w dniach 4 i 12 X 1983 r. oraz powtórzono je — tylko na powierzchniach badawczych w oddziale 181 a — 7 XI 1984 r. Na każdej powierzchni badawczej w 1983 r. wykonano 150, a w r. 1984 — 170 pomiarów natężenia światła.

Korzystając z każdego pomiaru obliczono wartości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu:

$$y = \frac{\text{nateżenie światła w drzewostanie (Lx)}}{\text{nateżenie światła w terenie odkrytym (Lx)}} \cdot 100\%$$

Dla każdej powierzchni badawczej wyznaczono średnią wartość współczynnika  $y$ , jej błąd standardowy ( $d_{\bar{y}}$ ), odchylenie standardowe ( $\delta_y$ ) i współczynnik zmienności ( $v_y$ ) (tab. 1). Zbadano istotność różnic między średnimi wartościami współczynnika  $y$ .

Poza tym określono współczynniki korelacji i równania regresji między charakterystykami nasilenia cięć trzebieżowych a średnimi wartościami współczynnika  $y$  (tab. 3). Aby się przekonać o wpływie trzebieży na intensywność rozwoju koron drzew, określono również zależność między charakterystykami nasilenia cięć a wielkością zmiany średniej wartości współczynnika  $y$  po upływie jednego roku od wykonania trzebieży (tab. 4). Istotność współczynników korelacji zbadano testem Studenta.

### 3. WYNIKI BADAŃ

W roku 1983 w oddz. 157 a (tab. 1, 2) najniższą średnią wartość współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu ( $y$ ) stwierdzono na pow. nr 9 (18,0%). Średnie wartości współczynnika  $y$  na pozostałych powierzchniach były istotnie wyższe przy  $\alpha = 0,001$ . Najwyższą średnią wartość współczynnika  $y$  zanotowano na pow. nr 10 (23,5%). Na pow. nr 11 i 12 średnie wartości współczynnika  $y$  były istotnie niższe niż na pow. nr 10 (na pow. nr 11 przy  $\alpha = 0,01$ , a na pow. nr 12 przy  $\alpha = 0,001$ ) i wynosiły odpowiednio 21,2% i 20,6%.

Zmienność współczynnika  $y$  na wszystkich powierzchniach w oddz. 157 a była zbliżona. Odchylenia standardowe wahały się od 5,7% na pow. nr 9 do 7,8% na pow. nr 11, a współczynniki zmienności od 30,5% na pow. nr 12 do 36,5% na pow. nr 11.

W oddz. 181 a średnie wartości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu ( $y$ ) kształtowały się podobnie jak w oddz. 157 a. Najniższą średnią wartość współczynnika  $y$  stwierdzono na powierzchni nr 5 (16,6%). Na pow. nr 1 i 3 średnie wartości współczynnika  $y$  były istotnie wyższe (przy  $\alpha = 0,001$ ) niż na pow. nr 5. Różniły się one między sobą również istotnie (przy  $\alpha = 0,01$ ) i wynosiły odpowiednio 22,6% i 20,3%. Średnia wartość współczynnika  $y$  na pow. nr 2 była pośrednia między odpowiednimi wartościami na pow. nr 5 i 3 (różnice istotne przy  $\alpha = 0,05$ ) i wynosiła 18,4%.

Zmienność współczynnika  $y$  na powierzchniach w oddz. 181 a była nieco bardziej zróżnicowana niż w oddz. 157 a. Odchylenia standardowe wahały się od 4,6% na pow. nr 5 do 8,2% na pow. nr 2, a współczynniki zmienności od 27,5% na pow. nr 5 do 44,8% na pow. nr 2.

