

# APARATURA

## BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

### **Wpływ dawek i terminów stosowania węgla wapnia do odkwaszenia torfu wysokiego na zawartość dostępnych składników pokarmowych dla roślin**

*MACIEJ BOSIACKI, ELŻBIETA KOZIK, ELŻBIETA MIELOSZYK*

**UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU, KATEDRA NAWOŻENIA ROŚLIN OGRODNICZYCH**

#### **STRESZCZENIE**

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dawek i terminów stosowania węgla wapnia na dostępność dla roślin makro- i mikrośladników. Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w warunkach kontrolowanych w układzie całkowicie losowym. Czynnikiem doświadczenia były dwa terminy wapnowania torfu wysokiego (I termin – 14 dni przed wprowadzeniem składników pokarmowych, II termin – 14 dni po wprowadzeniu składników pokarmowych), oraz wzrastające dawki węgla wapnia (12,5, 25, 50 i 75 g·dm<sup>-3</sup>). Po 28 dniach od założenia doświadczenia wykonano analizy chemiczne podłoża, w celu określenia przyswajalnych form składników pokarmowych.

Zabieg wapnowania wykonany czternaście dni przed wprowadzeniem składników pokarmowych do podłoża powoduje istotne zmiany w odczynie podłoża (większe pH) w zawartości azotu amonowego, potasu, magnezu, manganu i żelaza (mniej składników) oraz w zawartości miedzi (więcej Cu) w porównaniu do przeprowadzenia zabiegu wapnowania czternaście dni po dodaniu do podłoża składników pokarmowych.

#### **The effect of doses and application terms of calcium carbonate for peat moss deacidification on the content of nutrients available for plants**

#### **ABSTRACT**

The aim of the study was to determine the effect of dose and application terms of calcium carbonate on the availability to the plant macro- and micronutrients. A pot experiment was conducted under controlled conditions in a completely randomized design. The experimental factors were two terms of peat moss liming (I term - 14 days prior to the introduction of nutrients, II term - 14 days after the introduction of nutrients), and increasing doses of calcium carbonate (12.5, 25, 50 and 75 g · dm<sup>-3</sup>). After 28 days from the experiment assumed the chemical analysis of medium was made, in order to determine the available forms of nutrients. Liming treatment made fourteen days prior to the introduction of nutrients to the medium causes significant changes in pH substrate (higher pH), in the content of ammonium nitrogen, potassium, magnesium, manganese and iron (less elements) and copper (more Cu) compared to liming treatment carried out fourteen days after addition of nutrients to the medium.

## 1. WSTĘP

W uprawach ogrodniczych wykorzystuje się różnego rodzaju podłoża organiczne, z których najczęściej stosowanym jest substrat z torfu wysokiego [4]. Dobre podłoże powinno się charakteryzować: korzystnymi i stabilnymi właściwościami fizycznymi, wysoką porowatością, dużą pojemnością wodną, ciepłą, dobrą podsiąkliwością i powinno być wolne od patogenów, nasion chwastów, substancji toksycznych [3].

Większość uprawianych roślin ogrodniczych wymaga podłoża o odczynie w przedziale pH 6,5-7,5 a potrzeby pokarmowe poszczególnych gatunków są bardzo zróżnicowane. Ze względu na kwaśny odczyn torfu wysokiego oraz małą zawartość składników pokarmowych, można przygotować z jego udziałem podłoże do uprawy każdego gatunku rośliny, poprzez wprowadzenie odpowiedniej ilości makro- i mikro- składników oraz regulację odczynu przez wapnowanie. Dawki węgla wapnia ustala się na podstawie krzywej neutralizacji. Zmiana odczynu podłoża wpływa na dostępność składników pokarmowych dla roślin, dlatego ważne jest w jakim terminie należy wykonać zabieg wapnowania.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dawek i terminów stosowania węgla wapnia na dostępność dla roślin makro- i mikro- składników

