



## Wpływ nawożenia azotem na wybrane cechy wierzby krzewiastej w czteroletnim cyklu uprawy

*Monika Ignatowicz, Leszek Styszko*  
*Politechnika Koszalińska*

### 1. Wstęp

Pozyskanie biomasy na cele energetyczne ma duże znaczenie gospodarcze, bowiem w 2020 roku w Polsce zaplanowano 15% udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w zużyciu energii brutto. Biomase łą stałą pozyskuje się obecnie z lasu, z przemysłu drzewnego i papierniczego, z rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i gospodarki komunalnej. Według danych GUS [3], największymi odbiorcami energii z biomasy w Polsce w 2010 roku były gospodarstwa domowe (45,9%), elektrownie i elektrociepłownie zawodowe (22,3%) oraz rolnictwo i leśnictwo (8,6%).

Biomase łą stałą z przeznaczeniem na cele grzewcze z upraw na gruntach ornych w pozyskuje się głównie jako słomę z roślin jednorocznych (zboża, rzepak, trawy), a natomiast znikome ilości tej biomasy pochodzą z upraw krzewów i drzew o krótkiej rotacji. Uprawa wierzby krzewiastej w Polsce jest prowadzona na małą skalę. Szacuje się, że jej powierzchnia plantacji towarowych wynosi około 7000 hektarów [6]. Plantacje takie w krótkich rotacjach użytkuje się przez okres 20–25 lat. Wiadomo, że plon biomasy zależy w dużym stopniu od poziomu nawożenia mineralnego, a w tym głównie od azotu. Stąd rozpoznanie reakcji odmian wierzby na w plonie biomasy na nawożenie azotowe ma duże znaczenie praktyczne.

Celem podjętych badań była ocena odrastania pędów dziesięciu odmian wierzby krzewiastej (*Salix viminalis*) w czteroletnim cyklu, uprawianej na glebie lekkiej, o głębokim poziomie wody gruntowej, przy zróżnicowanym nawożeniu azotem.

## **2. Materiał i metoda**

Badania wykonano w oparciu o dane z doświadczenia polowego założonego w Kościernicy (20 km na południe od Koszalina) w 2007 roku z dziesięcioma odmianami wierzby, na glebie lekkiej, IVb – V klasy bonitacyjnej. Poziom wody gruntowej na tym polu jest położony na głębokości 17,6–18,1 m od powierzchni gruntu. Dane te wskazują, że na polu tym ma miejsce gospodarka wodna opadowo-retencyjna.

Dane o rozkładzie opadów i temperatur w okresie kwiecień – październik, z lat 2008–2011, zaczerpnięto z automatycznej stacji meteorologicznej IHAR w Boninie, oddalonej w linii prostej o 10 km od pola doświadczalnego w Kościernicy.

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, gdzie podblokami I rzędu były dawki azotu w nawozie mineralnym stosowanym pogłównie (0; 60; 120 i 180 kg·ha<sup>-1</sup>), a drugiego rzędu – 10 odmian wierzby (1047; 1054; 1047D; Start; Sprint; Turbo; Ekotur; Oloff; Jorr i Tordis). Poletka miały powierzchnię 25,3 m<sup>2</sup>, na których wysadzono po 56 zrzesów w dwóch rzędach. Wiosną w latach 2008-2011 zastosowano na nawożenie amofoską (5-10-21) w dawce 200 kg·ha<sup>-1</sup> z wyłączeniem obiektów kontrolnych bez nawożenia azotem. Na obiektach ze zróżnicowanym nawożeniem azotem stosowano w odpowiednich dawkach saletrę CAN wapniowo-amonową o zawartości azotu 27,5%.

Doświadczenie składało się z okresu przygotowawczego (2007 rok), w którym wysadzono zrzesy wierzby o długości 20–25 cm, a po zakończeniu tej wegetacji – skoszono jednoroczne pędy zimą 2007/2008 roku oraz z czteroletniego okresu odrastania pędów (lata 2008–2011).

W trakcie wegetacji w latach 2008–2011 wykonano pomiary długości, grubości i liczby pędów żywych w karpie wierzby w 4 terminach (31 maj, 30 czerwiec, 30 wrzesień i 10 listopad). Pomiary grubości pędów wykonano suwmiarką na wysokości 10 cm od ziemi. Dla badanych cech wykonano analizy wariancji oraz oceniono strukturę procentową komponentów wariacyjnych. Istotność efektów oceniono testem F.

