

Henryk Szeligowski<sup>1</sup>, Tadeusz Andrzejczyk<sup>1</sup>, Jarosław Szkup<sup>2</sup>

## Zmiana wielkości krzywizn u modrzewi różnych pochodzeń na powierzchni doświadczalnej w Rogowie

Changes in the size of curvature in larch trees from different provenances at the experimental site in Rogów

*Abstract.* The paper describes changes in the size of the curvatures in the fifteen Polish provenances of larch represented at the study site in the Experimental Forests of the Warsaw University of Life Sciences – SGGW in Rogów (Central Poland). The measurements were carried out in 1982 and 2003 (the age of larch trees was 17 and 38 years, respectively). All curvatures occurring in the lower part of the stem (up to 4 metres) of the same trees were measured on both dates using the same method (measurement of the curvature (arrow) at the maximum bend). 30 trees in the first date and 15-22 trees in the second date were selected from each provenance for measurements (some of earlier measured trees were cut during thinning).

The obtained data confirmed that larch is a species of relatively high ability to reduce the size of curvatures with age which should be associated with the formation of reaction wood. This ability differs between provenances. The quality of larch stems can improve with age.

The absolute change in arrow size was directly proportionally correlated with the initial size of tree curvature. The relative change of tree curvature (percentage reduction) was not related to its initial size; as both small and large curvatures diminished to a similar degree (40%). The reduction of tree curvatures was not correlated with their length, breast height diameter of a tree or its increment.

**Key words:** European larch, provenance, stem quality, tree-curvature

### 1. Wstęp

Modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.) jest gatunkiem drzewa o dużym zróżnicowaniu pokroju strzał, spowodowanym występowaniem krzywizn. Mogą one wykazywać różny charakter (szablaste, łukowate, węzowate), wielkość i genezę. Najczęściej są uwarunkowane genetycznie i podlegają w dużym stopniu dziedziczeniu przez potomstwo (Mejnartowicz i Kosiński 1986). Niekiedy jednak, jak w przypadku szablastości, są wynikiem oddziaływania kompleksu czynników zewnętrznych – wiatru i niestabilności drzewa w specyficznych warunkach glebowych (Mowszowicz et al. 1963).

W badaniach proweniencyjnych modrzewia prostość strzał, obok wzrostu i zdrowotności, stanowi główne kryterium oceny wartości hodowlanej (m.in. Schober 1977, 1981, 1985). Wielokrotnie stwierdzano, że pod względem tej cechy modrzew z obszaru Europy wykazuje bardzo duże zróżnicowanie (Mejnartowicz et Kosiński 1986). Polskie pochodzenia w badaniach międzynarodowych były oceniane na ogół słabo, aczkolwiek szczegółowe badania krajowe wykazały istnienie populacji o wysokiej jakości strzał (Andrzejczyk 1992, Kulej 2001, Szeligowski 2001).

W kontekście rozpatrywanej problematyki mało poznany zagadnieniem jest dynamika krzywizn u modrzewia. Dotychczas bowiem nie zbadano czy z wie-

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu, 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159; Fax: +48 225938008, e-mail: henryk\_szeligowski@sggw.pl

<sup>2</sup> Arboretum SGGW w Rogowie, 95-063 Rogów; szkup.lzd@interia.pl

kiem gatunek ten wykazuje tendencję do utrwalania krzywizn, czy też do ich zmniejszania i stopniowego ustępowania. Niniejsza praca ma na celu określenie zmian wielkości krzywizn po 21 latach od poprzedniego pomiaru u pochodzeń modrzewi reprezentowanych na powierzchni badawczej w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie. Pierwszy pomiar został wykonany w 1982 roku, gdy modrzewie miały 17 lat, a drugi w 2003 roku (modrzewie w wieku 38 lat). Wyniki pierwszego pomiaru zostały opublikowane na łamach Sylwana (Andrzejczyk 1989).

## 2. Obiekt i metodyka badań

Badania prowadzono na powierzchni porównawczej założonej w 1967 roku w Nadleśnictwie Rogów (leśnictwo Strzelna, oddz. 163a; Kraina Małopolska (VI), Dzielnicza Łódzko-Opoczyńska, Mezoregion Sieradzko-Łódzki). Powierzchnia proveniencyjna zlokalizowana jest w terenie nizinnym płaskim na siedlisku LMśw o glebie płowej wytworzonej z utworów pyłowych zalegających na glinie średniej oglejonej i na glinie pylastej.

