

Ilona ŚWITAJSKA<sup>1</sup>, Angela POTASZNIK<sup>1</sup> i Sławomir SZYMCZYK<sup>1</sup>

## WPLYW UPRAWY WIERZBY KRZEWIASTEJ NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU, WAPNIA, SODU I POTASU W WODACH GRUNTOWYCH

### INFLUENCE OF CULTIVATION OF WILLOW ON THE CONTENT MAGNESIUM, CALCIUM, SODIUM AND POTASSIUM IN GROUNDWATERS

**Abstrakt:** Badania nad wpływem uprawy wierzby krzewiastej na jakość wód gruntowych pod względem zawartości sodu, wapnia, potasu i magnezu realizowano od stycznia 2011 roku do grudnia 2012 roku na terenie północno-wschodniej Polski. Obiekt badawczy znajduje się na gruntach należących do Stacji Dydaktyczno-Badawczej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z siedzibą w Łęczanach - obiekt Samławki. W celu analiz chemicznych wody gruntowe pobierano systematycznie raz w miesiącu z zainstalowanych 7 piezometrów. Cztery z nich zostały zlokalizowane na plantacji wierzby: po jednym na wierzchołku, stoku oraz dwa o zróżnicowanej głębokości (A - 1,62 m głębokości i B - 2,65 m głębokości) w obniżeniu terenu. Trzy pozostałe punkty stanowiły obiekty porównawcze i umieszczono je: na gruncie ornym oraz w lesie (na wierzchołku i w obniżeniu terenu). W pobranych wodach oznaczono standardowymi metodami stężenia magnezu, wapnia, sodu i potasu. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można zauważyć, że najwyższy poziom zalegania wód gruntowych stwierdzono na gruntach ornych ( $110,8 \pm 53,7$  cm p.p.t.), z kolei najniższy występował na wierzchołku w lesie ( $572,8 \pm 27,0$  cm p.p.t.). Na terenie plantacji najwyższe stany wód były charakterystyczne dla punktu w obniżeniu terenu ( $272,0 \pm 25,4$  cm p.p.t.). Uprawa wierzby wiciowej na cele energetyczne w istotny sposób wpłynęła na zawartość w wodach gruntowych magnezu i wapnia, które występowały w największych stężeniach w wodzie gruntowej na stoku plantacji ( $15,1 \pm 3,8$  mg  $Mg \cdot dm^{-3}$  oraz  $88,8 \pm 26,4$  mg  $Ca \cdot dm^{-3}$ ) oraz na wierzchołku ( $13,6 \pm 4,5$  mg  $Mg \cdot dm^{-3}$  i  $109,1 \pm 22,3$  mg  $Ca \cdot dm^{-3}$ ). Największe koncentracje sodu również występowały w wodzie gruntowej na wierzchołku plantacji ( $10,2 \pm 1,6$  mg  $Na \cdot dm^{-3}$ ) oraz na gruntach ornych ( $11,5 \pm 2,0$  mg  $Na \cdot dm^{-3}$ ). Stężenia potasu w wodach gruntowych uzależnione były od poziomu zalegania, co potwierdzają najwyższe koncentracje w punktach zlokalizowanych na wierzchołku zarówno na plantacji wierzby ( $5,2 \pm 4,4$  mg  $K \cdot dm^{-3}$ ), jak i w lesie ( $4,3 \pm 2,7$  mg  $K \cdot dm^{-3}$ ).

**Słowa kluczowe:** wierzba krzewiasta *Salix viminalis* L., wody gruntowe

Pozyskiwanie energii z biomasy, w tym m.in. uprawa wierzby na cele energetyczne, stało się ważnym kierunkiem działania współczesnego rolnictwa. Niekorzystnym przejawem rolnictwa konwencjonalnego jest zasolenie gleby, które wpływa na zmniejszenie produkcji roślinnej. Powodowane jest ono nagromadzeniem w glebie łatwo rozpuszczalnych soli nieorganicznych. Skutkiem tego zjawiska jest obecność w roztworze glebowym nadmiernej ilości magnezu, wapnia, sodu i potasu w odniesieniu do możliwości asymilacyjnych roślin. Negatywnym przejawem jest zmniejszenie dostępnej wody w glebie i składników mineralnych [1]. W celu zapobiegania nadmiernemu zasoleniu stosuje się biologiczne zagospodarowanie terenu przy użyciu roślin odpornych na podwyższone stężenia składników je powodujące. Rośliny te powinny być usunięte z oczyszczanego terenu jeszcze przed zakończeniem. W tym celu często stosuje się uprawę wierzby