Prezentowane wyniki są syntezą wieloletnich badań, dlatego w analizie wariancji wydzielono zmienność lat i terminów pomiarów jako samodzielne źródła zmienności.

### 3. Wyniki i dyskusja

Na podstawie sumy opadów oraz średniej miesięcznej temperatury powietrza opracowano wskaźnik hydrotermiczny Sielianinowa, który zamieszczono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Warunki hydrotermiczne w Boninie k. Koszalina w latach 2008–2011  
**Table 1.** Water-thermal conditions in Bonin near Koszalin in years 2008–2011

Miesiąc	Współczynnik Sielianinowa [K] w latach			
	2008	2009	2010	2011
Kwiecień	<b>2,96</b>	<b>0,35</b>	0,78	<b>0,65</b>
Maj	<b>0,16</b>	2,43	<b>3,25</b>	1,39
Czerwiec	1,78	<b>3,58</b>	<b>0,58</b>	1,26
Lipiec	0,99	1,82	1,50	2,27
Sierpień	<b>2,52</b>	0,85	2,44	1,82
Wrzesień	1,17	1,57	2,34	1,39
Październik	2,39	<b>6,64</b>	2,38	<b>2,71</b>
Przeciętnie	1,61	2,29	1,84	1,64

Za warunki ekstremalne przyjęto wartości K, które mieszczą się w przedziałach niższych od 0,7 (skrajnie suche i bardzo suche) oraz powyżej 2,5 (bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne). Warunki skrajnie suche i bardzo suche wystąpiły w maju 2008 roku, w kwietniu 2009 roku, czerwcu 2010 i w kwietniu 2011 roku, a bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne – w kwietniu i sierpniu 2008 roku, czerwcu i październiku 2009 roku, maju 2010 roku i październiku 2011 roku. Przeciętnie lata 2008, 2010 i 2011 uznano za dość wilgotne, a rok 2009 – za wilgotny.

W analizach wariancji dla długości, grubości i liczby żywych pędów w karpie wykazano istotność efektów głównych badanych czynników i większości ich interakcji (tab. 2). W analizach tych za zmienność resztową przyjęto współdziałanie najwyższego rzędu (ABCD). W każdej analizie dominowała zmienność lat odrastania pędów. Czynniki te traktowano jako stałe, gdyż lata uprawy nie były tożsame z latami kalendarzowymi, ale były wycinkiem czasowym przy wieloletniej uprawie wierzby. W każdej analizie wpływy pozostałych czynników miały zróżnicowaną moc oddziaływania. W analizie długości pędów na drugim

miejscu pod względem siły oddziaływania zostały sklasyfikowane terminy pomiarów, które charakteryzują dynamikę przyrostu pędów w okresie wegetacji, na trzecim – odmiany, a na czwartym – dawki azotu. Przy grubości pędów na drugim miejscu zostały sklasyfikowane odmiany, na trzecim – dawki azotu, a na czwartym – terminy pomiaru. W analizie liczby pędów w karpie na drugim miejscu zostały sklasyfikowane terminy pomiarów, które charakteryzują dynamikę przyrostu pędów w okresie wegetacji, na trzecim – dawki azotu, a na czwartym – odmiany wierzby. Spośród współdziałań duże znaczenie miały interakcje odmian wierzby z latami odrastania pędów, lat z dawkami azotu i odmian z dawkami azotu. Efekty te okazały się statystycznie wysoko istotne.

Pędy wierzby wykazywały corocznie większą długość i grubość, ale malała ilość żywych pędów w karpie (tab. 3).

**Tabela 2.** Wpływ badanych czynników na zmienność cech  
**Table 2.** Influence of examined factors on the variability of features

Komponent wariacyjny	Poziomy czynnik	Struktura procentowa komponentów wariacyjnych		
		długość pędów	grubość pędów	liczba pędów
Lata odrastania pędów [A]	4	66,9***	60,8***	57,0***
Terminy pomiaru [B]	4	8,5***	5,2***	7,2***
Dawki azotu [C]	4	5,3***	6,9***	4,8***
Odmiany wierzby [D]	10	7,8***	11,2***	3,6***
Suma współdziałań		11,5	15,9	27,4
Współdz. AB		1,8***	0,7***	4,8***
<b>Współdz. AC</b>		<b>3,4***</b>	<b>5,4***</b>	<b>0,8***</b>
Współdz. AD		1,6***	4,3***	8,1***
Współdz. BC		0,2***	0,4***	0,1*
Współdz. BD		0,3***	0,3***	0,1
<b>Współdz. CD</b>		<b>1,3***</b>	<b>1,5***</b>	<b>2,0***</b>
Współdziałanie ABCD		1,6	1,3	4,9
Pozostałe współdziałania		1,3	2,0	6,6
Suma		100,0	100,0	100,0