Na powierzchni reprezentowanych jest 14 krajowych pochodzeń modrzewia europejskiego oraz jedno pochodzenie modrzewia eurojapońskiego (Maćkowa Ruda). Dokładny opis i plan powierzchni zawarty jest w pracy Szeligowskiego i Boliboka (2008).

Pomiary były przeprowadzone w dwóch terminach (1982 i 2003) na tych samych drzewach próbnym i przy zastosowaniu tej samej metody (Andrzejczyk 1989). Mierzono drzewa na działkach drugiego bloku doświadczenia (środkowa część powierzchni), który cechował się najbardziej wyrównanymi warunkami środowiskowymi (brak wpływu osłony bocznej sąsiedniego drzewostanu od strony północno-wschodniej i oddziaływania otwartej powierzchni od strony południowo-zachodniej). W pierwszym terminie na każdej działce, reprezentującej określoną proveniencję, do badań wytypowano kolejnych 30 drzew próbnym spośród drzewostanu głównego (drzewa 1– klasy Krafta). W drugim terminie liczba drzew objętych pomiarem zmniejszyła się do 15–22 sztuk, co było wynikiem przeprowadzonych trzebieży i cięć przygodnych. U wytypowanych drzew pomierzono wszystkie krzywizny występujące w obrębie 4-metrowego, dolnego odcinka strzały. Dla każdej krzywizny pomierzono długość  $l$ , wskazując wysokość jej początku i końca, strzałkę  $S$ , tj. maksymalne wychylenie od prostej łączącej początek i koniec krzywizny, oraz określono jej kierunek (stronę świata, w którą skierowane było wygięcie). Pomiary wykonano za pomocą wyskalowanej tyczki (pomiar długości z dokładnością do 1 cm) oraz linijki (pomiar strzałki z dokładnością do 1 mm).

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów dla każdej krzywizny obliczono zmianę wielkości strzałki w badanym okresie: bezwzględną ( $\Delta S$ ) i względną ( $\Delta S \%$ ):

$$\Delta S = S_{2003} - S_{1982}$$

$$\Delta S \% = \frac{(S_{2003} - S_{1982}) \times 100}{S_{1982}}$$

gdzie:  $S_{1982}$ ,  $S_{2003}$  – strzałka krzywizny, odpowiednio w 1982 i 2003 roku.

Dla każdej proveniencji obliczono średnie wartości analizowanych cech krzywizn oraz zbadano statystyczną jednorodność proveniencji w tym zakresie stosując analizę wariancji i test istotności różnic LSD, przy wykorzystaniu programu statystycznego Statgraphics.

Uwzględniając łącznie wszystkie pochodzenia określono korelacje pomiędzy bezwzględną i względną zmianą wielkości strzałki krzywizny a takimi cechami, jak wielkość strzałki krzywizny w 1982 r.  $S_{1982}$ , długość krzywizny  $l$ , pierśnica drzewa w 1982 r.  $d_{1982}$  i przyrost pierśnicy w badanym okresie  $zd$ . Porównano także zmianę krzywizny u drzew z krzywiznami jedno-, dwu- i wielostronnymi.

## 3. Wyniki

### Porównanie pochodzeń

Dane dotyczące kształtowania się średnich parametrów krzywizn u poszczególnych pochodzeń przedstawiono w tabeli 1. Średnia liczba krzywizn przypadająca na jedno drzewo wynosiła od 1,38 (Konstancjewo Płonne) do 2,42 sztuk (Moskorzew). Średnia długość krzywizny wahała się od 140–150 cm (Konstancjewo Góra, Kowary, Skarżysko) do 180–195 cm (Konstancjewo Płonne, Kłodzko, Konstancjewo Tomkowo).