<sup>1</sup> Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-756 Olsztyn, tel. 89 523 43 86, email: ilona.switajska@uwm.edu.pl, angela.potasznik@uwm.edu.pl, szymek@uwm.edu.pl

\*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnołtówek, 23-26.10.2013

krzewiastej *Salix* sp., gatunku, który asymiluje zanieczyszczenia z gleby, dlatego jego zastosowanie uznaje się za pionierskie. Uprawa roślin energetycznych może istotnie wpływać na zawartość wspomnianych jonów w wodach gruntowych pod uprawionymi terenami.

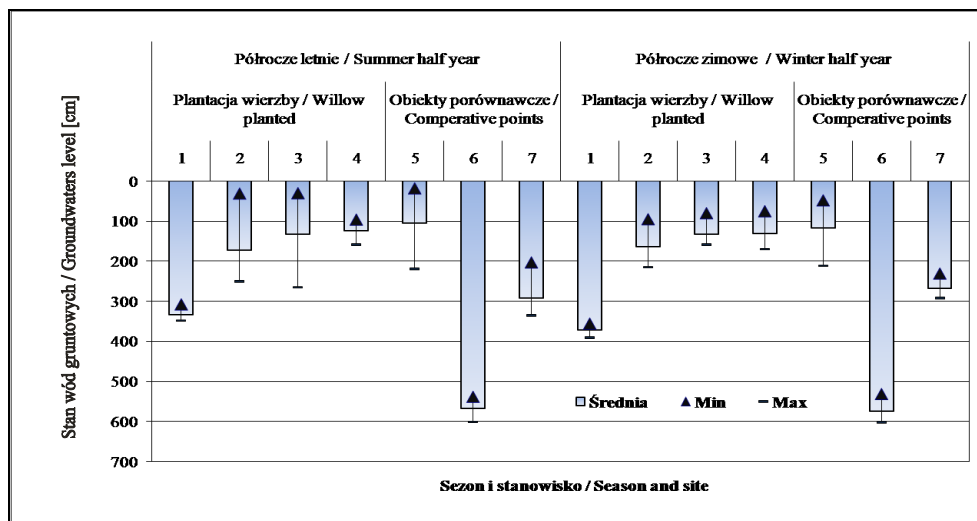
### **Materiał i metody badań**

Celem badań była analiza wpływu uprawy wierzby krzewiastej (*Salix viminalis* L.) na zawartość w wodzie gruntowej sodu, wapnia, magnezu i potasu. Badania realizowane były od stycznia 2011 roku do grudnia 2012 roku na terenie Stacji Dydaktyczno-Badawczej UWM w Olsztynie w miejscowości Samławki, położonej w województwie warmińsko-mazurskim, w odległości ok. 80 km od Olsztyna. Uwzględniając typową dla obszarów pojeziernych urzeźbioną topografię terenu, na którym założono plantację wierzby uprawianej na cele energetyczne, punkty badawcze - piezometry zlokalizowano po jednym na wzniesieniu i stoku oraz dwa w obniżeniu terenu (obniżenie A - 1,62 m głębokości i obniżenie B - 2,65 m głębokości). W celach porównawczych zainstalowano dodatkowo trzy piezometry, jeden z nich umieszczono na sąsiadującym z plantacją wierzby gruncie ornym oraz dwa w pobliskim lesie (na wierzchołku i w obniżeniu terenu). Wody do analiz chemicznych pobierano systematycznie raz w miesiącu za pomocą pompki zanurzeniowej typu GIGANT. W pobranych wodach gruntowych w laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska oznaczono stężenia magnezu, wapnia, sodu i potasu. Każdorazowo za pomocą gwizdka hydrologicznego określano głębokość położenia wód gruntowych.