## 2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie wazonowe prowadzono w szklarni nieogrzewanej w Katedrze Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badania przeprowadzono w pojemnikach bezodpornych o pojemności 1 dm<sup>3</sup>, w celu uniknięcia strat składników pokarmowych, w wyniku wypłukania. Pojemniki wypełniono 31 maja 2010 roku torfem wysokim firmy Hartmann (torfem sfagnowym, mielonym, frakcjonowanym o odczynie kwaśnym (pH 4,50). Torf ten posiada dużą pojemność wodną, jednocześnie zachowując sprężystą strukturę. Masa 1 dm<sup>3</sup> torfu wynosiła 490 gramów. Pojemniki z torfem wysokim podlano do stałej wagi, wynoszącej 605 g·dm<sup>-3</sup> wodą destylowaną. Doświadczenie dwuczynnikowe w układzie całkowicie losowym, składało się z ośmiu kombinacji, każda kombinacja z 10 powtórzeń. Czynnikiem doświadczenia były dwa terminy wapnowania torfu wysokiego (I termin – 14 dni przed wprowadzeniem składników pokarmowych, II termin – 14 dni po wprowadzeniu składników pokarmowych) oraz wzrastające dawki węgla wapnia (12,5, 25, 50 i 75 g·dm<sup>-3</sup>).

Makro- i mikro- składniki zastosowano w postaci roztworów soli chemicznie czystych (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, FeSO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>) w następujących ilościach w mg·dm<sup>-3</sup>: N – 200, P – 100, K – 300, Mg – 100, Fe – 100, Mn – 40, Zn – 20, Cu – 5. Wapnowanie torfu przeprowadzono chemicznie czystym Ca(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Przez cały czas prowadzenia doświadczenia utrzymywano optymalną (uprawową) wilgotność torfu wysokiego, podlewając podłoża do stałej wagi wodą destylowaną. Nie stosowano wody wodociągowej ze względu na możliwość wzrostu odczynu wynikającego z twardości wody (węglany wapnia i magnezu). Po 28 dniach od założenia doświadczenia pobrano próbki podłoża z każdego powtórzenia i we wszystkich próbkach oznaczono pH (H<sub>2</sub>O), EC (mS·cm<sup>-1</sup>) oraz zawartość rozpuszczalnych form składników pokarmowych (N, P, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Fe, Mn, Zn, Cu).

Ponadto oznaczono pH (H<sub>2</sub>O), EC (mS·cm<sup>-1</sup>) oraz zawartość rozpuszczalnych form składników pokarmowych (N, P, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) w samym torfie wysokim przed założeniem doświadczenia oraz po 28 dniach w torfie wysokim, nie wapnowanym, do którego wprowadzono składniki pokarmowe i w torfie wysokim wapnowanym wzrastającymi dawkami węgla wapnia bez dodatku składników pokarmowych.

Wyniki zawartości poszczególnych składników pokarmowych, pH oraz EC poddano analizie statystycznej. Zastosowano analizę wariancji, dwuczynnikową, osobno dla każdego z badanych składników pokarmowych, pH i EC. Analizy statystyczne wykonano w programie STAT – różnice między średnimi określono przy poziomie istotności α=0,05.

### 2.1. Metody oznaczania składników pokarmowych, pH oraz EC w podłożu

Składniki pokarmowe oznaczono w mg·dm<sup>-3</sup> metodą uniwersalną [6, 9] w roztworze CH<sub>3</sub>COOH o stężeniu 0,03 mol·dm<sup>-3</sup>:

- N – NH<sub>4</sub> i N – NO<sub>3</sub>; destylacyjnie (wg Bremnera w modyfikacji Starcka) [10],
- P; kolorymetrycznie metodą wanadomolibdenu,
- K, Ca i Na; metodą fotometrii płomieniowej,
- Mg; metodą absorpcji atomowej (ASA),
- Cl i S – SO<sub>4</sub>; metodą nefelometryczną,
- Fe, Mn, Cu, Zn; oznaczono w wyciągu Lindseya płomieniowo techniką ASA. Wyciąg Lindseya zawiera w 10 dm<sup>3</sup>: 50 g EDTA (kwas wersenowy), 90 ml 25% roztworu NH<sub>4</sub>OH, 40 g kwasu cytrynowego, 20 g Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O.

- pH; oznaczono potencjometrycznie w H<sub>2</sub>O (stosunek podłoża do wody 1:2),
- EC; konduktometrycznie w mS·cm<sup>-1</sup>.