Średnia strzałka krzywizny w 2003 r. wynosiła od 1,8 (Czerniejewo) do 3,8 cm (Kłodzko). Jej wartość u wszystkich pochodzeń w ciągu 21-letniego okresu znacząco się zmniejszyła. Największe zmiany (ponad 2 cm) stwierdzono u modrzewi z Maćkowej Rudy i Myśliborza, natomiast najmniejsze – u modrzewi z Czerniejewa (1,1 cm) i Konstancjewa Góry (1,3 cm). Porównując względną zmianę wielkości strzałki można zauważyć, że najlepiej pod tym względem przedstawiają się pochodzenia z Myśliborza, Rawy Mazowieckiej i Bliżyna, których krzywizny wypełniły się w około 50-procentach, natomiast najgorzej – modrzewie z Konstancjewa Góry, Grójca i Czerniejewa, u których krzywizny zmniejszyły się o około 1/3.

Zarówno średnia strzałka krzywizny w obu okresach pomiarowych, jak i średnia zmiana są cechami istotnie różnicującymi badane pochodzenia między sobą (tab. 1).

### Czynniki wpływające na zmianę wielkości krzywizn

W dalszej części badań poszukiwano czynników, które mogą mieć istotny wpływ na przebieg procesu wypełniania się krzywizn u modrzewia. Stwierdzono wysoką ujemną korelację ( $r = -0,67$ ) między zmianą strzałki ( $\Delta S$ ) a jej wielkością w 1982 roku (ryc. 1a). Im większa była początkowa krzywizna, tym bardziej się zmniejszyła po 21 latach. Natomiast zależność badanej cechy od długości krzywizny (ryc. 1b) oraz od pierśnicy (ryc. 1c) i przyrostu pierśnicy w badanym okresie (ryc.

1d) była wprawdzie istotna przy poziomie istotności  $p = 0,01$ , lecz wykazywały słaby związek korelacyjny ( $|r| \leq 0,3$ ). Także korelacja między względną zmianą wielkości strzałki a rozpatrywanymi cechami krzywizn ( $S_{1982}$ ,  $l$ ) i drzew ( $d_{1982}$  i  $zd$ ) była bardzo słaba (ryc. 1e-h). Można uznać, że względne ustępowanie krzywizn kształtowało się podobnie, niezależnie od początkowej wielkości i długości krzywizny oraz niezależnie od pierśnicy drzewa i przyrostu pierśnicy.

Porównując procentowe zmiany strzałki u drzew różniących się typem krzywizn można stwierdzić, że w

**Tabela 1. Średnie wartości wybranych cech krzywizn badanych pochodzeń modrzewia. Pod tabelą zamieszczono wyniki istotności różnic wybranych cech między pochodzeniami (1–15: oznaczenie proveniencji, linią ciągłą oznaczono brak istotnych różnic między proveniencjami)**

Table 1. Mean values for the selected curvature characteristics of the examined larch provenances. Results of the significance of differences in the selected characteristics between provenances (1–15: provenance description, solid line indicates lack of significant differences between provenances) are given below the Table

Pochodzenie nr Provenance No.	Liczba krzywizn na 1 drzewo Number of curva- tures per 1 tree	Długość krzywizny Curvature length	Strzałka w 1982 r. Arrow in 1982	Strzałka w 2003 r. Arrow in 2003	Zmiana strzałki Change in arrow size	Względna zmiana strzałki Relative change in arrow size
		m	cm	cm	cm	%
Myślibórz (1)	2,2	1,78	4,1	2,1	-2,0	49,9
Maćkowa Ruda (2)	2,0	1,67	5,4	3,3	-2,1	42,2
Konstancjewe Płonne (3)	1,4	1,82	4,2	2,6	-1,6	37,7
Konstancjewe Góra (4)	1,9	1,42	4,2	2,9	-1,3	30,4
Konstancjewe Tomkowo (5)	1,5	1,94	4,5	3,0	-1,5	41,1
Czerniejewo (6)	1,9	1,53	2,9	1,8	-1,1	35,9
Rawa Mazowiecka (7)	2,2	1,52	4,2	2,2	-2,0	51,9
Grójec (8)	1,3	1,60	4,4	3,0	-1,4	33,9
Skarżysko (9)	1,9	1,49	4,4	2,5	-1,9	45,2
Bliżyn (10)	1,6	1,65	4,1	2,2	-1,9	48,6
Moskorzew (11)	2,4	1,61	3,6	2,2	-1,5	43,0
Dąbrówki (12)	1,6	1,62	3,7	2,2	-1,5	42,4
Kłodzko (13)	1,8	1,87	5,7	3,8	-1,9	39,1
Szczytna Śląska (14)	2,3	1,70	3,4	2,0	-1,5	41,6
Kowary (15)	2,0	1,44	4,3	2,4	-1,9	45,3
<b>Średnio / Average</b>	1,6	1,65	4,2	2,5	-1,7	42,3