### **Wyniki badań i dyskusja**

Zawartość składników mineralnych w wodach gruntowych zależy od przemieszczania się ich w głąb profilu glebowego. Intensywność tego procesu regulowana jest poprzez właściwości fizykochemiczne gleby, sposób jej użytkowania, usytuowanie w terenie oraz pokrycie szatą roślinną [2]. Uwilgotnienie gleb jest uzależnione od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych, intensywności parowania, ale może być również związane z poziomem zalegania wód gruntowych, na który wpływają zabiegi melioracyjne (odwadnianie i nawadnianie), oraz sposób użytkowania gleby. Wpływa ono na przemieszczanie się składników w profilu glebowym, w efekcie na ich rozmieszczenie w wodach gruntowych [3]. Na podstawie obserwacji wykonanych od stycznia 2011 do grudnia 2012 roku stwierdzono, że zarówno w półroczu letnim, jak i zimowym najwyższe stany wód gruntowych na plantacji wierzby występowały w obniżeniu terenu (średnio: obniżenie A - 133 cm p.p.t.; obniżenie B - 124 cm p.p.t. w półroczu zimowym do 130 cm p.p.t. w półroczu letnim), zaś najniżej położone zwierciadło wód gruntowych (średnio od 372 cm p.p.t. w sezonie letnim do 334 cm p.p.t. w sezonie zimowym) wystąpiło na wierzchołku (rys. 1).

Wśród punktów położonych na terenie plantacji i obiektów porównawczych najniżej zalegające wody gruntowe zaobserwowano na wierzchołku w lesie (średnio od 574 cm p.p.t. w okresie letnim do 568 cm p.p.t. w okresie zimowym). Najwyższy poziom wód gruntowych (średnio 116-105 cm p.p.t.) występował na gruntach ornym.



Objaśnienia: Plantacja wierzby: 1 - wierzchowina; 2 - stok; 3 i 4 - obniżenie terenu. Obiekty porównawcze:

5 - grunt orny; 6 - las-wierzchowina; 7 - las - obniżenie

Explanations: The willow plantation: 1 - elevation of land; 2 - slope; 3 and 4 - depression of land. The comparative objects: 5 - arable land; 6 - elevation of forest; 7 - depression of forest

Rys. 1. Głębokość zalegania wód gruntowych w punktach pomiarowych

Fig. 1. Depth of groundwater in measuring points

Wapń i magnez należą do ważnych makroelementów potrzebnych do prawidłowego rozwoju roślin i pobierane są przez nie w dużych ilościach. Magnez jest bardzo ważnym składnikiem chlorofilu w roślinach oraz pełni rolę aktywatora w wielu reakcjach enzymatycznych [4]. Z kolei wapń reguluje dopływ wody i zachodzące procesy metaboliczne. Może wpływać również na akumulację koloidów glebowych [5]. Sód i potas również wpływają istotnie na procesy życiowe roślin; potas m.in. odpowiada za syntezę i procesy oddychania oraz reguluje nawilżenie tkanek.

Tabela 1

Stężenie magnezu [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] w wodach gruntowych pod plantacją wierzby energetycznej

Table 1

Concentration of magnesium [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] in the groundwater under the willow plantation

Punkt badawczy	Półrocze letnie	Półrocze zimowe	Min.	Max	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
<b>Plantacja wierzby</b>							
Wierzchowina	12,9	15,3	1,2	18,2	13,6	14,7	4,5
Stok	14,8	15,4	8,3	21,4	15,1	15,2	3,8
Obniżenie A	9,4	9,2	4,7	12,6	9,3	10,1	2,6
Obniżenie B	10,1	8,8	3,7	12,2	9,5	10,8	3,1
<b>Obiekty porównawcze</b>							
Grunt orny	12,3	15,3	5,5	21,4	13,8	13,5	4,1
Las - wierzchowina	8,2	11,7	3,9	14,6	9,2	9,2	3,2
Las - obniżenie	3,9	3,3	1,1	14,4	3,6	2,6	3,4