Zarówno w oddz. 157 a jak i w oddz. 181 a najmniejszą zmiennością współczynnika charakteryzowały się powierzchnie o najmniejszym nasileniu cięć trzebieżowych (TDK). Podobnie w obu oddziałach najniższy średni procent przenikania światła do dna drzewostanu ( $\bar{y}$ ) stwierdzono na powierzchniach z trzebieżą dolną słabą (TDK), a zdecydowanie najwyższy — na powierzchniach o największej intensywności cięć trzebieżowych (TS+TDS). Duże podobieństwa wieku, bonitacji i struktury drzewostanów w obu rozpatrywanych oddziałach upoważniły nas do łącznego uporządkowania wyników pomiarów z wszystkich 8 powierzchni badawczych, według rodzaju i nasilenia cięć:

**Współczynnik przenikania światła do dna drzewostanu sosnowego w borze  
przy pogodzie pochmurnej w latach 1983 i 1984**

Typ pogody	Rok	1983				
	Oddział	157 a				
	Nr powierzchni	9	10	11	12	
	Nasilenie cięć	$x_1$	31,2	39,5	34,7	36,1
		$x_2$	15,7	23,0	21,3	19,2
	Charakterystyka statystyczna	Rodzaj cięć	TDK	TS+ TDS	TS+ TDU	TDS
poch- murna		n	150	150	150	150
		$\bar{y}$	17,97	23,50	21,24	20,60
		$d_{\bar{y}}$	0,46	0,62	0,63	0,51
		$\delta_y$	5,66	7,55	7,75	6,28
		$v_y$	31,5	32,1	36,5	30,5

Objaśnienia:  $x_1$  – liczba wyciętych drzew w % początkowej liczby drzew na powierzchni badawczej

$x_2$  – wycięte pole powierzchni przekroju drzew w % początkowego całkowitego pola powierzchni przekroju drzew na powierzchni badawczej

n – liczba obserwacji natężenia światła na powierzchni badawczej

$\bar{y}$  – średnia wartość współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu (%) na powierzchni badawczej

$d_{\bar{y}}$  – błąd średniej

$\delta_y$  – odchylenie standardowe

$v_y$  – współczynnik zmienności

Tabela 1

świeżym (y) na powierzchniach badawczych w Puszczy Białej (oddz. 157a, 181a)

				1984			
181 a				181 a			
1	2	3	5	1	2	3	5
42,2	28,5	34,8	18,1	42,2	28,5	34,8	18,1
28,7	18,6	20,9	8,5	28,7	18,6	20,9	8,5
TS+	TS+			TS+	TS+		
TDS	TDK	TDS	TDK	TDS	TDK	TDS	TDK
150	130	146	150	170	170	170	170
22,64	18,35	20,33	16,58	18,21	17,30	18,17	15,44
0,63	0,72	0,58	0,37	0,16	0,18	0,26	0,19
7,67	8,22	7,04	4,56	2,06	2,34	3,43	2,53
33,9	44,8	34,6	27,5	11,3	13,5	18,9	16,4

Wyniki testu istotności różnic między średnimi wartościami współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu ( $y$ ) w oddziałach 157 a (pow. nr 9, 10, 11, 12) i 181 a (pow. nr 1, 2, 3, 5) Puszczy Białej w latach 1983 i 1984

Nr powierzchni		$\bar{y}_1 - \bar{y}_2$	u
1	2		
1	2	3	4
9	10	-5,53	— 7,18...
9	11	-3,27	— 4,17...
9	12	-2,63	— 3,81...
10	11	2,26	2,56..
10	12	0,64	0,79
10	12	2,90	— 3,62...
5	1	-6,06	— 8,32...
5	2	-1,77	— 2,18.
5	3	-3,75	— 5,42...
1	2	4,29	4,49...
1	3	2,31	2,70..
2	3	-1,98	— 2,14.
5	9	-1,39	— 2,34..
1	10	-0,86	— 0,98
3	12	-0,27	— 0,35
2	11	-2,89	— 3,01..
5a	1a	-2,77	—11,07...
5a	2a	-1,86	— 7,04...
5a	3a	-2,73	— 8,35...
1a	2a	0,91	3,81...
1a	3a	0,04	0,13
2a	3a	-0,87	— 2,73..
5a	5	-1,14	— 2,72..
1a	1	-4,43	— 6,86...
2a	2	-1,05	— 1,41
3a	1	-2,16	— 3,38...