a) wielkość strzałki w 1982 roku

arrow size in 1982

13 2 5 8 9 15 4 7 3 1 10 12 11 14 6

b) wielkość strzałki w 2003 roku

arrow size in 2003

13 2 8 5 4 3 9 15 12 7 10 11 1 14 6

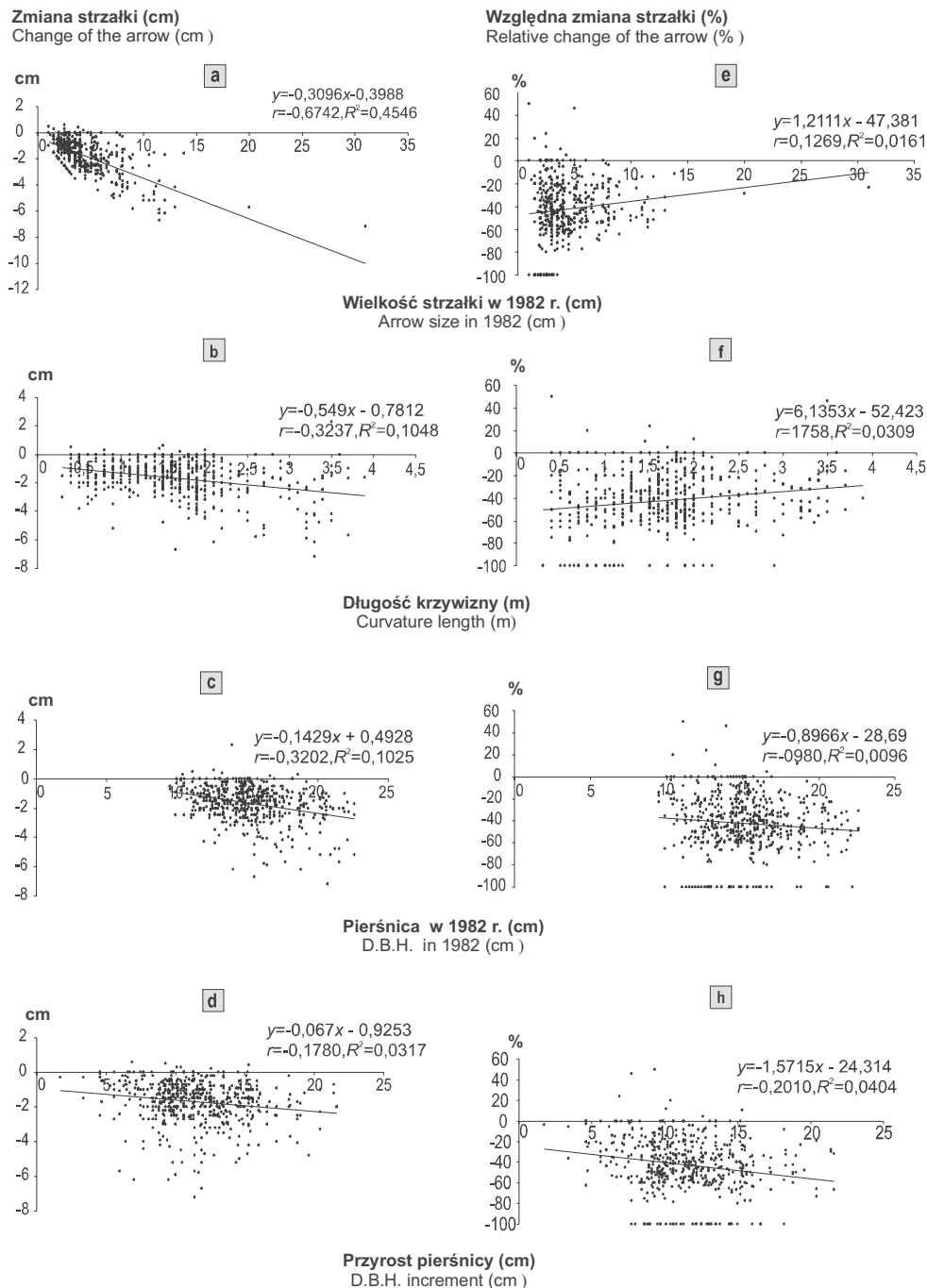
c) zmiana wielkości strzałki

change in arrow size

6 4 8 14 11 12 5 3 13 10 15 9 7 1 2

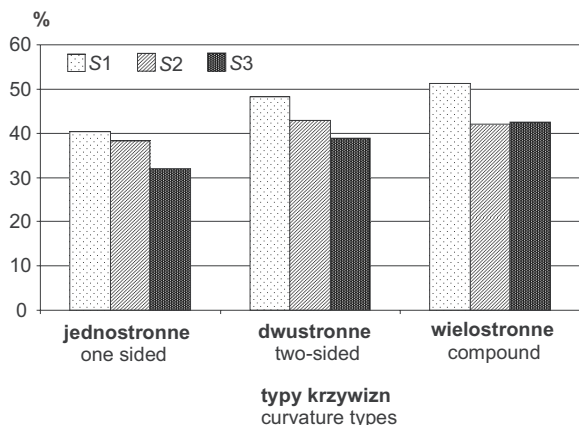
badanym okresie w większym stopniu zmniejszyły się krzywizny dwu- i wielostronne, w mniejszym natomiast krzywizny jednostronne (ryc. 2). Dla tych samych klas wielkości strzałki różnice między krzywiznami jednostronnymi a dwu- i wielostronnymi wynosiły około 10%. Krzywizny jednostronne występowały pojedynczo

na danym drzewie, krzywizny dwustronne układały się w przeciwległych do siebie kierunkach (z reguły wschód-zachód), natomiast krzywizny wielostronne, o dwóch i więcej strzałkach wygięcia, były skierowane w różnych płaszczyznach.



**Rycina 1. Korelacja między absolutną i względną zmianą strzałki krzywizny a jej początkową wielkością (a, e) i długością (b, f) oraz pierśnicą drzew (c, g) i jej przyrostem (d, h)**

Figure 1. Correlation between the absolute and relative change in the size of the curvature arrow and its initial size (a, e) and length (b, f), as well the D.B.H. of trees (c, g) and their increment (d, h)