Zawartość magnezu w badanych wodach gruntowych uzależniona była głównie od sposobu zagospodarowania zlewni, ukształtowania terenu oraz możliwości jego bioakumulacji (zmiennosc sezonowa). Analizując stężenia magnezu w badanych wodach gruntowych, jego najmniejszą zawartość ( $1,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  oraz średnio  $3,6 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) stwierdzono w obniżeniu terenu w lesie, zaś zawartość jonów magnezu w wodach gruntowych na wierzchołku w lesie (średnio  $9,2 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) i była ona zbliżona do zawartości magnezu w wodzie w obniżeniu terenu na plantacji wierzby wynoszącej  $9,3$  i  $9,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (tab. 1).

Największą zawartość magnezu zaobserwowano w wodach gruntowych na stoku plantacji wierzby (średnio  $15,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), która była o  $1,3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  większa w porównaniu do zawartości w wodzie pod gruntem ornym. Na plantacji wierzby największe ( $21,4 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) stężenie magnezu zaobserwowano w lipcu 2011 roku w wodach gruntowych na stoku. Najmniejsze ( $1,2 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) stężenia magnezu w wodach gruntowych wystąpiły na wierzchołku plantacji w drugim roku badań (2012 r.). Zarówno w obydwu wyróżnionych półroczach, jak i średnio z dwóch lat obserwacji zbliżone stężenia magnezu występowały w wodach gruntowych na wierzchołku i stoku pod plantacją wierzby oraz pod gruntami ornymi, natomiast w obniżeniu terenu pod wierzbą jego stężenia były zbliżone do wartości stwierdzonych na wierzchołku pod lasem. W porównaniu do plantacji wierzby, pod lasem stwierdzono znacznie większe zróżnicowanie stężenia magnezu pomiędzy wodą gruntową na wzniesieniu i w obniżeniu terenu. Było ono ponad 3-krotnie większe na wzniesieniu niż w obniżeniu terenu. Mogło to wynikać ze znacznie większej bioakumulacji magnezu przez intensywniej rozwijającą się roślinność leśną w obniżeniu terenu. Podobna tendencja wystąpiła na plantacji wierzby, ale zróżnicowanie to sięgało 42-48%. W półroczu zimowym, czyli w warunkach braku lub ograniczonej bioakumulacji w badanych wodach gruntowych, zasadniczo obserwowano większe stężenia magnezu. Największe zróżnicowanie stężenia magnezu w wodach gruntowych pomiędzy rozpatrywanymi półroczami wystąpiło pod lasem, gdzie zimą było ono większe o ok. 30%, oraz pod gruntami ornymi o ok. 20%.

Według Burzyńskiej [6], stężenie magnezu w płytkich wodach gruntowych usytuowanych na gruntach zagospodarowanych łąkowo wynosiły średnio  $11,80 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Wykazała ona, że czynnikami decydującymi o pobieraniu magnezu przez roślinność łąkową mógł być skład gatunkowy runi łąkowej, pH gleby oraz stosunek magnezu i kationów towarzyszących. Ponadto po zaniechaniu użytkowania wraz ze zmniejszeniem się kwasowości gleby wystąpiły warunki sprzyjające do migracji tego składnika do płytkich wód gruntowych. Podobne tendencje wykazały badania Koca i in. [2] bez względu na sposób użytkowania gleby. Procesy powodujące zwiększenie zakwaszenia gleby (kwaśne deszcze czy proces nityfikacji) mogą wpływać na wzrost wymywania magnezu z gleby do wód gruntowych.