Objaśnienia: a — dane z 1984 roku

. — różnica istotna przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$

.. — różnica istotna przy poziomie istotności  $\alpha=0,01$

... — różnica istotna przy poziomie istotności  $\alpha=0,001$

Tabela 3

Wartości współczynników korelacji i równania regresji między nasileniem cięć trzebieżowych ( $x$ ) a średnią wielkością współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu sosnowego w borze świeżym ( $\bar{y}$ ) na powierzchniach badawczych w Puszczy Białej w r. 1983

Zmienne niezależne $x$	$n$	$r$	$y = a + bx$	$S_y$
$x_1$	8	0,9156...	$\bar{y} = 10,46 + 0,292x_1$	0,89
$x_2$	8	0,9256...	$\bar{y} = 12,80 + 0,377x_2$	0,84

Objaśnienia: ... — wartość  $r$  istotna przy poziomie istotności  $\alpha = 0,001$   
 $n$  — ilość par danych (ilość powierzchni badawczych)

Tabela 4

Wartość współczynników korelacji i równania regresji między nasileniem cięć trzebieżowych ( $x$ ) a zmianą średniej wielkości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu sosnowego w borze świeżym ( $\Delta\bar{y}$ ) na powierzchniach badawczych w oddz. 181 a w Puszczy Białej w r. 1984

Zmienne niezależne $x$	$n$	$r$	$y = a + bx$	$S_y$
$x_1$	4	-0,8591	$\Delta\bar{y} = 1,90 - 0,132x_1$	0,70
$x_2$	4	-0,8438	$\Delta\bar{y} = 0,8690 - 0,159x_2$	0,73