**Rycina 2. Procentowe zmniejszenie strzałki krzywizny u drzew o określonym typie krzywizn z uwzględnieniem początkowej wielkości strzałki: S1: do 2,5 cm; S2: 2,5–5 cm; S3: 5 cm)**

Figure 2. Percentage reduction in the size of the curvature arrow of trees with a given type of curvature taking into consideration the initial size of the arrow: S1: up to 2.5 cm; S2: 2.5–5 cm; S3: 5 cm)

W wyróżnionych typach krzywizn w znacznie większym stopniu (40–50%) zmniejszyły się krzywizny małe o strzałce do 2,5 cm, a w mniejszym (30–40%) – krzywizny duże o strzałce większej od 5 cm.

#### 4. Dyskusja i wnioski

W przeprowadzonych badaniach skoncentrowano się na zmianach wielkości krzywizn w odziomkowej części pnia polskich pochodzeń modrzewi, jakie zaszły po 21-letnim okresie, przypadającym na fazę drągowiny.

Uzyskane wyniki wskazują, że badane pochodzenia różnią się pod względem ilości, długości i wielkości krzywizn. Uszeregowanie proveniencji, w porównaniu z wynikami badań z 1982 roku (Andrzejczyk 1989), uległo stosunkowo niewielkim zmianom. Prawdopodobnie mogły one wynikać z uwzględnienia mniejszej liczby drzew podczas drugiego pomiaru (ich redukcja nastąpiła z powodu przeprowadzanych zabiegów pielęgnacyjnych), a także z powodu różnego tempa wypełniania krzywizn.