W okresie realizacji badań (lata 2011-2012) największe stężenie wapnia ( $149,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) stwierdzono w wodzie gruntowej pod plantacją wierzby na wzniesieniu terenu, zaś najmniejsze ( $8,3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w obniżeniu terenu pod lasem. Analogicznie układały się również obliczone wartości średnie stężenia wapnia. Stąd największe średnie stężenia wapnia w wodach gruntowych stwierdzono na wzniesieniach terenu pod plantacją wierzby (średnio  $109,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) oraz na stoku (średnio  $88,8 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), zaś najmniejsze w obniżeniu terenu pod lasem (średnio  $12,8 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Jednak, podobnie jak w przypadku

magnezu, znacznie mniejsze stężenia wapnia były w wodach gruntowych w obniżeniu terenu (tab. 2).

Tabela 2  
Stężenie wapnia [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] w wodach gruntowych pod plantacją wierzby energetycznej

Concentration of calcium [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] in the groundwater under the willow plantation

Punkt badawczy	Półrocze letnie	Półrocze zimowe	Min.	Max	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
<b>Plantacja wierzby</b>							
Wierzchowina	111,3	102,1	67,4	149,0	109,1	111,0	22,3
Stok	93,2	83,5	33,7	121,0	88,8	98,4	26,4
Obniżenie A	77,7	61,4	32,6	100,0	70,0	74,6	19,1
Obniżenie B	87,7	63,2	36,2	109,0	76,6	81,0	25,3
<b>Obiekty porównawcze</b>							
Grunt orny	72,1	71,4	28,9	100,0	71,8	71,0	19,1
Las - wierzchowina	63,4	96,0	30,2	125,0	74,3	73,3	30,3
Las - obniżenie	10,7	15,3	8,3	24,4	12,8	12,2	4,5

W wodach gruntowych pod plantacją wierzby oraz gruntami ornymi mniejsze stężenia wapnia stwierdzono w półroczu zimowym, zaś pod lasem wystąpiła tendencja odwrotna, ponieważ znacznie większe jego stężenia zaobserwowano w półroczu letnim.

Na podstawie przeprowadzonych badań w latach 2011-2012 w Samławkach stwierdzono, że stosunek Ca/Mg w wodach gruntowych pod plantacją wierzby oraz pod lasem były zbliżone (odpowiednio 7,25 i 7,14), zaś pod gruntami ornymi był nieco wyższy i wynosił 5,2. Według badań Orzepowskiego i Pulikowskiego [7], stosunki Ca/Mg w wodach gruntowych pod gruntami ornymi wynoszą od 2,7 do 6,9.

Tabela 3  
Stężenie sodu [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] w wodach gruntowych pod plantacją wierzby energetycznej

Concentration of sodium [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] in the groundwater under the willow plantation

Punkt badawczy	Półrocze letnie	Półrocze zimowe	Min.	Max	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
<b>Plantacja wierzby</b>							
Wierzchowina	10,8	8,6	7,6	13,2	10,2	10,0	1,6
Stok	8,9	8,0	3,6	13,2	8,5	8,3	1,8
Obniżenie A	5,5	5,8	2,1	10,0	5,6	5,6	2,3
Obniżenie B	7,7	8,3	5,2	10,0	8,0	8,3	1,6
<b>Obiekty porównawcze</b>							
Grunt orny	11,3	11,6	6,3	15,7	11,5	12,0	2,0
Las - wierzchowina	6,2	5,9	5,6	7,2	6,1	6,0	0,5
Las - obniżenie	4,5	2,5	1,7	17,5	3,6	2,5	4,0

W badanych wodach gruntowych największe ( $17,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) oraz najmniejsze ( $1,7 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) stężenia sodu stwierdzono w obniżeniu terenu pod lasem. Stężenia sodu w wodach gruntowych pod plantacją wierzby wynosiły od  $2,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  w obniżeniu A do

13,2 mg·dm<sup>-3</sup> na wierzchowinie i stoku, zaś pod gruntami ornymi od 6,3 do 15,7 mg·dm<sup>-3</sup> (tab. 3).