Objaśnienia:  $\Delta\bar{y} = 1984$  r. —  $\bar{y}$  1983 r.  
 1984 r —

$n$  = jak w tab. 3

TDK — wartość  $\bar{y}$  wynosiła od 16,6 do 18,0%

TS+TDK — wartość  $\bar{y}$  wynosiła 18,4%

TDS — wartość  $\bar{y}$  wynosiła od 20,3 do 20,6%

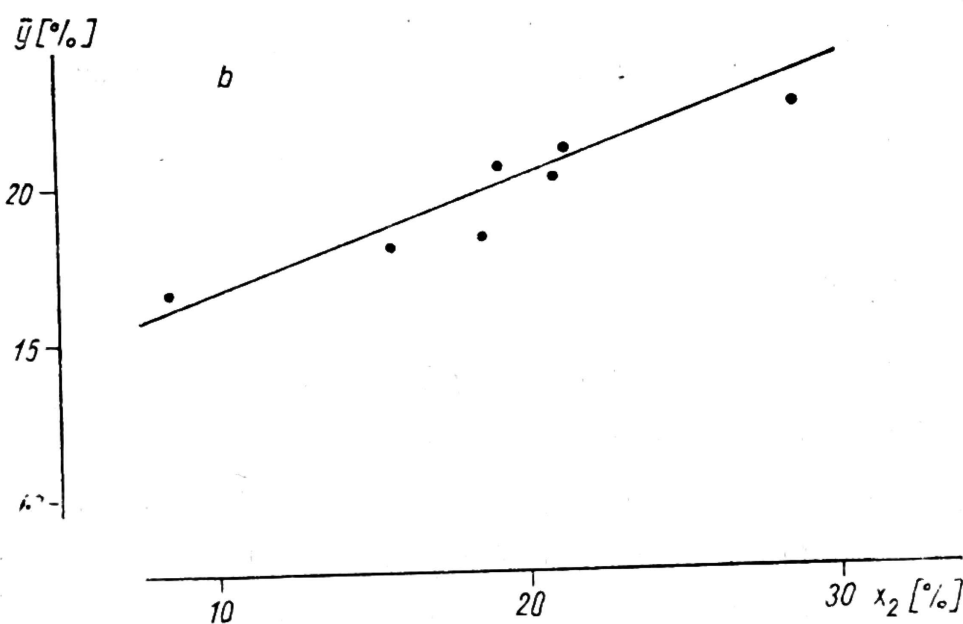
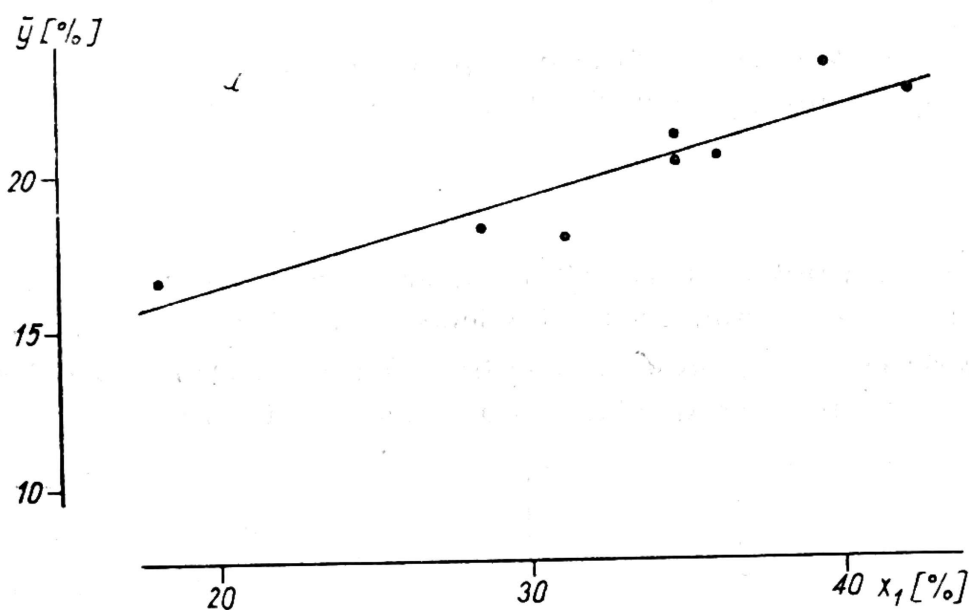
TS+TDS — wartość  $\bar{y}$  wynosiła 21,2%

TS+TDS — wartość  $\bar{y}$  wynosiła od 22,6 do 23,5%

Charakter i siłę otrzymanych zależności między nasileniem cięć a wielkością przenikania światła do dna drzewostanu określono współczynnikami korelacji i równaniami regresji (tab. 3, ryc. 1) między liczbą wyciętych drzew w % początkowej liczby drzew ( $x_1$ ) oraz wielkością