Strzałka krzywizn, zarówno w 1982 jak i 2003 roku, jest cechą istotnie różnicującą między sobą badane pochodzenia. Porównując wyniki pomiarów z obu terminów zaobserwować można, iż u wszystkich pochodzeń odnotowano zmniejszenie średniej wielkości strzałki. Badane modrzewie różniły się istotnie między sobą pod względem ustępowania krzywizn. Największa zmiana nastąpiła u modrzewi z Maćkowej Rudy, Myśliborza; najmniejsza natomiast u modrzewi z Konstancjewa

Góry i Czerniejewa. Z porównania względnej zmiany wielkości krzywizn wynika, że w największym stopniu (>50%) krzywizny wypełniały się u modrzewi z Rawy Mazowieckiej, a w najmniejszym (30%) – u modrzewi z Konstancjewa Góry.

Uzyskane wyniki wskazują na cenną właściwość modrzewia, jaką jest zdolność do wypełniania krzywizn z wiekiem drzewa. Dotychczas w literaturze leśnej wskazywano, że cechą tę wykazuje dąb szypułkowy i bezszypułkowy (Ilmurzyński 1969), natomiast brakowało jakichkolwiek informacji w odniesieniu do innych gatunków.

Z przeprowadzonych badań wynika, że proces ustępowania krzywizn u modrzewia przebiega stosunkowo wolno, lecz w dłuższym okresie (do osiągnięcia wieku dojrzałości) może w znaczący sposób prowadzić do poprawy formy pokrojowej drzew. Oznacza to, że jakość techniczna poszczególnych pochodzeń modrzewi określona na podstawie prostości strzał wraz z wiekiem może się zmieniać. Ocena dokonywana w młodych fazach rozwojowych drzewostanu będzie zazwyczaj wypadła gorzej niż w starszych fazach.

Stwierdzono silną zależność między absolutną zmianą strzałki w rozpatrywanym okresie a jej początkową wielkością: jest ona tym większa im większe były krzywizny. Nie przekłada się to jednak w istotny sposób na względną zmianę krzywizny, tj. jej procentowe zmniejszenie się. W podobnym stopniu ustępowały zarówno krzywizny małe, jak i duże. Zmiana wielkości krzywizny tylko w niewielkim stopniu zależała od pierśnicy drzewa i jej przyrostu. Proces wypełniania krzywizn pni drzew zachodzi dzięki tworzeniu się drewna reakcyjnego, w przypadku gatunków iglastych jest to drewno kompresyjne (Tomanek et Witkowska-Żuk 2008). U gatunków iglastych drewno reakcyjne, zwane także twardzicą, jest wytwarzane w ściskanej części przekroju, zwykle w dolnych częściach gałęzi oraz pochylonych lub zakrzywionych częściach strzał. Drewno to powstaje pod wpływem sił grawitacji (Hejnowicz 1985) i można sądzić, że tworzy się intensywniej tam, gdzie odchylenie od pionu jest większe. Prawdopodobnie ta znajduje potwierdzenie w uzyskanych wynikach. Wypełnianie się krzywizn, a więc powstawanie drewna reakcyjnego, zależało od stopnia wygięcia pnia. Wprawdzie najwięcej drewna reakcyjnego odkładało się w największych krzywiznach, to jednak krzywizny różnej wielkości wypełniały się w podobnym tempie; w ciągu 20 lat zmniejszyły się średnio o około 40%.

Różnice występujące w procentowym zmniejszeniu się wielkości krzywizn u badanych pochodzeń mogą sugerować, że poszczególne proveniencje wykazują różną zdolność tworzenia drewna reakcyjnego. Poza analizą właściwości drewna różnych pochodzeń modrzewia (Kulej et Niedzielska 1990, Splawa-Neyman et al. 1995,

1997, Kulej 2001) szerszych badań na ten temat jednak nie prowadzono.

Pewna różnica między stopniem wypełniania się krzywizn jednostronnych a krzywizn dwu- i wielostronnych może wskazywać, że tworzenie się drewna reakcyjnego zależy nie tylko od wielkości krzywizny, ale także ich liczby na drzewie i wzajemnego położenia. Potwierdzenie tych sugestii wymaga dalszych, bardziej szczegółowych badań.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Badane pochodzenia modrzewia różnią się między sobą pod względem jakości strzały; wielkość krzywizn modrzewi, zarówno w wieku 17 jak i 38 lat jest cechą istotnie różnicującą badane pochodzenia.