Istotność przy poziomie: \* $\alpha = 0,05$ ; \*\*\* $\alpha = 0,001$

**Tabela 3.** Wpływ badanych czynników na analizowane cechy  
**Table 3.** Influence of examined factors on analysed features

Badany czynnik	Poziomy czynnik	Długość pędów [cm]	Grubość pędów [mm]	Liczba żywych pędów w karpie [sztuk]
Lata odrastania pędów [A]	1	<b>101,6</b>	<b>7,07</b>	<b>8,65</b>
	2	254,0	14,86	5,42
	3	342,6	20,27	4,25
	4	<b>407,8</b>	<b>25,62</b>	<b>3,37</b>
	<b>NIR<sub>0,05</sub></b>	<b>4,4***</b>	<b>0,25***</b>	<b>0,15***</b>
Terminy pomiaru [B]	31 V	<b>221,4</b>	<b>14,00</b>	<b>6,13</b>
	30 VI	252,6	16,23	6,13
	30 IX	312,1	18,72	4,84
	10 XI	<b>319,8</b>	<b>18,87</b>	<b>4,61</b>
	<b>NIR<sub>0,05</sub></b>	<b>4,4***</b>	<b>0,25***</b>	<b>0,15***</b>
Dawki azotu [kg·ha <sup>-1</sup> ] [C]	0	<b>225,4</b>	<b>13,65</b>	5,93
	60	280,6	16,70	<b>6,07</b>
	120	284,7	17,29	4,96
	180	<b>315,2</b>	<b>20,18</b>	<b>4,73</b>
	<b>NIR<sub>0,05</sub></b>	<b>4,4***</b>	<b>0,25***</b>	<b>0,15***</b>
Odmiany wierzby [D]	1047	265,8	16,25	<b>6,41</b>
	1054	<b>221,9</b>	<b>12,70</b>	5,56
	1047D	263,1	16,10	5,65
	Start	224,5	14,72	5,26
	Sprint	275,0	16,07	6,26
	Turbo	257,9	15,75	5,22
	Ekotur	<b>366,9</b>	<b>25,02</b>	4,94
	Oloff	303,4	18,20	<b>4,53</b>
	Jorr	257,0	15,05	5,49
	Tordis	329,4	19,69	4,91
	<b>NIR<sub>0,05</sub></b>	<b>7,0***</b>	<b>0,39***</b>	<b>0,23***</b>
Średnia		276,5	16,95	5,42

Istotność przy poziomie: \* $\alpha = 0,05$ ; \*\*\* $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbową dla poziomu  $\alpha = 0,05$

Podobnie zależności wystąpiły także w innym doświadczeniu w Kościernicy [1]. W czwartej wegetacji było tylko 39% stanu pędów żywych z pierwszego roku uprawy. W późniejszych terminach pomiarów znajdowano mniej pędów w karpie niż 31 maja. Dawki azotu i odmiany wierzby także wpływały na długość, grubość i liczbę żywych pędów w karpie. Na obiektach z dawką  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N uzyskano najdłuższe i najgrubsze pędy, ale było ich mniej o 3,4% niż przy braku nawożenia azotem. Odmiany różniły się wzrostem pędów oraz liczbą pędów w karpie.

Na obiektach z dawką  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N uzyskano najdłuższe i najgrubsze pędy z wyłączeniem pierwszego roku, gdzie zależności te nie były statystycznie istotne, ale pędów było zawsze mniej niż na obiektach bez nawożenia azotem (tab. 4).

Dane z tabeli 5 wskazują na różną reakcje odmian wierzby na nawożenie azotem. Wszystkie odmiany zareagowały wytworzeniem dłuższych i grubszych pędów w miarę intensyfikowania nawożenia. Różnice pomiędzy obiektami bez nawożenia a nawożonych dawką  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  wystąpiły w odniesieniu do długości pędów: największe u odmian 1047 (116,0 cm), Oloff (115,0 cm) i 1047D (110,1 cm), a najmniejsze u odmiany 1054 (38,5 cm), przy grubości pędów: największe u odmian Start i Ekotur (po 8,60 mm), a najmniejsze – u odmiany 1054 (2,24 mm) oraz przy liczbie pędów w karpie: największe u odmiany 1047D (2,64 sztuki), a najmniejsze u odmian Sprint (0,31 sztuki) i Oloff (0,33 sztuki).