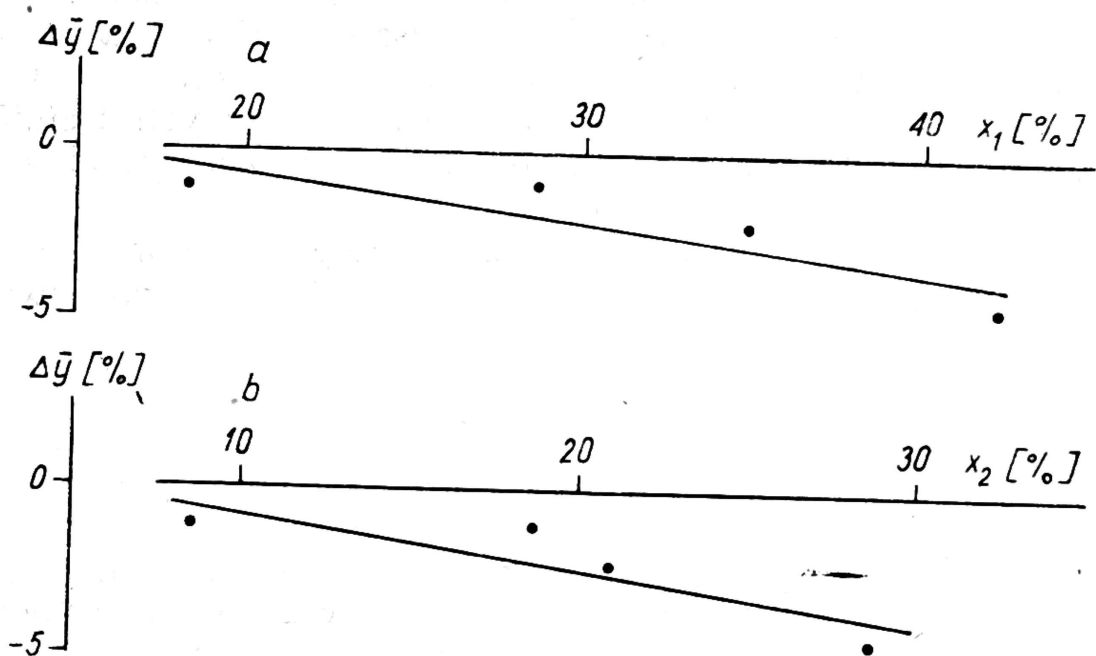
wyciętego pola powierzchni przekroju drzew w % początkowego pola powierzchni przekroju drzew ( $x_2$ ) a średnią wielkością współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu ( $y$ ).

Jak wynika z tab. 3, zależność średniej wartości współczynnika  $y$  od liczby wyciętych drzew ( $x_1$ ) miała charakter prostoliniowy (w przedziale  $x_1$  od 18 do 43%) i była istotna przy  $\alpha=0,001$ . Również zależność średniej wartości współczynnika  $y$  od wyciętego pola powierzchni przekroju drzew ( $x_2$ ) miała charakter prostoliniowy (w przedziale  $x_2$  od 8 do 30%) i była istotna przy  $\alpha=0,001$ .



Ryc. 1. Zależność średniej wartości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu ( $\bar{y}$ ) od: a) procentu liczby wyciętych drzew ( $x_1$ ), b) procentu wielkości wyciętego pola powierzchni przekroju drzew ( $x_2$ ).





Ryc. 2. Zależność wielkości zmiany średniej wartości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu po upływie roku ( $\Delta\bar{y}$ ) od: a) procentu liczby wyciętych drzew ( $x_1$ ), b) procentu wielkości wyciętego pola powierzchni przekroju drzew ( $x_2$ ).

W następnym, 1984 r. w oddz. 181 a na wszystkich powierzchniach badawczych stwierdzono wyraźny spadek średnich wartości współczynnika  $y$  (tab. 1, 2). Na pow. nr 1, 3 i 5 różnice między wartością współczynnika  $y$  w r. 1984 a jego wartością z r. 1983 były statystycznie istotne (na pow. nr 1 i 3 przy  $\alpha = 0,001$  na pow. nr 5 przy  $\alpha = 0,01$ ). Najsilniej zmalała średnia wartość współczynnika  $y$  na pow. nr 1 (o  $4,4\%$ ), wyraźnie mniej na pow. nr 3 (o  $2,2\%$ ). Na pow. nr 5 i 2 spadek średniej wartości współczynnika  $y$  był zbliżony i wynosił odpowiednio  $1,1\%$  i  $1,0\%$ . Charakter zróżnicowania średnich wartości współczynnika  $y$  między poszczególnymi powierzchniami był podobny jak w r. 1983.