### 3. WYNIKI I DISKUSJA

Torf jest złożoną mieszaniną związków organicznych: kwasów organicznych, huminowych, fulwowych oraz celulozy, bituminy, ligniny i białka [8].

O dostępności form azotu dla roślin decyduje odczyn torfu. Azot w torfie występuje w formie związków organicznych np.: w kwasach huminowych nierozpuszczalnych (30,43-31,10%), w formie aminowej (27,80-31,10%) oraz niezidentyfikowanej 14,78-17,68%). Torfy wysokie charakteryzuje odczyn kwaśny (pH od 2,5-4,5). Torf wysoki zastosowany w doświadczeniu (Tab. 1) charakteryzował się odczynem kwaśnym (pH 4,50). Odczyn torfu wysokiego, bez wapnowania po 28 dniach od wprowadzenia składników pokarmowych (makroelementów i mikroelementów), zmniejszył się o 1,20 jednostki, do pH 3,30 natomiast po zastosowaniu węgla wapnia w dawkach: 12,5, 25, 50 i 75 g·dm<sup>-3</sup>, bez nawożenia, odczyn torfu po 28 dniach wzrastał od pH 7,20 do 7,83 (Tab. 1).

W torfie wysokim zwapnowanym, bez wprowadzenia składników pokarmowych stwierdzono większą zawartość N-mineralnego, P, K, Ca, Mg, Na, SO<sub>4</sub> oraz

mniejszą zawartość Cl, Fe, Mn, Zn, Cu w porównaniu do zawartości tych składników w torfie niewapnowanym (Tab. 1). W torfach o odczynie kwaśnym dominującą formą azotu (dostępną dla roślin) jest azotanowa, natomiast w torfie o odczynie obojętnym i słabo zasadowym dominuje forma amonowa azotu [5]. Podobną zależność wykazano w badaniach własnych.

Torf wysoki dzięki dużej ilości substancji humusowych ma dobre właściwości sorpcyjne i dużą zdolność zatrzymywania i pochłaniania różnych składników oraz cząstek. Wynika to z charakterystycznej silnie elektroujemnej właściwości koloidów, w których źródłem ujemnych ładunków są grupy funkcyjne o charakterze kwasowym (-SH, -SO<sub>3</sub>H, -COOH, -OH) co pozwala na wymianę jonów H<sup>+</sup> z innymi kationami [2]. Jak podaje Kwak i in. [7] w sorpcji wymiennej decydującą rolę odgrywają kwasy huminowe. Energia wejścia kationów do kompleksu sorpcyjnego torfu, według Ilnickiego [5] jest następująca: Na < NH<sub>4</sub> < K < Mg < Ca < Cu < H<sup>+</sup>.

W Tabelach od 2 do 14 przedstawiono średnie wyniki zawartości składników pokarmowych oznaczone metodą uniwersalną, natomiast w Tabeli 15 podano wyniki odczynu podłoża wyrażonego w pH i w Tabeli 16 wyniki EC.

**Tabela 1.** Zawartość składników pokarmowych (mg·dm<sup>-3</sup>), pH oraz EC w podłożu

Składniki pokarmowe (mg·dm <sup>-3</sup> )	Torf wysoki	Torf wysoki + składniki pokarmowe	Torf wysoki + 12,5 mg Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	Torf wysoki + 25 mg Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	Torf wysoki + 50 mg Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	Torf wysoki + 75 mg Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>
NH <sub>4</sub>	ślady	56	54,25	43,75	52,50	64,75
NO <sub>3</sub>	ślady	98	14	Ślady	29,75	59,5
N-min (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> )	ślady	154	68,25	43,75	82,25	124,95
P	1,98	81,81	11,50	15,29	15,31	8,99
K	14,30	262,55	22,85	21,75	21,20	19,75
Ca	61,45	105,25	2575,90	6112,25	6450,25	6582,05
Mg	42,40	173,65	151,55	167,75	164,70	156,40
Na	22,95	30,25	26,30	27,40	27,65	27,45
Cl	20,35	28,79	13,18	10,42	9,49	10,78
SO <sub>4</sub>	1,57	562,25	16,10	9,18	8,47	7,13
Fe	45,15	97,30	14,20	5,90	4,45	4,00
Mn	1,33	36,02	1,18	0,87	0,79	0,75
Zn	0,50	23,45	0,40	0,30	0,25	0,25
Cu	0,60	4,70	0,45	0,35	0,35	0,30
pH (H <sub>2</sub> O)	4,50	3,30	7,20	7,69	7,74	7,83
EC (mS·cm <sup>-1</sup> )	0,12	1,82	0,38	0,35	0,36	0,34