Ważnym aspektem przy uprawie wierzby jest dostosowanie dawki azotu do potrzeb fizjologicznych odmiany wierzby [6]. W praktyce nie uwzględnia się wymagań nawozowych odmian wierzby. W Irlandii i Anglii przy uprawie wierzby zaleca się nie przekraczać dawki  $120\text{--}150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N [2, 5], w Szwecji –  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N [4], w Polsce  $80\text{--}90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N [7]. Do uprawy wierzby można wykorzystywać także osady ściekowe, ścieki surowe oraz różne komposty, w tym z osadów komunalnych nie różnicując dawki w zależności od odmiany wierzby. W pracy Styszki i współ. [6] wykazano, że klony wierzby posiadają zróżnicowane wymagania nawozowe. Najwyższe plony suchej masy uzyskali oni przy dawkach azotu  $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N u klonu 1047D,  $107 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N u klonu 1023,  $88 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N u klonu 1013 i  $55 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  N u klonu 1056. To potwierdza tezę, że na plantacjach produkcyjnych wierzby należy dostosowywać nawożenie azotem do uprawianej odmiany.

**Tabela 4.** Wpływ interakcji lat odrastania pędów z dawkami azotu na analizowane cechy

**Table 4.** Influence of interaction between years of shoots regrowth and doses of nitrogen on analysed features

Lata odrastania pędów [A]	Dawka azotu [kg·ha <sup>-1</sup> N] [C]	Długość pędów [cm]	Grubość pędów [mm]	Liczba żywych pędów w karpie [sztuk]
1	0	100,8	7,11	9,36
	60	<b>105,1</b>	7,07	<b>9,77</b>
	120	<b>98,5</b>	<b>6,86</b>	7,88
	180	101,8	<b>7,25</b>	<b>7,60</b>
2	0	<b>218,8</b>	<b>12,67</b>	<b>6,07</b>
	60	259,3	14,93	5,82
	120	250,9	14,99	4,96
	180	<b>286,9</b>	<b>16,84</b>	<b>4,84</b>
3	0	<b>267,4</b>	<b>16,13</b>	4,58
	60	346,5	19,96	<b>4,81</b>
	120	358,6	20,44	3,96
	180	<b>397,9</b>	<b>24,54</b>	<b>3,65</b>
4	0	<b>314,6</b>	<b>18,68</b>	3,72
	60	411,6	24,83	<b>3,88</b>
	120	430,8	26,89	3,05
	180	<b>474,4</b>	<b>32,07</b>	<b>2,84</b>
<b>NIR<sub>0,05</sub></b>		8,9***	0,49***	0,30***

Istotność przy poziomie: \* $\alpha = 0,05$ ; \*\* $\alpha = 0,01$ ; \*\*\* $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbową dla poziomu  $\alpha = 0,05$

**Tabela 5.** Wpływ interakcji lat odrastania pędów z dawkami azotu na analizowane cechy

**Table 5.** Influence of interaction between years of shoots regrowth and doses of nitrogen on analyzed features

Odmiana wierzby [D]	Dawka azotu [kg·ha <sup>-1</sup> N] [C]	Długość pędów [cm]	Grubość pędów [mm]	Liczba żywych pędów w karpie [sztuk]
1047	0	201,3	12,03	6,46
	60	262,5	15,61	8,06
	120	282,3	17,27	5,32
	180	317,3	20,08	5,80
1054	0	194,8	11,20	5,99
	60	215,7	12,54	5,91
	120	243,7	13,60	5,37
	180	233,3	13,44	4,99
1047D	0	198,8	12,40	6,71
	60	273,2	16,17	6,58
	120	271,7	15,85	5,25
	180	308,9	19,97	4,07
Start	0	170,4	10,75	6,48
	60	247,2	15,16	5,81
	120	215,4	13,60	4,49
	180	264,9	19,35	4,24
Sprint	0	219,3	13,08	6,44
	60	275,9	15,83	6,80
	120	285,9	16,30	5,68
	180	319,0	19,05	6,13
Turbo	0	204,9	12,56	5,63
	60	264,9	15,73	5,88
	120	287,6	17,64	5,36
	180	274,1	17,08	4,01
Ekotur	0	322,9	20,89	5,41
	60	357,5	23,23	5,54
	120	380,5	26,49	4,28
	180	406,8	29,49	4,52



Tabela 5. cd.  
Table 5. cont.