W porównaniu z rokiem poprzednim, na wszystkich powierzchniach wyraźnie zmalała zmienność współczynnika  $y$ . Odchylenia standardowe wahały się od  $2,1\%$  na pow. nr 1 do  $3,4\%$  na pow. nr 3, a współczynniki zmienności — od  $11,3\%$  na pow. nr 1 do  $18,9\%$  na pow. nr 3.

Z przedstawionych danych wynika, że największy spadek wartości procentu przenikania światła do dna drzewostanu w porównaniu z rokiem poprzednim występował na powierzchniach o największym nasileniu cięć trzebieżowych.

Współczynniki korelacji i równania regresji, obrazujące zależności między nasileniem cięć trzebieżowych ( $x_1$  i  $x_2$ ) a zmianą średniej wartości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu, po upływie

roku ( $\Delta\bar{y}$ ) okazały się statystycznie nieistotne, co naszym zdaniem wiąże się z małą liczbą danych (2 stopnie swobody). Stosunkowo wysokie ujemne wartości współczynników korelacji i ujemne współczynniki kierunkowe prostych regresji (równania słuszne jedynie w przedziałach  $x_1$  od 18 do 43<sup>0</sup>/<sub>100</sub> i  $x_2$  od 8 do 30<sup>0</sup>/<sub>100</sub>) wskazują jednoznacznie na istnienie ujemnej zależności między nasileniem cięć trzebieżowych a zmianą wielkości procentu przenikania światła do dna drzewostanu w ciągu roku po wykonaniu cięć.

Fakt ten łączymy z intensywniejszym rozwojem koron na powierzchniach z silną trzebieżą, umożliwiającą zwiększenie dopływu światła do całej warstwy drzewostanu.

#### 4. UWAGI KOŃCOWE

Badania wykazały istnienie silnej zależności statystycznej między nasileniem przeprowadzonych cięć a średnią wielkością współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu w roku wykonania trzebieży. Wzrost nasilenia trzebieży, przy usunięciu z drzewostanu od 18 do 42<sup>0</sup>/<sub>100</sub> drzew, co odpowiada od 8 do 29<sup>0</sup>/<sub>100</sub> pola powierzchni przekroju drzew, powodował istotne zwiększenie natężenia światła na dnie lasu, które stanowiło średnio od 16 do 24<sup>0</sup>/<sub>100</sub> natężenia światła w terenie odkrytym.

Stwierdzono również, że wspomniany wzrost nasilenia cięć wpływa na wzrost intensywności rozwoju koron drzew w pierwszym roku po wykonaniu trzebieży, na co wskazuje zwiększenie spadku średniej wartości współczynnika przenikania światła do dna drzewostanu po upływie roku od 1 do 4<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Statystyczne potwierdzenie tej zależności wymaga dalszych badań.

#### LITERATURA

1. Dunikowski S.: Wpływ trzebieży na układ elementów meteorologicznych w drzewostanach sosnowych i świerkowych. Sylwan 1970 R. 114 nr 1.
2. Dunikowski S., Orlicz A.: Wstępne badania nad promieniowaniem słonecznym w warstwie przygruntowej drzewostanu sosnowego. Sylwan 1973 R. 117 nr 10.
3. Geiger R.: Izmenenie mikroklimata pod vlijaniem rastitelnosti na ravninnoj i cholmistoj mestnosti. Klimatologija i mikroklimatologija, Sbornik Statej. Moskva 1964.
4. Pivovarova Z. I., Gulaeva B. I.: Aktynometryčeskie nabljudenija v lesu. Trudy G.G.O. 1958 vyp. 86.
5. Raunier J. L.: Teplovoj balans lesa. Izvestja Akad. Nauk SSSR. S. Geografičeskaja 1960 nr 1.
6. Słomka J.: Przenikanie światła do wnętrza lasu. Ekol. Pol., Ser. B 1958 T. 4.
7. Słomka J.: Uwagi o bioklimacie wnętrza lasu (Materiały z biotopu grądu w Białowieskim Parku Narodowym). Ekol. Pol., Ser. B 1967 T. 13 z. 4.