### 3.1. Porównanie średnich zawartości składników pokarmowych w torfie wysokim w zależności od terminu wapnowania, niezależnie od dawek węglanu wapnia

Niezależnie od dawek węglanu wapnia średnia zawartość azotu amonowego, potasu, magnezu, żelaza i manganu w torfie wysokim, który najpierw wapnowano i po czternastu dniach wprowadzono składniki pokarmowe, była istotnie mniejsza od zawartości tych składników w torfie, do którego najpierw wprowadzono składniki pokarmowe a po czternastu dniach węglan wapnia. Różnice w średniej zawartości składników (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) wynosiły: dla  $\text{NH}_4$  31,50, K 21,77, Mg 28,18, Fe 6,51, Mn 1,70. Odwrotną zależność stwierdzono dla miedzi oraz wartości pH. Zawartość miedzi była większa o  $0,66 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , natomiast pH o 0,57 jednostki w torfie wysokim, który najpierw wapnowano a po czternastu dniach wprowadzono składniki pokarmowe. W średniej zawartości pozostałych składników pokarmowych ( $\text{NO}_3$ , P, Ca, Na, Cl,  $\text{SO}_4$ , Zn) oraz EC nie stwierdzono istotnych różnic.

### 3.2. Porównanie średnich zawartości składników pokarmowych w torfie wysokim, w zależności od dawek węglanu wapnia, niezależnie od terminu wapnowania

Niezależnie od terminu wapnowania po wpływie wzrastających dawek węglanu wapnia stwierdzono, istotne różnice w zawartości formy amonowej. Największą zawartość  $\text{NH}_4$  stwierdzono w podłożu, do którego dodano  $50 \text{ g CaCO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$ , natomiast najmniejszą, (mniejszą o  $25,37 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w podłożu z dawką węglanu wapnia  $75 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . W torfie wysokim z dodatkiem węglanu

Tabela 2. Zawartość azotu  $\text{NH}_4$  w torfie wysokim (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin*	57,75 a	56,00 a	52,50 a	56,00 a	<b>55,56 a</b>
II termin**	84,00 b	87,50 b	115,50 c	61,25 a	<b>87,06 b</b>
<b>średnia</b>	<b>70, 87 ab</b>	<b>71,75 ab</b>	<b>84,00 b</b>	<b>58,63 a</b>	

\*I termin – wapnowanie 14 dni przed wprowadzeniem składników pokarmowych

\*\*II termin – wapnowanie 14 dni po wprowadzeniu składników pokarmowych

Tabela 3. Zawartość azotu  $\text{NO}_3$  w torfie wysokim (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	138,25 a	143,50 ab	168,00 abc	190,75 bc	<b>160,12 a</b>
II termin	147,00 abc	164,50 abc	192,50 c	164,50 abc	<b>167,12 a</b>
<b>średnia</b>	<b>142,62 a</b>	<b>154,00 ab</b>	<b>180,25 b</b>	<b>177, 62 b</b>	

Tabela 4. Zawartość P w torfie wysokim (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	78,30 a	66,13 a	59,64 a	62,20 a	<b>66,57 a</b>
II termin	80,43 a	80,43 a	80,43 a	69,03 a	<b>77,58 a</b>
<b>średnia</b>	<b>79,37 a</b>	<b>73,28 a</b>	<b>70,04 a</b>	<b>65,61 a</b>	

Tabela 5. Zawartość K w torfie wysokim (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	278,65 a	276,40 a	286,85 a	299,30 a	<b>285,30 a</b>
II termin	295,50 a	311,80 a	317,55 a	303,45 a	<b>307,07 b</b>
<b>średnia</b>	<b>287,07 a</b>	<b>294,10 a</b>	<b>302,20 a</b>	<b>301,37 a</b>	