2. Modrzew jest gatunkiem drzewa o stosunkowo dużej zdolności wypełniania krzywizn wraz z wiekiem, co należy wiązać z tworzeniem drewna reakcyjnego; zdolność ta jest zróżnicowana proveniencyjnie.

3. Absolutna zmiana (zmniejszenie się) wielkości strzałki w 21-letnim okresie była skorelowana z wielkością początkową krzywizny; natomiast nie wykazywała związku z wyjściową pierśnicą drzewa i jej przyrostem w badanym okresie.

4. Jakość techniczna pochodzeń modrzewia określona na podstawie prostości strzał wraz z wiekiem może wykazywać zmiany. Ocena dokonywana w młodych drzewostanach będzie zazwyczaj wypadać gorzej niż w starszych drzewostanach.

## Literatura

- Andrzejczyk T. 1989: Jakość strzał modrzewi różnych pochodzeń na powierzchni proveniencyjnej w LZD Rogów. *Sylwan*, 11-12: 43-52.
- Andrzejczyk T. 1992: Jakość hodowlana polskich pochodzeń modrzewia w wieku 20 lat na powierzchni proveniencyjnej w Rogowie. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria A*, 738-745: 33-66.
- Hejnowicz Z. 1985: Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. PWN, Warszawa, ss. 860.
- Ilmurzyński E. 1969: Szczegółowa hodowla lasu. PWRiL, Warszawa, ss. 704.
- Kocięcki S. 1987: Badania nad wzrostem i formą modrzewia i przydatnością różnych pochodzeń. Masz. Dok. Inst. Bad. Leś., Warszawa.
- Kulej M. 2001: Zmienność oraz wartość hodowlana modrzewi różnych pochodzeń z terenu Polski w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie – rozprawy*, 273: 1-160.
- Kulej M., Niedzielska B. 1990: Zmienność wybranych właściwości drewna modrzewi różnych pochodzeń na powierzchni doświadczalnej w Krynicy. *Acta Agraria et Silvicultura*, 29: 65-74.
- Mejnartowicz L., Kosiński G. 1986: Genetyka. [W:] Nasze drzewa leśne. 6 – Modrzewie (red. S. Białobok), PWN, Poznań, 439-493.
- Mowszowicz J., Hereźniak J., Olaczek R., Urbanek H. 1963: Rezerwat modrzewia polskiego Trębaczew. *Prace Wydziału III – Nauk Matematyczno-Przyrodniczych. Łódzkie Tow. Nauk.*, 94: 1-100.
- Schober R. 1977: Vom II. Internationalen Lärchenprovenienzversuch. Ein Beitrag zur Lärchenherkunftfrage. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 49: 1-359.
- Schober R. 1981: Vom 1. Internationalen Lärchenprovenienzversuch 1944. Bericht über drei deutsche Teilversuche. *Allgemeine Frost- und Jagdzeitung*, 152 10/11/12: 181-195, 201-211, 221-223.
- Schober R. 1985: Neue Ergebnisse des II. Internationalen Lärchenprovenienzversuches von 1958/59 nach Aufnahmen von Teilversuchen in 11 europäischen Ländern und den U.S.A. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 83.
- Spława-Neyman S. (red.) 1995: Budowa i właściwości drewna modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) a proveniencja nasion użytych do wyhodowania drzew. *Prace Komisji Technologii Drewna, PTPN, T. 14*: 65-72.
- Spława-Neyman S., Pazdrowski W., Małecki S., Owczarek Z. 1997: Właściwości drewna modrzewi z 21 proveniencji na terenie Polski. *Prace Instytutu Technologii Drewna*, 41, 1/2: 1-22.
- Szeligowski H. 2001: Ocena polskich pochodzeń modrzewia europejskiego na powierzchni doświadczalnej w Rogowie. *Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry*, 43: 53-68.
- Szeligowski H., Bolibok L. 2008: Parametry wzrostu polskich pochodzeń modrzewia w wieku 40 lat na powierzchni doświadczalnej w Rogowie. *Leśne Prace Badawcze*, 69(4): 285-290.
- Tomanek J., Witkowska-Żuk L. 2008: Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.