8. Słomka J.: Uwagi o pochłanianiu promieniowania słonecznego przez bór sosnowy. Sylwan 1973 R. 117 nr 10.
9. Słomka J., Dunikowski S.: Wstępne badania nad polem światła na dnie lasu. Pr. IBL 1957 nr 200.
10. Sutton O. G.: Mikrometeorologija, Izdatelstvo fizičeskich procesov v nižnych slojach atmosfery. (Tłum. z ang. pod red. L. L. Lajhtmana). Leningrad 1958.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 29 stycznia 1986 r.

### Краткое содержание

Исследования были проведены на восьми исследовательских площадях расположенных в 35—36-летних сосновых насаждениях растущих в условиях местопроизрастания бора свежего в Белой Пуще (квартал 157 а и 181а), в которых в 1983 г. были проведены рубки ухода разного типа и интенсивности. На основании многоточечных измерений интенсивности света на исследовательских площадях и на открытой местности, выполненные при полной облачности в 1983 и 1984 годах, поределены коэффициенты проникновения света до полога насаждения

$$y = \frac{\text{интенсивность света в насаждении}}{\text{интенсивность света на открытой местности}} \cdot 100\%$$

Средние величины и характеристики изменчивости коэффициента  $y$  представлены в табл. 1, а результаты теста сущности разниц между средними в табл. 2. Зависимости средних величин коэффициента  $y$  от интенсивности проходных рубок выраженного количеством срубленных деревьев в % начального количества деревьев ( $x_1$ ), а также величиной срубленной площади сечения деревьев в % начальной величины площади сечения деревьев ( $x_2$ ), представлено в табл. 3 и на рис. 1, зависимость величины изменения средней величины коэффициента  $y$  через год от момента проведения проходных рубок ( $\Delta y$ ) от величины  $x_1$  и  $x_2$  представлены в табл. 4 и на рис. 2.

Констатировано существование сильной статистической зависимости между интенсивностью проходных рубок ( $x_1$ ,  $x_2$ ) и средней величиной коэффициента  $y$  — при росте интенсивности рубок в интервале  $x_1$  с 18 до 42% (или  $x_2$  с 8 до 29%), средняя величина коэффициента  $y$  возрастала в интервале с 16 до 24%. Констатировано также, что рост интенсивности рубок влияет на рост интенсивности развития крон деревьев в насаждении.

### Summary

The studies were conducted in eight experimental areas situated in pine stand aged 35—36 years, growing of fresh poor coniferous forest site in Biala Forest, in which thinning of different kind and intensity was performed in 1983. On the base of measurements of light intensity in many points in study areas and in open areas, performed at full cloudiness in 1983 and 1984, one determined the coefficient of light penetration to the stand ground.

$$y = \frac{\text{intensity of light in the stand}}{\text{intensity of light in open area}} \cdot 100\%$$

Mean values and characteristics of the variation of coefficient  $y$  are shown in table 1 and results of significance test of differences between mean values in table 2. The dependence of mean value of coefficient  $y$  on the intensity of thinning cuts, expressed with the number of cut trees in percentage of initial number of trees ( $x_1$ ) and the magnitude of cut basal area of trees ( $x_2$ ), is shown in table 3 and fig. 1, and the dependence of the magnitude of change of mean value of coefficient  $y$  one year after the thinning ( $\Delta y$ ) on values  $x_1$  and  $x_2$  is shown in table 4 and fig. 2.

The existence of a strong statistical interdependence between the thinning intensity ( $x_1, x_2$ ) and the mean value of coefficient  $y$  was stated. At increase of cutting intensity in interval of  $x_1$  from 18 to 42% (or of  $x_2$  from 8 to 29%), the mean value of coefficient  $y$  increased in interval from 16 to 24%. It was stated, too, that the increase of cutting intensity distinctly influenced the increase of the intensity of tree crowns development in the stand.