Tabela 6. Zawartość Ca w torfie wysokim (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	1374,55 a	3646,90 c	4457,35 d	4746,65 d	<b>3556,36 a</b>
II termin	2208,05 b	3620,45 c	3950,60 c	4621,10 d	<b>3600,05 a</b>
<b>średnia</b>	<b>1791,30 a</b>	<b>3633,67 b</b>	<b>4203,97 c</b>	<b>4683,87 d</b>	

wapnia w ilości  $12,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  stwierdzono najmniejszą zawartość  $\text{NO}_3$ , różniącą się istotnie od zawartości tego składnika w podłożu, do którego wprowadzono 50 i  $75 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia zawartość wapnia wzrastała pod wpływem wzrastających dawek  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Istotnie mniejszą zawartość magnezu zawierało podłoże, do którego wprowadzono  $12,5 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , w porównaniu do ilości uzyskanej w pozostałych podłożach. Największą zawartość sodu stwierdzono w podłożu z węglanem wapnia w ilości  $12,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , która różniła się istotnie od zawartości w podłożu z  $75 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wraz ze wzrostem dawki węglanu wapnia wprowadzonego do podłoża stwierdzono zmniejszenie zawartości żelaza i miedzi dostępnych dla roślin. Jednak w podłożu wapnowanym w ilości 50 i  $75 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  różnice w zawartości tych składników nie były istotne. Najmniejszą zawartością manganu charakteryzowało się podłoże z dodatkiem  $75 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W zakresie wapnowania od 25 do  $75 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  zawartość chlorków była zbliżona i istotnie mniejsza niż w podłożu z dawką  $12,5 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W torfie wysokim, do którego wprowadzono  $12,5$  oraz  $25 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  stwierdzono większą zawartość cynku, w porównaniu do podłoża z 50 i  $75 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Najmniejszy odczyn podłoża wyrażony w jednostce pH stwierdzono w podłożu z dodatkiem  $12,5 \text{ g} \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Po zastosowaniu dwukrotnie większej dawki węglanu wapnia odczyn podłoża istotnie zmniejszył się. Odczyn podłoża, do którego wprowadzono  $50 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  węglanu wapnia nie różnił się istotnie od odczynu podłoża zarówno przy dawce 25 jak i  $75 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości P, K,  $\text{SO}_4$  oraz EC w podłożu pod

**Tabela 7.** Zawartość Mg w torfie wysokim (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	252,00 a	267,65 ab	270,35 abc	277,75 abcd	<b>266,93 a</b>
II termin	275,45 abcd	306,55 d	300,60 cd	297,85 bcd	<b>295,11 b</b>
średnia	<b>263,72 a</b>	<b>287,10 b</b>	<b>285,47 b</b>	<b>287,80 b</b>	

**Tabela 8.** Zawartość Na w torfie wysokim (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	34,95 c	26,75 ab	26,65 ab	27,40 ab	<b>28,93 a</b>
II termin	26,10 a	29,00 ab	30,30 b	27,40 ab	<b>28,20 a</b>
średnia	<b>30,52 b</b>	<b>27,87 ab</b>	<b>28,47 ab</b>	<b>27,40 a</b>	

**Tabela 9.** Zawartość Cl w torfie wysokim (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	25,19 c	8,52 a	9,18 a	12,87 ab	<b>13,94 a</b>
II termin	16,97 b	12,55 ab	12,80 ab	11,56 ab	<b>13,47 a</b>
średnia	<b>21,08 b</b>	<b>10,53 a</b>	<b>10,99 a</b>	<b>12,21 a</b>	

**Tabela 10.** Zawartość  $\text{SO}_4$  w torfie wysokim (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	622,65 a	608,00 a	571,35 a	617,95 a	<b>604,68 a</b>
II termin	578,70 a	633,65 a	668,25 a	624,55 a	<b>626,29 a</b>
średnia	<b>600,68 a</b>	<b>620,83 a</b>	<b>619,80 a</b>	<b>621,25 a</b>	