Porównując średnie stężenia sodu w wodach gruntowych z dwuletniego okresu badań, nieco większe jego ilości występowały w wodzie gruntowej pod gruntami ornymi niż pod plantacją wierzby (bez względu na ukształtowanie terenu) oraz 2-3-krotnie większe niż pod lasem. Może to wskazywać na postępujący proces zasolenia wód gruntowych pod ornice użytkowanymi glebami, co zapewne wynika zarówno z intensywnej uprawy gleby, (rozluźniona warstwa powierzchniowa), jak i ze stosowania nawożenia mineralnego. Biorąc pod uwagę średnie stężenia dla półrocza letniego i zimowego, największa zawartość sodu wystąpiła również w wodach gruntowych pod gruntem ornym (od 11,3 mg·dm<sup>-3</sup> w półroczu letnim do 11,6 mg·dm<sup>-3</sup> w półroczu zimowym). Również stosunkowo wysokie stężenia sodu obserwowane były na plantacji wierzby na wierzchowinie 8,6-10,8 mg·dm<sup>-3</sup>, z tym że w tym przypadku większe wartości wystąpiły w półroczu letnim. Pod plantacją wierzby najmniejsze stężenie sodu (średnio 5,6 mg·dm<sup>-3</sup>) w wodzie gruntowej stwierdzono w obniżeniu terenu w płytszym piezometrze (A), mniejszą wartość stwierdzono jedynie w obniżeniu leśnym (średnio 3,6 mg·dm<sup>-3</sup>).

Według badań Orzepowskiego i Pulikowskiego [7], podwyższony poziom substancji mineralnych w wodach gruntowych wynika z rodzaju gleby w danym regionie oraz wykorzystania rolniczego gruntów dopływu zanieczyszczeń. Ich zdaniem, największe stężenia sodu (109,7 mg Na·dm<sup>-3</sup>) występują nie na gruntach ornym (czarna ziemia-ity i ity pylaste), a na terenie zanieczyszczanym przez punktowy dopływ ścieków z lokalnych gospodarstw rolnych.

Badania Cymesa i Szymczyka [3] wykazały mniejsze stężenia magnezu, wapnia i sodu w wodach gruntowych na obszarach użytkowanych ornice niż na użytkach zielonych, co związane jest z większym pobieraniem przez rośliny, któremu sprzyja lepsze napowietrzanie gleb z uregulowanymi stosunkami powietrzno-wodnymi. Istotny wpływ na stężenie składników mineralnych w wodach gruntowych ma również ukształtowanie terenu wpływające na migrację składników oraz możliwość ich wykorzystania przez rośliny. Składniki łatwo rozpuszczalne w wodzie migrują zgodnie z kierunkiem jej odpływu, powoduje to znaczące zubożenie gleb i wód gruntowych na wzniesieniu terenu. Składniki te wzbogacają wody gruntowe na stoku i w obniżeniu terenu. W dogodnych warunkach wilgotnościowych mogą być one pobierane przez rośliny, zaś wystąpienie niedoborów wodnych, które występują częściej na stokach terenu niż w jego obniżeniu, może powodować obniżenia tempa bioakumulacji, a w efekcie zwiększenie stężenia składników w wodzie gruntowej [3].

Stężenie potasu w badanych wodach gruntowych wahało się od 0,4 mg·dm<sup>-3</sup> w obniżeniu terenu na plantacji wierzby i pod lasem do 16,4 mg·dm<sup>-3</sup> na wzniesieniu terenu pod plantacją wierzby. Największe średnie stężenia potasu w wodach gruntowych stwierdzono na wzniesieniu terenu pod plantacją wierzby (5,2±4,4 mg·dm<sup>-3</sup>) oraz pod lasem (4,3 mg·dm<sup>-3</sup>), wynikało to zapewne z jego denudacji z gleby w głąb profilu poza zasięg korzeni roślin, co znacząco utrudniało jego bioakumulację, szczególnie w warunkach niedoboru wody (tab. 4). Najmniejsze stężenia potasu pod plantacją wierzby występowały w obniżeniach terenu, wynosząc średnio 1,8±0,8 mg·dm<sup>-3</sup> oraz 2,0±0,7 mg·dm<sup>-3</sup>.