Odmiana wierzby [D]	Dawka azotu [kg·ha <sup>-1</sup> N] [C]	Długość pędów [cm]	Grubość pędów [mm]	Liczba żywych pędów w karpie [sztuk]
Oloff	0	256,1	15,33	4,74
	60	280,0	16,61	5,03
	120	306,5	18,52	3,95
	180	371,1	22,33	4,41
Jorr	0	188,7	11,07	6,15
	60	302,1	16,95	5,74
	120	261,7	15,37	5,01
	180	275,5	16,80	5,07
Tordis	0	296,8	17,13	5,31
	60	327,3	19,15	5,37
	120	311,9	18,31	4,91
	180	381,6	24,18	4,07
<b>NIR<sub>0,05</sub></b>		14,0***	0,78***	0,47***

Istotność przy poziomie: \*\*\* $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbową dla poziomu  $\alpha = 0,05$

#### 4. Wnioski

1. Długość, grubość i liczba pędów w karpie wierzby były zróżnicowane w latach odrastania pędów. Większe zróżnicowanie tych cech stwierdzono przy odmianach niż dawkach azotu przy długości i grubości pędów, a mniejsze przy liczbie pędów w karpie. Spośród interakcji, znaczenie miały współdziałania odmian z latami odrastania pędów, odmian z dawkami azotu i lat odrastania pędów z dawkami azotu.
2. Przeciętnie z dziesięciu odmian wierzby najdłuższe i najgrubsze pędy uzyskano przy nawożeniu dawką 180 kg·ha<sup>-1</sup> N, natomiast dawka ta powodowała zmniejszenie liczby pędów w karpie.
3. Odmiany wierzby różniły się reakcją na dawkę azotu we wzroście pędów na długość i grubość oraz w ilości żywych pędów w karpie.
4. Po zastosowaniu dawki 180 kg·ha<sup>-1</sup> największym przyrostem na długość zareagowały odmiany 1047, Oloff i 1047D, przy grubości pędów – odmiany Start i Ekutor, a najmniejszym – odmiana 1054.

## Literatura

1. **Borzymowska A., Styszko L.:** *Wpływ gęstości sadzenia na długość, grubość i liczbę pędów w karpie wierzby w czteroletnim cyklu uprawy.* Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 14: w druku, 2012.
2. **Dawson M.:** *Willow Best Practice Guidelines.* Agri-Food and Biosciences Institute (AFBI) North Ireland, Belfas 2010.
3. *Energia ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2010 r.* GUS Warszawa 2011.
4. **Larson S., Dobrzaniecki S.:** *Agrobränsle ab – the worlds leading authority on commercial short rotation willow (salix) coppice (src).* [w:] *Rozwój energii odnawialnej na Pomorzu Zachodnim.* Praca zbiorowa pod redakcją Piotra Lewandowskiego i Władysława Nowaka. Koszalin 2004.
5. **Macpherson G.:** *Home-grown Energy from Short-rotation Coppice.* Farming Press. United Kingdom 1995.
6. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma-Horwat M.:** *Ocena potrzeb nawozowych wybranych klonów wierzby energetycznej przy nawożeniu upraw kompostem z osadów komunalnych.* Monografie Komitetu Ochrony Środowiska PAN: w druku, 2012.
7. **Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M. J.:** *Wierzba energetyczna.* Wydawnictwo Plantpress, Kraków 2004.

## Influence of Fertilization with Nitrogen on Selected Properties of Willow in the Four-year Cultivation Cycle

### Abstract

This experiment was conducted to assess regrowth of shoots of willow in the four-years-cycle of cultivation at different doses of nitrogen. At length, thickness and number of shoots in the carp, were most affected by years of willow shoots regrowth, less by variety, doses of nitrogen and time of measurement. Among the interactions of those features big importance have interaction between varieties and years of regrowth of shoots, between varieties and doses of nitrogen and years of regrowth of shoots and doses of nitrogen. The average of ten varieties of willow, longest and thickest stems were obtained at doses of 180 kg of nitrogen per hectare. Tested varieties of willow were characterized by different reactions to the doses of nitrogen in the analyzed features. The varieties 1047, Oloff and 1047D had the longest shoots and varieties Start and Ekotur – thickest shoots at the doses of 180 kg of nitrogen per hectare. Doses of 180 kg·ha<sup>-1</sup> reduced numbers of stems per carp.