**Tabela 11.** Zawartość Fe w torfie wysokim (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	68,70 e	34,65 c	23,00 ab	21,45 a	<b>36,95 a</b>
II termin	63,55 e	46,50 d	35,65 c	28,95 bc	<b>43,66 b</b>
średnia	<b>66,12 c</b>	<b>40,57 b</b>	<b>29,32 a</b>	<b>25,20 a</b>	

**Tabela 12.** Zawartość Mn w torfie wysokim (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	37,34 b	35,48 b	32,23 a	30,72 a	<b>33,94 a</b>
II termin	36,76 b	36,27 b	36,69 b	32,84 a	<b>35,64 b</b>
średnia	<b>37,05 c</b>	<b>35,87 bc</b>	<b>34,46 b</b>	<b>31,78 a</b>	

wpływem wzrastających dawek węglanu wapnia, niezależnie od terminu wapnowania.

### 3.3. Porównanie zawartości składników pokarmowych w obrębie każdej z dawek węglanu wapnia, pomiędzy dwoma terminami wapnowania

W torfie wysokim, do którego najpierw wprowadzono składniki pokarmowe a po czternastu dniach wapnowano, węglanem wapnia w ilości 12,5 g·dm<sup>-3</sup> stwierdzono większą zawartość NH<sub>4</sub> i Ca, natomiast mniejszą Na, Cl i Cu. W podłożach tych istotnych różnic nie stwierdzono w zawartości NO<sub>3</sub>, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn, SO<sub>4</sub>, oraz w pH i EC.

W podłożu, do którego najpierw wprowadzono składniki pokarmowe a po czternastu dniach wapnowano, węglanem wapnia w dawce 25 g·dm<sup>-3</sup> stwierdzono większą zawartość NH<sub>4</sub>, Mg, Fe, natomiast mniejszą Cu i mniejsze pH. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości NO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Na, Mn, Zn, SO<sub>4</sub> oraz w EC.

Torf wysoki odkwaszony węglanem wapnia w dawce 50 g·dm<sup>-3</sup>, po czternastu dniach od wprowadzenia składników pokarmowych, charakteryzował się większą zawartością NH<sub>4</sub>, Fe, Mn, Zn, natomiast mniejszą zawartością Ca, Cu oraz mniejszym odczynem wyrażonym w jednostce pH. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości NO<sub>3</sub>, P, K, Mg, Na, Cl, SO<sub>4</sub> oraz EC.

W torfie wysokim wapnowanym czternaście dni po wprowadzeniu składników pokarmowych, węglanem wapnia w ilości 75 mg·dm<sup>-3</sup> stwierdzono większą zawartość Fe, natomiast mniejszą Cu oraz mniejsze pH podłoża. W zawartości NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cl oraz EC nie stwierdzono istotnych różnic.

**Tabela 13.** Zawartość Zn w torfie wysokim (w mg·dm<sup>-3</sup>) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> g·dm <sup>-3</sup>				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	23,00 c	21,55 bc	18,35 a	18,35 a	<b>20,31 a</b>
II termin	22,40 c	21,30 bc	21,45 bc	19,80 ab	<b>21,23 a</b>
średnia	<b>22,70 b</b>	<b>21,42 b</b>	<b>19,90 a</b>	<b>19,07 a</b>	

**Tabela 14.** Zawartość Cu w torfie wysokim (w mg·dm<sup>-3</sup>) w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> g·dm <sup>-3</sup>				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	4,35 f	3,65 e	3,20 cd	3,50 de	<b>3,68 b</b>
II termin	3,25 cde	2,90 bc	2,65 ab	2,40 a	<b>2,80 a</b>
średnia	<b>3,80 c</b>	<b>3,28 b</b>	<b>2,93 a</b>	<b>2,95 a</b>	

**Tabela 15.** pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> torfu wysokiego w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> g·dm <sup>-3</sup>				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	6,21 ab	6,91 c	7,15 d	7,29 d	<b>6,89 b</b>
II termin	6,17 a	6,29 ab	6,37 ab	6,43 b	<b>6,32 a</b>
Średnia	<b>6,19 a</b>	<b>6,60 b</b>	<b>6,76 bc</b>	<b>6,86 c</b>	