Tabela 4  
Stężenie potasu [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] w wodach gruntowych pod plantacją wierzby energetycznejTable 4  
Concentration of potassium [ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] in the groundwater under the willow plantation

Punkt badawczy	Półrocze letnie	Półrocze zimowe	Min.	Max	Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
<b>Plantacja wierzby</b>							
Wierzchowina	5,8	3,4	1,4	16,4	5,2	4,0	4,4
Stok	2,4	2,0	1,3	5,8	2,2	2,0	1,0
Obniżenie A	1,5	2,1	0,4	3,0	1,8	1,8	0,8
Obniżenie B	1,9	2,1	1,0	3,3	2,0	1,9	0,7
<b>Obiekty porównawcze</b>							
Grunt orny	2,0	1,6	0,7	5,0	1,8	1,5	0,9
Las - wierzchowina	3,5	6,3	2,4	10,2	4,3	3,6	2,7
Las - obniżenie	1,7	2,3	0,4	5,8	1,9	1,6	1,2

Analiza stężeń potasu w omawianych wodach gruntowych na tle rozpatrywanych półroczy pod wpływem ukształtowania terenu i sposobu jego zagospodarowania wykazała nieco odmienne zależności. Na wzniesieniu terenu i stoku pod plantacją wierzby oraz pod gruntami ornymi znacznie większe stężenia potasu występowały w okresie wegetacyjnym (półrocze letnie), zaś odwrotna tendencja pojawiła się na obszarze leśnym oraz w obniżeniu terenu pod plantacją wierzby.

Zawartość składników mineralnych w wodach gruntowych zależała znacząco od sposobu zagospodarowania zlewni oraz od zastosowania nawożenia, które w istotny sposób wpływa na ich zawartość w glebie. Badania Burzyńskiej [6] wykazały, że stosowane niegdyś nawożenie azotem (saletra amonowa i wapniowa) miało następczy wpływ na zawartość potasu w glebie i w wodach gruntowych. Badania Czajkowskiej [8] wykazały związek między zawartością potasu w wodach gruntowych a porą roku. Jesienią stężenia potasu były wyższe (w październiku wynosiły  $13,8 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , zaś próbki letnie zawierały  $11,7 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) niezależnie od przepuszczalności gruntu, stanowiącego strefę aeracji. Przyczyną tego mogą być terminy nawożenia potasem przypadające na okres późnoletni oraz wczesnojesienny i łatwość jego migracji na terenie zlewni rolniczej.

## Wnioski

1. Stężenie magnezu, wapnia, sodu i potasu w wodach gruntowych było uzależnione od sposobu zagospodarowania terenu, jego ukształtowania oraz warunków meteorologicznych wpływających na możliwość bioakumulacji oraz intensywność przemieszczania wody, a wraz z nią składników mineralnych w profilu glebowym.
2. Zawartość magnezu, wapnia, sodu i potasu w wodach gruntowych pod plantacją wierzby uprawianej na cele energetyczne była uzależniona od dostępności wody dla roślin w okresie wegetacji. Okresowe niedobory wody na wzniesieniu terenu i stoku ograniczają możliwość pobierania składników pokarmowych, co powoduje zwiększenie stężenia magnezu, wapnia, sodu i potasu w wodach gruntowych.
3. W zbliżonych warunkach dostępności wody dla roślin na gruntach ornym i na plantacji wierzby (obniżenie terenu) uprawa wierzby wiciowej wpływała na zmniejszenie stężenia magnezu, wapnia, sodu i potasu w wodzie gruntowej.

## Podziękowania

Opisane badania były finansowane z budżetu Zadania Badawczego nr 4 pt. „Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych“ w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt. „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” realizowanego ze środków NCBiR i ENERGA S.A.