**Tabela 16.** EC (mS·cm<sup>-1</sup>) w torfie wysokim w zależności do terminu wapnowania i dawki węglanu wapnia

Termin wapnowania	Dawka Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> g·dm <sup>-3</sup>				średnia
	12,5	25	50	75	
I termin	1,37 a	1,49 a	1,53 a	1,39 a	<b>1,44 a</b>
II termin	1,43 a	1,54 a	1,65 a	1,48 a	<b>1,52 a</b>
średnia	<b>1,39 a</b>	<b>1,51 a</b>	<b>1,59 a</b>	<b>1,43 a</b>	

## 4. PODSUMOWANIE

Zabieg wapnowania wykonany czternaście dni przed wprowadzeniem składników pokarmowych do podłoża powoduje istotne zmiany w odczynie podłoża (większe pH) w zawartości azotu amonowego, potasu, magnezu, manganu i żelaza (mniej składników) oraz w zawartości miedzi (więcej Cu) w porównaniu do przeprowadzenia zabiegu wapnowania czternaście dni po dodaniu do podłoża składników pokarmowych.

W torfie wysokim, do którego wprowadzono składniki pokarmowe i po czternastu dniach wapnowano, w porównaniu do torfu wysokiego wapnowanego czternaście dni przed dodaniem składników pokarmowych stwierdzono przy dawce:

- 12,5 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  większą zawartość  $\text{NH}_4$  i Ca i mniejszą Na, Cl, Cu,
- 25 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  większą zawartość  $\text{NH}_4$ , Mg, Fe i mniejszą Cu i mniejsze pH,
- 50 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  większą zawartość  $\text{NH}_4$ , N-mineralnego, Fe, Mn, Zn i mniejszą Ca, Cu i mniejsze pH,
- 75 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  większą zawartość Fe i mniejszą Cu i mniejsze pH.

Istotnych różnic nie stwierdzono po zastosowaniu dawki:

- 12,5 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  w zawartości  $\text{NO}_3$ , N-mineralnego, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn,  $\text{SO}_4$ , oraz w pH i EC,
- 25 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  w zawartości  $\text{NH}_4$ , N-mineralnego, P, K, Ca, Na, Mn, Zn,  $\text{SO}_4$  i EC,
- 50 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  w zawartości  $\text{NO}_3$ , P, K, Mg, Na, Cl,  $\text{SO}_4$  oraz EC,
- 75 g  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  w zawartości  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , N-mineralnego, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cl i EC.

## LITERATURA

- [1] Bambalov N.N.: Regularities of peat soils anthropic evolution. Acta Agroph. 2000, 26, 179-203.
- [2] Buckman H., Brady N.N.: Gleba i jej właściwości. PWRiL, Warszawa 1971.
- [3] Chohura P.: Podłoża do produkcji materiału szkółkarskiego. XI Ogólnopolska Konferencja Szkółkarska pt.: Problemy i perspektywy produkcji szkółkarskiej roślin ozdobnych, Skierniewice 20-21 luty, 2007, 85-92.
- [4] Górka W.: Materiały do sporządzania podłoży szkółkarskich. Plantpress, Szkółkarstwo 4, 2003, 68-71.
- [5] Ilnicki P.: Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, 2002.
- [6] IUNG: Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. IV. Badania gleb, ziem i podłoży spod warzyw i kwiatów oraz części wskaźnikowych roślin w celach diagnostycznych., Puławy, 1983, 28-45.
- [7] Kwak J.C., Ayub A.L., Shepard J.D.: The role of colloid science In peat dewatering: principles and dewatering studies. W: Peat and water. aspects of water retention and dewatering in peat. Red. C.H. Fuchsman. Elsevier, London, 1986, 95-118.
- [8] Listvan I.I., Korol N.T.: Osnovnye svojstva torfa i metody ich opredelenija. Nauka, Minsk, 1975.
- [9] Nowosielski O.: Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL Warszawa, 1974.
- [10] Starck J.: Mikrometoda oznaczania azotu amonowego i azotanowego z azotynowym w torfach i substratach torfowych przez destylację z parą wodną. Biul. Inf. Torf., 1969, 4(23).