## Literatura

- [1] Telesiński A. Wpływ zasolenia na wybrane biochemiczne wskaźniki żyzności gleby. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 2012;12:209-217. [bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0008-0031](http://bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0008-0031).
- [2] Sapek B. Calcium and magnesium in atmospheric precipitation groundwater and the soil solution in long-term meadow experiments. J Elementol. 2014;1:191-208. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.1.597.
- [3] Cymes I, Szymczyk S. Wpływ sposobu użytkowania terenu, melioracji i czynników naturalnych na stężenia Na, Ca i Mg w wodach gruntowych i ich odpływ siecią drenarską z gleb ciężkich. Inż Ekolog. 2005;13:42-49.
- [4] Pasternak K, Kocot J, Horecka A. Biochemistry of magnesium. J Elementol. 2010;15(3):601-616. <http://www.uwm.edu.pl/jold/poj1532010/jurnal-16.pdf>.
- [5] Wińska-Krysiak M. Białka transportujące wapń w roślinie. Acta Agrophys. 2006;7(3):751-762. [http://www.old.actaagrophysica.org/artykuly/acta\\_agrophysica/ActaAgr\\_134\\_2006\\_7\\_3\\_751.pdf](http://www.old.actaagrophysica.org/artykuly/acta_agrophysica/ActaAgr_134_2006_7_3_751.pdf).
- [6] Burzyńska I. Wpływ terminu pobierania próbek gleby na współzależność między zawartością fosforu, potasu i magnezu w wyciągu 0,01 mol CaCl<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> z gleby i ich stężenia w płytkich wodach gruntowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 2006;6:77-87.
- [7] Orzepowski W., Pulikowski K. Magnesium, calcium, potassium and sodium content in groundwater and surface water in arable lands in the commune of Kąty Wrocławskie. J Elementol. 2008;13(4):605-614. <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-a8a51046-829a-4ae7-867c-deae1c4524aa>.
- [8] Czajkowska A. Stopień zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych w zagospodarowanej rolniczo części zlewni Biedrawki. Górnictwo Geol. 2010;5(4):91-103. [https://www.polsl.pl/Wydzialy/RG/Wydawnictwa/Documents/kwartal/5\\_4\\_8.pdf](https://www.polsl.pl/Wydzialy/RG/Wydawnictwa/Documents/kwartal/5_4_8.pdf).

## INFLUENCE OF CULTIVATION OF WILLOW ON THE CONTENT MAGNESIUM, CALCIUM, SODIUM AND POTASSIUM IN GROUNDWATERS

Department of Land Reclamation and Environmental Development  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

**Abstract:** The research about the influence of willow cultivation on content magnesium, calcium, sodium and potassium in groundwater was implemented from January 2011 to December 2012, in the north-eastern Polish. The tested object was located in the Research Station in Lezany (Samławki) belonging to the University of Warmia and Mazury in Olsztyn. For analysis of groundwater were installed 7 piezometers. Four of them was located in the willow planted: on the elevation, slope and depression of land (two with different depths: A: 1.62 m and B: 2.65 m deep) and from three points of comparison object (of arable land located in the vicinity on the plantation, and the elevation and depression of forest). The chemical analysis of sampling water was determined by standard methods of magnesium, calcium, sodium and potassium. On the basis of observations can be concluded that the highest level of residual groundwater was characteristic areas of arable land (110.8±53.7 cm below the surface under area), while the lowest occurred on elevation of forest (572.8±27.0 cm below the surface under area). On area of plantation of willow highest water level were characteristic of point in the depression of land (272.0±25.4 cm below the surface under area). Willow planted significantly influenced the content in groundwater compounds of magnesium and calcium, which were the highest values in piezometer located on the slope of plantation (15.1±3.8 mg Mg·dm<sup>-3</sup>, and 88.8±26.4 mg Ca·dm<sup>-3</sup>) and elevation of land (13.6±4.5 mg Mg·dm<sup>-3</sup> and 109.1± 2.3 mg Ca·dm<sup>-3</sup>). The highest concentrations of sodium occurred in piezometer



located elevation of land plantation ( $10.2 \pm 1.6 \text{ mg Na} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) and arable land ( $11.5 \pm 2.0 \text{ mg Na} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) also. Content of potassium in groundwaters were dependent retention of the groundwater, which was confirmed by the highest concentrations at point located on the elevation of land plantation ( $5.2 \pm 4.4 \text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) and forest ( $4.3 \pm 2.7 \text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

**Keywords:** willow, *Salix viminalis* L., groundwaters

